

nn 0201

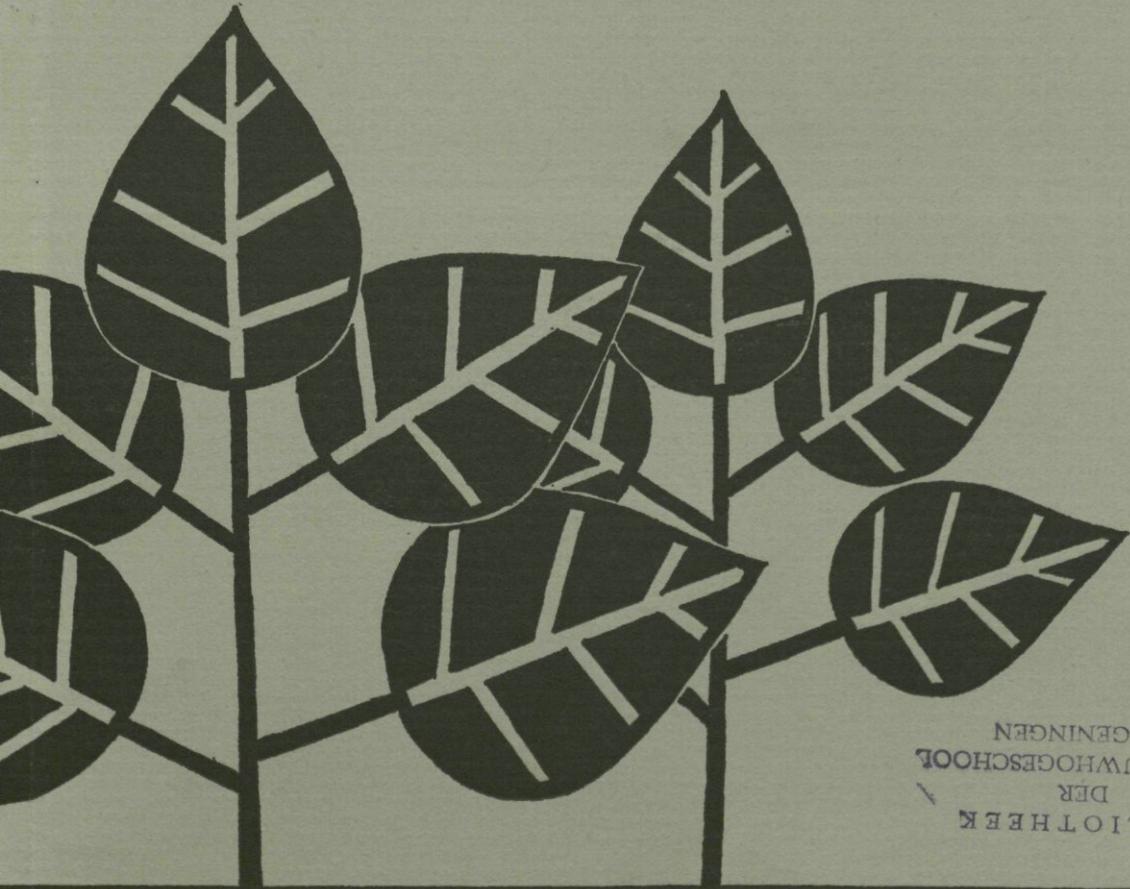
630

C

LA CULTURE DE L'AMARANTE, LÉGUME-FEUILLES TROPICAL

AVEC RÉFÉRENCE SPÉCIALE AU SUD-DAHOMÉY

G. J. H. GRUBBEN



WAGENINGEN
LANDBOUWHOGESCHOOL
DER
BIBLIOTHEEK

NN08201.630

G. J. H. GRUBBEN

LA CULTURE DE L'AMARANTE, LÉGUME-FEUILLES TROPICAL

AVEC RÉFÉRENCE SPÉCIALE AU SUD-DAHOMÉY

(met een samenvatting in het Nederlands)

(with a detailed summary in English)

PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DE GRAAD

VAN DOCTOR IN DE LANDBOUWWETENSCHAPPEN

OP GEZAG VAN DE RECTOR MAGNIFICUS

DR. IR. J. P. H. VAN DER WANT, HOGLERAAR

IN DE VIROLOGIE,

IN HET OPENBAAR TE VERDEDIGEN

OP WOENSDAG 11 JUNI 1975 DES NAMIDDAGS TE VIER UUR

IN DE AULA

VAN DE LANDBOUWHOGESCHOOL TE WAGENINGEN

'*Blitum* vilissima est olerum herba, ubique fere per totum mundum dispersa, & nota, sed diversa, ratione regionum. In Europa omnium contemptissima est inter olera, nullumque ipsi concederem in hoc Herbario locum, nisi contrario in India Orientali primaria, ac praecipua esset olerum herba'.

'*Blitum* is een Jan-hagel onder de moeskruiden, en schier bekend over de geheele weerelt, dog na de landschappen wat verschillend. In Europa isse het allerveragteste onder de moeskruiden, en ik zoude hem geen plaats in dit Kruidboek vergunt hebben, indien het niet ter contrarie in Oost-Indiën het principaalste, en een Capitein was van de moeskruiden.'

uit G. E. RUMPHIUS, 1741. Het Amboinsch Kruidboek VIII: 231-236.
(*Blitum* = *Amaranthus* spp.)

Cette thèse est aussi publiée dans la revue 'Mededelingen Landbouwhogeschool
Wageningen 75-6 (1975)
(Communications de l'Institut National Agronomique, Wageningen, Pays-Bas)

STELLINGEN

I

Tropische bladgroenten kunnen een belangrijke bijdrage leveren aan het evenwichtig maken van de voeding in de tropen. Vlezige groenten (tomaat, ui, komkommer, sperziebonen, okra, champignons etc.) zijn in dit opzicht minder belangrijk.

DIT PROEFSCHRIFT

II

Omdat composteren in de tropen tot grote verliezen aan koolstof en stikstof kan leiden en daarbij erg arbeidsintensief is, verdient het aanbeveling stadsvuil *direct in de grond te brengen*.

DIT PROEFSCHRIFT

III

De ontdekking van de C-4 fotosynthese cyclus heeft geleid tot een beter begrip van de ecologische behoeften van de tropische gewassen.

DIT PROEFSCHRIFT

IV

Anders dan in Nederland, zijn in de tropen rioolslib en stadsvuil *geen gevaar* voor de volksgezondheid en bijzonder geschikt voor bemesting van voedingsgewassen.

V

De ervaringen met de voormalige NEDERF-projecten hebben aangetoond, dat een programma voor voedingsverbetering door middel van familietuintjes alleen dan kan slagen, als het gekoppeld is aan de ontwikkeling van de commerciële tuinbouw.

VI

Het invoeren van soja als voedingsgewas in West-Afrika is zinloos, omdat het zou neerkomen op een vervanging van de cowpea.

VII

Studies van botanisch-teeltkundige aard behoeven een deugdelijke taxonomie om de resultaten zinvol te doen zijn.

VIII

De oprichting ter plaatse van kweek- en vermeerderingsbedrijven voor tropische groenten, liefst op particuliere basis, is van essentieel belang.

IX

De ontwikkeling van rijstrassen met tolerantie voor fysiologische ziekten biedt meer perspectief voor de kleine boer dan de bestrijding door middel van cultuurmaatregelen.

X

De methode toegepast door CRESTA, om de voedingsbalans van de Dahomese bevolking te baseren op de aanname, dat de voedingswaarde van het hoofdvoedsel (gefermenteerde maispap) gelijk is aan die van het ongefermenteerde produkt, kan tot een verkeerde planning van de voedsellandbouw in dit land voeren. CRESTA, M., 1967. Un. Nat. Dev. Progr. AT 2377, FAO, Rome.

XI

In vruchtwisselingsschema's voor permanente land- en tuinbouw in de tropen houdt men onvoldoende rekening met wortelknobbelaaltjes (*Meloidogyne* spp.).

XII

Met de opleiding van paramedisch personeel bewijst men aan ontwikkelingslanden doorgaans een betere dienst dan met het schenken van een ziekenhuis.

XIII

Het produceren van de subtropische groenten tomaat en komkommer in stookkassen in de winter is een niet acceptabele verspilling van energie.

XIV

Futurologische sciencefiction literatuur is zeer educatief.

XV

De turfwinning in de Peel dient terstond verboden te worden.

XVI

Ontwikkelingswerkers met irreële ideeën over alternatieve landbouwmethoden vormen geen gevaar voor de voedselproductie in de Derde Wereld, omdat ze daar toch geen gehoor vinden.

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION GÉNÉRALE	1
1.1. Plan d'ensemble	1
1.2. Facteurs limitant la culture de l'amarante	2
1.3. Matériel végétal	2
1.4. Méthodes expérimentales	3
1.5. Présentation des résultats	3
2. CULTURE DE L'AMARANTE AU SUD-DAHOMÉY	6
2.1. Milieu	6
2.1.1. Climat	6
2.1.2. Géographie et végétation	8
2.1.3. Aspects démographiques	9
2.1.4. Aspects économiques	10
2.2. Différents types de production légumière	10
2.2.1. Cueillette	10
2.2.2. Jardinage familial	11
2.2.3. Culture mixte, en champs de légumes avec les cultures vivrières	13
2.2.4. Culture commerciale extensive de plein champ	13
2.2.5. Maraîchers des bas-fonds	14
2.2.6. Maraîchers des villes	14
2.3. Méthodes culturales de l'amarante	16
2.3.1. Généralités	16
2.3.2. Semis	16
2.3.3. Préparation du terrain et repiquage	17
2.3.4. Entretien et récolte	19
2.4. Commercialisation	20
2.5. Remarques sur le programme des expérimentations	22
3. CONSOMMATION ET VALEUR NUTRITIVE	24
3.1. Introduction	24
3.2. Composition en éléments nutritifs	25
3.2.1. Généralités	25
3.2.2. Teneur en eau	25
3.2.3. Calories, lipides, carbohydrates, fibres	27
3.2.4. Protéines	27
3.2.5. Sels minéraux	28
3.2.6. Vitamines	29
3.3. Remarques sur la valeur nutritive des graines	29
3.4. Acide oxalique et autres matières nocives	30
3.5. Pertes dues à la préparation	32
3.6. Consommation de l'amarante au Dahoméy	33
3.6.1. Niveau de consommation et habitudes alimentaires	33
3.6.2. Préparation des sauces	34
3.7. Conclusions	37
4. CONSIDÉRATIONS BOTANIQUES ET GÉOGRAPHIQUES	38
4.1. Introduction	38
4.2. Taxonomie	39
4.3. Quelques aspects de l'anatomie	43

4.4.	Distribution géographique	43
4.5.	Utilisation	44
4.5.1.	Légumes-feuilles	44
4.5.2.	Céréales	46
4.5.3.	Plantes médicinales	52
4.5.4.	Plantes ornementales	53
4.5.5.	Autres utilisations	53
4.6.	Méthodes culturales de l'amarante, légume-feuilles, dans les pays divers	54
4.7.	Discussion et conclusions	56
5.	ANALYSE DE LA CROISSANCE	57
5.1.	Introduction	57
5.2.	Premier essai: croissance de six espèces de légumes-feuilles	57
5.2.1.	Protocole expérimental	57
5.2.2.	Résultats	59
5.2.2.1.	Caractéristiques des plantes individuelles	59
5.2.2.2.	Rendements en récoltant par arrachage	62
5.2.2.3.	Rendements en récoltant par coupes successives	63
5.2.3.	Discussion et conclusions	63
5.3.	Deuxième essai: croissance d' <i>Amaranthus</i> et de <i>Celosia</i>	65
5.3.1.	Protocole expérimental	65
5.3.2.	Résultats	67
5.3.2.1.	La hauteur	67
5.3.2.2.	La teneur en matière sèche	67
5.3.2.3.	La production de matière sèche dans la culture sans coupes	68
5.3.2.4.	La production de matière sèche dans la culture avec trois coupes	68
5.3.2.5.	Les rendements	68
5.3.2.6.	La superficie des feuilles	71
5.3.3.	Discussion et conclusions	73
6.	INFLUENCES ÉCOLOGIQUES	75
6.1.	Introduction	75
6.1.1.	Remarques sur la photosynthèse	75
6.1.2.	Influence de l'intensité de la lumière	77
6.1.3.	Influence de la durée de l'illumination	77
6.1.4.	Influence de la température	77
6.1.5.	Besoins en eau	78
6.1.6.	Rôle de la potasse	79
6.2.	Essai de photosynthèse; influence de la température et de la lumière	79
6.2.1.	Protocole expérimental	79
6.2.2.	Croissance en serre	80
6.2.3.	Résultats des mesures de la photosynthèse aux feuilles	80
6.2.3.1.	Effet de l'intensité de la lumière	81
6.2.3.2.	Effet de la température; la transpiration; la résistance pour H ₂ O et CO ₂	82
6.2.3.3.	Influence de la potasse	84
6.2.4.	Étude des nervures des feuilles	85
6.2.5.	Discussion et conclusions	86
6.3.	Observations sur le photopériodisme	87
6.3.1.	La réaction photopériodique en serre à Wageningen	87
6.3.2.	Discussion et conclusions	88
6.4.	Influence de l'ombrage	89
6.4.1.	Introduction	89
6.4.2.	Essai no. 1: influence de l'ombrage sur la production de <i>Celosia</i> en saison sèche et en saison pluvieuse	90
6.4.2.1.	Protocole expérimental	90

6.4.2.2.	Conditions climatologiques, irrigation, température du sol	91
6.4.2.3.	Résultats	91
6.4.3.	Essai no. 2: influence de l'ombrage sur le port de <i>Celosia</i>	92
6.4.3.1.	Protocole expérimental	92
6.4.3.2.	Résultats	92
6.4.3.3.	Observations sur les feuilles	94
6.4.4.	Essai no. 3: la production de l'amarante sous ombrage des palmiers	94
6.4.5.	Discussion et conclusions	95
6.5.	Essai de transpiration	96
6.5.1.	Protocole expérimental	96
6.5.2.	Résultats	97
6.5.3.	Discussion	99
6.6.	Floraison précoce	99
6.6.1.	Introduction	99
6.6.2.	Essai concernant la manifestation de la floraison	100
6.6.2.1.	Protocole expérimental	100
6.6.2.2.	Résultats	100
6.6.3.	Discussion	100
6.7.	Conclusions pratiques	101
7.	ÉCARTEMENT ET MÉTHODE CULTURALE	103
7.1.	Introduction	103
7.2.	L'écartement pour la récolte par arrachage	103
7.2.1.	Analyse de la récolte chez les producteurs	103
7.2.2.	Essai d'écartement	105
7.3.	L'écartement pour la récolte par coupes successives	107
7.3.1.	Observations chez les producteurs	107
7.3.2.	Premier essai: écartement et hauteur de coupe	107
7.3.2.1.	Protocole expérimental	107
7.3.2.2.	Résultats	107
7.3.3.	Deuxième essai: écartement, hauteur et fréquence des coupes	108
7.3.3.1.	Protocole expérimental	108
7.3.3.2.	Résultats	109
7.4.	Discussion	110
8.	SOL ET FERTILISATION	116
8.1.	Introduction	116
8.2.	Données bibliographiques sur la fumure de l'amarante	116
8.3.	Types de sols utilisés pour le maraîchage	119
8.4.	Essais de fumures	121
8.4.1.	Action des éléments principaux N, P et K sans gadoue	123
8.4.2.	Comparaison d'urée, de sulfate d'ammoniaque et de NPK en combinaison avec de la gadoue	123
8.4.3.	Effet de l'NPK, de la chaux et de la gadoue	125
8.4.4.	Comparaison de gadoue, de compost, de fumier de porcs et de fumier de canards	125
8.4.5.	Durée de l'effet de la gadoue et de l'engrais complet NPK, saison sèche	126
8.4.6.	Durée de l'effet de la gadoue et de l'engrais complet NPK, saison des pluies	127
8.4.6.1.	Protocole expérimental	128
8.4.6.2.	Résultats	128
8.4.7.	Méthodes d'application de l'engrais, au labour ou dissout dans l'eau d'arrosage	129
8.4.7.1.	Comparaison entre l'application de NPK par épandage ou par arrosage; sable, petite dose de gadoue	129
8.4.7.2.	L'influence des dosages et de la fréquence de l'application	130

8.4.8.	Observations sur les symptômes de carence	131
8.4.9.	Résumé des résultats	132
8.5.	Remarques sur l'emploi de la gadoue	133
8.5.1.	Introduction	133
8.5.2.	Valeur fertilisante de la gadoue	135
8.5.3.	Fabrication de compost	136
8.5.3.1.	Matériel, méthodes	136
8.5.3.2.	Observations; caractéristiques de la décomposition	137
8.5.3.3.	Coût de la gadoue et du compost	138
8.5.4.	Discussion et conclusions	139
8.6.	Balance apport-exportation	139
8.6.1.	Analyses du produit récolté	140
8.6.2.	Analyses du sol, des fumures et du produit récolté dans un essai d'épuisement sur sol pauvre	142
8.6.3.	Balance apport-exportation, vue à brève et à longue échéance	146
8.7.	Conclusions pratiques, recommandations	146
9.	MALADIES ET ENNEMIS	150
9.1.	Généralités	150
9.2.	Fonte des semis	152
9.2.1.	Description	152
9.2.2.	Moyens de lutte	152
9.2.3.	Expérimentations et observations au Dahomey	153
9.2.4.	Conclusions pratiques	154
9.3.	Pourriture humide: <i>Choanephora</i>	154
9.3.1.	Description	154
9.3.2.	Moyens de lutte	157
9.4.	Chenille des feuilles (<i>Hymenia recurvalis</i>)	158
9.4.1.	Description	158
9.4.2.	Moyens de lutte	159
9.5.	Foreur des tiges (<i>Lixus</i> sp.)	160
9.5.1.	Description	160
9.5.2.	Moyen de lutte	161
9.6.	Nématodes: <i>Meloidogyne</i>	161
9.6.1.	Introduction	161
9.6.2.	Moyens de lutte	164
9.6.3.	Essai de lutte par rotation et désinfection	165
9.6.3.1.	Protocole expérimental	165
9.6.3.2.	Résultats et discussion	166
9.6.4.	Conclusions	167
10.	MAUVAISES HERBES	168
10.1	Introduction	168
10.2	Caractéristiques du <i>Cyperus rotundus</i>	169
10.3	Observations au Sud-Dahomey	171
10.4	Premier essai de lutte contre le <i>Cyperus rotundus</i>	172
10.4.1.	Protocole expérimental	172
10.4.2.	Résultats et conclusions	173
10.5	Deuxième essai de lutte contre le <i>Cyperus rotundus</i>	173
10.5.1.	Protocole expérimental	173
10.5.2.	Résultats et conclusions	174
10.6	Discussion	176
11.	L'AMÉLIORATION VARIÉTALE	177
11.1	Introduction	177

11.2.	Pollinisation et fécondation	177
11.3	Caractères cytogénétiques	178
11.4	Résultats de la sélection dans les différents pays	179
11.5	La sélection au Dahomey	180
11.5.1.	Introduction	180
11.5.2.	La sélection préliminaire	180
11.5.3.	Essai variétal	182
11.5.3.1.	Protocole expérimental	182
11.5.3.2.	Résultats et discussion	182
11.5.4.	La sélection d'une variété de célosie sans anthocyane	184
11.5.5.	Sélection dans l'amarante cv. Fotète	184
11.6	Observations à une collection variétale	185
11.6.1.	Protocole expérimental	185
11.6.2.	Résultats et discussion	185
11.7.	Conclusions, recommandations	189
12.	LA MULTIPLICATION DE SEMENCES	190
12.1.	Introduction	190
12.2.	La production	190
12.3	Conservation et germination	192
12.3.1.	Généralités	192
12.3.2.	Expérimentations au Dahomey	193
12.3.3.	Essai de conservation à Wageningen	194
12.3.3.1.	Protocole expérimental	195
12.3.3.2.	Résultats	195
12.3.4.	Discussion et conclusions	195
12.4.	La distribution	196
	RÉSUMÉ	198
	SAMENVATTING	202
	DETAILED SUMMARY	206
	REMERCIEMENTS	212
	BIBLIOGRAPHIE	215

I. INTRODUCTION GÉNÉRALE

1.1. PLAN D'ENSEMBLE

Cette étude sur l'amarante, l'épinard principal des pays chauds, est basée sur mes expériences en horticulture tropicale en Côte d'Ivoire de 1965 à 1968 et au Dahomey de 1968 à 1973. J'ai eu l'occasion de coopérer à nombre de programmes de jardins scolaires et familiaux, d'amélioration de la nutrition et des cultures commerciales. Partout, je fus confronté avec le problème du manque de connaissance concernant les légumes tropicaux, ce qui influençait négativement les résultats obtenus dans la pratique de la vulgarisation horticole. LATHAM (1966) en tant que nutritionniste de la FAO avance que le plus souvent les légumes tropicaux possèdent une meilleure valeur nutritive que les légumes de type européen qui actuellement ont tendance à remplacer partiellement les légumes tropicaux. Il remarque notamment dans l'introduction d'un guide pour l'horticulture du Kenya: '... it would be most unfortunate to be a party to the replacement in peoples' diets of, for example, amaranth by an equal quantity of cabbage'. Nous pouvons y ajouter que les rendements de la plupart des légumes de type européen dans les climats chauds et humides sont décevants.

Au Dahomey, j'étais basé au Centre de Formation Horticole et Nutritionnelle de Ouando (CFHN) à Porto-Novo qui s'occupe, entre autres, de la vulgarisation chez les maraîchers aux environs des villes. La nécessité d'équiper les vulgarisateurs avec des données exactes et valables pour l'amélioration des méthodes culturales, m'a poussé à entreprendre un nombre d'expérimentations sur la culture principale des maraîchers, l'amarante. J'ai obtenu le concours de l'Institut National Agronomique de Wageningen et de l'Institut Royal pour les Régions Tropicales d'Amsterdam qui, en 1974, m'ont donné l'occasion de compléter les données obtenues au Dahomey et de les publier sous forme de thèse.

L'ordre logique maintenu dans cette étude ne correspond pas à l'ordre chronologique des expérimentations à cause de la nature entièrement pratique des expérimentations faites au Dahomey. De plus, comme le programme en cours était plus vaste et comprenait, en dehors des légumes-feuilles, d'autres cultures telles que la tomate, le piment, le gombo et des légumes de type européen, l'intérêt de certains sujets pour la vulgarisation ne permettait pas d'y prêter toute l'attention nécessaire pour satisfaire à notre curiosité scientifique. Néanmoins, l'ensemble offert ici a pris la forme d'une monographie sur l'amarante qui peut être utile non seulement aux agronomes et aux autres intéressés dans les pays tropicaux ayant à faire à l'amarante, mais encore à tous ceux qui sont concernés par les méthodes culturales applicables en l'horticulture tropicale.

1.2. FACTEURS LIMITANT LA CULTURE DE L'AMARANTE

Actuellement la culture commerciale de l'amarante est pratiquée dans des conditions très variables. Peu importe qu'il s'agisse d'une terre sablonneuse ou argileuse, de la saison sèche ou de la saison des pluies, d'un milieu urbain ou rural, d'un cultivateur ou d'une cultivatrice, des réussites sont possibles pourvu que l'on dispose d'eau d'irrigation et de fumures et à condition que le marché ne soit pas trop éloigné. En étudiant la culture telle qu'elle est faite actuellement par les maraîchers au Dahomey, les sujets suivants ont demandé des éclaircissements:

- choix des espèces et des variétés, critères de leur sélection
- conditions chimiques et physiques du sol, exigences des plantes en éléments minéraux, fumures organiques et engrais chimiques
- méthodes culturales: préparation du sol, semis, pépinière, repiquage, écartement, arrosage etc.
- lutte contre les maladies, les insectes nuisibles, les nématodes, les mauvaises herbes
- influence de l'ombrage des palmiers, floraison précoce
- méthodes applicables pour la récolte
- valeur nutritive exacte et influence des méthodes culturales sur cette valeur
- production et conservation des semences.

1.3. MATÉRIEL VÉGÉTAL

Le matériel végétal utilisé pour les expérimentations, en dehors des essais variétaux, était limité à trois variétés, appartenant à trois espèces distinctes dont chacune était assez homogène de sorte que l'on peut parler de 'cultivars':

1. *Amaranthus cruentus* L. cv. Fotète: la variété verte d'amarante la plus cultivée au Dahomey, avec des feuilles ovales, pointues. Herbarium Wageningen: GRUBBEN cn 1, 3. Voir figure 4.
2. *Amaranthus dubius* Mart. ex Thell. cv. Klaroen: une introduction récente originaire du Surinam, avec des feuilles rhomboïdes, plus larges que celles de la variété précédente. Herbarium Wageningen: GRUBBEN cn. 4. Voir figure 5.
3. *Celosia argentea* L. cv. Avounvô Rouge: la variété de célosie la plus cultivée au Dahomey; feuilles elliptiques avec une tache rouge au centre. Herbarium Wageningen: GRUBBEN cn. 25. La variété Avounvô Vert est une sélection provenant de la précédente où manque la tache rouge sur les feuilles. Herbarium Wageningen: GRUBBEN cn. 2, 24. Voir figure 8.

Remarquons ici que *Celosia argentea* L., appelée célosie, est une *Amaranthacée* dont le port et les conditions culturales sont voisines de l'amaranthe. Aussi est-elle considérée par les cultivateurs comme une variété du même légume-feuilles de sorte que nous l'avons comprise dans cette étude de l'amaranthe. Les quatre végétaux réagissent de la même façon aux fumures et à l'ombrage mais leur

réaction à l'écartement et la sensibilité aux parasites ou aux maladies cryptogamiques ne sont pas toujours les mêmes.

1.4. MÉTHODES EXPÉRIMENTALES

Les Amaranthacées sont des plantes qui poussent très rapidement de sorte que même de petites différences dans le milieu écologique peuvent se traduire par de grandes différences entre les plantes individuelles en ce qui concerne la taille et le poids. Des essais ont été entrepris avec des parcelles de dimension minimum de 1,50 m à 2,00 m sur 1,20 m, dont les bords étaient éliminées dans la considération des résultats. Le nombre de répétitions (blocs de FISHER) le plus souvent se montait à six.

Vu l'écartement serré, la croissance rapide et le système racinaire dense, ce procédé de petites parcelles s'est montré généralement pratique pour les essais variétaux, les essais d'écartement, d'ombrage et de fumures. Les essais de traitements phytosanitaires demandent de plus grandes surfaces.

Dans d'autres essais où l'on désirait mesurer les caractéristiques des plantes individuelles, on a procédé à un tirage au hasard d'au moins cinq plantes par numéro (traitement) avec un nombre de cinq répétitions (blocs de FISHER). Au delà de vingt plantes par sondage, le coefficient de variation CV ne baisse pratiquement plus et est généralement de l'ordre de 15 à 20%. L'écart-type des moyennes de 20 plantes varie de 2% pour la taille jusqu' à 9% pour le poids frais, ce dernier étant le caractère le plus variable.

La teneur en matière sèche a été déterminée par le séchage de trois échantillons par numéro dans une étuve électrique à 80-90°C jusqu'à un poids constant.

Plusieurs essais ont été exécutés dans les serres du Laboratoire d'Agronomie Tropicale de Wageningen, avec l'assistance d'étudiants de l'Institut National Agronomique.

Outre les expérimentations proprement dites, nombre d'observations ont été faites sur le terrain afin de connaître les méthodes culturales appliquées par les cultivateurs. D'ailleurs, certaines expérimentations, telles que les essais de fumures et les tests d'insecticides et de fongicides, ont été réalisés en partie dans leurs parcelles.

1.5. PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

Les résultats sont souvent exprimés en grammes par plante ($g/pl = g.pl^{-1}$) ou par mètre carré ($g/m^2 = g.m^{-2}$) s'il s'agit d'expérimentations concernant la croissance des plantes. Dans d'autres essais, les rendements sont représentés en kilogrammes par planche de dix mètres carrés ($kg/10 m^2 = kg. 10 m^{-2}$) ce qui est une mesure pratique car les planches chez les maraîchers sont d'environ 10 m². Le rendement en $kg/10 m^2$ égale théoriquement le rendement en tonnes par hectare (t/ha) tout du moins s'il n'y a aucune perte d'une partie de la parcelle

occupée par les passages ou trous d'eau. Donc tous les rendements mentionnés dans l'étude présente sont des rendements bruts de la superficie réellement occupée par les plantes.

Les manuels de SNEDECOR et COCHRAN (1967), de LECLERQ et al. (1962), de VESSEREAU (1960) et de DE JONGE (1963) ont servi pour établir le projet des protocoles expérimentaux et l'analyse statistique. Nous avons ajouté les données statistiques (probabilité, écart-type) aux résultats des essais s'il s'agissait de différences relativement petites entre les traitements qui se révélaient d'une importance spéciale ou quand ces données statistiques pouvaient contribuer à la compréhension des résultats.

Les conséquences des résultats pour la pratique de la culture commerciale au Dahomey et pour la vulgarisation agricole sont brièvement mentionnées. Les prix des produits mentionnés dans l'étude sont les prix valables au moment de l'observation, de l'achat ou de la vente, et sont exprimés en monnaie locale, c.à.d. en francs CFA.

Abréviations:

CFHN = Centre de Formation Horticole et Nutritionnelle de Ouando, B.P. 13, Porto-Novo, République du Dahomey

cv. = cultivar = variété cultivée, distinguée d'autres variétés par des caractères inchangés par la reproduction (Code internationale des plantes cultivées. ANON., 1969).

CV = Coefficient of Variation = coefficient de variation = $\frac{s}{x} \times 100\%$

F = francs CFA (1 F = 0,02 NF)

LAI = Leaf Area Index = surface des feuilles par unité de surface du sol, exprimée en $m^2 \cdot m^{-2}$

mat. act. = matière active dans les produits phytosanitaires

mat. fraîche = matière fraîche

mat. sèche = matière sèche = mat. fraîche après déshydratation

(% mat. sèche = 100% moins pourcentage de l'eau dans la mat. fraîche)

méq. = milliéquivalents

n = nombre d'échantillons

NS = différence non-significative à 5% (FISHER)

P = .10 = probabilité du seuil de signification statistique égale à 10% (FISHER)

PPDS.05 = Plus Petite Différence Significative à 5% = LSD.05 = Least Significant Difference at 5% of probability

ppm = parties par million = mg par kg

sem. = semaines à partir du jour de repiquage

sign. stat. = signification statistique

* = seuil de signification statistique 5%

** = seuil de signification statistique 1%

± = indication pour l'écart-type (Standard Error of the Mean), dans la

$$\text{formule } \bar{x} \pm \frac{s}{\sqrt{n}}$$

Nota: les mêmes lettres derrière les résultats des traitements indiquent que ces traitements ne révèlent pas de différences significatives selon le test de DUNCAN, à 5% de probabilité (exemple: cf. tableau 26).

2. LA CULTURE DE L'AMARANTE AU SUD-DAHOMÉY

2.1. MILIEU

2.1.1. Climat

Le climat chaud et humide du Sud-Dahoméy est caractérisé par deux saisons pluvieuses d'importance inégale, une grande saison des pluies qui dure du début mai jusqu'à mi-juillet et une petite saison des pluies de fin septembre jusqu'à mi-novembre. Dans la classification de KÖPPEN, il s'agit d'un climat A_w, c'est à dire d'un climat de savane. D'après la classification climatologique de PAPADAKIS (1966), le climat du Sud-Est du Dahoméy, y compris Porto-Novo et Cotonou, est classé comme un climat de mousson, pluvieux, avec une saison sèche prononcée de 1 à 3 mois. Il s'agit d'une sous-classification du groupe principal, un climat équatorial (de zone forestière), semi-torrède, humide, avec des températures maximales modérées (le mois le plus chaud n'excédant pas 33,5°C) et une précipitation annuelle supérieure à l'évapotranspiration potentielle annuelle. Le climat du Sud-Ouest est équatorial semi-torrède, sec (savane côtière). Tout le reste du pays, à partir de 80 km environ de la côte, est du type équatorial-tropical torride avec une température maximale plus élevée que 35,5%, une précipitation annuelle plus de 44% de l'évapotranspiration annuelle, sec mais pas encore semi-aride. Dans la partie Sud, la saison humide est interrompue par une petite saison sèche, en août. Au Nord de Bohicon, les mois humides forment une série continue.

Les données climatologiques représentées dans le tableau 1 proviennent de la station de climatologie de Porto-Novo, située à une altitude de 20 m, latitude 06°29' N et longitude 02°37' E. La pluviosité annuelle est assez capricieuse. Elle varie à Porto-Novo entre 1000 mm et 3000 mm avec une moyenne de 1352 mm sur 30 ans (1931-1960). La pluviosité augmente le long de la côte de l'ouest vers l'est, de 900 mm à la frontière du Togo jusqu'à 1450 mm à la frontière du Nigéria. L'excès d'eau de la grande saison des pluies peut causer des dégâts par érosion et provoque un lessivage du sol. La précipitation est en déficit pour les cultures légumières en décembre, janvier et février, et souvent aussi pendant plusieurs semaines en mars, avril, août, septembre et novembre.

Le Sud-Dahoméy est situé près de l'équateur de sorte que les différences entre les jours courts et longs y atteignent au maximum une trentaine de minutes.

L'insolation est élevée pendant la saison sèche avec plus de 200 heures solaires par mois et assez faible pendant la saison pluvieuse avec moins de 150 heures.

L'humidité relative de l'atmosphère est toujours élevée. Même pendant les mois les plus secs elle n'est pas inférieure à 65%. Ce phénomène est propice au développement des maladies cryptogamiques et rend difficile la culture des plantes sensibles à ces maladies. Des brouillards matinaux arrivent pendant les

TABLEAU 1. Données climatiques du Sud-Est Dahomey.

mois	température °C (sous abri)			humidité rel. %			précipitation				évaporation		insolation h/jour	
	Porto-Novo 1960-73			Porto-Novo 1960-73			Porto-Novo 1960-73		1931-60		Piche		Cotonou 1960-70	
	mini.	maxi.	moy.	7 h.	12 h.	17 h.	mm	jours	mm	mm	Novo Cotonou	Porto-Colorado	moy.	extrêmes
									extremes		1960-73	1969-73		
janvier	24,1	32,0	27,9	93	67	79	17	1,3	0-135	23	1,65	2,1	7,0	6,3-7,9
février	25,2	33,0	28,8	91	65	78	33	2,0	0-98	36	1,90	2,8	7,8	6,7-8,6
mars	25,3	33,0	29,1	89	67	78	78	5,7	31-198	87	2,01	3,7	7,3	5,7-8,5
avril	24,9	32,4	28,7	89	68	80	128	8,7	42-254	117	1,71	3,6	6,8	6,1-7,4
mai	24,4	31,6	28,1	91	72	81	187	12,1	86-305	222	1,47	3,4	6,9	5,7-7,6
juin	23,3	28,2	26,4	93	79	85	418	17,9	157-1027	313	1,00	2,0	4,3	2,8-5,9
juillet	23,4	28,0	25,8	92	80	85	241	11,9	10-760	127	1,12	2,3	3,7	2,0-6,7
août	23,5	28,0	25,6	91	71	84	97	7,6	0-661	32	1,25	2,6	4,6	3,3-6,1
septembre	23,8	28,8	26,1	91	76	84	114	10,3	6-127	117	1,25	2,4	5,2	4,5-6,5
octobre	23,8	30,2	27,0	93	76	82	160	11,2	67-315	176	1,22	2,3	6,4	3,7-7,8
novembre	24,2	31,9	28,0	93	69	81	76	5,0	4-184	82	1,42	2,2	7,8	7,3-8,7
décembre	24,1	31,8	28,0	93	67	79	40	3,1	0-82	20	1,55	2,3	7,4	6,5-8,1
an	24,13	30,74	27,46	91,4	71,9	81,4	1589	96,8	-	1352	1,46	2,64	6,28	-

Table 1. Data on the climate of S.E. Dahomey.

PHOTO 1. Planches d'amarante chez un maraîcher à Porto-Novo.



Photo 1. Beds of amaranth at a vegetable farm in Port-Novo.

quelques semaines de l'année, en décembre et en janvier, où l'harmattan (vent sec du Nord) pénètre jusqu'au Sud et cause une chute légère de la température nocturne.

L'écart entre la température diurne et nocturne est d'environ 6°C en juin jusqu' à 8° C en février. Généralement le vent souffle du Sud-Est. Il ne joue pas un grand rôle, les orages étant rares.

L'évaporation indiquée par l'évaporomètre Piche est assez élevée pendant les périodes sèches mais plus faible pendant les saisons pluvieuses. L'évaporation du bac ouvert Colorado présente le même effet.

2.1.2. Géographie et végétation

La végétation du Sud-Dahomey, situé au bord du plateau continental de l'Afrique de l'Ouest, le 'continental terminal', est caractérisée par une palmeraie semi-spontanée et d'origine anthropique d'*Elaeis guineensis* fréquemment associée à une brousse forestière (ZEVEN, 1967). Cette palmeraie remplace la forêt semi-humide qui a formé la végétation originelle il y a plusieurs siècles et dont témoignent encore quelques restants devenus forêts fétiches. Cette zone s'étend du Sud au Nord sur 100 km environ. Le sol est une terre ferrallitique dure et compacte, appelée 'terre de barre'. La fertilité naturelle de la terre de

barre se dégrade de plus en plus à cause de la pression démographique qui comporte des jachères d'une trop courte durée, souvent même de moins d'un an (HURAUULT et VALLET, 1963). L'huile de palme forme la source principale de revenus pour la population. Les plantes vivrières cultivées dans les palmeraies clairsemées, le maïs, le manioc, les arachides et les niébés ont des rendements très bas dans le sud mais plus élevés en passant vers le Nord où les périodes des jachères sont plus longues, de deux à quatre ans. Les deux périodes de plantation correspondent au début des deux saisons des pluies.

Le paysage de la zone de la palmeraie est légèrement accidenté, l'altitude se situant entre 20 et 50 m, et on compte de nombreuses dépressions marécageuses ou bas-fonds. Le plateau est coupé du Nord au Sud par quelques fleuves dont les deux plus grands, l'Ouémé et le Mono, forment deux deltas marécageux. Vers la côte, quelques grandes lagunes marécageuses séparent le plateau continental de la zone littorale, constituée par des sables côtiers et occupant une largeur de quelques kilomètres.

La végétation du delta de l'Ouémé et du Mono est dominée par des herbes. Ces terres très lourdes et riches en matière organique sont fertilisées chaque année par une inondation de plusieurs mois entre juin et octobre. Après la décrue, pendant la grande saison sèche, on y pratique des cultures vivrières (maïs, manioc, niébé, riz) et des légumes (légumes-feuilles, tomates, piments, gombo).

Dans sa presque-totalité, le fourré d'herbes de la savanne sur les formations littorales des sables côtiers est maintenant planté de cocotiers. La population plante des cultures vivrières et maraîchères dans les dépressions pendant la grande saison sèche et aux endroits plus élevés pendant les deux saisons humides.

2.1.3. *Aspects démographiques*

La moitié de la population totale du Dahomey (2.106.000 habitants en 1961) habite dans les trois départements du Sud qui ne représentent que 10% de la superficie totale de 112.622 km² (ANON., 1964). La densité de la population s'élève à 300 habitants au km² sur la côte, et diminue progressivement en passant vers le Nord jusqu'à 10 habitants au km² à 100 km de la côte environ. Le taux de croissance de la population est de 2,4% selon HURAUULT et VALLET (1963) et de 2,8% par an selon l'enquête de 1961 (ANON., 1964).

Dans le tableau 2 la zone du Sud-Dahomey couvre les quatre départements du Sud (l'Ouémé, le Mono, l'Atlantique, le Zou) et la zone du Nord-Dahomey les deux départements du Nord (l'Atacora et le Borgou). Le taux d'urbanisation de Porto-Novo et de Cotonou dépassera de loin le taux de croissance de la population en générale par suite d'une forte immigration du milieu rural, de sorte que le nombre d'habitants de la zone urbaine – selon le tableau 13% du total – soit sous-estimé. La population est apparentée à la tribu des Yorubas domiciliée dans le Sud-Ouest et le Centre du Nigéria. Des sous-tribus sont nées par mélange des immigrants avec la population antérieure sous l'influence des guerres entre les différents royaumes tels que ceux de Ouidah, Abomey et

TABLEAU 2. Population du Dahomey en 1973 (ANON., 1964, adaptée jusqu'à 1973 selon un taux de croissance de 2,8 %).

	nombre d'habitants (× 1000)		
	sud	nord	total
zone rurale	1520	760	2280
zone urbaine	290	55	345
total	1810	815	2625

Table 2. Population of Dahomey in 1973 (ANON. 1964, adapted to 1973 by an increase of 2.8%)

Porto-Novo au Dahomey et Abéokuta au Nigéria. Les races les plus importantes ayant chacune leur propre dialecte sont les Minas, les Fons, les Gouns et les Nagots (voir CORNEVIN, 1962; ANON., 1964).

2.1.4. Aspects économiques

L'économie est basée surtout sur l'exportation d'huile de palme extraite dans plusieurs usines. En 1961, les revenus annuels de la population du Sud-Dahomey en milieu rural furent de l'ordre de 30.000 F par ménage, La moitié était destinée à l'achat de vivres alimentaires (HURAUULT et VALLET, 1963). Probablement les revenus monétaires sont plus élevés dans le milieu urbain.

Le système économique valable pour le milieu rural est celui décrit par HURAUULT et VALLET (1963) que nous citerons ici.

'L'économie du Sud-Dahomey est caractérisée par :

- un grand développement de la commercialisation et de la circulation monétaire. Contrairement à ce qu'on observe encore dans presque toute l'Afrique, le cultivateur vend la quasi-totalité de sa production au fur et à mesure de la récolte, et il achète sa nourriture au jour le jour. Ce sont les femmes qui sont les agents de ce commerce.
- une tendance à la spécialisation, surtout en ce qui concerne les femmes. Une grande partie d'entre elles tendent à centrer leurs activités sur une certaine fabrication ou le commerce d'une certaine denrée'.

2.2. DIFFÉRENTS TYPES DE PRODUCTION LÉGUMIÈRE

2.2.1. Cueillette

A l'origine de la culture de légumes se trouve une protoculture qui se contente de la protection et de la cueillette de plantes spontanées utiles pour la nutrition humaine. Ce groupe comprend entre autres une quarantaine de légumes-feuilles parmi lesquelles plusieurs Amaranthacées (VAN EYNATTEN, 1968; VAN DER ZON et GRUBBEN, 1975). La quantité de légumes-feuilles cueillis

PHOTO 2. Repiquage serré pour la récolte par arrachage.



Photo 2. Transplanting for harvest by uprooting.

dans la végétation spontanée atteint 10% environ de la consommation totale. Les légumes-feuilles les plus importants dans ce groupe sont le *Talinum triangulare* (Jacq.) Willd., l'*Emilia sonchifolia* (L.) DC. et le *Vitex doniana* Sweet. Ce système jadis très important est maintenant remplacé de plus en plus par la culture proprement dite.

2.2.2. Jardinage familial

Un jardin familial ou jardin de case se compose d'un assortiment de plantes utiles aux enclos des maisons destiné à la consommation par la famille: des bananiers, des papayers, du piment, des plantes médicinales et comme légumes surtout des légumes-feuilles. Le principe d'un jardin familial consiste d'abord au fait que le sol autour des maisons est enrichi par les balayures, les déchets de ménage et le fumier des animaux domestiques. On y cultive principalement des légumes pour l'autoconsommation. Un jardin de 50 m² peut produire suffisamment de feuilles vertes pour qu'une famille de six personnes puisse en consommer chaque jour pendant toute l'année. On cultive des légumes annuels tels que l'amarante, la célosie, le *Corchorus olitorius* L., le *Solanum aethiopicum* L. et la *Basella alba* L. pendant la période humide (avril-novembre) et des légumes-feuilles vivaces (*Vernonia amygdalina* Del., *Telfairia occidentalis* Hook. f.) pendant toute l'année. Une bonne clôture faite de feuilles de palmiers soutenues

par des tuteurs vivants est nécessaire lorsqu'il y a des animaux domestiques rôdant dans les environs.

L'avantage des plantes vivaces (arbres fruitiers, pois d'Angole, papayers, bananiers, *Vernonia*, canne à sucre) est qu'elles donnent quelques produits de bonne valeur nutritive pendant la saison sèche, offrent un aspect de continuité au jardin et qu'elles possèdent des qualités améliorantes pour le sol comme elles font remonter à la surface des sels minéraux trop profondément lessivés pour qu'ils puissent encore être atteints par les racines des plantes annuelles.

Une bonne méthode de culture est de creuser un sillon dans lequel chaque jour on mettra les ordures ménagères. Une fois rempli et rebouché on y plante des légumes au fur et à mesure. Les ordures ainsi enterrées n'attirent plus de mouches et ainsi ne peuvent plus transmettre de maladies. D'ailleurs, le jardin familial se combine avantageusement avec un petit élevage, à condition d'en-

PHOTO 3. Arrosage d'une planche d'amarante quelques jours après le repiquage. Le puits (trou d'eau) se trouve au fond.



Photo 3. Watering of a bed with amaranth, some days after transplantation. The well is at the background.

fermer les animaux (lapins, poules, canards), afin d'en récupérer le fumier.

Un tel jardin n'exige que peu de travail et pas de dépenses. Beaucoup de légumes-feuilles, entre autres l'amarante et la célosie, se ressèment et repoussent spontanément après une pluie. La disponibilité d'un puits permet à la famille de cultiver des légumes pendant toute l'année. On peut vendre au marché une partie des produits récoltés.

Des vulgarisateurs du CFHN ont la tâche dans ce domaine d'inciter toutes les familles dans les villages à s'occuper de la plantation de leur concession ou enclos avec des plantes aptes à équilibrer le régime alimentaire de la famille. Voir la description de GRUBBEN (1971, 1973) pour plus de détails sur le jardinage familial au Dahomey.

2.2.3. *Culture mixte, en champs, de légumes avec les cultures vivrières*

La tomate, le piment, le gombo et les légumes-feuilles sont associés traditionnellement aux cultures vivrières. Ce procédé se rencontre à tous les niveaux, de quelques pieds de légumes dans un champ pour l'autoconsommation jusqu'à des champs mixtes dans lesquelles les légumes sont cultivés pour la vente au marché et comptent plus que la récolte du maïs ou du manioc. La désignation 'cultures mixtes' est souvent utilisée abusivement lorsqu'il s'agit en réalité de cultures qui se succèdent et dont la seconde est plantée quelque temps avant la récolte terminale de la première. BRADFIELD (1974) appelle ce système 'intensive multiple cropping'. La présence de l'amarante et de la célosie dans les champs de cultures vivrières a été constatée fréquemment sur tout le territoire, notamment au Sud-Ouest et au Centre où le paysan sème des poignées de graines à la volée dans les coins maloccupés par la culture principale.

Généralement ces légumes destinés à l'autoconsommation poussent bien dans les champs sans que l'on y attribue de soins particuliers. On n'exécute que les sarclages habituels. Les femmes s'y occupent de la récolte qui se fait au fur et à mesure des besoins. On transporte le surplus au marché quand c'est rentable, car le plus souvent la distance se montre un facteur limitant.

2.2.4. *Culture commerciale extensive de plein champ*

La culture extensive de plein champ est pratiquée au sud-Dahomey en culture pluviale pendant les périodes humides. On cultive des tomates locales, du piment et du gombo en rotation avec les cultures vivrières. Le plus souvent on choisit des champs proches des grandes routes. La culture de légumes-feuilles de plein champ pendant la saison pluvieuse n'a pas été observée. GRUBBEN (1971) estime le nombre de journées de travail pour les tomates, le piment et le gombo respectivement à 130, 170 et 105 jours par ha avec des revenus de 577, 397 et 343 F par journée de travail. Ces cultures semblent plus lucratives que les cultures vivrières mais les risques d'un échec sont aussi plus grands. L'investissement en argent est pratiquement nul. On n'applique ni de fumures chimiques ni de pesticides.

Pendant la saison sèche, les villes de Porto-Novo et de Cotonou et également beaucoup d'autres marchés au Sud du pays sont approvisionnés en tomates,

piments et gombo du delta du Mono et de l'Ouémé. Ce dernier fournit également beaucoup de légumes-feuilles (célosie, amarante, *Vernonia amygdalina*, *Corchorus olitorius*, *Solanum aethiopicum*). Ces cultures de décrue sont étalées d'octobre jusqu'à janvier pour le delta du Mono et de février jusqu'à mai pour l'Ouémé. Le nombre de journées de travail est élevé à cause de la terre argileuse plus lourde que la terre de barre du plateau. Aussi, malgré les rendements élevés et les prix intéressants, la rémunération par journée de travail n'est pas élevée, comparée à celle d'une culture pluviale. L'irrigation sur ces terres organiques n'est pas pratiquée, à l'exception d'une courte période après le repiquage. On trouve des champs assez vastes de tomates tandis que le piment, le gombo et les légumes-feuilles sont cultivés sur des parcelles plus petites, souvent sur les digues et autour des trous à poissons.

Probablement la culture extensive de légumes s'intensifiera graduellement, car elle est stimulée par la densité de la population, le manque de terres et l'urbanisation, donc l'extension des marchés. Le Ministère du Développement Rural avec le concours du CFHN est en train d'encadrer les cultivateurs dans ce but.

2.2.5. *Maraîchers des bas-fonds*

Le plateau continental du Sud-Dahomey est découpé par plusieurs bas-fonds assez vastes avec des terres sablonneuses en pente, basses, bien drainées, faciles à irriguer grâce aux trous d'eau. Pendant la saison sèche, on trouve parfois des maraîchers à mi-temps dans ces bas-fonds qui cultivent presque uniquement des légumes-feuilles comme culture d'appoint. Il s'agit généralement de groupements de femmes cultivant chacune quelques planches de légumes. En 1970, il y avait dans le département une superficie en légumes-feuilles dans les bas-fonds de 6,5 ha menée par 174 personnes, donc 3,74 are par personne (GRUBBEN, 1971). Plus de 90% de cette surface était occupée par des cultures successives de l'amarante, ce qui ne s'explique pas seulement par la rapidité de la croissance ou par son prix intéressant mais peut-être davantage par le fait que l'amarante est peu sensible aux nématodes (voir 9.6). Ce type de culture maraîchère intensif en heures de travail, est pratiqué le plus souvent de novembre jusqu'en mai et existe déjà depuis plusieurs dizaines d'années. Il a tendance à s'étendre, stimulé par l'accroissement de la demande des marchés et par l'amélioration du transport et du réseau routier. La plupart de ces maraîchers à mi-temps abandonnent cette culture pendant la saison des pluies pour se consacrer aux cultures vivrières.

2.2.6. *Maraîchers des villes*

Tous les maraîchers à temps complet sont établis à proximité des centres urbains, ce qui leur donne l'avantage d'une réduction des frais de l'écoulement des produits et facilite également l'apport d'ordures de ville (gadoue). Les maraîchers de Porto-Novo sont les plus avancés et les mieux encadrés. Environ 120 maraîchers professionnels pratiquent le maraîchage au bord de la lagune tout au long de l'année sur une superficie totale d'environ 15 ha (GRUBBEN,

FIG. 1. Carte du Dahomey et du Sud-Est du Dahomey.

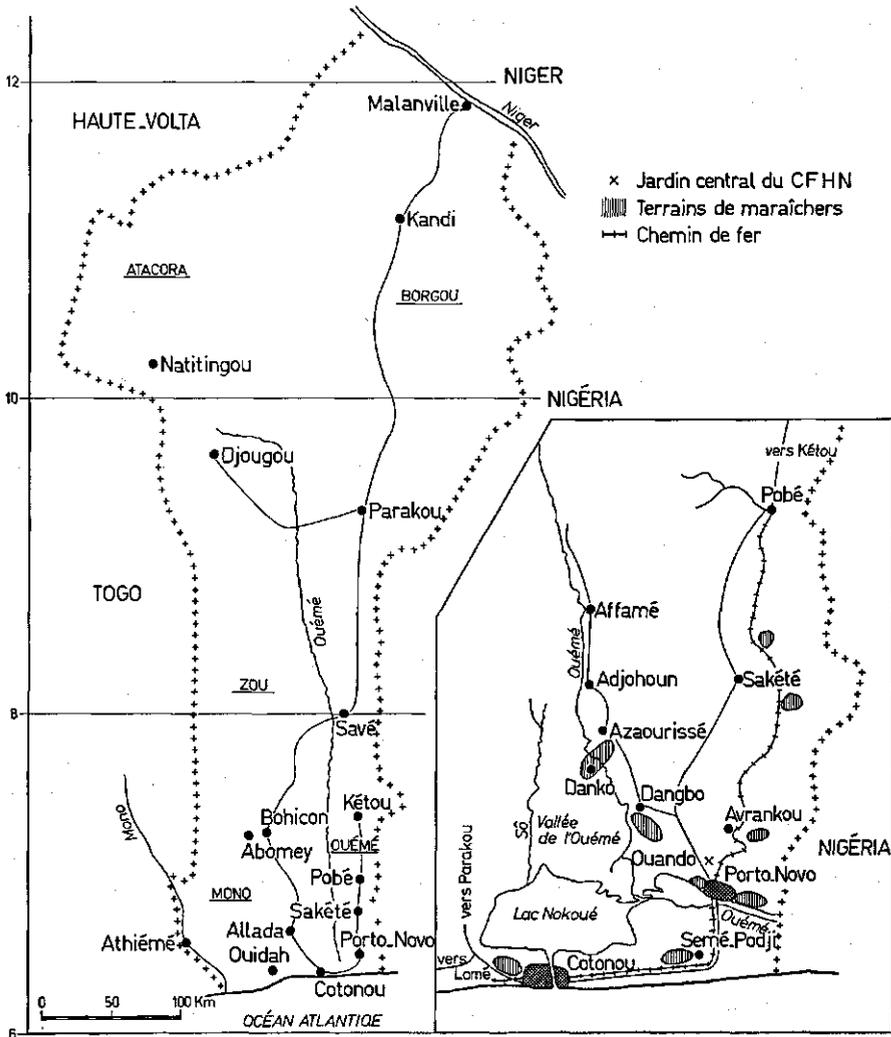


Fig. 1. Sketch map of Dahomey and of S.E. Dahomey.

1971; VERMEULEN, 1974). La surface d'une exploitation est de 10 à 15 ares. Les exploitants disposant de plus de 12 ares environ utilisent des ouvriers de temps en temps pour quelques jours à raison de 125 F/jour. La culture principale, l'amarante, occupe les trois quarts de la surface totale. Le reste est occupé par des légumes de type européen laitue, poireau, haricots verts, carottes, radis, concombres etc.) et par d'autres légumes-feuilles (*Corchorus olitorius*, *Solanum aethiopicum*, célosie). La culture de légumes européens réussit mieux pendant la

petite saison sèche, de mi-juillet jusqu'à mi-septembre ce qui est une raison pour les maraîchers d'étendre la partie cultivée de ces légumes. Le congé annuel des expatriés de l'assistance technique tombe dans cette période de sorte qu'il y a souvent une mévente par manque de clientèle européenne. Tous ces maraîchers tirent la plus grande partie de leurs revenus de la culture permanente de l'amarante. Une planche de 10 m² récoltée 3 à 4 semaines après repiquage se vend 125 à 250 F. Les revenus mensuels se situent dans l'ordre de 6.000 F par exploitation.

A Cotonou, une centaine de maraîchers se consacrent principalement aux légumes de type européen qui occupent environ 50% de la surface totale de 8 ha. Le reste est occupé par des légumes africains divers: les échalotes, *Solanum aethiopicum*, l'amarante et la célosie. Ici on remarque que l'amarante qui joue le premier rôle chez les maraîchers de Porto-Novo, n'occupe que 10% environ de la surface totale et qu'il est moins important comme légume-feuilles que le *Solanum*. La raison de cette différence avec Porto-Novo pourrait être le grand apport de légumes-feuilles, surtout d'amarante et de célosie, bon-marché de la vallée de l'Ouémé, transportés par pirogues et vendus à des prix très concurrentiels.

La figure 1 indique les groupements des maraîchers aux environs des villes et également les cultivateurs des bas-fonds et en plein champ.

2.3. MÉTHODES CULTURALES DE L'AMARANTE

2.3.1. Généralités

La méthode culturale pratiquée pour chacun des différents types de culture légumière montre une évolution de primitif-extensif à moderne-intensif, de la cueillette jusqu'au maraîchage comme tâche journalière à temps complet. Enfin, le processus de la modernisation du pays comporte le développement du maraîchage commercial intensif pour l'approvisionnement en légumes des habitants des villes et des gens du milieu rural qui n'en produisent plus d'eux-mêmes.

La première mention bibliographique sur la culture de l'amarante au Dahomey se trouve dans une brochure de RETEAUD (1927) que nous citerons ci-après: '... l'espèce la plus répandue se vendant journellement sur les marchés est un amarantus dit oseille de Guinée non-acide et connu également sous le nom d'épinard du pays'.

Dans cette description des méthodes culturales, nous nous occuperons spécialement du type maraîchage le plus évolué sans oublier de mentionner les problèmes spécifiques des autres types tels que le jardinage familial ou la culture mixte avec les cultures vivrières.

2.3.2. Semis

Les maraîchers ne font pas le semis directement sur place, ce qu'ils considèrent comme une méthode primitive qui exige beaucoup de semences et qui demande

trop de travail d'éclaircissage et de désherbage. Tout semis est fait en pépinière. Les graines (3 à 5 g/m²) sont semées à la volée sur une planche ou une partie de planche avec du compost ou du terreau à la surface. On met cette matière organique à la surface pour éviter que les graines soient emportées par l'eau d'arrosage ou l'eau de pluie. On recouvre le semis légèrement en égalisant la surface avec la main. Certains maraîchers mêlent les semences avec du sable fin pour obtenir une meilleure répartition. D'autres sèment des graines mal nettoyées qui contiennent encore des parties d'inflorescence séchées. Parfois, les maraîchers couvrent le sol de feuilles de palmiers durant 1 à 2 jours, jusqu'à la levée des graines, en guise de protection contre les pluies et le soleil. L'arrosage se fait une ou deux fois par jour, sauf les jours de pluie. Un abri ou un ombrage permanent est exceptionnel, mais on voit fréquemment des pépinières à l'ombre des palmiers. Après deux ou trois semaines on repique les plants, qui ont formé deux à quatre feuilles, non-compris les cotylédons. On obtient de 1000 à 1500 pieds par m² de pépinière.

2.3.3. Préparation du terrain et repiquage

Les dimensions des planches sont très variables selon la nature du terrain. On les fait plus élevées et moins larges sur les terrains mal drainés et les terres plus lourdes. Généralement les planches sont rectangulaires, de 10 à 50 cm de haut, d'une largeur de 1,20 à 2,00 m et d'une longueur de 5 à 10 m. La largeur des passages, de 15 à 60 cm de large, dépend de la hauteur des planches. Un labour à la houe est fait en enfouissant les herbes et la fumure organique, généralement de la gadoue (ordures de ville). L'emploi d'engrais chimiques est rare. La gadoue est obtenue par achat à la voirie, qui l'apporte par camion et la dépose le plus près possible de la parcelle de l'acheteur. On en incorpore à Porto-Novo de 50 à 100 kg par planche de 10 m² et par culture. Certains maraîchers enfouissent une très grande quantité, environ 200 kg par planche de 10 m², afin d'en faire jusqu'à quatre cultures successives d'amarante ou bien, ils plantent des légumes européens après l'amarante, tels que du chou ou des haricots verts qui supportent mal la gadoue trop fraîche. Les maraîchers plus éloignés des centres urbains utilisent moins d'ordures, surtout s'ils dépendent uniquement de la quantité limitée d'ordures de leur propre ménage puisque l'achat de la gadoue devient trop coûteux à cause des frais de transport élevés. Les cultivateurs de la région de Semé-Podji, sur sables côtiers, élèvent des porcs, dont ils utilisent le fumier pour la production de maïs, de manioc, de piment, de tomates et de plus en plus aussi pour l'amarante. On applique une poignée de fumier par poquet pour toutes ces cultures.

De préférence on enlève les plantules de la pépinière au moment du repiquage, le matin de bonne heure ou le soir. La terre est bien ameublie et aplanie à l'aide d'une houe ou d'un rateau. Pour le repiquage, le planteur fait un trou avec le doigt ou à l'aide d'un bâtonnet, il met la plantule en terre avec l'autre main, et referme avec le même doigt ou bâtonnet utilisé pour creuser le poquet. Ceci est fait à un rythme élevé. Un bon planteur repique au moins 30 plantes par minute avec un écartement serré. Si l'écartement est plus spacieux et s'il faut

PHOTO 4. Emballage d'amarante récolté par arrachage des plantes entières. Seulement les racines sont visibles.



Photo 4. Packing of amaranth harvested by uprooting of whole plants. Only the roots are visible.

faire attention à l'alignement, le repiquage sera plus lent, environ cinq plantes par minute. Certaines gens ont l'habitude de couper avec leur doigt la racine pivotante de la plantule. Mettre les plantes un peu obliquement dans les trous ne paraît pas être important: elles se redressent après un jour.

L'écartement pratiqué le plus souvent est très serré, d'environ $7,5 \times 7,5$ cm. De cette manière on a besoin de près de 1800 plantules par planche de 10 m^2 , pour en faire la récolte par arrachage. Certains cultivateurs repiquent les plantes plus espacées, de 25×25 cm jusqu'à 35×35 cm pour effectuer la récolte par coupes successives. Ils mettent parfois deux plantules à la fois dans un poquet pour réduire les risques de perte. La célosie est peu récoltée par arrachage mais presque toujours par coupes successives.

On arrose abondamment tout de suite après le repiquage. Certains maraîchers arrosent très abondamment avant la plantation et attendent quelques jours,

pour l'arrosage suivant, jusqu'à ce que les plants soient redressés. De cette façon on évite que les flaques d'eau endommagent les plantules à ce stade critique et on diminue les risques de pourriture provoquée par les champignons.

2.3.4. Entretien et récolte

L'entretien consiste principalement en arrosages quotidiens, les premiers jours après le repiquage le matin et le soir, ensuite une seule fois par jour, le matin, au moins de 6 à 10 arrosoirs de 10 l par planche de 10 m². On puise l'eau dans des trous d'eau ou de petites rivières. L'eau de la lagune qui est plus ou moins saumâtre n'est pas utilisée. Les planches repiquées très serrées n'exigent pas de sarclages, tandis que les planches avec un écartement spacieux en ont besoin. Les sarclages se font par l'arrachage des mauvaises herbes à la main ou par des binages à l'aide d'une binette ou d'une houe de petit modèle. Une mauvaise herbe ennuyeuse que l'on trouve un peu partout est le *Cyperus rotundus* L.

L'amarante souffre d'attaques de quelques maladies cryptogamiques et d'insectes. Les maraîchers essayent de chasser les chenilles en mettant de la cendre de bois sur les feuilles mais ce procédé n'est pas efficace. D'autres répandent de la poudre du DDT, du HCH ou du parathion pour la destruction des chenilles. La maladie cryptogamique *Choanephora* qui cause la pourriture de l'amarante et qui en rend la culture difficile pendant quelques périodes de l'année, n'attaque guère la célosie.

Généralement on récolte les parcelles plantées très serrées dans la quatrième ou la cinquième semaine après la date du repiquage. Parfois, si le prix est élevé et sous des conditions de croissance favorables, la récolte est déjà faite après 20 jours, parfois aussi on attend 30 à 40 jours ou davantage. On arrache les plantes entières en laissant les plantes trop abimées par les insectes ou attaquées par la pourriture. Les plantes qui mesurent plus de 50 cm environ ne sont pas arrachées mais on casse la tige à 10 ou 15 cm au dessus du sol. Les plantes récoltées sont bottelées, les racines sont lavées dans les trous d'eau, et le produit est emballé pour être transporté au marché. Parfois aussi les plantes entières sont trempées dans l'eau pour leur donner un aspect de fraîcheur.

Une autre méthode de récolte est appliquée pour les plantations ayant un écartement plus spacieux. On coupe alors les bouts des tiges à l'aide d'un couteau ou on les casse à la main. On obtiendra une deuxième récolte 2 à 3 semaines après et parfois une troisième et une quatrième, jusqu'à ce que les plantes montent en graine.

Les rendements d'une bonne culture sont de l'ordre de 20 à 25 kg par 10 m² dont 50 % environ de produit comestible pour la récolte par arrachage à quatre semaines et 10 à 14 kg par 10 m² dont 75 % comestible pour la première coupe de la récolte par coupes successives. On obtiendra un rendement brut total de 25 à 50 kg avec la méthode des coupes successives.

La production de graines de l'amarante est abondante. A la récolte d'une planche, on épargne souvent un bon pied dans ce but. Les graines de la célosie sont plus grosses que celles de l'amarante mais les inflorescences sont petites et la production de graines est faible.

2.4. COMMERCIALISATION

La commercialisation des légumes au Sud-Dahomey a été décrite par GRUBBEN et OROUNLA (1970) et plus en détail par VERMEULEN (1973, 1974). Les données suivantes ont été empruntées au rapport du dernier qui couvre la période juillet 1972 – août 1973.

La commercialisation des légumes locaux est très peu organisée à n'importe quel niveau. Une multitude de producteurs apporte de petites quantités, généralement le tout venant dans une diversité de paniers, le transport se réalisant à pied, à vélo, par pirogue ou véhicule motorisé. La vente aux grossistes, si elle a lieu, se fait sans avoir beaucoup de notion du marché au niveau du pays. Un bon nombre de grossistes, éventuellement un producteur-grossiste ou un grossiste-détaillant achète plusieurs petits lots et met le tout dans de très grands récipients. Après un voyage plus ou moins long, souvent dans de mauvaises conditions (soleil, pluie, poussière, mauvais chemins), les légumes sont gardés dans des endroits fixés en attendant leur vente aux détaillantes. Celles-ci se débrouillent dans les différents marchés souvent mal équipés pour vendre les légumes aux clients. La détérioration de la qualité à cause du transport et de la manipulation est moindre pour les légumes provenant des maraîchers de Porto-Novo et de Cotonou, où les détaillantes achètent sur planche, récoltent elles-mêmes le matin de bonne heure et vendent le même jour.

La quantité totale des légumes locaux frais, commercialisée à Cotonou pendant une année était de 4000 t, dont 36 % représentait des légumes-feuilles et 64 % d'autres légumes (tomate, piment, gombo). A Porto-Novo, 3200 t de légumes furent commercialisés, dont 52 % de légumes-feuilles. De l'apport de légumes-feuilles à Cotonou 69 % provient de la Vallée de l'Ouémé et 26 % des maraîchers des alentours. La moitié de l'amarante et un quart de la célosie pro-

TABLEAU 3. Apport en légumes-feuilles à Cotonou (120.000 habitants) et à Porto-Novo (80.000 habitants) 1972-1973 (VERMEULEN, 1973 et 1974).

	Cotonou	Porto-Novo
total ¹ par jour		
amarante (<i>Amaranthus cruentus</i>)	3,8	4,6
célosie (<i>Celosia argentea</i>)	29%	33%
<i>Corchorus olitorius</i>	27%	28%
<i>Vernonia amygdalina</i>	17%	20%
<i>Solanum aethiopicum</i>	11%	13%
	16%	5%

Table 3. Supply of leaf vegetables to Cotonou (120,000 inhabitants) and to Porto-Novo (80,000 inhabitants) 1972-1973 (VERMEULEN, 1973 and 1974).

¹ Les quantités assez insignifiantes de *Talinum*, *Basella*, feuilles de niébé, feuilles de gombo etc. ne sont pas comprises dans le total.

vient des maraîchers des alentours. A Porto-Novo, 73 % de l'apport en légumes-feuilles provient de la Vallée de l'Ouémé et 25 % des maraîchers de ville. L'apport d'amarante est plus constant ici qu'à Cotonou à cause de la production importante et régulière des maraîchers aux alentours: 1,2 tonnes par jour. Voir tableau 3. La commercialisation des légumes-feuilles est faite par des détaillantes qui vendent chacune environ 20 kg par jour. L'approvisionnement est faible entre août et décembre.

L'apport total de légumes-feuilles à Porto-Novo et Cotonou signifie une consommation brute de 42 g par personne par jour pour 200.000 habitants. Donc la consommation nette serait 23 g par personne par jour (CRESTA, 1967: au Dahomey 16,2 g par personne par jour) si l'on tient compte d'une perte considérable en déchets de 40 % environ au cours de la préparation et d'une baisse de la teneur en eau entre le marché et la cuisine de 10 %. La partie invendable au marché est sûrement très petite.

Les légumes-feuilles sont vendus en bottes, sans racines. Il n'y a que l'amarante que l'on peut voir régulièrement sur les marchés avec ses racines. Si besoin, un lavage est effectué pour garder aux légumes leur aspect frais.

La marge bénéficiaire pour les légumes-feuilles venant de la vallée de l'Ouémé

TABLEAU 4. Prix de détail de l'amarante et de la célosie, comparés aux prix des tomates et des oignons, sur les marchés urbains, par mois (moyenne de 6 échantillons) en F/kg. Période juillet 1972 - juillet 1973; pour les oignons janvier - décembre 1973 (VERMEULEN, 1973 et 1974).

mois	amarante		célosie		tomates		oignons	
	Coto-nou	Porto-Novo	Coto-nou	Porto-Novo	Coto-nou	Porto-Novo	Coto-nou	Porto-Novo
juillet '72	26	23	18	15	60	47	-	-
août	27	20	25	19	42	49	161	89
septembre	21	19	23	16	49	34	195	96
octobre	25	17	24	19	38	38	127	87
novembre	43	27	21	21	73	39	178	88
décembre	39	25	25	22	76	87	165	114
janvier '73	23	25	17	16	106	141	85	80
février	22	17	14	13	84	77	58	68
mars	17	16	23	11	141	113	51	58
avril	14	18	12	12	214	114	42	40
mai	14	11	13	9	196	182	47	51
juin	11	11	12	8	120	150	57	51
juillet	11	9	10	5	41	45	111	105
moyenne	22,5	18,3	18,2	14,3	95,4	85,8	106,4	77,3
	20,4		16,3		90,6		91,9	

Table 4. Consumer's prices of amaranth and of Celosia on the city markets, as compared with the prices of tomatoes and onions, in F/kg. Period July 1972-July 1973; for the onions January-December 1973 (VERMEULEN, 1973 and 1974).

était en moyenne de 38 % du prix de vente en détail pour le producteur, de 20 % pour le grossiste et de 42 % pour la détaillante. Le prix versé au producteur est plus élevé pour les légumes provenant des alentours des villes où le stade grossiste est inexistant. Les prix de détail de l'amarante et de la célosie se trouvent dans le tableau 4.

Les conclusions que l'on pourrait tirer de ces chiffres sont que le prix de l'amarante et de la célosie comparé à celui des tomates et des oignons est beaucoup moins élevé et subit un peu moins d'influences saisonnières, que les légumes-feuilles sont moins chers à Porto-Novo qu'à Cotonou et que la célosie est moins chère.

2.5. Remarques sur le programme des expérimentations

La densité élevée de la population du Sud-Dahomey et l'urbanisation croissante ouvrent de bonnes perspectives pour la culture commerciale des légumes-feuilles. Il est conseillé d'améliorer la commercialisation des légumes à tous les niveaux, l'emballage, le transport, la manutention et la vente dans les stands au marché, mais cela entre plutôt dans un programme plus vaste qui comprend également d'autres produits alimentaires.

La production de légumes-feuilles paraît relativement peu soumise aux influences saisonnières, et est assez régulière. Pourtant les problèmes techniques au niveau du producteur sont nombreux et demandent une solution si l'on veut atteindre des rendements plus élevés par unité de surface et par jour de travail. La marge entre la consommation actuelle et la consommation recommandée par les nutritionnistes, de 25 g à 100 g, est trop grande pour qu'elle puisse être comblée dans un proche avenir. D'ailleurs on se heurterait aux habitudes alimentaires et l'on risquerait des méventes si l'on quadruplait les rendements dans un court délai. D'autre part, une augmentation graduelle de la production de légumes-feuilles est justifiée par l'accroissement du nombre de consommateurs et de la quantité consommée par personne pourvu que l'action d'éducation nutritionnelle de la population aboutisse à une demande plus élevée. Dans le cas d'une augmentation de la production non proportionnée à la demande, le mécanisme des prix amènerait les cultivateurs à produire moins et à consacrer une partie de leur temps à d'autres cultures. Dans l'ensemble, un effort pour l'intensification de la culture commerciale des légumes-feuilles nous paraît être une contribution positive au développement de l'agriculture vivrière d'une part et de l'alimentation d'autre part.

Une énumération des problèmes techniques constituant des facteurs limitants la culture intensive des légumes-feuilles les plus importants, l'amarante et la célosie, a été présentée dans le premier chapitre. Cette étude a été consacrée à la recherche d'une meilleure notion de la culture de ces légumes-Amaranthacées et à la solution des problèmes techniques rencontrés par les maraîchers au Dahomey, en grandes lignes identiques aux problèmes techniques rencontrés dans d'autres pays tropicaux.

On note que nous n'avons pas expérimenté le semis direct, puisque cette méthode n'est pas appliquée par les maraîchers au Dahomey. Elle ne leur permet pas de bien régler la densité de la plantation et elle rend la lutte contre les mauvaises herbes difficile. Néanmoins, très probablement il sera possible de résoudre ces problèmes par la mécanisation et par l'emploi d'herbicides. Une conséquence du semis direct est la réduction de la période de la croissance, de la germination jusqu'à la récolte, avec une semaine environ, mais cet avantage n'est pas prépondérant car la place occupée par la pépinière est seulement 1/10 de celle occupée par le semis direct.

Dans ce qui suit, nous avons discuté la valeur nutritive des feuilles de l'amarante et d'autres aspects liés à la consommation (ch. 3) avant d'entamer l'étude agronomique et phytotechnique (ch. 4-12).

3. CONSOMMATION ET VALEUR NUTRITIVE

3.1. INTRODUCTION

Des légumes à feuilles-vertes sont utilisées comme aliment dans tous les pays tropicaux. Selon TERRA (1967) la consommation est de l'ordre de 20 à 25 g de matière fraîche par personne et par jour. La consommation de feuilles vertes est très élevée chez des populations primitives de la Nouvelle Guinée et chez les cultivateurs de manioc de Java et de Zaïre, environ 250 g par personne et par jour. Il est bien admis (McPHERSON, 1972) que la nourriture des hommes d'autrefois s'est composée de plus de feuilles vertes en comparaison avec celle de l'homme moderne. La teneur assez élevée en fibres et souvent en certains éléments indésirables tels que l'acide oxalique impose une limite à la consommation de feuilles au niveau de 500 g/jour pour une personne adulte.

Un résumé des nombreuses analyses diététiques des légumes-feuilles est donné par WU LEUNG et al. (1968a). D'ailleurs BUSSON et al. (1965) ont fait un résumé des plantes alimentaires et de leurs valeurs nutritives pour l'Afrique de l'Ouest. L'étude de ces données montre que les diététiciens et nutritionnistes qui donnent la même valeur nutritive à l'épinard, au chou, à la laitue, ou à d'autres légumes-feuilles des zones tempérées qu'aux légumes-feuilles tropicaux, sont souvent en erreur. Les deux groupes ne sont pas toujours comparables. La valeur nutritive de l'amarante se rapproche le plus de celle de l'épinard européen, la plus grande différence étant située dans une plus haute teneur en matière sèche de l'amarante. Mais l'amarante et cinq autres légumes tropicaux comparés au chou et à la laitue par SCHMIDT (1971) montraient une teneur plus élevée en protéines, en calcium et en fer dans la matière sèche du premier groupe. Cet auteur regrette que dans les pays chauds souffrant de malnutrition on ne se soit que très peu efforcé au développement de la culture des légumes-feuilles tropicaux par rapport aux légumes de type européen. Le phénomène, que, malgré leurs rendements plus faibles et la valeur nutritive moins élevée, les légumes de type européen sont plus appréciés que les légumes tropicaux, se rencontre fréquemment dans les classes plus évoluées. Cela premièrement à cause du prestige et du 'bon ton' quoiqu'il ne soit pas exceptionnel de rencontrer des personnes évoluées, même des médecins, qui pensent que les légumes et fruits tropicaux sont inférieurs en valeur nutritive aux produits de l'Europe.

Une bonne illustration du rôle que l'amarante peut jouer dans la nutrition est donnée par COOKE (1947). Dans un camp de prisonniers de guerre en Malaisie en 1943, le régime alimentaire était basé sur du riz poli et était mal-équilibré. Les maladies ayant des symptômes de malnutrition étaient fréquentes. Pour remédier à la malnutrition, on a commencé par la culture de légumes divers, puis spécialement par les légumes-feuilles pour leur haute valeur nutritive (amarante, baselle, *Ipomoea reptans*) et on a terminé rien que par l'amarante. Ce dernier était de loin le plus productif de tous les légumes-feuilles dans les petits jardins entre les cases du campement, fumés de déchets et d'urine. Avec une consom-

mation moyenne de 300 g par personne et par jour, les symptômes de malnutrition ont pratiquement cessé.

Nous partagerons ici l'opinion de certains auteurs tels que AYKROYD (1962) pour les Indes, INTENGAN (1965) pour les Philippines, TERRA (1966) pour les pays tropicaux en général et VAN EIJNATTEN (1969b) pour l'Afrique de l'Ouest, qui recommandent une consommation de 100 g de feuilles par jour en moyenne. Cependant, il est clair que l'augmentation du niveau de 25 g vers 100 g aura de grandes conséquences pour l'agriculture et demande de tels changements des habitudes alimentaires pour la population qu'il ne faut pas la considérer comme un critère mais plutôt comme une aspiration dans le planning agricole et nutritionnel (cf. section 2.5).

3.2. COMPOSITION EN ÉLÉMENTS NUTRITIFS

3.2.1. Généralités

Les analyses de la valeur nutritive des légumes-feuilles tropicaux sont peu nombreuses et parfois hétérogènes ou même ne peuvent pas être comparées par des différences de la méthodologie et par manque de données taxonomiques adéquates. Quelques analyses qui font mention de l'amarante et de la célosie sont représentées par le tableau 5. Le tableau de composition des aliments de PLATT (1965) est fréquemment utilisé pour les légumes - Amaranthacées. Il se rapproche assez bien des valeurs indiquées par d'autres auteurs. Le tableau 6 donne une idée de l'apport en éléments nutritifs au régime alimentaire de différentes catégories de personnes par la consommation de 100 g de feuilles d'amarante.

3.2.2. Teneur en eau

Les différentes espèces de légumes-feuilles ont des teneurs très variables en eau. GRUBBEN (1971) donne les pourcentages de matière sèche de six espèces de légumes-feuilles au Dahomey récoltées au même moment dans un jardin familial pendant la saison sèche: *Corchorus olitorius* 26,4%, *Amaranthus cruentus* 20,0%, *Celosia argentea* 13,8%, *Solanum aethiopicum* 13,5%, *Basella alba* 9,9%, *Talinum triangulare* 9,9%. Les diététiciens doivent en tenir compte, que la consommation de 100 g de feuilles d'une espèce peut bien équivaloir à 500 grammes d'une autre. La teneur en eau varie selon l'espèce et la variété mais elle est également influencée par des facteurs écologiques et cultureux tels que les conditions climatiques, le sol, la fertilisation, l'irrigation, le stade et la méthode de récolte, le transport et la manutention. Une description de la variabilité de la teneur en eau des Amaranthacées par rapport à de différents facteurs écologiques et au stade du développement des plantes est donnée dans les chapitres 5, 6 et 8. La moyenne de 85% d'eau donnée par PLATT (1965) est utilisable pour l'amarante et la célosie dans les calculs diététiques de chaque jour. Par contre, dans les expérimentations, on ferait mieux de déterminer la teneur en eau dans des conditions bien définies et de représenter ensuite les valeurs en éléments nutritifs en pourcentages du poids sec.

TABLEAU 5. Composition des feuilles de l'amarante, de la célosie et de quelques autres légumes-feuilles.²

	mat. sèche		valeurs par 100 grammes de matière sèche												
	%	g	calo- ries	pro- téines	lipi- des	carbo- hydra- tes	fibres	miné- raux	calcium	fer	β-car- otène	thia- mine	ribo- fla- vine	nia- cine	acide ascor- bique
		g	g	g	g	g	g	g	mg	mg	μg	mg	mg	mg	mg
1. feuilles vert-foncé, e.a. <i>Amaranthus</i> spp. (PLATT, 1965)	15,0	320	33	4,7	33	10,0	-	-	1.667	26,7	12.000	0,7	2,0	10,0	667
2. <i>Amaranthus hybridus</i> (BUSSON, 1965)	-	-	33,5	4,0	34	-	-	-	3.820	70	-	-	-	-	-
3. <i>Amaranthus</i> sp. (WU LEUNG et al., 1968a)	16,0	263	28,8	1,3	51,9	11,3	18	18	2.563	56	35.725	0,31	2,6	7,5	400
écart: minimum	8,7	-	20,0	∅	-	2,5	14	14	431	4	-	0,31	2,3	-	325
maximum	21,6	-	37,5	3,8	-	40	25	25	5.206	64	-	0,38	2,8	-	1.250
4. <i>Amaranthus</i> sp. (WU LEUNG et al., 1968b)	14,0	300	26,4	5,7	52,8	10,7	15	15	2.235	40	22.848	0,36	1,7	8,6	464
5. <i>Amaranthus gangeticus</i> (GOPALAN, 1971)	14,3	315	28,0	3,5	43	7	18	18	2.776	178	38.601	0,2	2,1	8,4	693
6. <i>Amaranthus paniculatus</i> (GOPALAN, 1971)	21,4	313	27,6	4,7	40,2	9,8	18	18	2.477	86	66.308	0,05	1,12	5,1	379
7. <i>Celosia</i> sp. (WU LEUNG et al., 1968a)	16,2	272	29,0	4,3	46,9	11,1	20	20	1.605	48	-	-	-	-	-
8. <i>Celosia argentea</i> (GOPALAN, 1971)	12,0	317	16,7	5,8	48,3	13	17	17	2.692	-	-	-	-	-	-
9. feuilles vert-clair e.a. <i>Brassica</i> (PLATT, 1965)	7,0	329	21	2,9	57	11,4	-	-	571	7,1	257	0,7	0,7	4,3	571
10. <i>Lactuca sativa</i> laitue (PLATT, 1965)	6,0	317	23	∅	50	8,3	-	-	583	16,7	3.000	1,7	1,7	6,7	250

Table 5. Composition of the leaves of *amaranth*, *Celosia* and some other leaf vegetables.

² 1 cal. = 4,186 Joule

1 I.U. pro-vitamine A = 0,6 μg β-carotène

∅ = quantité négligeable

TABLEAU 6. Pourcentage de saturation des besoins journaliers d'éléments nutritifs pour une consommation de 100 g d'amarante (15 % de matière sèche). Composition selon PLATT (1965).

		enfant (18 kg 4-6 ans)	homme (65 kg)	femme grossesse
protéines (1)	5 g	17%	7%	7%
calcium (2)	250 mg	50	50	50
fer (3,4)	4,0 mg	40	44	44
β -carotène (5)	1.800 μ g	100	42	42
thiamine (5)	0,1 mg	14	8	11
riboflavine (5)	0,3 mg	30	17	23
niacine (5)	1,5 mg	12	7	10
acide ascorbique (3)	100 mg	500	333	200

(1) valeurs moyennes des recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS, 1973), valeur biologique 60% de la protéine de référence

(2) voir recommandations Organisation Mondiale de la Santé (FAO, 1962)

(3) idem (OMS, 1970)

(4) besoins des femmes adultes comme ceux des hommes adultes, sauf les femmes réglées ou anémiques

(5) voir recommandations Organisation Mondiale de la Santé (OMS, 1967)

Table 6. Saturation percentage of daily requirements of nutrition elements for an intake of 100 g of amaranth (15% dry matter). Composition according to PLATT (1965).

3.2.3. Calories, lipides, carbohydrates, fibres

Les feuilles vertes sont consommées en trop petites quantités pour qu'elles puissent donner un apport significatif quant aux calories. Le pourcentage de calories d'origine protéique est de l'ordre de 25 à 35%. Elles contiennent peu de lipides. Les carbohydrates sont assez riches en fibres de cellulose indigestibles. Elles augmentent la quantité de selles et possèdent pour cette raison un effet laxatif doux (DAVIDSON et PASSMORE, 1972) qui est très utile dans les pays tropicaux où la constipation est presque de règle (HIEL, 1974).

3.2.4. Protéines

On fait rarement mention des protéines dans les légumes-feuilles parce que l'on considère les quantités consommées trop faibles pour un apport significatif de protéines (DAVIDSON et PASSMORE, 1972). Pourtant quelques auteurs ont stipulé que l'apport dans les pays tropicaux n'est pas sans importance. VAN EYNATTEN (1969a) émet l'opinion qu'un apport régulier de quelques grammes de protéines de feuilles par jour aux enfants souffrant d'une carence protéique peut sensiblement améliorer leur état de santé. Notons ici que, selon CRESTA (1967) le taux de couverture des besoins en protéines au Dahomey n'est que 78%, ce qui signifie un déficit considérable.

La composition en acides aminés des protéines foliaires est assez valable.

L'indice chimique, rapporté à celui de l'oeuf, est de 70 % avec l'isoleucine comme acide aminé limitant et une valeur élevée d'acides aminés soufrés (FAO, 1970). Combinées aux protéines d'autres aliments tels que le maïs ou le manioc, les feuilles peuvent augmenter la valeur biologique du repas (OOMEN, 1971). D'après MUNGER (1971) beaucoup de légumes-feuilles possèdent plus de protéines dans le produit préparé que le riz bouilli. Ce raisonnement est compréhensible par le fait que les légumes, après l'enlèvement de l'eau de cuisson, n'ont pas absorbé d'eau et même qu'ils perdent parfois une partie de l'eau cellulaire du produit brut tandis que les céréales absorbent de l'eau pendant la préparation.

VAN EYNATTEN (1969a) a compilé des données sur la composition en acides aminés des légumes-feuilles. La teneur moyenne en protéines des légumes-feuilles selon les tables de composition de WU LEUNG et al. (1968) était de $24,8 \pm 0,6\%$ de la matière sèche tandis que la moyenne de 26 légumes-feuilles ouest-africains analysés par VAN EYNATTEN (1969a) était de $32,2 \pm 1,4\%$. Dans l'amarante et la célosie on notait respectivement 33,5 et 28,8 % de protéines dans la matière sèche. LEXANDER et al. (1970) ont étudié 28 espèces de feuilles en vue de la fabrication de protéines concentrées. De toutes ces espèces, la protéine de l'amarante (*A. caudatus* L.) se montrait la meilleure au point de vue digestibilité et composition. PIRIE (1973) qui a développé un procédé industriel pour l'extraction de protéines de feuilles, souligne l'intérêt potentiel des feuilles pour l'alimentation.

3.2.5. Sels minéraux

De tous les sels minéraux présents dans les feuilles, le calcium et le fer seuls se montrent généralement d'une grande importance dans les régimes alimentaires des pays tropicaux. Au Dahomey, la consommation de calcium est en déficit. Selon CRESTA (1967) le taux de couverture est de 62 %. Le même auteur note que l'apport en fer est suffisant, grâce à la consommation élevée de maïs, mais aura tendance à diminuer par le remplacement progressif du maïs comme aliment de base par le manioc.

L'absorption de calcium est influencée négativement entre autres par l'acide oxalique des légumes-feuilles (cf. 3.4). Le fer est un élément important dans de nombreuses régions tropicales avec des anémies causées par un apport déficitaire de cet élément (OMS, 1972), et dont les symptômes sont aggravés par des pertes de sang dues aux maladies telles que la bilharziose, la malaria et l'ankylostomiase. L'absorption du fer dans les intestins est de l'ordre de 10 % de la consommation mais les sujets souffrant d'anémie peuvent en absorber davantage. DAVIDSON et PASSMORE (1972) remarquent que la valeur de légumes-feuilles dans le régime alimentaire n'est pas constituée seulement par la teneur en fer mais surtout par la haute teneur en acide ascorbique qui facilite sensiblement l'absorption du fer.

3.2.6. Vitamines

Les légumes-feuilles tropicaux sont très riches en β -carotène, en acide ascorbique et en riboflavine, et leur teneur en thiamine et en niacine n'est pas négligeable non plus.

Dans le régime alimentaire des populations du Sud-Dahomey, les besoins en vitamine A sont bien couverts grâce à la consommation élevée de l'huile de palme rouge. Aussi la thiamine est suffisamment disponible mais les besoins en riboflavine ne sont satisfaisants que pour 49 %, de niacine pour 66 % et d'acide ascorbique pour 67 % (CRESTA, 1967).

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS, 1967) définit comme nutriments provenant des légumes-feuilles ayant une activité de vitamine-A d'abord la β -carotène pour 75 % du total des unités internationales (U.I.) et deuxièmement d'autres caroténoïdes pour 25 % du total des unités internationales. Une U.I. revient à 0,6 μ g β -carotène ou 0,3 μ g rétinol. La hypo-vitaminase A cause la xérophthalmie qui peut s'aggraver jusqu'à une cécité partielle ou totale. OOMEN (1964) recommande vivement la consommation de feuilles vertes pour lutter contre cette maladie fréquemment constatée dans les pays tropicaux. WIJNHOFEN (1971) souligne l'intérêt de cette source bon marché de vitamine-A pour les petits enfants: 50 à 100 g par enfant et par jour suffisent pour satisfaire leurs besoins.

Le déficit en acide ascorbique est assez prononcé dans les régions tropicales où l'on mange des céréales comme aliments de base, mais moins chez les populations qui se nourrissent de tubercules (OMS, 1970). L'acide ascorbique rend au corps de nombreux services. Quoiqu'il soit dommage qu'une partie considérable de l'acide ascorbique soit rejetée avec l'eau de cuisson des légumes (voir 3.5), la teneur en est si élevée dans les feuilles vertes qu'une consommation de 100 g par personne et par jour suffit largement à leurs besoins, même en tenant compte d'une perte de 50 % pendant la préparation.

3.3. REMARQUES SUR LA VALEUR NUTRITIVE DES GRAINES

Les graines d'amarante sont utilisées comme aliment dans certaines régions tropicales (voir section 4.5.2). La valeur nutritive est très bonne. D'après WU LEUNG et al. (1968a, b) ces graines contiennent dans la matière sèche 15 à 16 % de protéines. La valeur calorifique (430 cal. par 100 g) est meilleure que celle du maïs. Elles contiennent 6,9 à 8,3 % de lipides.

DOWNTON (1973) mentionne des teneurs élevées en lysine (6,2 % de la protéine) et en méthionine (2,3 %). Le pourcentage de calories d'origine protéique, calculé sur la base de 3,87 cal. par g protéine, s'élève à 14 %. Selon MISRA et al. (1972) l'amidon des amarantes-céréales sélectionnées selon la couleur jaune pâle aurait de meilleures digestibilité et composition que les autres amarantes qui possèdent généralement des graines brun-foncées.

3.4. ACIDE OXALIQUE ET AUTRES MATIÈRES NOCIVES

La présence de quantités considérables d'acide oxalique dans de nombreux légumes-feuilles et spécialement dans l'amarante et la célosie était une raison pour SADIK (1971) de critiquer les efforts pour une augmentation de la consommation de ces légumes dans la vulgarisation nutritionnelle. Des teneurs élevées en acide oxalique pour les Amaranthacées ont été rapportées entre autres par SRIVASTAVA et al. (1959) et OKE (1966, 1968). L'effet nocif de l'acide oxalique soluble est causé par sa faculté à rendre le calcium consommé en même temps inabsorbable et le fait que la partie de l'acide oxalique absorbé par le corps se lie au calcium du sang et peut provoquer par la suite la formation de calculs rénaux.

Récemment SCHMIDT et al. (1971) ont remarqué que les plantes riches en acide oxalique sont également nombreuses dans les familles apparentées aux Amaranthacées, telles que Basellacées, Chenopodiacees, Polygonacées et Portulacacées. Puisque l'acide oxalique est un produit terminal dans le métabolisme des plantes, contrebalançant les cations Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ et Na^+ , la formation d'acide oxalique serait influencé positivement par une plus grande

TABLEAU 7. Quantités d'oxalates de quelques légumes-feuilles, exprimées en g d'acide oxalique ($H_2C_2O_4$) par 100 g de matière sèche.
A = données bibliographiques
B = analyses Lab. Chimie Agricole, Wageningen (échantillons cf. tableau 45 sub. 1)

espèce	% matière sèche	acide oxalique		
		soluble	insoluble	total
A <i>Amaranthus cruentus</i> (SCHMIDT, 1971)				
- sol très fertile	14,2	2,85	7,04	9,89
- sol moyen	15,2	2,61	5,22	7,83
<i>Amaranthus hybridus</i> (SADIK, 1971)	-	5,60	8,73	14,33
<i>Celosia argentea</i> (SADIK, 1971)	-	7,55	7,37	11,92
B <i>Amaranthus cruentus</i> cv. Fotète				
	10,8	4,74	7,39	12,13
<i>Celosia argentea</i> cv. Avounvô Vert	10,7	7,73	5,78	13,51
<i>Corchorus olitorius</i> cv. Nehoun	19,8	1,75	4,06	5,81
<i>Solanum aethiopicum</i> cv. Gboma	13,6	1,28	4,05	5,33
<i>Basella alba</i> cv. Djomakou	7,1	4,40	4,10	8,50
<i>Talinum triangulare</i> cv. Glasso	8,2	5,43	10,40	15,83
<i>Lactuca sativa</i> cv. Blonde Paresseuse	7,4	0,47	4,05	4,52

Table 7. Quantities of oxalates in some leaf vegetables, expressed in g of oxalic acid ($H_2C_2O_4$) per 100 g of dry matter.
A = bibliographical data
B = analyses Lab. Agricultural Chemistry, Wageningen (samples cf. table 45 sub 1).

absorption de ces cations, donc aussi dans un sol riche en bases échangeables. Par contre, une grande absorption d'anions par la plante semble réduire la teneur en acide oxalique. Néanmoins, les facteurs écologiques nous ne semblent pas avoir une grande importance pour la teneur en acide oxalique par rapport aux caractères génétiques (cf. ch. 11).

Quelques observations sur la teneur en acide oxalique dans l'amarante et la célosie sont représentées dans le tableau 7A. La partie B du même tableau représente les teneurs en acide oxalique de sept espèces de légumes-feuilles récoltées en mars 1973 dans le jardin central du CFHN. Le produit comestible fut analysé sur la présence d'acides organiques (carboxylates). Les sept espèces contenaient, en dehors des oxalates, assez peu d'acides organiques (fumarates, succinates, malonates, citrates, malates) sauf *Lactuca* et *Basella* qui contenaient une quantité non-négligeable de citrates.

Quoiqu'une teneur élevée en acide oxalique soit sûrement à redouter, il n'y a pas d'évidence d'effets nocifs chez des adultes (COOKE, 1947: 300 g par personne par jour) ou des enfants nourris avec des régimes contenant de l'amarante. D'après FASSETT (1966) une intoxication par l'acide oxalique est invraisemblable puisqu'il faut au moins 5 g d'acide oxalique, c'est-à-dire une consommation d'environ $\frac{1}{2}$ kg d'amarante pour atteindre le niveau toxique. On peut craindre une intoxication si une personne déficitaire en calcium et en vitamine D consomme beaucoup d'acide oxalique pendant plusieurs jours. SCHMIDT et al. (1971) ont démontré qu'il est possible de se débarrasser des deux tiers ou plus de l'acide oxalique de l'amarante en jetant l'eau de cuisson.

Quant à l'oxalate de calcium, dans leurs tests d'un régime alimentaire avec de l'amarante comme source de calcium BASU et GHOSH (1943) ont rapporté une absorption de 43% contre 50% d'absorption du calcium du lait. Cela, et d'autres observations, amènent à la conclusion que les êtres humains dont le régime alimentaire est pauvre en calcium, sont adaptés à l'utilisation de ces formes de calcium qui ne seraient pas facilement utilisables aux sujets mieux nourris (NICHOLS et al., 1961; FASSETT, 1966). ARNOTT et PAUTARD (1970) affirment que l'acide oxalique insoluble n'est pas entièrement lié au calcium mais qu'il peut être lié au magnésium jusqu'à 30% de la totalité. D'ailleurs une partie du calcium se trouve dans des formes autres que l'oxalate, par exemple dans les membranes des cellules. Les cristaux d'oxalate de calcium peuvent se dissoudre et disparaître pendant le cycle végétatif de la plante. Le processus n'est pas irréversible, il est contrôlé par l'absorption de calcium et par tout le métabolisme de la plante. Les mêmes auteurs mentionnent que la teneur en acide oxalique est avant tout un caractère génétique, qui, outre sa fonction dans le métabolisme de la plante, pourrait la protéger contre le broutage et contre les escargots.

Des cristaux sous forme de macles sont très nombreux dans les feuilles de l'amarante et de la célosie (voir les dessins, figure 21). En revanche nous n'avons pas observé des cristaux d'oxalate de calcium sous forme de raphides. Selon SCHINZ (1933), les Amaranthacées ne contiennent jamais ce type de cristaux, dangereux pour le consommateur.

Une autre matière nocive que l'on trouve souvent dans les légumes-feuilles est le nitrate qui, transformé en nitrite, peut devenir nocif surtout pour de jeunes enfants. SCHMIDT et al. (1971) ont trouvé 0,98 % de nitrate (NO_3^-) dans la matière sèche de l'amarante bien fumé d'azote et 0,36 % dans l'amarante sur sol pauvre. A ce sujet, l'amarante peut être comparée à l'épinard (*Spinacia oleracea*) dont, d'après PRUMMEL (1966), la chance de causer l'intoxication d'un enfant paraît assez faible. D'ailleurs, selon SRIKANTIA (1973), ce problème n'est qu'important dans les pays techniquement avancés où l'épinard des petits enfants est congelé. Aujourd'hui, il est bien connu que l'épinard excessivement fumé d'azote (surtout en forme NO_3^-) peut contenir une grande quantité de nitrates qui normalement ne sont pas toxiques, puisqu'ils sont absorbés ou secrétés par les intestins sans être réduits en nitrite. Cette réduction peut se passer, si l'on conserve de l'épinard, après la préparation, dans une température normale ou congelé mais pas en boîte de conserves. L'emploi de l'épinard comme nourriture pour les enfants de moins de trois mois est déconseillé.

La présence d'acide cyanhydrique dans l'amarante est rapportée par OKE (1966). La teneur assez élevée en cette matière et aussi en acide oxalique rendra l'amarante inapte à l'emploi en pâturage (cf. section 4.5.5). On se débarrasse d'une grande partie de ces produits si l'on jette l'eau de cuisson. D'autre part, il n'est pas probable que l'acide cyanhydrique dans les feuilles des Amaranthacées puisse atteindre un niveau toxique pour l'homme.

3.5. PERTES DUES À LA PRÉPARATION

En étudiant la mode de préparation des légumes-feuilles au Dahomey (cf. section 3.6.2) la perte par diffusion d'une partie des nutriments solubles dans l'eau de cuisson paraît très probable, notamment des sucres, acides organiques, pectines, sels minéraux, vitamines, pigments, substances aromatiques. TRÉMOLIÈRES ET AL. (1963) distinguent d'une part, la perte par dissolution d'une partie des sels minéraux, de la vitamine C et d'une petite quantité de protéines, et d'autre part, la perte par inactivation causée par la chaleur, surtout de la vitamine C.

L'éducation nutritionnelle donne des consignes, à l'égard de la préparation des légumes (HIEL et GRIMAUD, 1971), entre autres de laisser cuire les légumes dans un petit volume d'eau pour ne pas en jeter. Ce conseil ne semble pas dépourvu de bon sens si l'on compare les pertes causées par les différentes méthodes de cuisson constatées par KREHL et WINTERS (1950) pour l'épinard (*Spinacia oleracea*) selon le tableau 8. Le gain en éléments nutritifs de la méthode améliorée par rapport à la méthode traditionnelle est bien illustré par la dernière colonne (C-A). Un désavantage de l'utilisation de l'eau de cuisson est que l'on conserve en même temps les matières nocives, telles que l'acide oxalique les nitrates libres et l'acide cyanhydrique.

Une autre habitude alimentaire est la cuisson avec de la 'potasse', extraite de cendres de plantes et composée de carbonates de kalium et de sodium. La

TABLEAU 8. Retenue de vitamines et de sels minéraux dans l'épinard (*Spinacia oleracea*) après cuisson par trois différentes méthodes. L'épinard frais contenait 7,7% de matière sèche. L'eau de cuisson était jetée. Données de KREHL et WINTERS (1950), en pourcentages de la quantité originale.

matières nutritives	A légumes recou- verts d'eau	B peu d'eau (25%)	C sans eau	pertes dans l'eau de cuisson C-A
calcium	73,5%	81,1%	88,4%	14,9%
fer	78,0	85,5	89,0	11,0
thiamine	50,1	70,4	87,2	37,1
riboflavine	56,7	71,4	85,8	28,8
niacine	40,5	76,8	88,4	47,9
acide ascorbique	49,1	51,7	70,0	20,9
carotène	80,7	87,2	91,3	10,6
matière sèche %	5,3	6,9	8,0	

Table 8. Residue of vitamins and minerals in spinach (*Spinacia oleracea*) after cooking in three ways. Fresh spinach dry matter content 7,7%. The cooking liquid was poured off. Data of KREHL and WINTERS (1950), in percentages of the original quantity.

durée de la cuisson est raccourcie de quelques minutes et les feuilles deviennent plus tendres. Après la cuisson et l'enlèvement de l'eau, il reste seulement 60 à 70% du poids original ce qui pourrait indiquer une perte supplémentaire d'éléments nutritifs puisqu'en plus de l'eau ajoutée, il y a une perte accessoire de l'eau cellulaire. Le poids restant après une cuisson avec du sel, sans potasse, est de l'ordre de 90%. En plus de la plus grande perte d'eau de cuisson, la potasse pourrait également causer une destruction d'une partie des vitamines sensibles pour un pH élevé, notamment la vitamine C et la thiamine. Nous n'avons pas pu trouver de références bibliographiques à cet égard. Heureusement la préparation avec de la potasse n'est que rarement appliquée pour les légumes-Amaranthacées. L'emploi de la potasse est déconseillé aux ménagères par les animatrices rurales qui s'occupent de l'éducation nutritionnelle au Dahomey (HIEL et GRIMAUD, 1971). A cause du mauvais goût, il ne serait pas possible d'utiliser l'eau de cuisson qui contient de la potasse.

3.6. CONSOMMATION DE L'AMARANTE AU DAHOMEY

3.6.1. Niveau de consommation et habitudes alimentaires

Une enquête budgétaire réalisée au Dahomey en 1961 a montré une consommation de feuilles vertes de 16 g par personne et par jour. Il y avait peu de différences entre le Nord et le Sud du pays ou entre le milieu rural et le milieu urbain (CRESTA, 1967). Il s'agissait ici de légumes nettoyés, donc du produit comestible net. Calculant le total des légumes-feuilles commercialisés à Porto-

Novo et à Cotonou selon les données de VERMEULEN (1973), la consommation serait de 42 g de produit comestible brut par personne et par jour. Selon nos observations, la partie jetée pendant l'épluchage avant la cuisson varie de 20 à 60% du poids brut. La variabilité due aux habitudes alimentaires et aux effets saisonniers rend les estimations par sondages assez imprécises.

Les habitudes alimentaires ont été étudiées dans trois villages des environs de Porto-Novo par HUIZINGA (1970), en particulier la consommation de légumes. Normalement les Dahoméens prennent trois repas par jour :

1. le petit déjeuner, pour lequel les aliments varient largement, contenant souvent des haricots niébé ou du manioc,
2. le déjeuner, composé essentiellement du restant de la sauce de la veille, complété par un aliment de base,
3. le dîner (le soir), considéré comme le repas le plus important et se composant d'un aliment de base (maïs, manioc) et d'une sauce.

En moyenne on mange au moins trois fois par semaine des légumes-feuilles dans la sauce. Certaines familles en mangent cinq à six fois par semaine, mais 24% des personnes interrogées déclaraient ne jamais manger de feuilles. La présence de légumes-feuilles fût constatée dans 42% des diners. Le motif de l'utilisation des légumes-feuilles est en premier lieu, qu'on en aime le goût et, ensuite, que l'on obtient une plus grande quantité de sauce en ajoutant des feuilles.

Des tabous alimentaires sont fréquents, également en ce qui concerne la consommation de légumes-feuilles, mais ne causent pas une grande influence négative sur la valeur nutritionnelle de l'alimentation de la population. Les tabous sont généralement très spécifiques et précis. Presque toujours l'aliment interdit peut être remplacé par un autre ayant une valeur nutritive égale.

Dans la région de Porto-Novo l'auteur susmentionné a trouvé de poisson frais ou fumé dans 95% des sauces. Ce phénomène très favorable pour la nutrition n'est pas surprenant car il s'agissait ici de ménages d'un village lacustre de pêcheurs et de deux villages assez proches de la lagune. Cette situation n'est point représentative pour le milieu rural du Dahomey. Toutefois, le déficit protéique dans le pays est évident (voir 3.2.4). D'après ANNEGERS (1973) la consommation de poisson au Sud-Dahomey serait de 10 à 19 g par personne et par jour mais elle baisse rapidement vers le Nord et n'est que de 3 g dans le Centre. La consommation de viande est partout inférieure à 3 g par jour.

Certaines habitudes qui concernent le mode de préparation et l'hygiène alimentaire en général sont reconnues indésirables par ceux qui s'occupent de l'éducation nutritionnelle (HIEL et GRIMAUD, 1971).

3.6.2. Préparation des sauces

La ménagère nettoie d'abord les légumes récoltés ou achetés au marché tout en enlevant les parties considérées comme inaptes à la consommation, telles que les racines, les parties dures des tiges, les feuilles impropres et les inflorescences. Le poids de la portion comestible varie entre 40 et 80% du poids brut, cela en

fonction de la qualité et les préférences de la ménagère. Ensuite, les légumes sont lavés et puis on les met dans une bonne quantité d'eau bouillante, au moins deux ou trois fois le poids des légumes. On les fait bouillir pendant 8 à 15 minutes. Dès la cuisson des feuilles, contrôlée en les pinçant avec les doigts, l'eau de cuisson est jetée et les légumes sont pressés en boule dans les mains pour les couper en morceaux. Ensuite, la ménagère chauffe l'huile de palme rouge, y ajoute les condiments écrasés (tomates, oignons, piments), de l'eau si nécessaire et le cas échéant, du poisson et de la viande. Les légumes cuits et coupés sont ajoutés ensuite. Les possibilités de varier la composition de cette sauce sont nombreuses.

Des données bibliographiques sur la composition des sauces étant absentes, nous avons effectué une enquête restreinte sur la préparation des sauces avec des légumes-feuilles chez 18 ménagères à Porto-Novo. Voici les réponses :

- 18 sur 18 jettent l'eau de cuisson et rincent les légumes cuits avec de l'eau fraîche avant de les ajouter à la sauce

TABLEAU 9. Quantité de légumes-feuilles (amarante) et d'autres ingrédients qui entrent dans la composition de cinq différentes sauces, pour le repas principal d'un homme adulte (grand marché Porto-Novo sept. 1973).

ingrédients	prix moyen F/kg	poids des ingrédients en grammes				
		A	B	C	D	E
amarante	34,3 ± 4,6	71,2	68,3	84,0	38,6	126,4
tomates fraîches	43,0 ± 5,1	47,0	61,8	78,3	31,6	45,1
tomate concentrée	560	3,3	-	-	2,2	-
piment frais	207 ± 39	2,0	2,3	2,7	-	2,0
piment séché	429	-	-	-	1,2	-
oignons	141 ± 11	3,8	8,5	6,0	5,0	4,8
goussi (graines de Cucurbitacées)	281	11,8	7,0	-	-	-
moutarde (graines de <i>Parkia</i>)	208 ± 24	-	-	3,3	7,8	3,7
arachides	95	-	-	17,5	-	-
feuilles de <i>Vernonia</i>	32	26,3	-	-	-	-
épices (gingembre, poivre)	226	0,5	1,8	-	-	-
crevettes	655	12,7	3,8	-	-	-
crabes	417	20,0	-	-	-	-
poisson fumé	245 ± 25	35,8	43,1	-	14,7	-
petits poissons séchés	227	-	-	14,7	-	-
huile rouge	117 ± 7	25,3	28,5	27,7	15,9	27,1
sel	51,0 ± 15,0	1,7	4,2	2,3	2,2	2,7
potasse	500	0,2	-	-	0,3	-
prix des sauces (F par repas)		40,7	22,7	15,8	13,5	10,3

Table 9. Quantities of leaf vegetables (amaranth) and other ingredients used in five different sauces, for the main meal of an adult person (main market Porto-Novo sept. 1973).

Fig. 2. Contribution relative de l'amarante à la valeur nutritive d'un repas avec le plat de résistance 'akassa' (pâte de maïs: 1.000 g par pers., 18% de maïs) et la sauce E. Composition des aliments selon PLATT (1965).

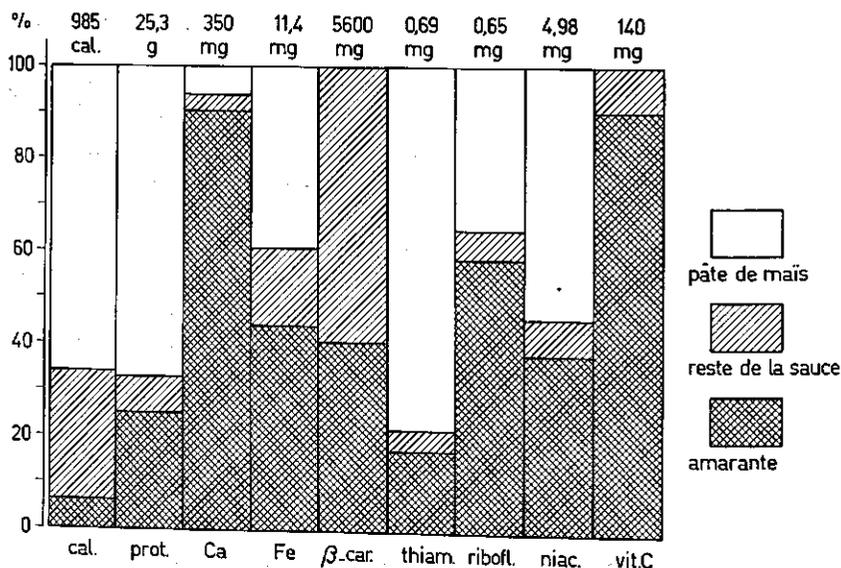


Fig. 2. Relative contribution of the amarant to the nutritional value of a meal, with a basic food (paste of maize, 1000 g per person, 18% of maize meal) and the sauce E. Composition of ingredients according to PLATT (1965).

- 15 sur 18 font cuire l'amarante et la célosie avec du sel de cuisine et 3 avec de la potasse
- 14 sur 18 ajoutent souvent un peu de feuilles amères de *Vernonia amygdalina* pour relever le goût de l'amarante et de la célosie
- 11 sur 18 préfèrent l'amarante à tous les autres légumes-feuilles, 3 la célosie, 2 le *Solanum aethiopicum* et 2 le *Corchorus olitorius*.

Les raisons de jeter l'eau de cuisson sont les suivantes. On se débarrasse du goût désagréable de cette eau, d'impuretés (insectes, sable) et le cas échéant, de la potasse. L'eau de cuisson est réservée par certaines femmes évoluées ayant une notion de la valeur nutritive et parfois traditionnellement par des femmes du milieu rural ou par des ménagères touchées par programme d'éducation nutritionnelle du Centre de Ouando. Le tableau 9 donne cinq exemples de sauces que nous avons fait préparer avec des aliments achetés par les ménagères elles-mêmes au marché de Porto-Novo. La sauce A est typique pour les familles les plus aisées, B est déjà plus modeste, D a été préparé pour une famille assez pauvre tandis que la sauce E manquant complètement de protéines animales est consommée par les très pauvres. La sauce C a été préparée selon une recette du CFHN (HIEL et GRIMAUD, 1971). La différence qualitative de la sauce C avec la dernière consiste surtout en une addition de petits poissons séchés et

d'arachides ce qui en augmente considérablement la valeur nutritive. La quantité consommée de l'aliment de base le plus populaire, des boules de maïs fermenté appelées 'akassa' (CRESTA, 1967; HUIZINGA, 1970) varie de 400 jusqu'à 1.000 g par personne adulte par repas. Elle est la plus élevée pour les repas avec des sauces moins chères et peu épaisses. Le prix de l'akassa qui contient environ 20 % de matière sèche, était de 9 F/kg.

L'analyse de la valeur nutritive et du coût des cinq sauces montre que la contribution de l'amarante à la valeur nutritive est plus grande pour la sauce la moins coûteuse (sauce E). Pour cette sauce l'analyse a été représentée dans la figure 2.

Le prix brut de l'amarante tel qu'il était acheté au marché était de $16,3 \pm 1,8$ F/kg pour les cinq sauces. Le pourcentage de déchets lors du nettoyage était considérable. Il restait seulement $48,3 \pm 3,7\%$ de produit net ce qui démontre la mauvaise qualité des légumes.

On peut bien conserver les restes de toutes cinq sauces préparées pour le repas de midi jusqu'au lendemain soir si on les rechauffe de nouveau le soir même et le lendemain matin, faute de quoi elles risqueraient de fermenter et de noircir.

3.7. CONCLUSIONS

L'amarante (y compris la célosie) sont de bons aliments supplémentaires, notamment pour l'apport en sels minéraux (fer, calcium), en β -carotène et en acide ascorbique. En plus, l'apport en protéines n'est pas négligeable. La consommation de feuilles vertes au Dahomey est de l'ordre de 20 g de poids net de matière fraîche par personne et par jour, dont l'amarante et la célosie occupent un peu plus de la moitié. Une absorption de 100 g de matière fraîche par personne et par jour est recommandée pour équilibrer le régime alimentaire. Une absorption beaucoup plus élevée pourrait causer des effets nocifs par une trop grande dose d'acide oxalique et de nitrates libres. Une telle intoxication est invraisemblable si elle reste au dessous de 500 g par jour. L'enlèvement de l'eau de cuisson pendant la préparation amène la perte d'une partie assez importante de vitamines et de sels minéraux.

On mange environ trois fois par semaine une sauce avec des légumes-feuilles. Les tabous alimentaires ne jouent pas un grand rôle. La contribution des légumes-feuilles à la valeur nutritive des sauces est plus grande pour les plus pauvres.

4. CONSIDÉRATIONS BOTANIQUES ET GÉOGRAPHIQUES

4.1. INTRODUCTION

Les Amaranthacées, proches aux Chénopodiacées, sont très répandues dans toutes les régions tropicales et subtropicales du monde entier. Depuis les temps préhistoriques, l'homme a commencé à utiliser certaines espèces comme nourriture ou médicament et à les mettre en culture.

Nous énumérons ci-après les caractères botaniques, la géographie et l'utilisation des Amaranthacées en général en accentuant particulièrement les espèces des deux genres *Amaranthus* et *Celosia* qui sont utilisées comme légume-feuilles.

La famille des Amaranthacées (Dicotylédones, ordre des Caryophyllales) comprend environ 800 espèces groupées en 60 genres de plantes herbacées annuelles, rarement des arbustes. C'est une famille prépondérante tropicale mais on en trouve aussi quelques centaines d'espèces dans des régions à climat tempéré. Le plus grand nombre d'espèces existe en Amérique. Il y en a beaucoup moins en Afrique et peu en Asie. Les Amaranthacées sont des plantes qui aiment un habitat bien ensoleillé et humide. Leur développement végétatif est rapide et elles produisent de grandes quantités de petites graines qui sont répandues par le vent, l'eau et les oiseaux. Aussi rencontre-t-on les Amaranthacées aux endroits ouverts, avec une terre meuble, tels que les berges et estuaires. Ces caractères en faisaient des adventices associées à l'habitat de l'homme dès l'antiquité. Des graines d'Amaranthacées ont été trouvées dans certaines habitations préhistoriques, même en Europe méditerranéenne (THELLUNG, 1919). Il se peut que l'homme préhistorique ait apprécié les feuilles et les graines de certaines Amaranthacées depuis qu'il a commencé la préparation de sa nourriture par cuisson. Le stade de la cueillette de feuilles de certaines espèces d'Amaranthacées spontanées continue encore à ce jour, quoiqu'il sera graduellement remplacé tout à fait par les espèces cultivées. On trouvera ci-dessous une liste des espèces mentionnées comme légumes de cueillette en Afrique de l'Ouest par BUSSON (1965).

Aerva Forsk.

A. javanica (Burm.) Juss, ex Schult.

A. lanata (L.) Juss. ex Schult.

Alternanthera Forsk.

A. maritima St.-Hil.

A. sessilis R.Br.

Amaranthus L.

A. hybridus L. (syn. *A. caudatus* L.)

A. lividus L. (syn. *A. blitum* L.)

A. spinosus L.

A. viridis L. (syn. *A. gracilis* Desf.)

Celosia L.

C. argentea L.

C. laxa Schum. et Thonn.

D'après VAN EYNATTEN (1968) et VAN DER ZON & GRUBBEN (1975) les espèces suivantes d'Amaranthacées sont consommées au Dahomey:

Achyranthes aspera L.

Alternanthera sessilis (L.) R. Br. ex Roth

Amaranthus hybridus L. subsp. *cruentus* (L.) Thell.

A. spinosus L.

A. viridis L.

Celosia argentea L.

C. laxa Schum. & Thonn.

C. trigyna L.

Centrostachys aquatica (R.Br.) Wall.

Cyathula pedicellata C.B. Clarke

De toutes ces espèces de légumes-feuilles de cueillette en Afrique de l'Ouest, seulement *A. cruentus* L. (syn. *A. hybridus* L.; *A. hybridus* L. subsp. *cruentus* (L.) Thell.) et *C. argentea* L. sont parvenues au stade de la culture commerciale.

4.2. TAXONOMIE

La Flora Europaea (TUTIN et al., 1964) classe 12 espèces dans le genre *Amaranthus* et une seule dans le genre *Celosia*. Voici quelques caractéristiques des deux genres:

1. *Celosia* L.

Feuilles alternées. Bractéoles 3. Segments du périanthe 5, oblongs, pointus ou obtus. Etamines 5, alternées avec 5 dents; filaments soudés à la base formant un tube membraneux. Style long, filiforme. Fruit s'ouvrant circulairement, contenant plusieurs graines.

2. *Amaranthus* L.

Plantes annuelles, rarement pérennantes; monoïques ou dioïques. Feuilles généralement alternes. Bractéoles 3-5, petites et foliacées ou membraneuses et spinescentes. Segments du périanthe 0-5, linéaires ou lancéolés à spathulés. Styles et stigmates 2-3. Fruit sec, membraneux; indéhiscent, s'ouvrant circulairement ou se déchirant à la fin irrégulièrement, contient une seule graine. Graines verticalement comprimées.

BERHAUT (1971) dans la Flore illustrée du Sénégal se repose surtout sur la Flora of West Tropical Africa (HUTCHINSON et DALZIEL, 1963). Il décrit comme espèces d'Amaranthacées cultivées en guise d'épinard *Amaranthus hybridus* L. (= *A. caudatus* Flora W.T.A. 1er ed.), *A. viridis* L. et *Celosia argentea* L. Dans cette flore de l'Afrique de l'Ouest de HUTCHINSON et DALZIEL, la classification des espèces est la suivante:

Celosia L.

1. *C. argentea* L.; spontanée et cultivée.

C. argentea forma *cristata* (L.) Schinz (syn. *C. cristata* Linn.) pour les formes avec des inflorescences fasciées, cultivée.

2. *C. trigyna* L.
3. *C. laxa* Schum. & Thonn.
4. *C. bonnivairii* Schinz.
5. *C. leptostachya* Benth.
6. *C. globosa* Schinz.

Amaranthus L.

1. *A. spinosus* L.
2. *A. hybridus* L. subsp. *cruentus* (L.) Thell. var. *paniculatus* (L.) Thell.; spontané et cultivé (syn. *A. caudatus* ex parte).
3. *A. dubius* Mart. ex Thell. Spontané et cultivé.
4. *A. graecizans* (syn. entre autres *A. angustifolius* Lam., *A. blitum* ex parte, *A. sylvestris*, *A. oleraceus* ex parte).
5. *A. tricolor* L.; légume-feuilles cultivé.
6. *A. viridis* L. (syn. *A. gracilis* Desf., *A. oleraceus* ex parte).
7. *A. lividus* L.

Ensuite, nous pouvons nous référer à la Flora Malesiana (BACKER, 1949) qui décrit une seule espèce spontanée, *C. argentea* Linné, du genre *Celosia*, avec plusieurs formes cultivées comme plantes ornementales. Le genre *Amaranthus* y connaît neuf espèces.

La classification du genre *Amaranthus* en deux sections par THELLUNG (1919) dans 'Synopsis der Mitteleuropäischer Flora' a été suivie par SCHINZ (1934) dans 'Die natürlichen Pflanzenfamilien'. Elle est basée sur un ensemble de caractéristiques assez stables.

- Section *Amaranthotypus* Dumort.: cymes dépassant les feuilles culminantes et se déployant comme de grandes inflorescences terminales; tépales et étamines 5; bractées de la même longueur ou plus longues que les tépales, variables, souvent épineuses; fruit s'ouvrant circulairement. Avec entre autres *A. caudatus* L.; *A. hybridus* L. (*A. paniculatus* L.) avec ssp. *hypochondriacus* (L.) Thellung ssp. *cruentus* (L.) Thellung; *A. retroflexus* L.; *A. dubius* Mart.; *A. spinosus* L..
- Section *Blitopsis* Dumort.: cymes axillaires; tépales et étamines 3 (2-4), rarement 5; bractées plus courtes que les tépales; fruit s'ouvrant irrégulièrement. Avec e.a. *A. tricolor* L. (*A. gangeticus* L.); *A. angustifolius* Lam.; *A. lividus* L.

La révision la plus récente du genre, faite par SAUER (1967) concerne la section *Amaranthotypus*, appelée ici *Amaranthus* selon le Code de Nomenclature. Toutes les espèces cultivées comme céréales et presque toutes les espèces de légumes-feuilles appartiennent à cette section. Nous préférons la classification de SAUER à celle de AELLEN (1961) faite pour l'Europe Centrale puisqu'elle est plus orientée vers les espèces cultivées dans les pays tropicaux et qu'elle tient compte de l'origine et de la parenté des espèces. SAUER décrit 15 espèces dans la section *Amaranthus* dont les plus importantes sont énumérées ci-dessous. Quelques synonymes souvent rencontrés sont également mentionnés:

1. *A. spinosus* L.; mauvaises herbes.

2. *A. dubius* Mart. ex Thell. (probablement un alloplôïde entre *A. spinosus* et *A. quitensis* ou *A. hybridus*); mauvaises herbes, et cultivé comme légume-feuilles.
3. *A. retroflexus* L.; mauvaises herbes.
4. *A. powellii* S. Wats.; mauvaises herbes.
5. *A. hybridus* L.; mauvaises herbes.
6. *A. quitensis* H.B.K., une amarante-céréale sauvage.
7. *A. hypochondriacus* L. (syn. *A. sylvestris* L., *A. leucocarpus* S. Wats.). Probablement, cette espèce a été créée par l'homme à partir de la culture de *A. powellii*. Pendant ce processus de sélection comme amarante-céréale, elle pourrait être hybridée à d'autres espèces, telles que *A. hybridus* et *A. cruentus*. L'espèce est très répandue en Asie comme amarante-céréale; on la cultive également comme plante ornementale.
8. *A. cruentus* L. (syn. *A. paniculatus* L.). Provient probablement de *A. hybridus*. Répandue comme amarante-céréale. Plante ornementale et légume-feuilles dans toutes les régions tropicales. Aux Indes, là où l'on cultive *A. hypochondriacus* comme céréale dans les montagnes, on plante *A. cruentus* dans les endroits plus bas, chauds et humides. Très répandue en Afrique, l'espèce y est souvent appelée abusivement *A. caudatus* ou *A. hybridus*.
9. *A. caudatus* L. (syn. *A. edulis* Spegazzini). Une amarante-céréale, également cultivée comme plante ornementale et comme légume-feuilles notamment aux Indes. Connue en Ethiopie comme amarante-céréale.

Selon SAUER, les variétés de l'amarante cultivées en Afrique et probablement la plupart des amarantes-légumes d'autres régions se rangent sous l'espèce *A. cruentus* L. mais quelques-unes pourraient se rattacher à l'espèce *A. caudatus* L.

Une espèce de légume-feuilles dans la section *Blitopsis* est *A. tricolor* L. souvent appelée *A. gangeticus*. Des variétés de cette espèce sont cultivées dans les pays asiatiques. D'après SCHINZ (1934), l'espèce la plus populaire en Chine, comparable à l'épinard en Europe, est *A. lividus* L. var. *oleraceus* (L.) Thellung. Cette plante serait originaire des régions plus fraîches des Indes.

Voici la clé de détermination selon SAUER, restreinte aux espèces de la section *Amaranthus* qui sont consommées après cueillette ou culture.

- a. Bractée de même longueur ou plus longue que les tépales;
- b. Sommets des tépales inclinés vers la capsule; bractée et toutes les tépales à peu près d'égale longueur;
- c. à la base des cymes fleurs munies de pistils, au sommet fleurs munies d'étamines; épines dans les aisselles des feuilles *A. spinosus*
- cc. chaque cyme avec une seule fleur à prédisposition mâle, les autres munies de pistils; plantes sans épines *A. dubius*
- bb. Sommets des tépales raides ou s'étalant largement; tépales intérieures nettement plus courtes que les tépales extérieures et la bractée; capsule égalant ou dépassant toutes les tépales ou quelques-unes; inflorescence longue,

- ramifiée; branches du style plus courtes que la capsule; diamètre de la graine d'au moins 1 mm;
- c. Branches de l'inflorescence courtes et épaisses; toutes les tépales rétuses ou obtuses *A. retroflexus*
 - cc. Branches de l'inflorescence longues ou grêles, ou ces deux caractères combinés, tépales extérieures aiguës ou acuminées;
 - d. Inflorescence en pleine floraison de moyenne étendue; bractée dépassant les branches du style; graines brun-foncé (ancêtres des espèces cultivées; herbacées luxuriantes et grosses, généralement vertes avec une pigmentation rouge-terre)
 - e. Inflorescence rigide avec peu de branches; bractée d'environ 5 mm de longueur, à nervure centrale très prononcée; branches du style renflées à la base; tépales et étamines 3 à 5 *A. powellii*
 - ee. Inflorescence lâche, habituellement avec beaucoup de branches; bractée 3 à 4 mm de longueur, à nervure centrale modérément prononcée; branches du style grêles à la base; tépales et étamines 5;
 - f. Tépales raides, celles de l'intérieur sont oblongues, aiguës . . . *A. hybridus*
 - ff. Tépales recourbées, celles de l'intérieur sont spatulées, obtuses . *A. quitensis*
 - dd. Inflorescence en pleine floraison très grande; bractée ne dépassant pas les branches du style; graines brun-foncé ou ivoire-pâle, avec *A. caudatus* habituellement tachées de rouge (espèces cultivées – plantes d'ornement agréables, habituellement vert clair, rouge vif ou avec toutes sortes de combinaisons frappantes).
 - e. Inflorescence rigide; bractée égalant les branches du style, à nervure centrale modérément prononcée; branches du style renflées à la base *A. hypochondriacus*
 - ee. Inflorescence lâche; bractée ne dépassant pas la capsule, à nervure centrale grêle; branches du style grêles à la base;
 - f. Tépales raides, celles de l'intérieur oblongues, plus ou moins aiguës; branches du style dressées *A. cruentus*
 - ff. Tépales recourbées, celles de l'intérieur sont spatulées, obtuses ou émarginées; branches du style s'étalant largement *A. caudatus*

Avant SAUER, plusieurs auteurs avaient remarqué que la taxonomie du genre *Amaranthus* était confuse. Déjà en 1886 DE CANDOLLE écrivait que la répartition des espèces du genre *Amaranthus* rendait la distinction et la recherche de l'origine difficile. BOIS (1927) confirme cette constatation: les espèces sont difficiles à reconnaître à cause des caractères de minime importance utilisés pour en faire la distinction, et aussi à cause du fait que la culture a donné naissance à de nombreuses variétés. BARRAU (1965) constate encore cette confusion dans la taxonomie et la nomenclature des amarantes utilisées comme légumes-feuilles.

Selon SAUER, la confusion antérieure dans la taxonomie de ce genre peut être attribuée aux caractéristiques souvent utilisées pour la détermination des espèces, caractéristiques qui sont instables à cause des influences écologiques ou génétiques dans une même espèce. Dans la clé de détermination ci-dessus, il se base entièrement sur des caractéristiques bien stables. Il est d'avis que les

nombres de chromosomes n'ont pas de valeur pour la taxonomie. Les chromosomes sont très petits et difficiles à reconnaître; des nombres de $2n = 32$ et $2n = 34$ ont été observés. Beaucoup d'hybrides entre les différentes espèces ont été mentionnés (GRANT, 1959b; AELLEN, 1961; PAL et KOSHOO, 1973 a, b) mais l'importance est facilement exagérée car ils sont presque toujours stériles ou éliminés par la sélection naturelle. Pourtant, la barrière de croisement entre deux espèces est rarement absolue, même si le nombre de chromosomes n'est pas le même (voir section 11.3).

4.3. QUELQUES ASPECTS DE L'ANATOMIE

D'après SCHINZ (1934) l'anatomie des Amaranthacées serait comparable à celle des Chenopodiacees et des Nyctaginacées en ce qui concerne la croissance secondaire en épaisseur des tiges. Des faisceaux libéro-ligneux naissent à l'extérieur du cylindre central à partir d'assises successives de cambium dont le premier provient du péricycle. Ces faisceaux libéro-ligneux des Amaranthacées ont été décrits par MAO (1938) et par METCALFE et CHALK (1950). D'après ces auteurs, un caractère anatomique typique de certaines espèces d'Amaranthacées e.a. *Amaranthus* spp. est une gaine endodermique de grandes cellules cubiques parenchymateuses qui entoure les faisceaux libéro-ligneux des nervures des feuilles (cf. section 6.2.4.). Les stomates dans les genres *Amaranthus* et *Celosia* sont plus nombreux à la face inférieure qu'à la face supérieure des feuilles. Des cellules qui incluent de cristaux graveleux d'oxalate de calcium sont nombreuses. Des cellules avec des chloroplastes sont également présentes dans les pétioles et dans les tiges, plus dans la *Celosia* que dans l'*Amaranthus*, mais semblent avoir peu d'intérêt comparées avec la masse de tissu chlorophyllien des feuilles.

4.4. DISTRIBUTION GÉOGRAPHIQUE

Amaranthus et *Celosia* sont des herbes cosmopolites très communes dans les régions tropicales et subtropicales. Les espèces sont moins communes dans les régions tempérées, où il s'agit souvent d'introductions relativement récentes. La présence de nombreuses espèces en Amérique tropicale fait supposer que le centre d'origine principale est situé dans ce continent (SAUER, 1967). Jadis, la culture des amarantes-céréales très importante aux Indes avait fait supposer que son centre d'origine pourrait être situé dans ce subcontinent (DE CANDOLLE, 1886; VAVILOV, 1951). La culture des amarantes-céréales est pratiquée dans les régions montagneuses tandis que les amarantes-légumes sont cultivées en basse altitude, tout au plus jusqu'à 1500 m. Les exigences en eau sont très variables pour les différentes espèces et variétés. Il y a des plantes aquatiques d'une part mais aussi des espèces qui préfèrent un habitat assez sec. Le cycle de vie est court de sorte qu'une seule saison pluvieuse de quelques mois dans les pays de

savane suffira normalement aux espèces d'*Amaranthus* et de *Celosia* pour la reproduction.

L'habitat naturel de *Celosia argentea* serait situé au bord des mares dans les terres fortes (BERHAUT, 1971). D'ailleurs selon nos propres observations on la cultive de préférence aux endroits humides et dans les terres argileuses comme au Sud-Dahomey dans le delta de l'Ouémé après la décrue.

Les mentions bibliographiques sur la présence d'*Amaranthus* et de *Celosia* dans les flores locales, souvent en guise d'adventices, pour les différents pays tropicaux et tempérés sont nombreuses mais n'ont, dans cette étude, aucun intérêt.

4.5. UTILISATION

4.5.1. Légumes-feuilles

L'emploi de l'amarante et, à un degré moindre, de la célosie comme légumes-feuilles ou épinards est très répandu dans les régions tropicales, peu dans les régions subtropicales et presque inexistante dans les pays de climat tempéré. Voir la carte, figure 3. Les nombreux noms populaires de l'amarante attestent de sa grande répartition: épinard de Chine, amarante de Soudan, African spinach, Indian spinach, brède de Malabar, Ceylon spinach. La consommation est presque toujours en épinard après cuisson. Rarement, dans les pays de savanne, on la transforme en poudre que l'on ajoute à la sauce. La consommation crue en salade est exceptionnelle.

FIG. 3. Distribution des Amaranthacées comme légumes-feuilles.

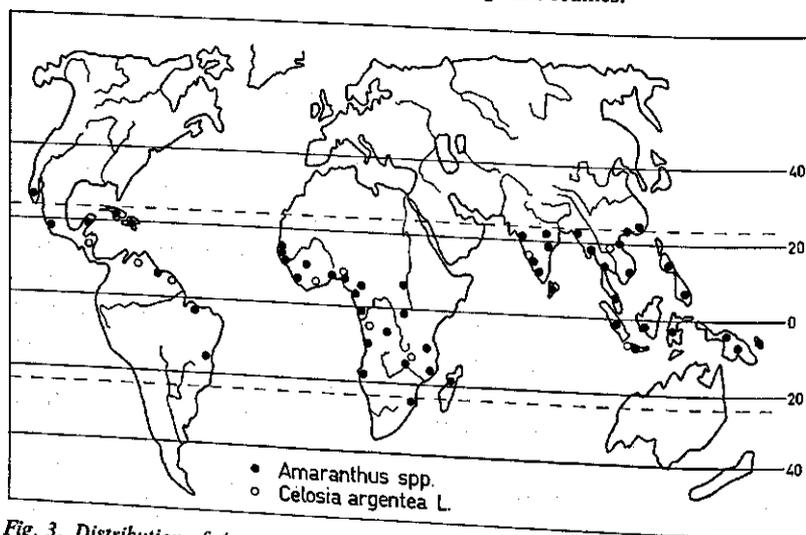


Fig. 3. Distribution of Amaranthaceae as leaf vegetables.

En Asie tropicale, l'amarante est sans doute le légume-feuilles le plus cultivé. RUMPHIUS (1741-1755) appelle l'amarante en Indonésie *Blitum album* et il décrit la célosie sous le nom *Amaranthus caudatus*. Selon HEYNE (1950) l'espèce la plus cultivée comme légume en Indonésie est *A. tricolor* L. mais on cultive aussi *A. hybridus* L., *Celosia argentea* L. et *Celosia cristata* L. L'amarante est un légume de culture commerciale dans les pays de l'Asie du Sud-Est, notamment selon KNOTT et DEANON (1967) aux Philippines, à Taiwan et en Birmanie (*A. tricolor* L., *A. viridis* L.). Les habitants des Indes connaissent bien l'amarante et la célosie. GOPALAN (1971) donne des analyses de la valeur nutritive des feuilles de l'amarante (*A. gangeticus*, *A. paniculatus*) et de la célosie (*C. argentea*). D'après SAUER (1967), on y cultive l'*Amaranthus cruentus* mais également l'amarante-céréale *A. caudatus* comme légume-feuilles. En Chine, l'amarante est également un légume important (SCHINZ, 1934; BURKILL, 1935; SAUER, 1967; HERKLOTS, 1972).

Dans le Sud du Pacifique, la culture de l'amarante est très répandue. BARRAU (1955) signale que l'amarante y occupe une place importante dans l'agriculture vivrière. Dans certaines régions de la Nouvelle Guinée on la cultive sur des plates-formes construites en annexe des maisons bâties sur pilotis dans les mangroves; les plates-formes sont recouvertes de boues ramassées dans les marais. On y cultive l'amarante (*A. hybridus*) dans des jardins en haute montagne jusqu'à 1500-2000 m. *A. gangeticus* L. serait cultivé aux Nouvelles Hébrides. Le même auteur (1965) décrit en détail la place importante occupée par les légumes-feuilles dans l'agriculture vivrière de la Nouvelle Guinée, avec les amarantes en premier lieu. Il classe en deux types qu'il discerne, *A. hybridus* L. (*A. caudatus* L., *A. frumentaceus* Roxb., *A. paniculatus* L.) et *A. tricolor* L. (*A. dubius* Mart., *A. gangeticus* L., *A. oleraceus* Wallich.).

En Afrique, l'amarante est cultivée dans toutes les régions de climat chaud et humide: en Afrique de l'Ouest (BUSSON, 1965; TINDALL, 1968; SCHNELL, 1957; IRVINE, 1957; DALZIEL, 1955), au Sénégal (BERHAUT, 1971), au Ghana (NORMAN, 1972), au Nigéria (ENYI, 1965; OKE, 1966; VAN EPENHUIJSEN, 1974), en Afrique Equatoriale (VAN DER VEKEN, 1969), au Zaïre (HAUMANN, 1951; KROLL, 1956), en Tanzanie (GROENENDIJK, 1972), en Uganda (MORSTATT, 1942), en Malawi (WILLIAMSON, 1955), en Ethiopie (WESTPHAL, 1974). On mentionne fréquemment les noms *A. caudatus*, *A. hybridus* var. *cruentus* et parfois *A. oleraceus* et *A. viridis* comme des amarantes cultivées. La culture de la célosie (*Celosia argentea*) est moins répandue que celle de l'amarante, mais on la rencontre quand-même souvent dans les pays de l'Afrique de l'Ouest (BERHAUT, 1971; BUSSON, 1965) et en Afrique Centrale et Orientale (HAUMAN, 1951). Elle est surtout très importante au Sud du Nigéria (VAN EPENHUIJSEN, 1974).

En Amérique Centrale et Latine, la consommation des feuilles de l'amarante et de la célosie semble moins répandue qu'en Afrique et dans les pays asiatiques. Toutefois, les données bibliographiques sont peu nombreuses, exception faite pour la région des Caraïbes (ARNOLDO, 1971). Déjà DE LANESSAN (1886) décrit *A. paniculatus* L. et *C. nitida* L. pour la Guyane, la Martinique et la Guadeloupe.

Au Surinam, *A. dubius* Mart, *A. caudatus* L., *A. tricolor* L., *A. gracilis* Desf. et *C. argentea* L. sont consommés en épinards (OSTENDORF, 1962). Il pourrait être question, dans les Caraïbes et dans l'Amérique du Sud, d'introductions récentes par les esclaves de l'Afrique de l'Ouest et par les immigrants des Indes et de l'Indonésie, quoiqu'il y ait des mentions bibliographiques qui affirment que les habitants originaires de ces pays connaissent également la consommation de feuilles d'*Amaranthus*. Les populations autochtones de l'Amérique du Nord et de l'Amérique Centrale consomment traditionnellement les feuilles de certaines espèces spontanées, qu'ils appellent 'pigweed' (SAUER, 1950). Actuellement, la culture de l'amarante est faite en Hawaï pour les Asiatiques aux États Unis (YAMAGUCHI, 1973).

En Europe Centrale et Europe du Sud, des espèces de la section *Blitopsis* (*Amaranthus angustifolius* Lam. et *A. lividus* L.) étaient cultivées comme légume-feuilles (SCHINZ, 1934) mais ne semblent plus avoir beaucoup d'importance actuellement.

En résumé, on peut distinguer quatre espèces principales d'Amaranthacées cultivées comme légumes-feuilles tropicaux :

1. *Amaranthus cruentus* L.: espèce tropicale très répandue en Afrique mais fréquente aussi en Asie et en Amérique (voir figure 4, herbier Wageningen GRUBBEN cn 1,3).
2. *Amaranthus dubius* Mart. ex Thell.: espèce tropicale, surtout en Asie, moins en Amérique et en Afrique (voir figure 5, herbier Wageningen GRUBBEN cn. 4).
3. *Amaranthus tricolor* L.: espèce subtropicale surtout en Asie (Indes, Chine), peu en Amérique, pas en Afrique (voir figure 6, herbier Wageningen GRUBBEN cn. 8).
4. *Celosia argentea* L.: espèce tropicale, répandue surtout en Afrique, moins en Amérique et en Asie (voir figure 8, herbier Wageningen GRUBBEN cn. 2, 24, 25).

L'espèce *A. caudatus* L. est importante comme plante ornementale et comme amarante-céréale mais peu répandue en tant que légume-feuilles. Néanmoins, un dessin y a été consacré car on l'utilise fréquemment comme plante expérimentale (photopériodicité ch. 6, test de virus ch. 9, germination ch. 11), voir figure 7, herbier Wageningen GRUBBEN cn. 32; WESTPHAL cn. 4045.

Il n'est pas clair si l'amarante populaire en Chine, appelée *A. lividus* L. par SCHINZ (1934) est une variété de *A. tricolor* L. ou une espèce bien distincte.

4.5.2. Céréales

La consommation des graines d'*Amaranthus* doit être pratiquée depuis les temps préhistoriques. A cause de la petitesse des graines, cette utilisation a été remplacée graduellement par les céréales-graminées.

SAUER (1950, 1967) a consacré une étude ethnologique et taxonomique à cette culture. L'amarante-céréale était encore un aliment important en Amérique centrale et en Amérique du Sud au moment de la conquête des Espagnols et occupait un rôle significatif dans les cérémonies religieuses. Les graines de

FIG. 4. *Amaranthus cruentus* L.

1. inflorescence (2/3 x); 2. grande feuille (2/3 x); 3. rameau avec aisselle (2/3 x); 4. fleur mâle, une tépale enlevée (7 x); 5. fleur femelle avec capot déhiscant (7 x); 6. glomérule (7 x); 6A. schéma des glomérules; 7. graine, vue latérale (7 x); 8. anthère (7 x).



Fig. 4. 1. inflorescence (2/3 x); 2. big leaf (2/3 x); 3. branch with axilla (2/3 x); 4. male flower, one tepal removed (7 x); 5. female flower with dehiscent cap (7 x); 6. glomerule (7 x); 6A. scheme of glomerules; 7. seed, lateral view (7 x); 8. anther (7 x).

FIG. 5. *Amaranthus dubius* Mart. ex Thell.

1. inflorescence (1/3 x); 2. grande feuille (2/3 x); 3. détail d'inflorescence, pétiole coupée (2/3 x); 4. glomérule (6 x); 4A. schéma des glomérules; 5. fleur mâle (6 x); 6. fleur femelle (6x)
7. fruit avec capot déhiscence (6 x); 8. fruit sans capot (6 x); 9. graine, vue latérale (6 x).

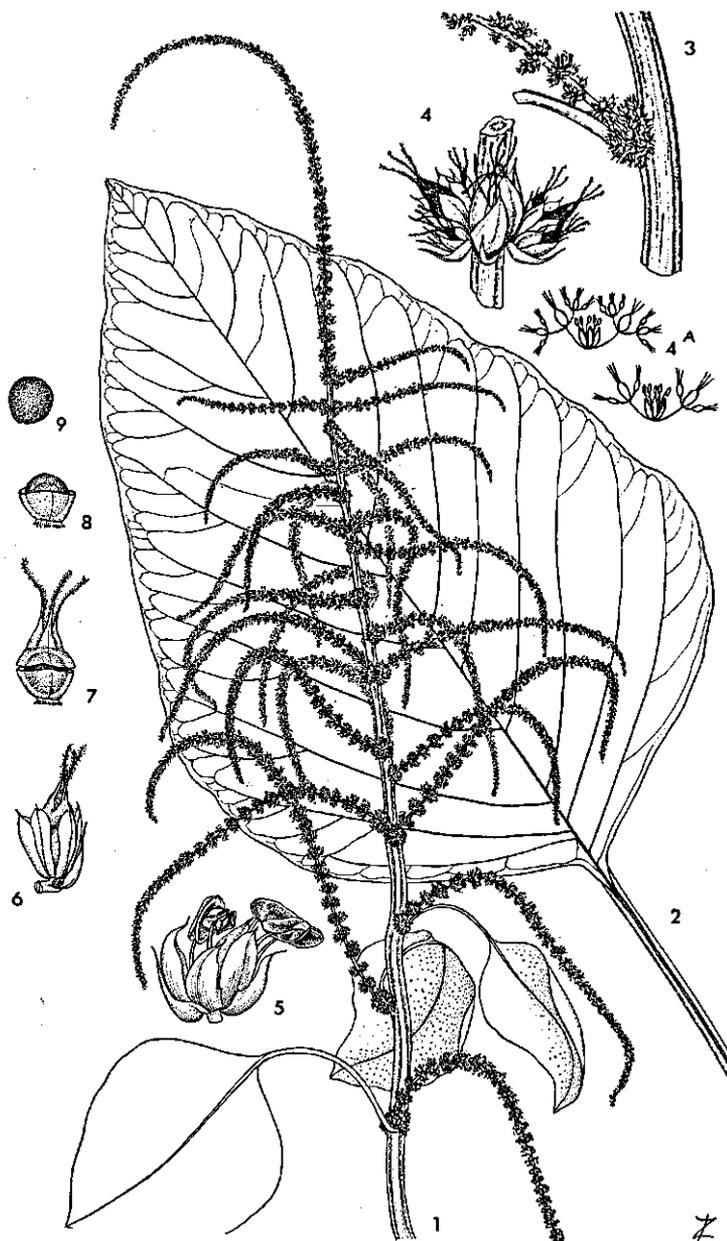


Fig. 5. 1. inflorescence (1/3 x); 2. adult leaf (2/3 x); 3. detail of inflorescence, petiole excised (2/3 x); 4. glomerule (6 x); 4A. schéma des glomérules; 5. male flower (6 x); 6. female flower (6 x); 7. fruit with dehiscent cap (6 x); 8. fruit without cap (6 x); 9. seed, lateral view (6 x).

FIG. 6. *Amaranthus tricolor* L.

1. tige fleurie (2/3 x); 2. fleur mâle (4 x); 3. fleur femelle (4 x); 4. fruit avec capot déhiscent (6 x); 5. fruit sans capot (6 x); 6. graine, vue latérale (x); 7. schéma des glomérules.



Fig. 6. 1. branch with flowers (2/3 x); 2. male flower (4 x); 3. female flower (4 x); 4. fruit with dehiscent cap (6 x); 5. fruit without cap (6 x); 6. seed, lateral view (6 x); 7. scheme of glomerules.

FIG. 7. *Amaranthus caudatus* L.

1. rameau avec inflorescence (2/3 x); 2. détail, aisselle (2/3 x); 3. vue de face de deux glomérules (4 x); 3A. schéma des glomérules; 4. fleur femelle mûre, capot déhiscent (8 x); 4A. capot à trois stigmates (8 x); 5. fleur mâle (8 x); 5A. anthère (8 x); 6. graine, vue latérale (6 x).

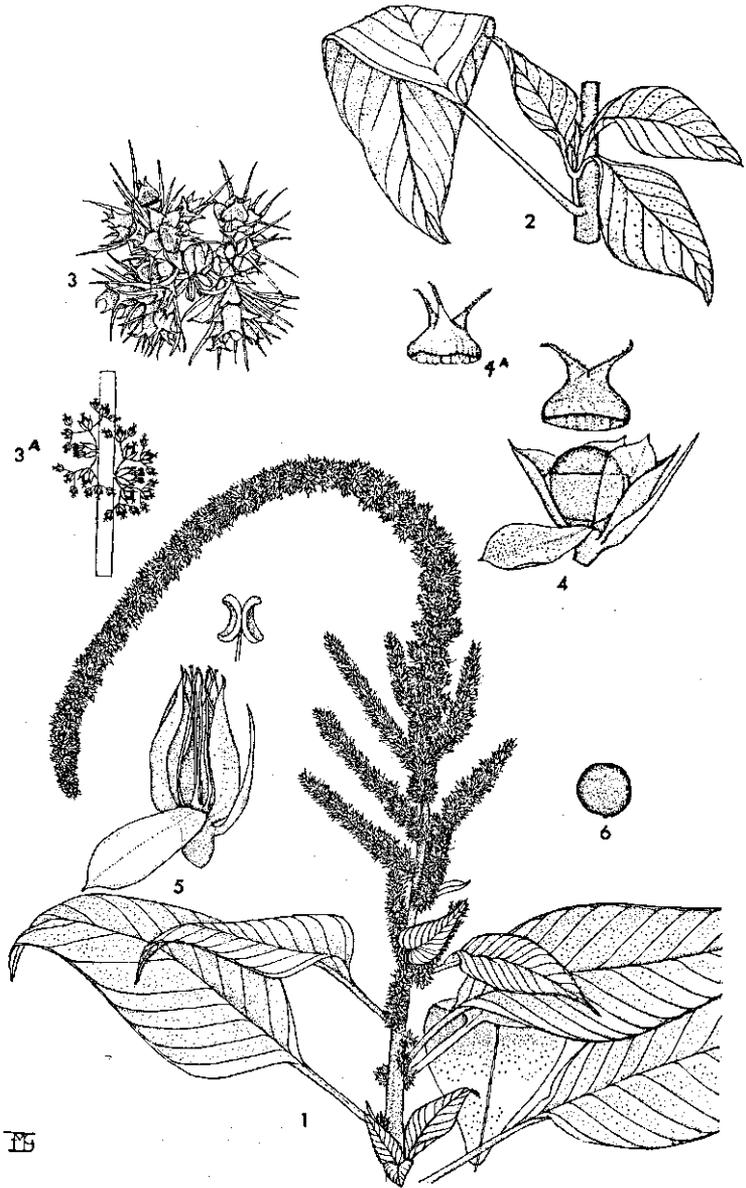


Fig. 7. 1. branch with inflorescence (2/3 x); 2. detail, axilla (2/3 x); 3. front view of two glomerules (4 x); 3A. scheme of glomerules; 4. adult female flower with dehiscent cap (8 x); 4A. cap with three stigmata (8 x); 5. male flower (8 x); 5A. anther (8 x); 6. seed, lateral view (6 x).

FIG. 8. *Celosia argentea* L.

1. rameau fleurie ($2/3 \times$); 2. détail, aisselle ($2/3 \times$); 3. fleur ($1\frac{1}{2} \times$); 4. anthère ($9 \times$); 5. fruit avec capot déhiscent ($8 \times$); 6. graine, vue latérale ($10 \times$); 7. grande feuille ($2/3 \times$).

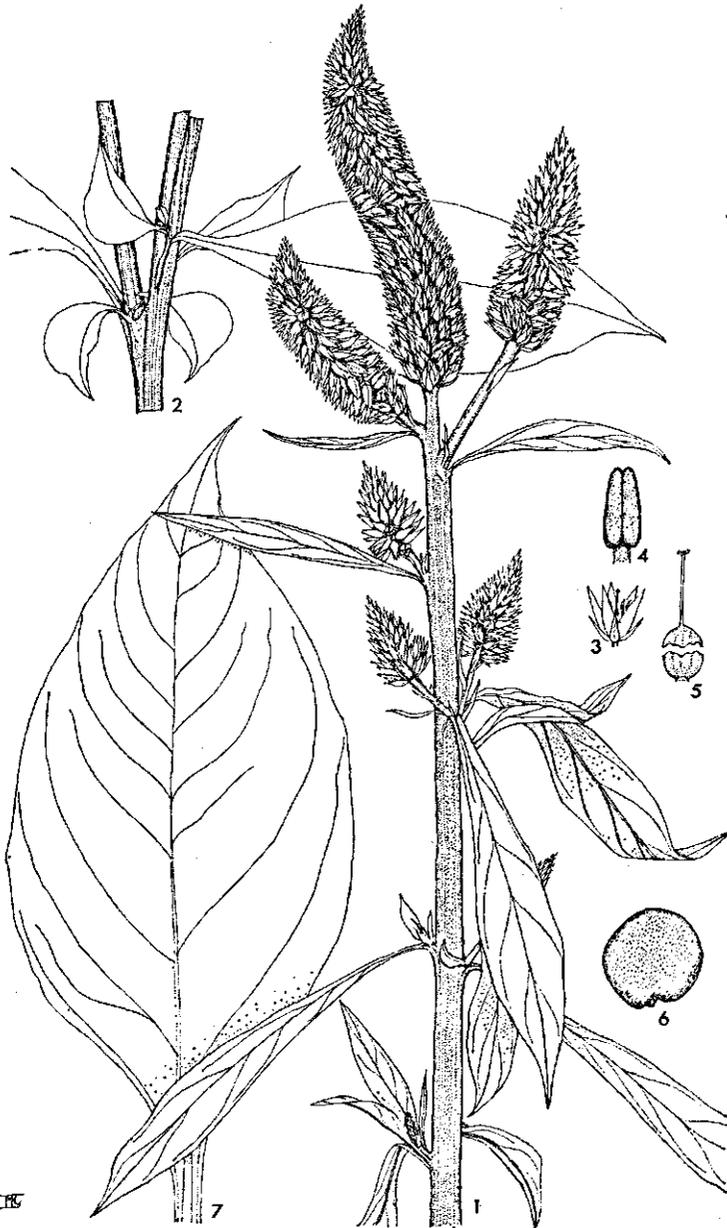


Fig. 8. 1. flowering branch ($2/3 \times$); 2. detail, axilla ($2/3 \times$); 3. flower ($1\frac{1}{2} \times$); 4. anther ($9 \times$); 5. fruit with dehiscent cap ($8 \times$); 6. seed, lateral view ($10 \times$); 7. adult leaf ($2/3 \times$).

l'amarante, (*A. cruentus* L., *A. hypochondriacus* L. et *A. caudatus* L.) sont toujours consommées par les autochtones de ces régions. Les variétés cultivées spécialement pour leurs graines ont été créées par une sélection en des temps très anciens. Elles sont caractérisées par une capsule bien déhiscente et des bractées petites et fragiles de sorte que l'enlèvement des graines en frottant les inflorescences entre les mains soit facile. Les plantes sont vigoureuses et possèdent de grandes inflorescences et des graines pâles, brunes ou jaunes, de bonne qualité culinaire. Les feuilles des jeunes plantes sont également utilisées en guise d'épinards.

Plusieurs auteurs décrivent la présence des amarantes-céréales en Ethiopie. Il s'agit de l'*Amaranthus caudatus* L. possédant généralement des graines noires mais parfois aussi des graines brun-rouges ou brun-pâles. L'existence de la culture a été constatée récemment par STRAUBE (1963) et par WESTPHAL (1974), toujours dans des régions montagneuses, jusqu'à 2000 m d'altitude. Pour le reste, l'amarante-céréale semble être très peu cultivée par les autochtones en Afrique et pas du tout en Afrique occidentale. Il y a plusieurs mentions sur la consommation des graines d'*Amaranthus cruentus* L.³ en Sierra Léone, entre autres de SCHNELL (1957), BUSSON (1965) et FAO (1970). Nous nous demandons si la consommation de graines y était ou est réellement pratiquée comme aliment ou à titre de médicament ou s'il s'agissait du légume-feuilles dont on ne consomme jamais ou très rarement les graines. Toutes ces informations de Sierra Léone sont basées sur une remarque 'seeds edible' de SCOTT-ELLIOT qui a collectionné des plantes dans ce pays en 1891. MORSTATT et KLAUS (1942) constatent la consommation de graines noires d'*Amaranthus* dans l'Uganda. D'après HAUMAN (1951), des variétés d'*A. caudatus* à graines noires et à graines blanches sont cultivées dans les régions montagneuses du Zaïre et du Ruanda-Urundi.

La culture de l'amarante-céréale est encore toujours importante dans les régions montagneuses des Indes (VAVILOV 1951) et Ceylan (MACMILLAN, 1956). D'après BURKILL (1935), la culture est importante en Chine et aux Indes, aux endroits où la culture du riz est difficile.

La seule description culturelle vient de SAUER (1967) et concerne la culture en Mexique. On sème dans des sillons en mai, dans des champs préparés pour la culture du maïs et souvent en culture mixte avec celui-ci. Après quelques semaines on éclaircit et on repique les plantes arrachées ailleurs. On fait un buttage autour des tiges. Les plantes fleurissent en août et on les récolte en coupant les inflorescences en octobre. Les rendements sont de l'ordre de 1000 kg/ha.

4.5.3. Plantes médicinales

Les feuilles de plusieurs espèces d'*Amaranthus* et de *Celosia* sont utilisées comme médicament. RUMPHIUS (1741-1755) note que les fleurs de la célosie sont utilisées contre les hémorragies internes et les règles irrégulières. Selon

³ détermination de cn. 4653 de SCOTT-ELLIOT, Herbarium Kew, par J. D. SAUER.

HEYNE (1950), la racine de *A. spinosus* serait utilisée contre les maux de dents et les feuilles pour l'adoucissement de bronchites aiguës. Les feuilles écrasées guérissent des furoncles et des blessures. Les feuilles de *C. argentea* forment un cataplasme pour les furoncles et la décoction des fleurs est un remède astringent pour les diarrhées, les mauvaises règles et les maladies vénériennes. Des lavages avec la tisane de fleurs et de feuilles sont pratiqués contre les crampes et les maux de ventre. DE LANESSAN (1886) appelle *A. paniculatus* une plante astringente. *Celosia nitida* L. serait employée comme plante résolutive, antidysentérique et astringente. BERHAUT (1971) décrit les utilisations suivantes de *A. hybridus*. Les feuilles écrasées sont appliquées en cataplasme sur les genoux malades. La décoction des feuilles est utilisée dans les affectations du foie. La plante fraîche est diurétique. Les racines bouillies avec du miel seraient un bon laxatif pour les enfants. En association avec les racines de la patate, cette bouillie est donnée à la femme en couches pour faciliter l'évacuation du placenta. Il remarque que *A. spinosus* agirait sur les voies urinaires et favoriserait la sécrétion de l'urine, à cause du nitrate de potasse qu'elle contient. *A. viridis* favorise la sécrétion du lait et est un remède pour l'hydropisie et le catarrhe de la vessie. La plante est fébrifuge et convient bien pour la nourriture des malades fiévreux. Le même auteur dit que les feuilles de *C. trigyna* sont stomachiques et vermifuges. Les feuilles sont mangées crues contre les maux de coeur. Un pansement de feuilles guérit des maladies de peau parasitiques ou pustuleuses et soigne aussi les rhumatismes.

Au Sud-Dahomey chez les Gouns, BRAND (1972) a noté les applications dans la pharmacopée locale de quelques plantes médicinales. *C. trigyna* est un vermifuge pour le taenia. Les feuilles de *A. viridis* (constituants chimiques: tanin, résine) sont utilisées pour le traitement des bronchites; les feuilles de *A. caudatus* contre la fièvre comme celles de *A. spinosus*.

4.5.4. Plantes ornementales

Depuis des siècles des Amaranthacées ont été plantées pour décorer les parcs et les jardins, telles que les queues-de-renard et les crêtes-de-coq. Les noms des espèces forment déjà une indication pour cette utilisation. *Amaranthus* vient du grec 'amareinô' qui veut dire 'ne pas flétrir', une allusion à la couleur des fleurs qui ne change pas quand elle sèche. *Célosia* vient du grec 'kélos', qui veut dire brillant (BERHAUT, 1971).

La plus ancienne plante ornementale parmi les Amaranthacées est peut-être *A. tricolor* L. renommé pour ses jolies feuilles en combinaison de trois couleurs, rouge, jaune, verte (DE WIT 1963).

4.5.5. Autres utilisations

Selon BERHAUT (1971), *A. viridis* et *C. argentea* seraient de bons fourrages pour le bétail. D'ailleurs plusieurs espèces d'*Amaranthus* servent de nourriture aux cochons ('pigweed') et aux cabris. D'autre part, nous avons constaté que les animaux n'apprécient pas les variétés d'amarante et de célosie cultivées au Dahomey et même que les lapins n'en mangent pas du tout. Il nous semble que

la consommation de l'amarante et de la célosie par le bétail soit utile si elles ne constituent qu'une partie de l'ensemble des plantes fourragères consommées en même temps, à cause de la teneur en acide oxalique assez élevée.

D'après SAUER (1967), des amarantes, et spécialement *A. cruentus*, ont été utilisées pour la préparation d'une teinture rouge. Le colorant 'amaranth' est utilisé en industrie alimentaire.

En Europe du sud, *A. lividus* a été utilisé comme engrais vert; les graines servaient de nourriture aux volailles (SCHINZ, 1934).

En Afrique les cendres de *A. spinosus* servent à la préparation de la potasse comme sel de cuisine (PORTÈRES, 1951). En Asie (Siam) on en prépare du salpêtre (BURKILL, 1935). Nous avons constaté nous-mêmes que les femmes au Dahomey cherchent des Amaranthacées sauvages pour la préparation de sel et de savon. Il a été démontré dans le chapitre 8 que surtout les jeunes tiges de l'amarante sont très riches en potassium.

BERHAUT (1971) encore rapporte que les tiges de *C. argentea* sont utilisées pour la fabrication de cordes solides et que cette plante pourrait être utilisée comme plante à fibres. Selon HEYNE (1954), les Chinois utilisent les graines de la célosie pour la décoration des gâteaux. L'emploi que l'on fait des Amaranthacées comme plantes de test dans la science moderne, la physiologie, la biochimie, la phytopathologie et la génétique, a été mentionné dans les chapitres 6, 9 et 11.

4.6. MÉTHODES CULTURALES DE L'AMARANTE LÉGUME-FEUILLES DANS LES PAYS DIVERS

Les références concernant les méthodes culturales pour les légumes-Amaranthacées sont peu nombreuses.

Pour l'Indonésie, OCHSE (1931) conseille de semer en lignes avec un espace de 20 cm entre les lignes. On peut récolter par arrachage lorsque l'amarante a atteint 15 à 20 cm de haut.

L'application de sulfate d'ammoniaque, une cuillerée à café par arrosoir dans l'eau d'arrosage pendant la croissance, rend la couleur des feuilles plus foncée et améliore la qualité. HERKLOTS (1972) conseille le semis direct pour le Hong-Kong. On éclaircit plus tard à $7,5 \times 15$ cm et utilise les plantes arrachées pour la consommation ou bien on les repique. On récolte 30 à 40 jours après l'ensemencement. On peut semer l'amarante de cette manière de mi-janvier jusqu'à septembre en tenant compte d'une levée très lente (20 jours) en janvier et en février à cause d'une température trop basse (15 à 17°C). Pour le semis direct à l'Indonésie, SADIADIREJA (1950) prescrit une distance de 20 cm entre les lignes. La première récolte est formée par les plantes arrachées pendant l'éclaircissage après trois semaines. Un mois et demi après l'ensemencement, toutes les plantes sont arrachées, bottelées et vendues au marché. D'autres maraîchers récoltent par des coupes successives mais ces légumes sont moins tendres que l'amarante récoltée par arrachage. On récolte jusqu'à 10 tonnes par hectare. On utilise 40 kg de graines par ha pour la culture avec un semis dru et des

éclaircissements, et 10 à 15 kg par ha pour un semis moins dense sans éclaircissage. La célosie est cultivée de la même façon.

TERRA (1966) dit que l'on pratique le semis direct en lignes écartées de 20 cm et le repiquage à 20–40 cm sur 50–75 cm; ces méthodes exigent respectivement 40 et 15 kg de graines par ha. On récolte en cueillant ou coupant régulièrement jusqu'au moment où les plantes montent en graine, la première récolte se situant 4 à 6 semaines après le repiquage. Une pépinière exige 5 à 10 g de graines par m². Dans les enclos ou les jardins familiaux, l'amarante se reproduira spontanément. La méthode culturale de la célosie est la même que celle de l'amarante

Pour l'Asie du Sud-Est KNOTT et DEANON (1967) décrivent également les deux méthodes culturales principales définies par la récolte par arrachage des plantes entières ou par des coupes successives des bouts des branches. On peut utiliser 10 g de semences par m² de pépinière. Pour le semis direct, ils conseillent 30 à 50 graines par mètre de ligne et des lignes écartées de 5 cm. En Birmanie, on sème à la volée ou en lignes écartées de 45 cm. On éclaircit lorsque les plantes ont une taille de 7,5 à 10 cm jusqu'à 30 cm dans la ligne. La construction d'un abri contre les grandes pluies est conseillée pour les jeunes plantes, jusqu'à ce qu'elles aient atteint une hauteur de 5 cm. On conseille une fumure de 300 kg/ha de sulfate d'ammoniaque et un bon apport de fumier de vache bien décomposé. Il faut souvent arroser et sarcler. On applique parfois un paillage. L'amarante est prête pour la récolte 30 à 40 jours après le repiquage, lorsque les plantes ont atteint une hauteur de 15 à 20 cm. On récolte par arrachage, les plantes sont bottelées en laissant les racines. Dans le cas où la taille dépasse 25 cm, on les coupe près du sol et on attend la croissance de jeunes pousses pour obtenir une deuxième récolte. Selon KNOTT et DEANON il n'y a pas de problèmes sérieux de maladies ou de parasitisme.

Les méthodes culturales pratiquées dans l'Afrique Occidentale sont décrites par TINDALL (1968). On cultive l'amarante dans les régions côtières surtout en saison sèche. On fait un bêchage ou un piochage de 15 cm. La pépinière est semée à la volée. Ensuite on repique les plantes de 5 à 7 cm de hauteur à 10–15 cm. Traditionnellement on met de la cendre de bois en surface comme fumure pour les plantules en croissance, et cela forme également une protection contre les insectes. D'ailleurs, il est conseillé de fumer avec un engrais azoté et de lutter contre les insectes rongeurs des feuilles avec de la poudre HCH ou DDT. VAN DER VEKEN (1969) donne des recommandations pour une culture rationnelle en Afrique équatoriale. On fume avec 2 à 3 brouettes de fumier ou de compost par planche de 10 m² au labour et un épandage de 400 kg/ha d'engrais complexe NPK (15-15-15) que l'on enfouit par ratissage. L'arrosage avec 100 g d'urée dans 20 l d'eau par planche de 10 m² en cours de la végétation est conseillé. On peut également épandre de l'urée entre les rangées. On sème sur place en lignes écartées de 20 cm. Il est bon de mélanger les graines avec du sable. On éclaircit au fur et à mesure jusqu'à ce que les plantes se trouvent à l'écartement normal ce qui dépend de la variété et de la fertilité du sol. On peut déjà consommer les plantes obtenues par l'éclaircissage. L'entretien est réduit en sarclages, binages et application d'engrais. On récolte par coupe des jeunes

bouts durant 4 à 5 mois. La récolte de graines est faite à partir de plantes vigoureuses dont on coupe les tiges florales, lesquelles sont séchées avant de procéder au battage.

Une description assez détaillée de la culture de l'amarante et de la célosie pour le jardinage familial et la culture commerciale au Nigéria a été faite par VAN EPENHUIJSEN (1974). La méthode culturale dépend essentiellement de la variété: semis direct ou repiquage, écartement serré ou large, récolte par arrachage des plantes entières ou par des coupes successives. On utilise 1 à 1,5 g de graines par m² pour le semis direct. On éclaircit après trois semaines et on consomme déjà les plantes arrachées. Les rendements sont de l'ordre de 30 kg/10 m² pour la récolte par arrachage et 50 à 80 kg/10 m² pour la récolte par des coupes successives. Quatre variétés d'*Amaranthus* et deux variétés de *Celosia* sont très répandues. L'auteur énumère des insectes nuisibles (cf. section 9.1) et décrit le procédé à suivre pour la récolte des semences (cf. section 12.2).

4.7. DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Beaucoup d'Amaranthacées sont des herbes rudérales, vivant dans les cours et dans les champs aux bords des villages. Certaines espèces ont été domestiquées depuis l'antiquité, d'autres sont restées au stade de la cueillette ou de la semiculture. Les espèces domestiquées se trouvent dans les genres *Amaranthus* et *Celosia*. L'emploi comme légume-feuilles est très répandu dans les régions tropicales. La culture en céréales, jadis importante dans les régions tropicales montagneuses, existe encore. Certains types ont un intérêt médicinal, d'autres se sont développés comme plantes ornementales.

La taxonomie du genre *Amaranthus* demeure confuse. On remarque l'existence de nombreux synonymes ce qui rend difficile l'interprétation des données bibliographiques et souligne l'intérêt de la taxonomie pour la recherche agronomique. La classification de SAUER nous semble un effort accompli à ce sujet, qui résout déjà partiellement les problèmes taxonomiques. La situation du genre *Celosia* aussi n'est pas bien claire en ce qui concerne la classification des variétés utilisées comme légume-feuilles. Dans ce qui va suivre, nous utiliserons simplement l'indication 'amarante' et 'célosie' avec le nom du cultivar. Les noms botaniques mentionnés dans les références sont copiés sans modifications.

Les données bibliographiques sur les méthodes culturales de l'amarante ne sont ni nombreuses ni très approfondies. Notamment il y a peu de données exactes sur les caractéristiques des variétés, sur l'écartement, sur la fertilisation, sur les maladies et parasites et sur la récolte et les rendements.

5. ANALYSE DE LA CROISSANCE

5.1. INTRODUCTION

Les données bibliographiques sur la croissance végétative et reproductive des légumes-Amaranthacées sont pratiquement absentes. Il est possible de rencontrer des analogies dans certaines plantes apparentées, mais cela ne fournit pas de données suffisantes pour une explication du comportement des plantes en question au cours des expérimentations. Donc, il a paru utile de suivre le développement des plantes en détail afin d'obtenir des informations sur les sujets suivants :

1. les changements du port de la plante et de sa croissance en fonction de son âge et des influences écologiques: lumière, longueur du jour, température, eau (ch. 6),
2. la meilleure méthode culturale et le stade optimale de la récolte en vue des deux méthodes culturales, c'est à dire la récolte par arrachage des plantes entières ou la récolte par des coupes successives des branches (ch. 7),
3. les critères à déterminer pour la sélection (ch. 11),
4. la meilleure méthode culturale pour la production de semences améliorées (ch. 12).

Dans cette optique, deux essais ont été faits. Le premier avait comme but la comparaison des caractéristiques de la croissance de l'amarante et de la célosie avec celle de quatre autres espèces de légumes-feuilles. Par manque d'étuve, la teneur en matière sèche n'a pu être déterminée qu'une seule fois. Néanmoins les résultats sont rapportés ici parce que les différences entre les six espèces se montrent suffisamment grandes et démontrent bien la différence en teneur en matière sèche entre les légumes en question. Le deuxième essai comporte une comparaison entre l'amarante et la célosie pour les deux méthodes culturales.

En plus des mesurages et des pesées des parties principales des plantes (racines, tiges, feuilles et inflorescences) la superficie des feuilles a été estimée par des échantillonnages en mesurant la plus grande largeur des feuilles et par un calcul de la régression de la largeur sur la surface.

5.2. PREMIER ESSAI: CROISSANCE DE SIX ESPÈCES DE LÉGUMES-FEUILLES

5.2.1. *Protocole expérimental*

Les six légumes-feuilles tropicaux étudiés dans cet essai sont :

1. *Amaranthus cruentus* L. cv. Fotètè
2. *Celosia argentea* L. cv. Avounvô Rouge
3. *Corchorus olitorius* L. cv. Nehoun
4. *Talinum triangulare* (Jacq.) Willd. cv. Glasso

PHOTO 5. Vue d'en haut d'une culture d'*Amaranthus cruentus* L. cv. Fotètè (A) et de *Celosia argentea* L. cv. Avounvò Vert (B) trois semaines après le repiquage. Ecartement 15 × 15 cm.

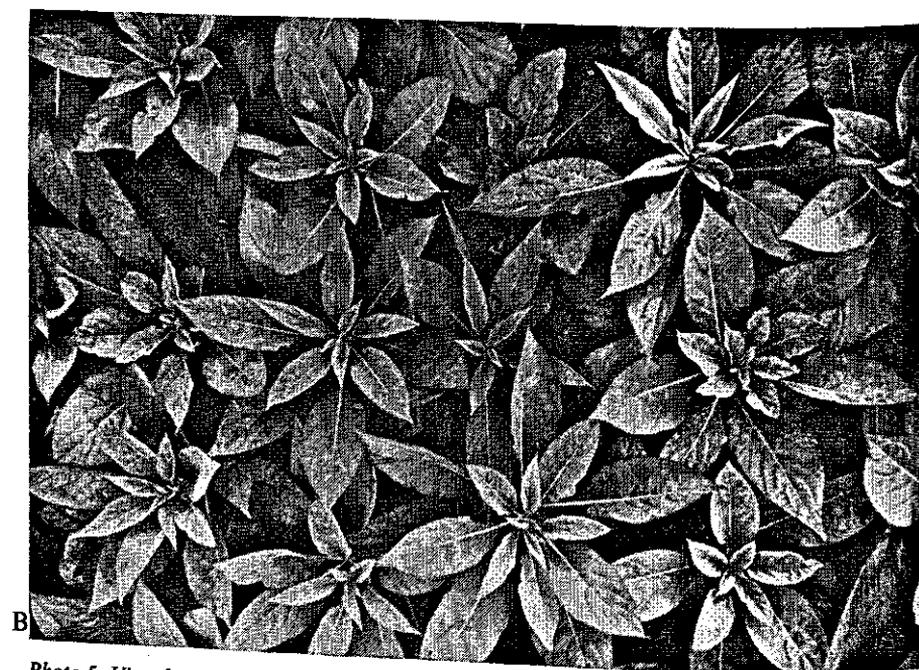
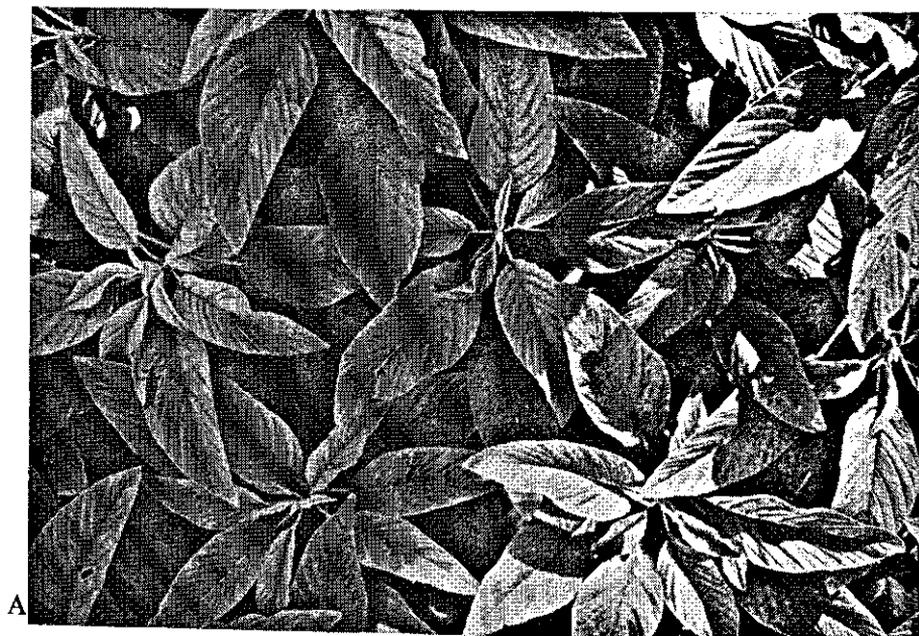


Photo 5. View from above at a plantation of *Amaranthus cruentus* L. cv. Fotètè (A) and *Celosia argentea* L. cv. Avounvò Vert (B) three weeks after transplanting. Planting distance 15 × 15 cm.

5. *Basella alba* L. cv. Djomakou
6. *Solanum aethiopicum* L. cv. Gboma.

Amaranthus cruentus cv. Fotètè est le légume le plus populaire au Sud-Dahomey; durée de la culture quatre mois au maximum. *Celosia argentea* cv. Avounvô Rouge est la variété la plus cultivée de la célosie, considérée par les maraîchers comme une plante voisine de l'amarante (voir ch. 2 et 4); durée de la culture six mois au maximum. *Corchorus olitorius* est un légume très apprécié, récolté par arrachage ou par des coupes successives comme l'amarante. Le prix de ce légume au marché local est élevé, puisque les rendements sont faibles. Durée de la culture jusqu'à quatre mois. *Talinum triangulare* est une plante rudérale et un légume de cueillette au Dahomey. Beaucoup vendu sur les marchés locaux, ce légume bon-marché est considéré comme une nourriture de disette. On le cultive rarement, probablement aussi à cause de la difficulté de récolter les graines. La croissance peut s'étaler sur une période de plus d'un an. *Solanum aethiopicum*, également un légume répandu en Afrique de l'Ouest et beaucoup cultivé, est une espèce avec une période de croissance de sept mois environ. La plante a le désavantage d'être susceptible aux maladies de flétrissement (*Pseudomonas*, *Sclerotium*, *Fusarium*). Elle forme des fruits comestibles comme l'aubergine, mais peu consommés au Dahomey. *Basella alba* est un légume-feuilles populaire dans presque toutes les régions tropicales, mais peu consommé au Dahomey. C'est une plante grimpante, multipliée par semis ou par bouturage, avec une période de croissance étalée sur plus d'un an. La plante se cultive facilement contre les clôtures dans les jardins familiaux, mais le besoin en tuteur est un grand inconvénient pour la culture commerciale.

L'essai fut exécuté au début de la saison sèche. Semis au 14 novembre 1970; repiquage après 26 jours sur des parcelles de 1,20 × 3,00 m pour *Basella* et *Solanum*, de 1,20 × 1,50 m pour les autres espèces. Le choix de la densité a été fait en tenant compte de celle pratiquée par les maraîchers. *Basella* a été éclaircie et tuteurée après quatre semaines. Ecartement *Amaranthus*, *Celosia*, *Corchorus* et *Talinum* 15 × 15 cm = 44,4 pl/m²; *Solanum* 30 × 40 cm = 8,3 pl/m²; *Basella* 30 × 40 cm = 8,3 pl/m², après quatre semaines 40 × 60 cm = 4,2 pl/m². On a fait dix parcelles par espèce, dont cinq étaient destinées à la récolte par arrachage et à la fois à l'étude du port des plantes pendant tout le cycle de vie. Les cinq autres devaient être récoltées régulièrement par des coupes successives. Le sol de l'essai était une terre de barre dégradée, mais fertilisée par un apport de gadoue 50 t/ha. A cinq reprises et à des intervalles de quinze jours, on a prélevé au hasard, cinq plantes par parcelle, en laissant de côté les plantes des rangées extérieures. La récolte par coupe était faite à une hauteur de 15 cm. La *Basella* ne fut pas coupée mais les feuilles comestibles furent cueillies.

5.2.2. Résultats

5.2.2.1. Caractéristiques des plantes individuelles

La hauteur des plantes, c'est à dire la longueur de la tige principale, est repré-

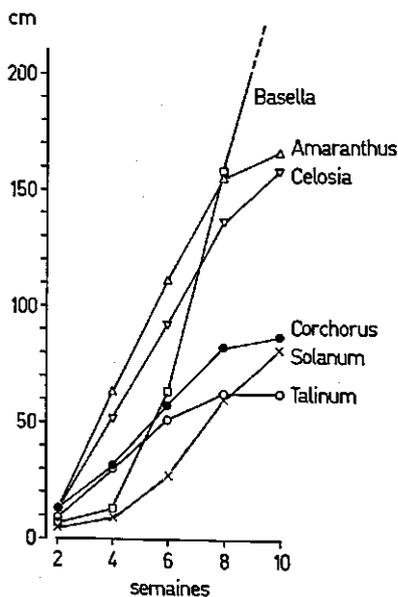


FIG. 9. Longueur de la tige principale de six espèces de légumes-feuilles.

Fig. 9. Length of the main stem of six species of leaf vegetables.

sentée dans la figure 9. Pour la *Basella*, une plante grimpante, la hauteur réelle de la végétation ne coïncide pas avec la hauteur mesurée. Les Amaranthacées montrent une croissance en hauteur plus rapide que les autres légumes. L'amarante d'abord pousse plus vite que la célosie (la différence entre l'amarante et la célosie est significative à 5% pour les plantes de quatre, six et huit semaines) puis la croissance est retardée par rapport à celle de la célosie (la différence n'est plus significative pour les plantes de dix semaines) à cause de la morphologie différente des inflorescences (cf. 4.2).

La profondeur de la motte radriculaire de l'amarante et de la célosie après dix semaines était 22 cm. Elle diffère significativement (à 5%) des autres espèces, plus profonde que celle du *Corchorus* (17 cm) et le *Talinum* (14 cm), mais moins profonde que le *Solanum* (24 cm) et la *Basella* (26 cm). Notons que par la suite du repiquage la racine pivotante ne se développe pas normalement. D'ailleurs un nombre de racines plus profondes se trouvent cassées lors de l'enlèvement.

Le poids frais des feuilles, tiges et inflorescences par plante est présenté dans la figure 10. La production de feuilles fraîches se montre la plus élevée à l'âge de quatre semaines pour les Amaranthacées, mais ce sont la *Basella* et le *Solanum* qui produisent la plus grande quantité de feuilles à partir de six semaines. La célosie se ramifie plus que l'amarante de sorte que la fraction de feuilles secondaires (développées des bourgeons axillaires à l'axe principal) est plus grande. Le poids des feuilles par rapport au poids total de la plante diminue avec l'âge. Ce quotient est le plus considérable pour le *Solanum*.

Le poids des tiges accroît rapidement avec l'âge, plus vite chez l'amarante que chez la célosie. Le poids des inflorescences est très élevé pour l'amarante et n'a

FIG. 10. Poids frais cumulé par plante.

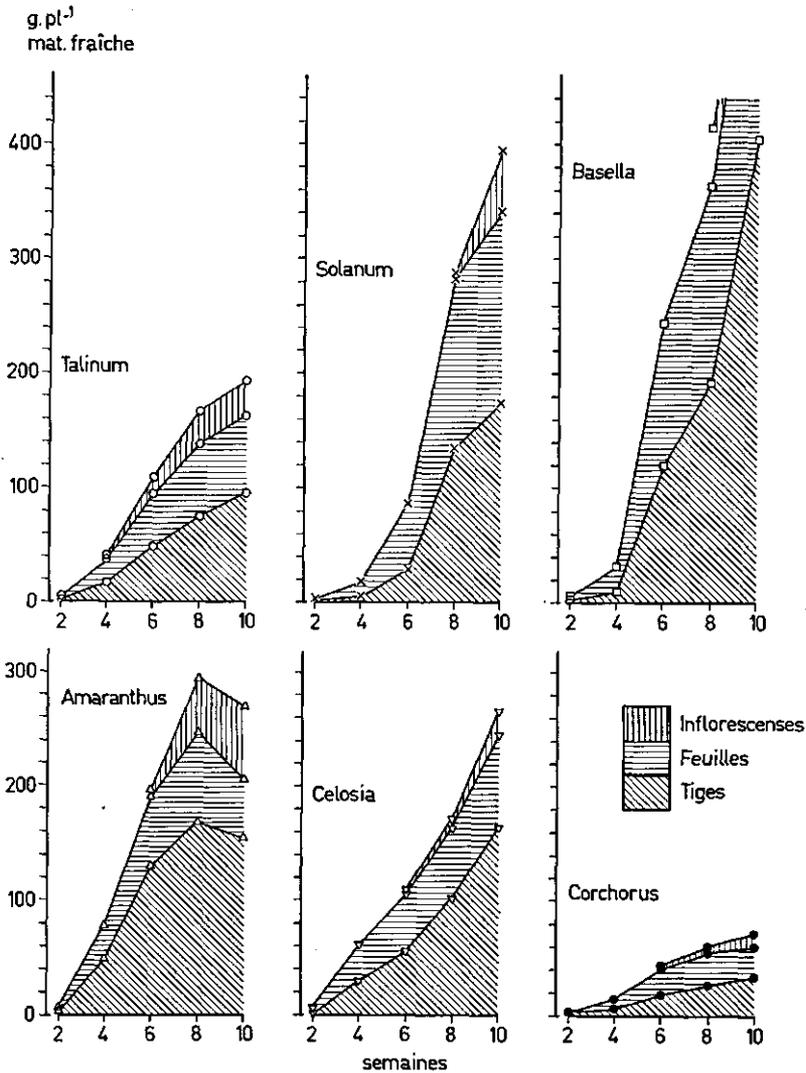


Fig. 10. Cumulative fresh weight per plant.

que peu d'intérêt pour la célosie dont les inflorescences sont petites. On notera des différences prononcées entre les différentes espèces. Les Amaranthacées, le *Corchorus* et le *Talinum* ont un cycle plus court que le *Solanum* et la *Basella* qui étaient encore loin de la fin de leur cycle à l'âge de dix semaines. La chute du poids frais des tiges et des feuilles de l'amarante après huit semaines pourrait être causée par le dessèchement avec l'âge.

5.2.2.2. Rendements en récoltant par arrachage

Le moment où la superficie du sol finit par être entièrement couverte par les feuilles s'est montré divergent, c'est à dire pour *Amaranthus* et *Celosia* après trois semaines, pour *Corchorus* et *Talinum* après cinq semaines, pour *Solanum* après six semaines et pour *Basella* après huit semaines. Aussi, dans l'estimation des rendements (tableau 10), la densité utilisée était celle correspondant à la superficie des feuilles (LAI) atteinte au moment de l'occupation complète du sol.

Le meilleur moment pour la récolte par arrachage d'*Amaranthus*, de *Celosia*, de *Corchorus* et de *Talinum* est à six semaines, sinon la production de feuilles n'augmentera que peu ou plus du tout.

La superficie des feuilles par m² de surface de sol (LAI, Leaf Area Index) pour

TABLEAU 10. Production en feuilles de six espèces de légumes récoltés par arrachage entre 4 et 10 semaines après le repiquage.

	semai- nes	<i>Ama- ranthus</i>	<i>Celosia</i>	<i>Corcho- rus</i>	<i>Talinum</i>	<i>Sola- num</i>	<i>Basella</i>
mat. fraîche g.pl ⁻¹	4	31,3	32,6	8,5	22,0	14,7	23,7
	6	64,5	47,4	20,8	46,1	58,7	121,7
	8	78,5	61,8	24,1	65,6	148,7	173,7
	10	54,6	81,6	25,5	65,9	189,9	263,4
teneur en mat. sèche %	6	13,0	10,1	18,4	4,8	8,2	5,5
mat. sèche g.pl ⁻¹	4	4,1	3,3	1,2	1,1	1,2	1,3
	6	8,4	4,8	3,8	2,2	4,8	6,7
	8	10,2	6,3	4,4	3,1	12,2	9,6
	10	7,1	8,2	4,7	3,2	15,6	14,5
densité pl.m ⁻²	4	37,0	37,0	54,5	46,1	26,2	24,8
	6	33,3	33,3	33,3	33,3	8,3	5,1
	8	29,4	29,4	29,4	29,4	8,3	4,2
	10	25,0	25,0	25,0	25,0	8,3	4,2
production mat. fraîche g.m ⁻²	4	1158	1206	463	1014	385	588
	6	2148	1578	693	1535	487	621
	8	2308	1817	709	1929	1234	729
	10	1365	2040	638	1648	1576	1106
production mat. sèche g.m ⁻²	4	152	122	65	51	31	32
	6	198	160	127	73	40	34
	8	294	185	129	91	101	40
	10	178	205	118	80	129	61

Table 10. Production of leaves in six species of vegetables harvested by uprooting between 4 and 10 weeks after transplantation.

LAI
m² m⁻²

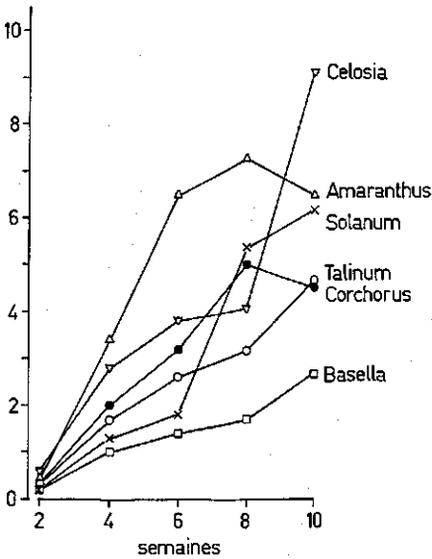


FIG. 11. Superficie des feuilles par m² de sol.

Fig. 11. Leaf area per m² of soil area.

les six espèces est représentée dans la figure 11, en tenant compte des densités mentionnées dans le tableau 10. L'amarante et le *Corchorus* montrent une chute de LAI après 8 semaines. Ce signe de vieillissement n'a pas été observé chez les autres espèces. *Celosia* montre une reprise remarquable après huit semaines, causée par une forte ramification accompagnée de la formation de feuilles 'secondaires' dans les inflorescences. Ces feuilles sont moins épaisses que les feuilles formées avant, de sorte que l'augmentation du LAI n'amène pas une augmentation analogique de la production. En plus, la récolte de ces petites feuilles n'est pas praticable.

5.2.2.3. Rendements en récoltant par coupes successives.

Dans les six espèces, la comparaison des rendements en récoltant par des coupes successives serait trop arbitraire puisque l'écartement et les méthodes appliquées pour la récolte (hauteur des coupes, fréquence) n'étaient pas optimales pour chacune de ces espèces. L'*Amaranthus* n'a été récolté que deux fois en 49 jours et la *Celosia* trois fois en 94 jours. D'autres coupes n'étaient plus possibles à cause de la présence d'inflorescences. Le *Corchorus* ne repoussait guère après la deuxième coupe à 59 jours. Le *Talinum* vieillit moins vite si on le coupe: après la deuxième coupe à 105 jours, la culture aurait pu être poursuivie. Aussi la production du *Solanum* et de la *Basella* se poursuit. La récolte de la *Basella*, dont on a cueilli les feuilles, a demandé beaucoup d'intensité.

5.2.3. Discussion et conclusions

Une comparaison de six espèces importantes de légumes-feuilles annuels nous

PHOTO 6. Amarante cv. Fotètè (plantée à 15 × 15 cm) une semaine après la première coupe à 20 cm.



Photo 6. *Amaranth* cv. *Fotètè* (transplanted at 15 × 15 cm) one week after the first cutting at a height of 20 cm.

montre de grandes différences dans le port des plantes et dans la production de feuilles.

L'*Amaranthus* a une croissance en hauteur rapide et la plante développe rapidement les feuilles jusqu'à l'âge de six semaines environ, puis, les inflorescences prennent beaucoup de poids. Cet âge de six semaines semble le meilleur moment pour la récolte par arrachage, car après, le poids des feuilles n'augmentera presque plus rien et la qualité diminue à cause de la présence d'inflorescences. Les cultivateurs ont tendance à récolter plus tôt, à quatre semaines environ, lorsque les feuilles et les tiges sont encore plus tendres. La plante paraît apte à la récolte par des coupes successives car elle se ramifie fortement et repousse bien après la première coupe. Enfin, il paraît important, pour la récolte par des coupes successives, de retarder au maximum la floraison.

La *Celosia* se développe plus lentement que l'amarante au commencement, mais la plante vieillit moins vite. La floraison est accompagnée de la formation de nombreuses jeunes feuilles, mais cela n'a pas d'importance pour les rendements en produit comestible, puisque la bonne période pour la récolte par arrachage est passée. La plante paraît apte à la récolte par des coupes successives: elle repousse vigoureusement après la première coupe et se ramifie bien. La différence la plus remarquable avec l'amarante est la teneur faible en matière sèche dans les feuilles, 10% environ contre 13% pour l'amarante. Un avantage

de la célosie est que la fraction de tiges dans le produit récolté est moins élevée que chez l'amarante.

Le *Corchorus* montre une croissance plus lente que les deux Amaranthacées, La production moins élevée en feuilles fraîches est partiellement compensée par une teneur en matière sèche très élevée. Le cycle de vie est court comme celui d'*Amaranthus*. Le meilleur moment pour la récolte par arrachage est à six semaines. La plante ne se rétablissait pas bien de la coupe à une hauteur de 15 cm.

Le *Talinum* a une production en feuilles fraîches élevée mais une teneur en matière sèche très faible (4,8%). La floraison commence très tôt, ce qui est nuisible à la culture commerciale.

Le *Solanum* est un légume intéressant pour une culture d'une durée assez longue; le cycle de vie la prédispose à l'emploi pour des coupes successives. Les fleurs et les fruits dans le produit récolté peuvent être enlevés facilement.

La *Basella* montre une bonne production de feuilles fraîches mais la teneur en matière sèche est très faible (5,5%) et la récolte est laborieuse. Si la culture avait eu lieu sans supports et avec une densité plus élevée, la récolte par arrachage aurait été probablement plus intéressante.

On peut résumer les observations avec les constatations suivantes:

1. L'*Amaranthus* et la *Celosia* sont intéressantes pour la culture commerciale à cause de leur grande vigueur juvénile, pour la récolte par arrachage ainsi que pour la récolte par des coupes successives. Dans ce dernier cas, il sera important de retarder la floraison autant que possible.
2. Le *Corchorus* a un cycle court comme l'amarante, mais paraît peu intéressant au point de vue de la production.

Le *Solanum* se développe lentement au commencement mais prend bien si on le récolte par coupes répétées sur une longue période.

La *Basella* et le *Talinum* se prêtent moins à la culture commerciale que les quatre autres espèces, la *Basella* à cause de son port grimpant, le *Talinum* à cause de la floraison hâtive et embarrassante. Ces deux espèces conviennent bien au jardinage familial.

3. La quantification des différences dans la productivité des six espèces est rendue difficile à cause du manque de données exactes sur la technique culturale, notamment sur la densité optimale.

Une étude agronomique telle que la présente sur *Amaranthus* et *Celosia*, serait justifiée également pour les quatre autres espèces de légumes-feuilles très répandues dans les régions tropicales.

5.3. DEUXIÈME ESSAI: CROISSANCE D'AMARANTHUS ET DE CELOSIA

5.3.1. Protocole expérimental

Pour cet essai, exécuté au même endroit que le précédent et avec les mêmes variétés d'amarante et de célosie, la production et le port des plantes ont été

étudiés pour les deux méthodes culturales. Le repiquage de plantules de trois semaines était fait au 17-7-1973.

L'écartement était de 15×15 cm. En plus de 50 t/ha de gadoue au labour, des engrais complet NPK (10-10-20) furent donnés à trois reprises pendant la croissance, au total 600 kg/ha. On a voulu obtenir une croissance optimale: le facteur le plus limitant de cet essai a été probablement l'insolation faible. Arrosages environ 7 mm par jour sauf aux jours de pluie. Traitements d'insecticides préventivement et en cas d'attaques. On a fait des parcelles de $2,00 \times 2,00$ m en cinq répétitions.

L'échantillonnage fut effectué une fois par semaine, au hasard mais sans choisir les plantes des rangées situées à l'extérieur ou voisines des endroits où des plantes avaient été prélevées précédemment. Les traitements étaient:

1. amarante sans coupes
2. célosie sans coupes
3. amarante, coupe après 3 semaines à 20 cm, après 6 semaines à 30 cm et après 9 semaines à 40 cm de hauteur
4. célosie, coupe après 4 semaines à 20 cm, après 7 semaines à 30 cm et après 10 semaines à 40 cm de hauteur.

Les méthodes culturales étaient identiques à celles appliquées par les maraîchers professionnels. A cause des pertes de quelques pieds par le temps très chaud et sec aux jours suivant le repiquage et chez l'amarante à cause de pertes d'une attaque de *Choanephora* (voir ch. 9), il n'a pas été possible de maintenir l'échantillon hebdomadaire à cinq pieds par parcelle. On l'a réduit à trois plantes par parcelle au prélèvement à cinq et six semaines, à deux plantes au septième et puis à une plante par parcelle. Le prélèvement d'échantillons fut poursuivi

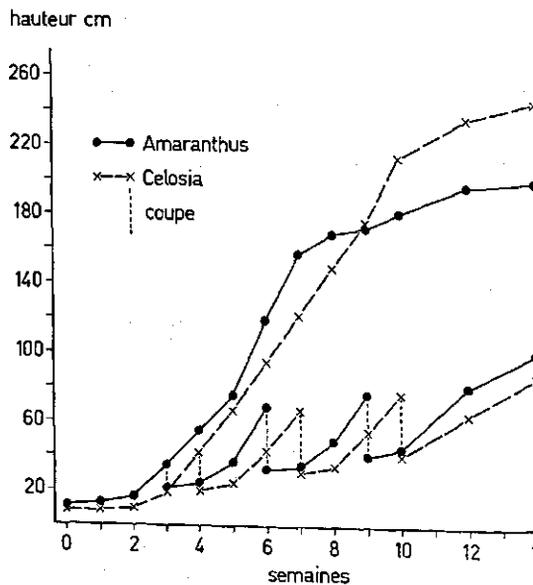


FIG. 12 Hauteur des plantes d'amarante et de célosie (sol-sommet tige ou inflorescence) sans récoltes ou récoltées par trois coupes (resp. à 20, 30 et à 40 cm).

Fig. 12. Height of Amaranthus and Celosia plants (bottom to top of stem or inflorescence) not harvested or harvested by three cuttings (resp. on 20, 30 and 40 cm).

jusqu'à ce que les plantes de l'amarante aient commencé à jaunir, 14 semaines après le repiquage. A ce moment-là, la célosie n'était pas encore à la fin de son cycle. La floraison de cette dernière plante s'étale sur une période de 2 à 3 mois.

5.3.2. Résultats

5.3.2.1. La hauteur

La croissance en hauteur, représentée dans la figure 12, ne se montre pas complètement conforme à celle du premier essai. Au moment du repiquage, l'amarante a une avance sur la célosie, puis la croissance est pratiquement parallèle jusqu'au stade de la floraison où la croissance de la tige de l'amarante est retardée par rapport à celle de la célosie. Dans le premier essai (figure 9), la croissance était probablement plus rapide à cause de l'illumination qui était meilleure. La figure 12 démontre qu'au moment de la première récolte de l'amarante, la hauteur de la célosie n'est pas encore suffisante pour une coupe. Les deux espèces ne dépassent leur niveau antérieur que dans la troisième semaine après la première coupe.

5.3.2.2. La teneur en matière sèche

Le pourcentage de la matière sèche des différentes parties des plantes du traitement 1 et 2 est représenté dans le tableau 11. La teneur en matière sèche augmente avec l'âge des plantes. Pour toutes les parties de la plante elle est plus

TABLEAU 11. Pourcentage de matière sèche des différentes parties d'amarante et de célosie, entre 0 et 14 semaines après le repiquage.

semaines	feuilles		tiges		racines		inflorescences	
	amarante	célosie	amarante	célosie	amarante	célosie	amarante	célosie
0	15,6	8,4	6,6	6,7	6,9	9,0	-	-
1	17,0	14,0	10,7	12,4	11,8	9,1	-	-
2	10,4	7,6	5,3	6,6	10,9	6,9	-	-
3	10,2	9,0	5,5	4,4	11,0	8,0	-	-
4	13,0	7,2	6,4	5,4	12,2	11,0	-	-
5	13,4	7,8	6,6	6,2	20,8	14,4	-	-
6	14,3	9,4	11,3	8,0	23,3	17,3	15,1	-
7	13,1	8,0	12,1	7,3	23,6	20,9	13,1	-
8	13,3	9,2	14,5	9,3	25,8	19,4	17,7	-
9	16,0	9,9	15,3	10,9	24,8	22,3	18,8	-
10	14,6	10,6	15,1	12,5	-	19,0	26,0	13,1
12	15,5	11,3	17,2	10,9	27,1	19,9	26,9	20,4
14	17,1	13,0	19,6	16,2	28,6	23,5	26,9	21,0

Table 11. Percentage of dry matter of different parts of amaranth and Celosia, between 0 and 14 weeks after transplantation.

élevée dans l'amarante que dans la célosie. On constate une augmentation générale dans la première semaine à cause du repiquage suivie d'une chute dans la deuxième semaine quand les plantes ont repris et ensuite une augmentation graduelle en vieillissant.

5.3.2.3. La production de matière sèche dans la culture sans coupes

Le poids de la matière sèche par m² est représenté dans la figure 13 (A et C). Au commencement de son cycle, *Amaranthus* stocke la matière sèche dans les feuilles et les racines. A partir de six semaines (le meilleur moment pour la récolte par arrachage) le poids des feuilles n'augmentera plus et diminuera même à cause de la chute d'un nombre de vieilles feuilles à la base. Après dix semaines, quelques nouvelles feuilles dans les inflorescences constituent une nouvelle stimulation. Le poids des racines atteint un maximum à sept semaines, subit une rechute légère à huit et neuf semaines, pour reprendre à dix semaines, en même temps que les feuilles. Il est évident que le 'sink' (centre de recueil pour l'accumulation de matière sèche) est formé par les tiges et par les inflorescences à partir de cinq à six semaines. Il faut noter que l'allongement de la tige à ce stade est comprise dans le développement des inflorescences.

Celosia diffère d'*Amaranthus* principalement au point de vue des inflorescences. Or, si on les considère comme un ensemble avec les tiges, la différence deviendra moins prononcée. *Celosia* atteint un premier maximum dans la production de feuilles à six semaines (le meilleur moment pour la récolte par arrachage), mais à un niveau plus bas que l'*Amaranthus*. Après neuf semaines, beaucoup de nouvelles feuilles sont formées à la base des inflorescences, mais après 12 semaines, le poids total des feuilles est réduit à cause du vieillissement et de la chute des feuilles les plus proches du sol. Le poids des racines est plus régulier que celui d'*Amaranthus* et atteint une valeur plus élevée.

5.3.2.4. La production de matière sèche dans la culture avec trois coupes

La figure 13 (B et D) démontre que l'*Amaranthus* se rétablit bien après la première et la deuxième coupe mais monte en graine et vieillit rapidement après la troisième coupe. Une baisse dans le poids des tiges, une semaine après la coupe 2 et 3 pourrait indiquer le transport des réserves de la tige vers les feuilles. Le stade avancé de la floraison empêchait une quatrième coupe. *Celosia* montre un développement des racines plus important que *Amaranthus*, avec une chute après la récolte 2 et 3. Ici, une quatrième coupe à 12 semaines aurait été possible, mais d'un rendement bas et d'une qualité pauvre (beaucoup de feuilles trop petites).

5.3.2.5. Les rendements

Dans la figure 14 sont représentés les rendements en matière comestible respectivement à l'état frais et sec, après la récolte par arrachage des plantes entières. *Celosia* dépasse *Amaranthus* quant à la production de matière fraîche

FIG. 13. Poids de la matière sèche.

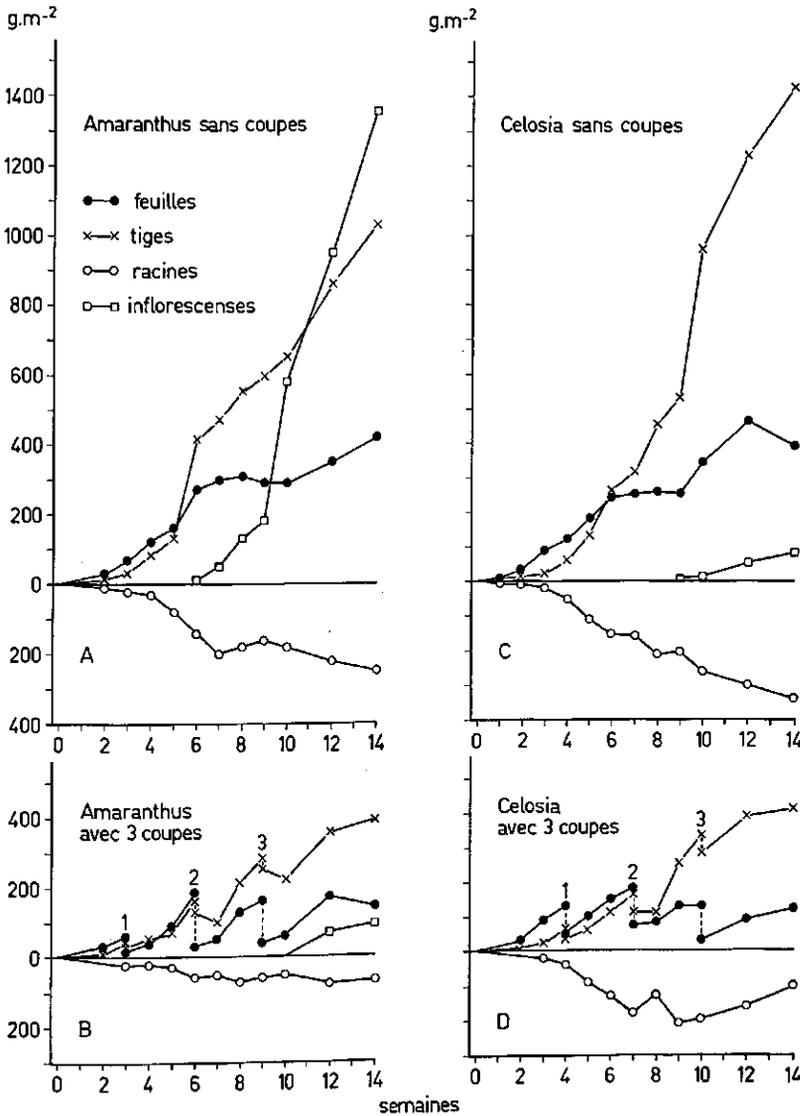


Fig. 13. Weight of dry matter.

mais est inférieure au point de vue de la matière sèche. Dans les deux espèces, la production de tiges tendres comestibles est assez insignifiante.

Les rendements en feuilles (matière sèche) des coupes successives fait l'objet de la figure 15. La production de feuilles par arrachage est comprise dans cette figure. Elle montre que l'arrachage après six semaines est plus avantageux, comparé au total de deux coupes, mais que la coupe no. 3 (pour l'amarante à

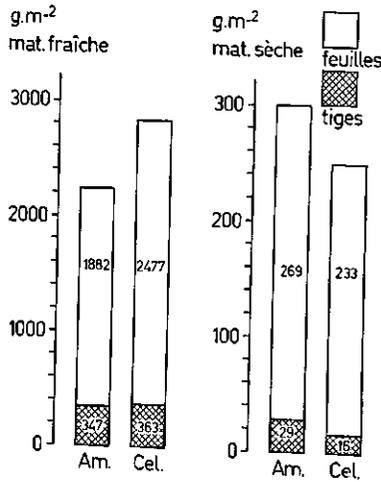


FIG. 14 Production comestible (feuilles et partie tendre des tiges) d'*Amaranthus* et de *Celosia* récoltés par arrachage à six semaines.

Fig. 14. Edible part (leaves and tender parts of stems) of *Amaranthus* and *Celosia*, harvested by uprooting after six weeks.

FIG. 15. Comparaison des rendements en feuilles récoltées par arrachage et par coupes.

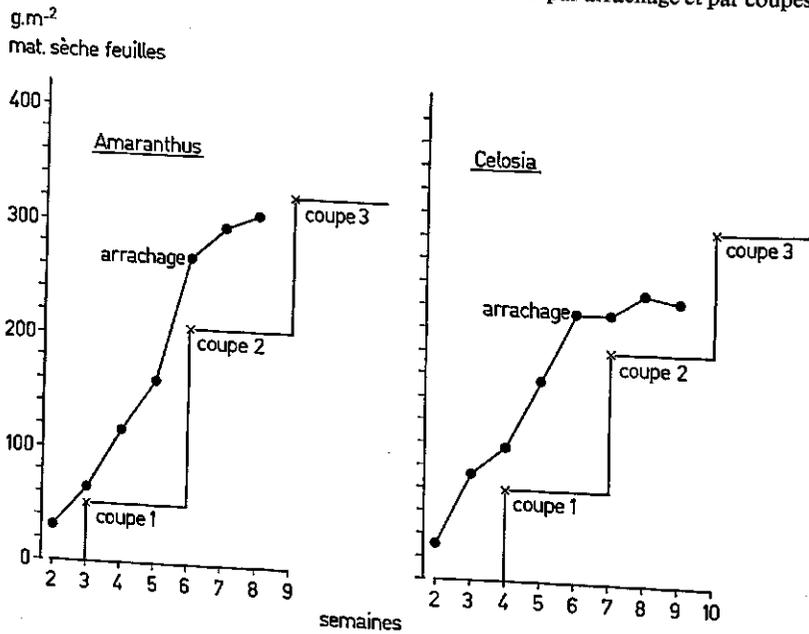


Fig. 15. Comparison of output in leaves harvested by uprooting and by cuttings.

TABLEAU 12. Production de feuilles et de produit comestible d'amarante et de célosie. Le total comestible de la récolte par arrachage comprend les feuilles et la partie tendre des tiges, et de la récolte par coupes toute la partie coupée (feuilles et tiges).

	amarante		célosie	
	arrachage 6 sem.	coupes 9 sem.	arrachage 6 sem.	coupes 10 sem.
mat. sèche g.m ⁻²				
- feuilles	269	324	233	309
- total comestible	298	415	250	416
pourcentage feuilles dans total comestible %	90	78	93	74
mat. sèche g.m ⁻² .jr				
- feuilles	6,4	5,1	5,5	4,4
- total comestible	7,1	6,6	6,0	5,9

Table 12. Production of leaves and of edible product of amaranth and Celosia. The total edible product of the harvest by uprooting comprises the leaves and the tender part of the stems, and for the harvest by cuttings the entire portion (leaves and stems).

neuf et pour la célosie à dix semaines) relève le total du rendement au-dessus du résultat de la récolte par arrachage à six semaines. Quant aux coupes de l'amarante, 37% du poids frais et 22% du poids sec étaient pris par les tiges. Ces pourcentages étaient respectivement 40% et 26% pour la célosie.

La comparaison de la production en feuilles et en produit comestible total fait l'objet du tableau 12. La production de matière sèche comestible par jour est plus élevée chez l'amarante que chez la célosie. L'amarante montre une production un peu plus élevée pour la récolte par arrachage que pour la récolte par trois coupes successives, mais cette différence n'existe pas pour la célosie.

5.3.2.6. La superficie des feuilles

La superficie des feuilles a été estimée comme dans le premier essai. Les feuilles dont la largeur se montrait à moins de 30 mm, c'est à dire généralement les très jeunes feuilles et pour la célosie également les stipules, ne furent pas mesurées mais seulement pesées à part, à partir de trois semaines. Quoique le nombre fut élevé, ces feuilles et stipules ne contribuèrent pas beaucoup à la superficie totale; la superficie fut estimée par un calcul de la régression du poids frais sur la superficie. Les valeurs pour le LAI sont représentées dans la figure 16. La figure montre que le LAI pour l'amarante varie entre 5 et 6 à partir de sept semaines mais qu'il atteint des valeurs plus élevées pour la célosie. La dépression importante de *Celosia* entre 7 et 9 semaines est probablement due à la chute de vieilles feuilles, quoique l'observation à 9 semaines (moyenne de cinq échantillons) puisse être incorrecte. La figure montre que les plantes rétablissent vite la surface foliaire perdue par la coupe. La superficie atteinte par

FIG. 16. Superficie des feuilles par m² de sol.

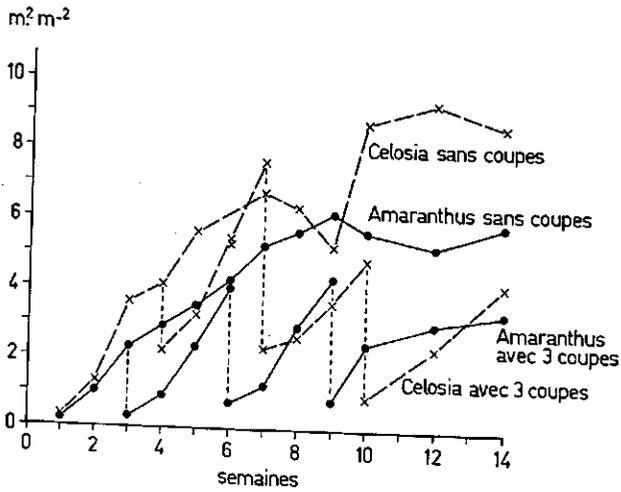


Fig. 16. Leaf area per m² of soil area.

Celosia après la première coupe dépasse même la superficie des plantes sans coupes.

Dans l'ensemble, la surface foliaire (LAI) de *Celosia* est plus grande que celle d'*Amaranthus*, ce qui doit avoir des conséquences pour la photosynthèse (voir ch. 6).

Le taux net d'assimilation⁴ est souvent utilisé comme paramètre de la crois-

TABLEAU 13. Valeurs de NAR exprimées en grammes d'augmentation de matière sèche totale par m² de surface foliaire et par jour (g.m⁻².jr⁻¹).

phase	amarante	célosie
sans coupes		
- choc du repiquage (0-7 jours)	-1,7	5,0
- croissance végétative (28-35 jours)	6,9	5,9
- période générative (70-84 jours)	9,0	2,7
avec coupes		
- avant la première coupe (une semaine)	6,3	3,4
- première semaine après la coupe	11,8	6,6
- deuxième semaine après la coupe	9,4	4,2

Table 13. Values of NAR expressed in grams of daily increase of the total dry matter per m² of leaf area (g.m⁻².day⁻¹).

⁴ Le taux net d'assimilation (NAR = Net Assimilation Rate) est l'augmentation de la matière sèche totale par unité de matériel assimilateur actuel et par unité de temps, voir RADFORD (1967).

sance d'une végétation et de l'efficacité de la photosynthèse (ch. 6). Le NAR a été calculé pour plusieurs phases dans le cycle de vie de l'*Amaranthus* et de la *Celosia*, voir tableau 13. Le NAR de l'amarante durant la première semaine après le repiquage a une valeur négative; les plantes perdent du poids et reprennent difficilement. Ceci n'est pas le cas pour *Celosia*. Le NAR de l'*Amaranthus* est plus élevé que celui de la *Celosia*, baisse après 56 jours à cause du vieillissement mais regagne une valeur élevée vers la fin du cycle à cause de la chute des vieilles feuilles et la naissance de jeunes feuilles actives dans les inflorescences. *Celosia* garde plus longtemps ses feuilles, la superficie (LAI) est plus élevée que celle de l'amarante et la photosynthèse par m² de sol se montre efficace. Le NAR atteint une valeur élevée dans la semaine qui suit une coupe.

5.3.3. Discussion et conclusions

Le meilleur moment pour la récolte par arrachage est à six semaines environ, toutefois si l'on désire une production optimale de feuilles dans un court délai. L'amarante peut être coupée un peu plus tôt que la célosie, mais apparemment la coupe après trois semaines, pratiquée dans cet essai, a été trop hâtive. Il n'est pas établi que l'écartement pratiqué dans l'essai pour les deux méthodes de récolte et pour les deux espèces, 15 × 15 cm, a été optimal. Evidemment, les influences de l'écartement, mais aussi de la fréquence et de la hauteur des coupes demandent encore des éclaircissements (voir ch. 7).

Les résultats indiquent à la fois des différences et des ressemblances entre les deux espèces. La teneur en matière sèche des feuilles et des autres parties végétales est plus élevée chez l'amarante. Cette espèce atteint un poids sec de feuilles plus élevé que la *Celosia* au moment de la récolte par arrachage. A la fin du cycle, le poids des feuilles de la *Celosia* dépassera celui de l'amarante, mais à ce moment (après 9 semaines) la récolte des feuilles n'est plus faisable. L'amarante commence le stade génératif un peu plus tôt que la *Celosia*, ce qui défavorise la récolte par des coupes successives.

La production de matière fraîche est la plus élevée pour la célosie, mais celle de matière sèche est un peu plus élevée pour l'amarante, au moins dans la récolte par arrachage. La production sèche accumulée des trois coupes de la *Celosia* égalait celle de l'amarante, mais s'étendait sur une période de sept jours de plus.

La superficie des feuilles (LAI) de la *Celosia* atteint une valeur plus élevée que celle de l'*Amaranthus*, mais le taux net d'assimilation (NAR) de *Celosia* est inférieur à celui d'*Amaranthus*, de sorte que la croissance et la production totale ne diffèrent que peu, et cela encore dans l'avantage d'*Amaranthus*.

La plus grande production de feuilles (poids sec) dans cet essai a été atteinte par l'amarante, récoltée après six semaines: 6,4 g.m.⁻². jr⁻¹ ou bien 64 kg.ha⁻¹. jr⁻¹, sur un total de 198 kg.ha⁻¹. jr⁻¹ de matière sèche. Sur une période de 14 semaines, l'amarante a produit en moyenne 312 kg.ha⁻¹. jr⁻¹ de matière sèche, dont 43 kg dans les feuilles. D'accord, cette production est assez élevée. Pourtant elle n'est pas le maximum que l'on puisse atteindre, vu que les conditions climatiques ne furent pas optimales pendant l'essai (reprise après le repiquage dif-

ficile, excès de pluies par la suite, luminosité faible). On peut chercher les améliorations suivantes dans la production de feuilles :

1. une réduction de la période de croissance du repiquage jusqu'à la récolte au moyen des conditions culturales, p.e. 270 g de feuilles (poids sec) par m² en cinq semaines, ou 7,7 g.m.⁻².jr⁻¹
2. un niveau de LAI plus élevé (un port plus dressé des feuilles pourrait signifier une meilleure distribution de la lumière et moins de chute des feuilles à la base) p.e. une LAI = 8, correspondant à 350 g de feuilles en cinq semaines ou 10,0 g.m.⁻².jr⁻¹
3. un écartement plus dense, afin d'atteindre plus tôt une LAI optimale, p.e. 350 g en quatre semaines ou 12,5 g.m.⁻².jr⁻¹.

Dans le système pratiqué au Dahomey pour la récolte par arrachage, les cultivateurs ont tendance à récolter l'amarante déjà 21 à 28 jours après le repiquage des plantules de 15 à 21 jours. Il nous semble, pour obtenir des rendements optimaux, qu'ils récoltent trop tôt, et qu'ils devraient attendre jusqu'à 35 à 42 jours avant de procéder à la récolte. Cependant la qualité des plantes récoltées très jeunes est meilleure que celle des plantes plus âgées, dont la fraction de feuilles dans le total récolté est réduite et dont les tiges sont plus dures.

On peut se demander si le semis direct ne serait pas une méthode culturale intéressante, puisque cette méthode permettrait de réduire la période totale de la croissance (du semis jusqu'à la récolte) d'une semaine au moins. Les inconvénients et les possibilités du semis direct ont déjà été discutés dans la section 2.5. Nous supposons qu'à l'avenir, le semis direct progressera au dépens du repiquage, au fur et à mesure que le prix de la main d'oeuvre augmentera. Toutefois, les résultats de cette étude du port et de la croissance s'appliquent aussi au semis direct, du moins si l'on tient compte de la réduction de la période de croissance totale et d'un système racinaire avec une racine pivotante un peu plus profonde.

6. INFLUENCES ÉCOLOGIQUES

6.1. INTRODUCTION

La distribution géographique des espèces d'*Amaranthus* et de *Celosia* cultivées comme légumes-feuilles (voir la carte, figure 3) indique déjà qu'il s'agit de plantes acclimatées aux climats chauds et humides. On les trouve principalement entre les tropiques, dans les climats Af, Am et, en moindre degré, dans les climats Aw selon la classification de Köppen. Dans cette étude des influences écologiques, nous nous bornerons aux facteurs température, lumière et eau, et à leurs incidences sur la production. L'influence du facteur sol et de la balance minérale n'a été mentionnée que brièvement par rapport à la photosynthèse et la floraison. Elle a été décrite en détail dans le chapitre 8 (fertilisation). Seulement le rôle de la potasse et son incidence sur la photosynthèse ont été étudiés dans ce chapitre. Les conséquences des maladies, insectes nuisibles et mauvaises herbes sur les rendements ont été décrites dans les chapitres 9 et 10.

6.1.1. Remarques sur la photosynthèse

Toutes les espèces du genre *Amaranthus* examinées jusqu'à présent ont montré un cycle de C4 acide dicarboxylique, similaire à celui de certaines autres espèces tropicales étudiées, entre autres *Cyperus* spp., canne à sucre, sorgho, maïs. Ce cycle d'assimilation du gaz carbonique se distingue du cycle de Calvin (cycle C3) connu pour les plantes tempérées et pour beaucoup de plantes tropicales par un nombre de caractères dont nous donnons ci-dessous les plus importants pour cette étude agronomique (BLACK, 1973):

1. la température diurne optimale pour la photosynthèse nette (CO_2 assimilé par cm^2 de surface foliaire) des plantes-C4 est de 30 à 47° C contre 15 à 25° dans le cas des plantes-C3. La température diurne optimale de la croissance (production nette de matière sèche) est respectivement de 30 à 35° C pour les plantes-C4 et de 20 à 25° C pour les plantes-C3.
2. la réponse de la photosynthèse nette des plantes-C4 à l'augmentation de la luminosité (intensité de la lumière) atteint ou tend à atteindre un niveau de saturation seulement en plein soleil (à condition que la température soit optimale). Les plantes-C3 atteignent la saturation déjà à $\frac{1}{4}$ à $\frac{1}{2}$ du plein soleil.
3. le coefficient de transpiration ($\text{ml H}_2\text{O}$ par g de matière sèche) des plantes-C4 est, de l'ordre de 250 à 350, contre 450 à 950 pour les plantes-C3.
4. le point de compensation CO_2 (la concentration de CO_2 dans une chambre fermée, à laquelle l'assimilation et la respiration se contrebalancent) des plantes-C4 est de l'ordre de 0 à 10 ppm, indiquant une photorespiration faible. En revanche, les plantes-C3 montrent un point de compensation CO_2 de 30 à 50 ppm.
5. la photosynthèse nette sous des conditions optimales est de 400 à 800 $\mu\text{g CO}_2 \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hr}^{-1}$ pour les plantes-C4 contre 150 à 400 μg pour les plantes-C3. La production maximale de matière sèche est respectivement 303 ± 138 et

195 ± 39 kg.ha⁻¹.jr⁻¹.

6. la physiologie différente des plantes-C4 se trahit dans l'anatomie des feuilles par la présence d'une endoderme à grandes cellules parenchymateuses autour des faisceaux libéro-ligneux dans les nervures. Cette endoderme ayant une fonction dans le transport des assimilates formées par la mésophylle est absente chez les plantes-C3. On l'appelle : faisceau du type Kranz.

Ce cycle-C4 a été révélé par HATCH et SLACK (1966) pour la canne à sucre. Déjà EL SHARKAWY et HESKETH (1965) soulignent dans des *Amaranthus* spp. la relation entre les caractères anatomiques des feuilles et le taux de la photosynthèse, ces plantes étant comparables aux Graminées tropicales. TREGUNNA et DOWNTON (1967) ont rapporté que des espèces d'*Amaranthus* avaient une photorespiration près de zéro tandis que d'autres Amaranthacées, parmi lesquelles *Celosia cristata*, avaient une photorespiration élevée. JOHNSON et HATCH (1968) trouvent un taux d'assimilation de CO₂ par mg de chlorophylle par minute dans *Amaranthus palmeri* de 4,8 μ moles, pour des herbes tropicales de 2,9 à 3,5 et des plantes du cycle Calvin de 1,6 à 1,7. BULL (1969) démontre qu'en absence de O₂, donc sans photorespiration, la photosynthèse potentielle des plantes des deux cycles s'égalait. Par contre, dans l'atmosphère normale, les plantes-C4 intensément illuminées peuvent absorber une plus grande quantité de CO₂ que les plantes-C3.

WELKIE et CALDWELL (1970) ont étudié les caractères anatomiques des feuilles d'un certain nombre d'espèces. Les plantes-C4 sont nombreuses dans les Amaranthacées et les familles apparentées des Centrospermae ou Caryophyllales (Basellacées, Chenopodiacées, Portulacacées, etc.) mais il y a des espèces dans une même famille et même dans les mêmes genres qui se classent dans des groupes différents, Calvin (C3) ou Hatch-Slack (C4). LESTER et GOLDSWORTHY (1973) ont observé dans *Amaranthus edulis*, connu comme plante typiquement C4, que le point de compensation de CO₂ se situe parfois à un niveau élevé juste comme pour les plantes-C3, ceci indépendamment de l'âge des feuilles, de manque d'eau ou d'autres conditions écologiques. L'amidon de ces plantes ne se trouvait pas seulement concentré dans les cellules de l'endoderme contre les faisceaux libéro-ligneux mais aussi en quantité importante dans la mésophylle. BLACK (1973) qui résume les publications à ce sujet, souligne la 'totipotency' des cellules. Il serait plus juste de classer les plantes selon l'indication : photosynthèse avec tendance plus ou moins prononcée de C3 ou de C4. D'ailleurs, des hybrides entre des espèces C3 et C4 de *Atriplex* avec des caractères physiologiques et anatomiques intermédiaires ont été produites (BOYNTON et al., 1971). Récemment, *Mollugo verticillata* (Aizoacées) a été décrite comme une espèce intermédiaire entre C₃ et C₄ (KENNEDY et LAETSCH, 1974).

En général, les plantes-C4 montrent les caractères écologiques de l'adaptation aux régions tropicales, avec une courte durée de croissance, souvent des plantes des régions semi-arides, souvent des mauvaises herbes, avec un taux net d'assimilation élevé, un coefficient de transpiration bas, un niveau de saturation pour l'intensité de la lumière et une température optimale élevés. Très probablement

toutes les espèces d'*Amaranthus* légumes-feuilles sont des plantes-C4. Nous n'avons pas de références sur la nature de *Celosia argentea*, quoique l'analyse de croissance (ch. 5) ait montré qu'elle croît presque aussi vite que l'amarante.

Ce dernier temps, certains chercheurs se montrent plus sceptiques quant aux avantages supposés ci-dessus pour les plantes-C4 si l'on considère la plantation dans sa totalité. GIFFORD (1974) argumente que les feuilles de base d'une plante-C3 profiteront mieux d'une intensité lumineuse faible que celles des plantes-C4. En plus, les plantes-C3 ont tendance à former une surface foliaire (LAI) plus grande que les plantes-C4. Le résultat est que la production totale de matière sèche sous des conditions optimales pour ces deux types de plantes ne diffère pas sensiblement. Néanmoins, sous des conditions de sécheresse, les plantes-C4 seront en avance sur les plantes-C3.

6.1.2. *Influence de l'intensité de la lumière*

Il a été indiqué (6.1.1) que l'amarante en tant que plante-C4, demande une haute intensité de lumière pour atteindre une photosynthèse maximale. Au Dahomey, on observe une croissance moins rapide et des rendements moins élevés pendant la saison des pluies, probablement à cause d'une réduction du nombre d'heures solaires (tableau 1) mais partiellement aussi à cause de la baisse de la température et du lessivage des sels minéraux. Puisque l'ombrage des palmiers à huile était supposé de réduire les rendements, quelques essais sur le terrain furent exécutés à ce sujet, voir 6.4. L'effet de l'intensité de la lumière sur la photosynthèse nette a été testé dans l'essai de photosynthèse, voir 6.2.

6.1.3. *Influence de la durée de l'illumination*

La longueur du jour influe sur la croissance et la floraison. D'après ALLARD et GARNER (1940) aux Etats Unis les Amaranthacées auraient une photopériodicité indéterminée. CHAUDRHI (1956) rapporte que *Amaranthus caudatus* L. est une plante de jours courts, quantitativement. ZABKA (1961) a démontré que *A. caudatus* devient sensible 30 jours environ après la germination, après quoi deux jours courts suffisent à induire l'initiation florale. La même espèce commence à fleurir dans des jours longs de 18 hr environ 60 jours après la germination, il s'agit donc d'une plante quantitativement de jours courts. Lorsque les primordia ont été initiés en jours courts et si l'on place la plante par la suite dans des jours longs, les inflorescences sont déformées, trapues et tordues. L'espèce testée par ZABKA était une amarante-céréale cultivée dans les montagnes de la Bolivie. Evidemment il n'est pas dit que d'autres espèces ou variétés réagiraient de la même façon. D'après SINGH et GOPAL (1973), ax *Indes A. spinosus* se comporte aussi comme une plante quantitativement de jours courts. Les observations sur la réaction photopériodique de variétés différentes d'*Amaranthus* et de *Celosia* font l'objet de la section 6.3.

6.1.4. *L'influence de la température*

Déjà l'étude de la distribution géographique nous a appris que l'amarante et

TABLEAU 14. Rendement d'épinard et d'amarante, récoltés par coupe au ras du sol, en kg (poids frais) par cuve de 25 cm \varnothing , cinq semaines après le semis direct (VAN DER MEER et VAN BENNEKOM, 1974).

température °C	10°	14°	17°	20°	23°
<i>Spinacia oleracea</i> cv. Nores	0,12	0,15	0,32	0,27	0,20
<i>Amaranthus dubius</i> cv. Klaroen	0,01	0,02	0,08	0,43	0,56

Table 14. Production of spinach and of amaranth, harvested by cutting at the bottom, in kg (fresh weight) per pot of 25 cm² \varnothing , five weeks after direct sowing (VAN DER MEER and VAN BENNEKOM, 1974).

la célosie vivent bien à des températures diurnes au dessus de 30° C et nocturnes au dessus de 20° C. Dans un essai comparatif exécuté pendant l'été, en serre en Hollande, VAN DER MEER et VAN BENNEKOM (1974) ont comparé l'épinard et l'amarante, en récoltant par coupe au ras du sol, cinq semaines après le semis direct dans des cuves ayant un diamètre de 25 cm. Voir tableau 14. La teneur en matière sèche de l'épinard et de l'amarante était respectivement 8 et 9%. L'essai démontre bien la différence quant à la température pour les deux espèces. L'essai fut d'ailleurs répété à des températures de 10 à 26° C. Ici, l'épinard montrait une température optimale de 20°C tandis que, très probablement, la production la plus élevée de l'amarante, à 26°C, n'était pas encore la limite.

L'influence de la température sur la photosynthèse nette d'*Amaranthus* et de *Celosia* fait l'objet de l'essai 6.2.

6.1.5. Besoins en eau

L'amarante et la célosie sont classées comme des légumes-feuilles, groupe cultural qui, en général, demande une grande quantité d'eau pour un développement végétatif optimal et une bonne qualité marchande. La culture commerciale des deux espèces est presque toujours faite avec irrigation. Au Dahomey, sur sable ou sur terre de barre, l'apport en eau est de l'ordre de 6 à 10 mm par jour. Dans une jeune plantation, la transpiration est moindre et l'évaporation plus grande. La profondeur de la motte racinaire n'est que de 20 cm environ et la quantité d'eau utilisable des sols sablonneux 5%, ce qui représente 10 mm seulement, de là la nécessité d'irriguer fréquemment. Naturellement, la quantité d'eau utilisable augmente avec le taux en argile et en matières organiques, c'est pourquoi la nature du sol (texture, porosité) est un facteur important pour la dose et la fréquence des arrosages. Une culture d'amarante qui aurait produit 4 t/ha de matière sèche en 30 jours, avec 180 mm d'eau, aurait un coefficient de transpiration de 450 ml/g si l'on ne tient pas compte de l'évaporation et de l'eau percolée (cf. section 6.1.1 sub 3).

Un essai concernant le coefficient de transpiration dans des pots en serre est décrit en 6.5.

6.1.6. Rôle de la potasse

Les analyses chimiques (cf. section 8.6) ont révélé une utilisation très élevée de potasse par l'amarante et par la célosie. En effet, les feuilles contiennent une quantité élevée mais pas exceptionnelle (5 à 7% de la mat. sèche, 1500 méq/kg) mais les tiges des jeunes plantes sont très riches (12 à 14% de la mat. sèche, 3300 méq/kg).

TERRY et ULRICH (1973) ont étudié l'influence de la potasse sur la photosynthèse de betteraves. La première semaine après avoir omis K dans la solution minérale, la teneur en K baisse mais Ca, Mg et surtout Na augmentent. D'après ces auteurs, K pourrait être remplacé partiellement par Na en ce qui concerne le fonctionnement des stomates. Par contre, la fraction de K nécessaire au transport de CO₂ dans la mésophylle est irremplaçable par un autre élément. Dans cette expérimentation la photosynthèse diminuait fortement en limitant la potasse, à cause d'une résistance plus élevée pour CO₂ dans la mésophylle, tandis que la résistance à CO₂ par les stomates n'était guère affectée. Trois semaines après les teneurs en Na et Mg étaient retombées à l'ancien niveau mais la teneur en Ca montait toujours et la teneur en Mn était plus basse qu'avant.

Dans l'essai de photosynthèse (6.2), un traitement a été incluí avec une dose très faible de potasse.

6.2. ESSAI DE PHOTOSYNTHÈSE; INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE ET DE LA LUMIÈRE

6.2.1. Protocole expérimental

Dans cet essai, on a voulu mesurer la photosynthèse nette des légumes-feuilles *Amaranthus cruentus* L. cv. Fotètè et *Celosia argentea* L. cv. Avounvò, en les comparant avec la plante ornementale *C. cristata* L. cv. Crête-de-coq. Les plantes furent cultivées en serre à une température de 30°C (jour) et 20° (nuit), H.R. 70%. En plus de la lumière de jour, on a ajouté 900 Watt-heures par m² à une hauteur de 1,20 m au-dessus des plantes. C'est à l'âge de sept à neuf semaines que les mesurages furent pris.

L'installation utilisée pour cet essai comportant le mesurage de la photosynthèse (assimilation de CO₂, transpiration) de plantes intactes sous des conditions contrôlées, se trouve à l'Institut de Recherches Biologiques et Chimiques sur les Plantes de Grande Culture (IBS) à Wageningen. Les données furent calculées à l'aide d'un programme Fortran pour un IBM-computer 1620. Voir LOUWERSE et VAN OORSCHOT (1969) pour une description détaillée de l'installation et du procédé. De chaque plante testée, une ou deux feuilles ont été mises dans les chambres de mesurage, à des intensités de lumière de 0 à 0,45 cal.cm⁻².mn⁻¹. On a pris la quatrième ou la quatrième et la cinquième feuille complètement déployée à partir du sommet.

Traitements:

A. Plantes élevées en terreau. Un premier semis était fait au 13 février 1974, et ensuite un deuxième et un troisième, une et deux semaines plus tard, afin d'obtenir une série en trois âges. Repiquage quatre semaines après la date de semis, dans des pots émaillés de 20 cm de diamètre, contenant 6 kg environ de terreau, 4 plantes par pot; essai en trois répétitions (3 pots par espèce et par âge).

B. Plantes élevées en sable pur avec une solution minérale Hoagland dans laquelle la dose de potasse était variée:

- dose faible de K: au total 30 mg/pl en quatre semaines
- dose élevée de K: au total 410 mg/pl en quatre semaines.

Semis le 13 février 1974; repiquage en pots avec du sable (et arrosage avec la solution Hoagland) après quatre semaines; 3 pots par espèce, 4 plantes par pot.

6.2.2. Croissance en serre

Huit semaines après le commencement de l'essai, un nombre de plantes fut récolté afin de mesurer la croissance. Le poids sec des plantes élevées en terreau (traitement A) est représenté dans le tableau 15.

Le poids sec des plantes d'*Amaranthus* dépasse celui de *Celosia argentea* qui, à son tour, dépasse *C. cristata*. La teneur en matière sèche dans les limbes est plus élevée pour les espèces les plus productives.

TABLEAU 15. Poids sec des plantes âgées de huit semaines après la germination, élevées à 30°C (jour) et 20°C (nuit); n = nombre de plantes.

espèces	poids mat. sèche g.pl ⁻¹					% mat. sèche limbes
	racines	tiges	feuilles		total	
			pétioles	limbes		
<i>Amaranthus cruentus</i> (n = 12)	2,87	3,45	0,67	4,54	11,53	17,9
<i>Celosia argentea</i> (n = 12)	2,42	1,55	0,50	3,59	8,06	10,4
<i>Celosia cristata</i> (n = 6)	1,23	0,53	0,19	1,80	3,75	8,8

Table 15. Weight (dry matter) of eight week old plants, grown at 30°C (day) and 20°C (night); n = number of plants.

6.2.3. Résultats des mesurages de la photosynthèse aux feuilles

Les mesurages de la photosynthèse ont été faits dans la neuvième semaine après le premier semis. Ont été mesurés respectivement:

- l'effet de l'intensité de la lumière sur les plantes cultivées en terreau; température dans les chambres de photosynthèse 25°C, mesurages à quatre plantes par espèce

- l'effet de la température sur les plantes cultivées avec une solution minérale riche en potasse; luminosité variée; mesurages à deux plantes par espèce.

6.2.3.1. Effet de l'intensité de la lumière

L'effet de l'intensité de la lumière à 25°C est illustré par la figure 17 A et B. Il s'agit de la moyenne des plantes de 7 semaines, de 8 semaines et de 9 semaines. Chaque mesurage était fait avec deux à quatre feuilles de deux plantes différentes. On n'a pas constaté de différence entre le taux de la photosynthèse des plantes d'âges différents, c'est pourquoi on a tracé la courbe de la moyenne des quatre plantes.

La photosynthèse ($\mu\text{g CO}_2\text{.cm}^{-2}\text{.hr}^{-1}$ à 25°C) la plus élevée était celle de *Amaranthus cruentus*. Le niveau de saturation n'était pas encore atteint à une intensité de lumière de $0,45\text{ cal.cm}^{-2}\text{.mn}^{-1}$. La photosynthèse de *Celosia argentea* était beaucoup plus basse et paraissait saturée à $0,40\text{ cal.cm}^{-2}\text{.mn}^{-1}$.

FIG. 17. Incidence de l'intensité de la lumière sur la photosynthèse de trois espèces d'Amaranthacées, à 25°C.

A = par cm^2 de feuille, B = par mg de mat. sèche des feuilles.

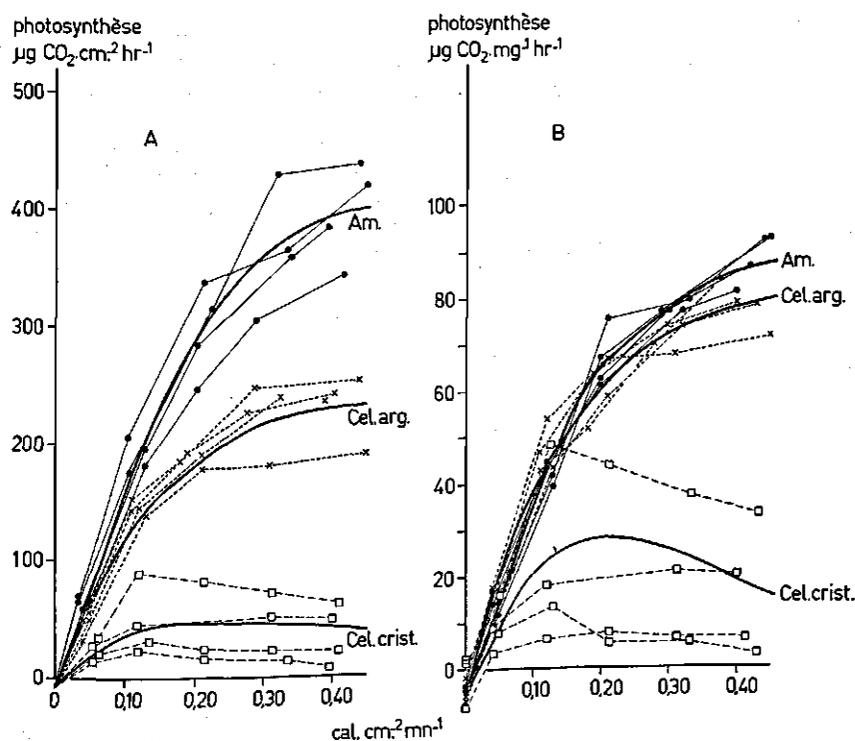


Fig. 17. Influence of the light intensity on the photosynthesis of three species of Amaranthaceae, à 25°C.

A = per cm^2 of leaf, B = per mg of leaf dry matter.

Meded. Landbouwhogeschool Wageningen 75-6 (1975)

Celosia cristata avait une photosynthèse très basse, saturée à $0,20 \text{ cal.cm}^{-2} \text{ mn}^{-1}$.

La photosynthèse exprimée en $\mu\text{g CO}_2$ absorbé par mg de matière sèche (fig. 17 B) montre des courbes différentes des précédents. En effet, les feuilles de *Celosia* sont plus épaisses que celles d'*Amaranthus* mais la teneur en matière sèche est bien inférieure. En moyenne, on trouve 222 cm^2 de limbe d'*Amaranthus* par g de matière sèche contre 333 cm^2 de *Celosia argentea* et de 397 cm^2 de *Celosia cristata*. D'après l'analyse statistique, la photosynthèse de *C. argentea*, à une intensité de $0,10\text{--}0,12 \text{ cal.cm}^{-2} \text{ mn}^{-1}$, égalait ou dépassait faiblement ($P = .10$) celle d'*Amaranthus*. En revanche, à partir d'une intensité de $0,20 \text{ cal.}$, la photosynthèse de la dernière espèce s'est montrée supérieure ($P = .05$).

La transpiration d'*Amaranthus cruentus* pendant ces mesurages était plus basse que celle de *Celosia argentea*. A l'intensité de lumière $0,40 \text{ cal.cm}^{-2} \text{ mn}^{-1}$, la transpiration de ces deux espèces était resp. de $22,8 \pm 1,8$ et $28,0 \pm 2,2 \text{ mg H}_2\text{O}$ par cm^2 de superficie des feuilles et par heure, tandis que celle de *C. cristata* n'était que de $11,5 \pm 4,3 \text{ mg}$.

6.2.3.2. Effet de la température; la transpiration; la résistance pour H_2O et CO_2

L'influence de la température sur la photosynthèse a été démontrée par la figure 18. La température optimale pour *Amaranthus* n'a pas été atteinte par 40°C , sauf pour une intensité faible de lumière. Avec une haute intensité de

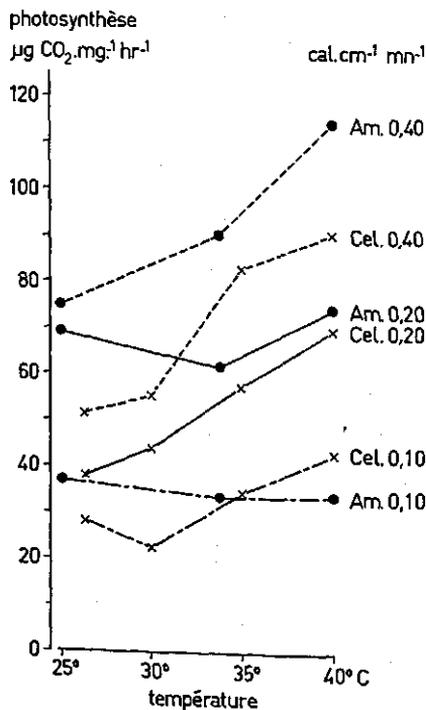


FIG. 18. Incidence de la température sur la photosynthèse des feuilles d'*Amaranthus cruentus* et de *Celosia argentea* en $\mu\text{g CO}_2$ absorbé par mg de matière sèche par heure, à trois intensités de la lumière.

Fig. 18. Influence of temperature on photosynthesis of leaves of *Amaranthus cruentus* and of *Celosia argentea* in $\mu\text{g CO}_2$ absorbed per mg of dry matter per hour, at three intensities.

mg H₂O.cm⁻² hr⁻¹

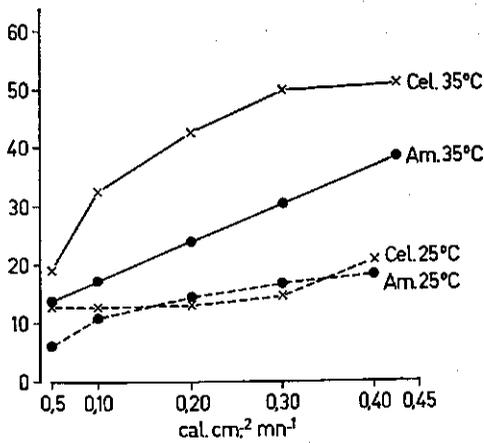


FIG. 19. La transpiration de feuilles d'*Amaranthus cruentus* et de *Celosia argentea*, en mg H₂O par cm² par heure.

Fig. 19. Transpiration of leaves of *Amaranthus cruentus* and of *Celosia argentea*, in mg H₂O per cm² per hour.

FIG. 20. Feuilles d'*Amaranthus cruentus* et de *Celosia argentea*
 A. Résistance pour la vapeur H₂O à 35°C.
 B. Résistance pour CO₂ à 35°C.

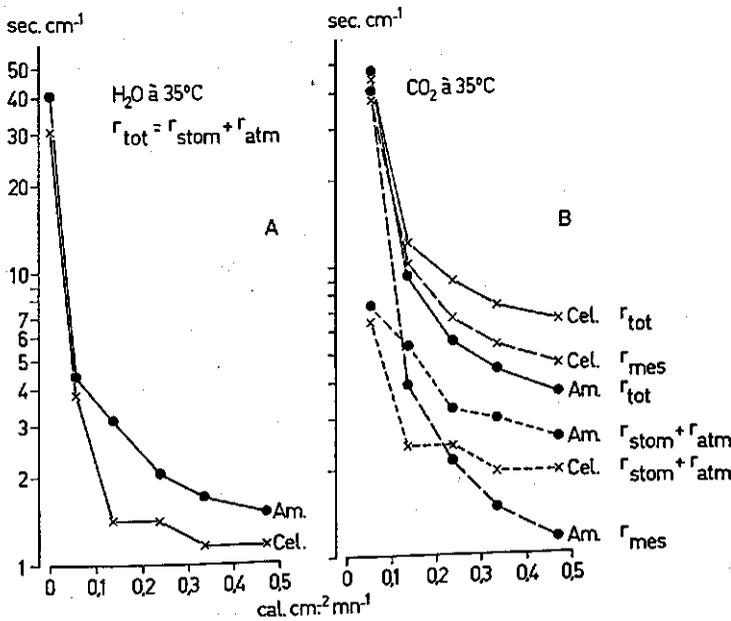


Fig. 20. Leaves of *Amaranthus cruentus* and of *Celosia argentea*
 A. Resistance to vapour H₂O at 35°C.
 B. Resistance to CO₂ at 35°C.

lumière, *Celosia argentea* a pratiquement atteint la température optimale à 35°C. Contrairement à l'amarante, la photosynthèse de cette espèce à une intensité lumineuse faible a été légèrement stimulée en augmentant la température. Seulement deux plantes de *Celosia cristata* ont été mesurées (les données ne sont pas comprises dans la figure). La température optimale de cette espèce à une intensité élevée pourrait être située à 25°C ou moins.

La transpiration de l'amarante et de la célosie à 25°C et à 35°C est représentée dans la figure 19. Elle augmente avec la température. La transpiration de la célosie est supérieure à celle de l'amarante. D'ailleurs, dans cet essai, on a constaté également que la résistance pour la diffusion de la vapeur d'eau diminue avec l'augmentation de la température.

La figure 20 montre la courbe de la résistance pour H₂O, la résistance totale (r_{tot}) pour CO₂ et la résistance dans la mésophylle (r_{mes}) pour CO₂ à 35°C. La résistance pour la vapeur d'eau est plus grande chez l'*Amaranthus*, ce qui concorde à la transpiration plus basse. Par contre, la résistance pour la diffusion de CO₂ (r_{tot}) se montre la plus élevée pour *Celosia*. La résistance de la mésophylle (r_{mes}) a été calculée par l'équation

$$r_{mes} = r_{tot} - (r_{stom} + r_{atm}) \quad (1)$$

dans laquelle r_{stom} présente la résistance des stomates et des espaces intercellulaires et r_{atm} la résistance de la couche d'air au dessus de la cuticula (GAASTRA, 1959). Cette valeur était très basse pour *Amaranthus* comparée à celle de *Celosia argentea*. La plus petite résistance pour la diffusion de CO₂, constatée dans l'*Amaranthus*, s'harmonise avec la photosynthèse nette (par cm² de feuille) plus élevée que celle de *Celosia* (cf. fig. 17 A). L'incidence de la température (pas représentée dans la fig. 20) était en général, pour ces deux espèces, une réduction légère des résistances ($r_{stom} + r_{atm}$) et de r_{mes} .

6.2.3.3. Influence de la potasse

Le tableau 16 qui représente le poids des plantes du traitement B, montre que la meilleure production fut ici celle de *Celosia argentea*. Il est possible que la solution minérale de Hoagland convienne mieux à la célosie qu'à l'amarante. On remarquera que la potasse influence fortement la production de matière sèche et que le manque de cet élément est partiellement compensé par un taux plus élevé en Ca et en Mg. Une augmentation de la teneur en Na ne fut pas constatée. Le coefficient de transpiration d'*Amaranthus* est très bas, mais augmente considérablement par une carence de K. Les deux *Celosia* ont une transpiration élevée, peu ou pas influencée par une carence de K. Dans les mesurages de la photosynthèse, les plantes ayant eu une dose faible de potasse, montraient une photosynthèse plus basse et une résistance pour la diffusion de H₂O moins élevée. La transpiration des feuilles d'*Amaranthus* avait sensiblement augmenté mais celle de *Celosia argentea* n'était guère affectée. La résistance de diffusion pour CO₂ d'*Amaranthus* avait également augmenté à cause d'une hausse de r_{mes} . La résistance pour CO₂ de *Celosia* n'était guère plus forte que dans les plantes ayant eu une dose élevée de potasse.

TABLEAU 16. Poids sec, composition et transpiration de plantes de huit semaines (moyennes de huit plantes) élevées sur une solution Hoagland complète (+ K) et avec un taux de potassium faible (- K).

	<i>Amaranthus cruentus</i>		<i>Celosia argentea</i>		<i>Celosia cristata</i>	
	+ K	- K	+ K	- K	+ K	- K
poids mat. sèche g.pl ⁻¹						
- racines	3,74	0,73	4,75	2,08	0,93	0,52
- tiges	1,97	0,63	1,48	0,34	0,46	0,39
- pétioles	0,26	0,06	0,32	0,10	0,13	0,06
- limbes	2,45	0,70	2,34	0,93	1,40	0,88
- total	8,42	2,12	8,89	3,45	2,92	1,85
limbes						
- mat. sèche %	22,0	24,3	14,7	17,1	10,4	15,3
- teneur en K méq.kg ⁻¹	1015	311	1021	139	1867	262
Na	4	7	2	-	20	13
Ca	456	1082	716	1018	1702	1518
Mg	147	470	71	484	610	757
coefficient de transpiration ml H ₂ O par g	270	490	595	640	570	587

Table 16. Weight (dry matter), composition and transpiration of eight week old plants (averages of eight plants) grown at a complete Hoagland solution (+ K) and at a solution with a small quantity of potassium (- K).

6.2.4. Etude des nervures des feuilles

L'anatomie des feuilles a été décrite brièvement dans la section 4.3 en stipulant que la présence d'une gaine endodermique de grandes cellules parenchymateuses autour des faisceaux libéro-ligneux des nervures forme un caractère spécifique (pour la plupart) des Amaranthacées. Dans la section 6.1.1, cette endoderme de type Kranz a été mentionnée comme un caractère des plantes -C₄, ayant une fonction dans le transport des assimilates pour ce type de plantes. Les mesurages de la photosynthèse et de la transpiration ont montré une conduite typique des plantes-C₄ pour *Amaranthus cruentus*, une conduite de plante-C₃ des régions tempérées pour *Celosia cristata* et une conduite de plante-C₃ tropicale pour *Celosia argentea*. Aussi avons-nous procédé à une étude de l'anatomie des feuilles, spécialement pour confirmer la présence éventuelle d'une gaine endodermique de grandes cellules parenchymateuses. Or, les coupes microscopiques démontrent la présence d'une telle gaine typique des plantes-C₄ chez l'amarante (*Amaranthus cruentus* L.), mais elle est absente dans les nervures des feuilles des deux espèces de *Celosia*. Cette constatation affirme l'hypothèse prononcée ci-dessus. Voir les dessins d'*Amaranthus cruentus* et de

FIG. 21. Section transversale d'une feuille (limbe) d'*Amaranthus cruentus* L. (=A) et de *Celosia argentea* L. (=B).

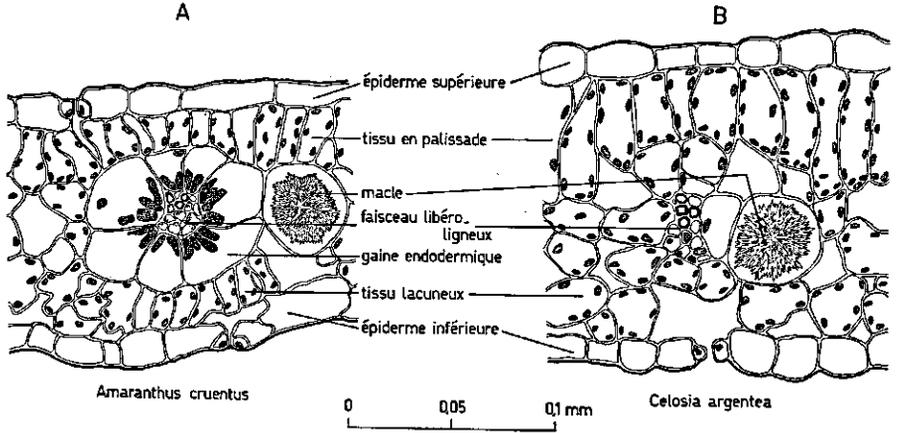


Fig. 21. Transversal section of the leaf (blade) of *Amaranthus cruentus* L. (=A) and of *Celosia argentea* L. (=B).

Celosia argentea (figure 21). Dans cette étude, l'anatomie foliaire de *C. cristata* ne se montrait pas différente de celle de *C. argentea*.

6.2.5. Discussion et conclusions

Les données de cet essai ont été obtenues avec un petit nombre de plantes, de sorte qu'il faudra les interpréter avec une certaine réserve. Néanmoins, elles donnent des indications quant aux besoins écologiques.

Amaranthus cruentus L. et probablement toutes les *Amaranthus* spp. sont des plantes-C4 qui exigent une température optimale élevée (> 35 à 40°C) et une haute intensité de lumière au profit de leur photosynthèse maximale. *Celosia argentea* L. est une plante-C3, mais portant avec des besoins qui la rapprochent de l'*Amaranthus*.

La photosynthèse nette des feuilles en est très inférieure quant à l'absorption de CO₂ par cm² de surface foliaire, mais égale pratiquement celle d'*Amaranthus* si l'on la calcule par mg de matière sèche. L'intensité de lumière peut constituer un facteur limitant plus prononcé pour l'*Amaranthus* que pour *Celosia* (cf. figure 17). D'ailleurs, cette dernière espèce peut développer une superficie foliaire (LAI) plus considérable en comparaison de celle d'*Amaranthus*. Une différence remarquable entre les deux espèces est que *Celosia* transpire une plus grande quantité d'eau. Cette observation concorde avec les caractères différents des plantes-C3 et -C4 mentionnées dans la section 6.1.1 et avec les résultats de l'essai de transpiration, cf. 6.5.

La résistance des feuilles pour la vapeur d'eau est plus élevée chez l'espèce *Amaranthus* qui, par contre, nous montre une résistance pour CO₂ qui est infé-

rieure à celle de *Celosia*. Cette constatation est conforme à l'observation de BULL (1969) en ce qui concerne la plante-C4 *Amaranthus viridis* et la plante-C3 *Spinacia oleracea*. Donc, aussi à cet égard, *Amaranthus* se porte comme une plante-C4 tandis que *Celosia argentea* montre des caractéristiques d'une plante-C3.

L'influence de la potasse sur la production d'*Amaranthus* et de *Celosia* en serre était considérable. Dans les mesurages de la photosynthèse, cette influence était plus forte pour *Amaranthus*. La transpiration des feuilles d'*Amaranthus* à dose faible de K (mais pas celle de *Celosia*) était généralement supérieure à celle des plantes fumées de K, surtout à une température élevée. A part le rôle de K dans le mécanisme de la fermeture des stomates et du transport de CO₂ dans la mésophylle, la proportion feuilles/racines peut avoir également joué un rôle. Plus le rapport feuilles/racines est petit, moins les stomates se fermeront quand la température monte. Remarquons que les données concernant le poids des racines sont arbitraires à cause de sable adhérent et que le nombre de mesurages a été trop restreint.

L'espèce *Celosia cristata* s'est portée comme une plante des régions tempérées, en opposition aux deux autres espèces. La production en serre était faible, comme d'ailleurs la photosynthèse des feuilles, mesurée à 25°C. Il est possible que la température optimale soit inférieure à 25°C.

L'anatomie des feuilles de *Amaranthus cruentus* L. est caractéristique pour une plante-C4, tandis que les deux espèces de *Celosia* montrent l'anatomie typique de plantes-C3.

6.3. OBSERVATIONS SUR LE PHOTOPÉRIODISME

6.3.1. La réaction photopériodique en serre à Wageningen

L'expérimentation suivante a déjà été rapportée par SAMSON (1972). En 1969, des plantes de 16 jours repiquées dans des pots furent soumises à quatre longueurs de jour dans une serre chauffée, en Hollande:

1. *Amaranthus dubius* Mart. ex Thell. cv. Klaroen, origine Surinam
2. *Amaranthus caudatus* L., origine Ethiopie.

Longueur des jours: 11½ h, 12 h, 12½ h, 13 h.

Après trois semaines le cultivar du Surinam commençait à fleurir et se montrait indifférent à la longueur du jour. Les plantes du cv. Ethiopie, élevées à 11½ et 12 h, commençaient à fleurir après six semaines et les plantes qui avaient une durée d'éclairement de 12½ et de 13 h fleurissaient après sept semaines. Aucun effet important ne fut constaté. Un autre test du cv. Klaroen ne montrait non plus de différences pour les régimes dans les quatre longueurs de jour mentionnées, quant à la floraison, la hauteur, la production, la teneur en vitamine-C et en protéines.

Une collection d'Amaranthacées légumes-feuilles fut semée à Wageningen le 18 avril 1974, et repiquée quelques semaines plus tard, en serre, temp. 30°C (jours) et 20°C (nuits). Les premières inflorescences de 15 cvs. de *Amaranthus*



PHOTO 7. Plante végétative d'*Amaranthus caudatus* en serre à Wageningen, cultivée dans des jours longs.

Photo 7. A vegetative plant of *Amaranthus caudatus* in a greenhouse at Wageningen grown under longday circumstances.

cruentus originaires de l'Afrique Occidentale apparaissent 60 jours après la date de semis (écart 57–63 jours). Pour les cinq cvs. de *A. dubius*, du type Klaroen, originaires du Surinam et du Ghana, la floraison commença après 58 jours (écart 53–63 jours). Deux cvs. de *A. tricolor* originaires des Indes et de la Chine commencèrent à fleurir après 68 jours. Quelques variétés d'amarantes-céréales (*A. caudatus* L., *A. hypochondriacus* L.) d'Ethiopie, de l'Asie et de l'Amérique Latine mirent 90 à 100 jours pour fleurir ou même ne fleurirent qu'à partir de fin septembre, quand les jours deviennent suffisamment courts. Aussi *Celosia argentea* cv. Avounvô ne fleurissait pas dans les jours longs. Toutes les variétés fleurissaient rapidement, après 50 à 60 jours, dans une serre avec des jours courts (12½ heures).

6.3.2. Discussion et conclusions

Les cvs. testés d'*Amaranthus cruentus* et d'*Amaranthus dubius* sont des plantes indifférentes à la longueur de jour ou montrent une réaction quantitative faible quant aux jours courts. Ces données ne suffisent pas pour une conclusion plus affirmative. Les cvs. des amarantes-céréales (*A. caudatus*, *A. hypochondriacus*) sont des plantes de jours courts quantitativement par degrés différents. Certains même se présentent comme des plantes obligatoirement de jours courts. *A. tricolor* se comporte comme une plante quantitativement de jours courts, mais peu prononcé. Le cv. testé de *Celosia argentea* est une plante obligatoirement de jours courts.

Dans la culture comme légume-feuilles, il importe de retarder la floraison.

Pour la récolte par arrachage d'*Amaranthus cruentus* (cf. section 5, fig. 13) la production de feuilles atteint son maximum au commencement de la floraison, quoique les cultivateurs récoltent normalement une à deux semaines plus tôt en vue de la qualité de leur produit. De même, si l'on désire faire un nombre de coupes successives, il sera important de retarder la floraison au maximum et de couper la première fois bien avant l'apparition des fleurs. Voir le paragraphe 6.6 concernant les causes de la floraison précoce. Il nous semble intéressant de cultiver les cvs. à jours courts dans les régions à jours longs, où s'ouvrent des perspectives pour une production sur une période d'au moins quatre mois.

6.4. INFLUENCE DE L'OMBRAGE⁵

6.4.1. Introduction

Au Dahomey, le terrain d'un grand nombre de cultivateurs de légumes est parsemé de palmiers à huile spontanés. Les palmiers donnent de l'huile, des palmes dont les nervures ('roseaux') servent de perches, et du vin de palme, équivalent à une valeur globale de 300 F par arbre et par an. On compte environ cinquante palmiers par hectare. En saison des pluies, beaucoup de personnes cultivent des légumes tels que l'amarante et la célosie auprès de l'habitation, dans un jardin familial. Ces légumes sont plus ou moins ombragés par des murs ou des plantes telles que bananiers, papayers, pois d'Angole ou bien par des tuteurs vivants ou des clôtures. Les plantes d'ombrage influencent les légumes par les facteurs suivants:

- a. lumière: les légumes ont moins de lumière à leur disposition
- b. évapotranspiration:
 - la plante d'ombrage consomme de l'eau et concurrence les légumes quand elle puise dans la même zone superficielle
 - les légumes transpirent probablement moins, étant moins exposés au soleil
 - le sol ombragé évapore moins d'eau
- c. fertilisation:
 - à court terme, les racines superficielles de la plante d'ombrage peuvent concurrencer les légumes dans l'assimilation des éléments minéraux
 - à long terme, l'influence est toujours bonne; les racines profondes des arbres font remonter des sels minéraux, la couche superficielle est enrichie de matières organiques et la plante d'ombrage protège le sol contre l'érosion.

L'ombrage est la cause que les légumes souffrent davantage de maladies cryptogamiques. Les pépinières en milieu ombragé montrent une meilleure germination que celles en plein soleil, mais les plantules souffrent davantage de la fonte des semis, le milieu étant plus humide. Un avantage de l'ombre est que les légumes-amaranthacées y fleurissent moins vite, de sorte que l'on peut faire des coupes pendant une période plus longue.

⁵ Ce paragraphe a fait l'objet d'un article dans l'Agronomie Tropicale 27 (1972): 1022-1027.

TABLEAU 17. Données climatiques et températures du sol dans un essai d'ombrage.

	saison sèche (février)		saison des pluies (juin)	
température max. moy. °C	34,2		30,3	
température mini. moy. °C	25,4		24,1	
insolation h.jr ⁻¹	8,3		4,5	
humidité à 13 heures %	69,9		79,0	
évaporation Piche mm.jr ⁻¹	1,73		0,9	
pluie (30 jours) mm	49		391	
irrigation (30 jours) mm	170		0	
température du sol	à la surface	à 10 cm de profondeur	à la surface	à 10 cm de profondeur
- sans ombrage	37,0 ± 1,1	32,2 ± 1,2	31,4 ± 1,1	24,2 ± 1,1
- 50% d'ombrage	33,2 ± 0,6	29,2 ± 0,9	31,6 ± 0,9	24,0 ± 1,0
- 75% d'ombrage	32,2 ± 0,4	28,0 ± 0,3	31,4 ± 0,9	23,4 ± 1,2

Table 17. Data on the climate and soil temperatures in a shade trial.

Deux expérimentations ont été faites afin de mieux déterminer l'influence de l'ombrage sur la croissance de quelques légumes. Il s'agit ici d'un ombrage mort, donc il n'y est pas question de concurrence en ce qui concerne l'eau et les sels minéraux (essais no. 1 et 2). Ensuite, l'effet de l'ombrage naturel de palmiers sur les légumes a été démontré (essai no. 3).

L'ombrage mort des essais no. 1 et 2 est fait de cages en lattes de bois de 2 m de longueur sur 1 m de largeur et 1 m de hauteur. On y monte un certain nombre de lattes transversales, d'une largeur de 2 cm, espacées de telle sorte que l'intensité de la lumière soit réduite à un certain pourcentage. On a utilisé *Celosia argentea* L. cv. Avounvô Rouge pour ces essais, plante moins sensible aux maladies (*Choanephora*) que l'amarante. Dans l'essai no. 3 l'influence de l'ombrage naturel des palmiers a été démontrée, dans les champs des cultivateurs, en comparant des plantes d'amarante poussées en plein soleil et à l'ombre d'un palmier. L'*Amaranthus cruentus* L. cv. Fotète a été prise comme plante d'observation parce que la célosie n'est que peu cultivée par ces cultivateurs. L'essai de photosynthèse (voir 6.2) a confirmé notre observation que dans les grandes lignes les deux espèces réagissent de la même façon sur les régimes d'ombrage, en stipulant que l'effet dépressif de l'ombrage est probablement plus prononcé pour l'amarante que pour la célosie.

6.4.2. Essai no. 1: influence de l'ombrage sur la production de célosie en saison sèche et en saison pluvieuse

6.4.2.1. Protocole expérimental

Le but de cet essai, exécuté en 1969, est d'étudier l'influence de l'ombrage sur la célosie au cours des deux saisons principales. Essai en trois répétitions en

TABLEAU 18. Poids frais de *Celosia* sous différents régimes d'ombrage, en kg/m².

	saison sèche				saison pluvieuse			
	0%	50%	75%	PPDS. 05	0%	50%	75%	PPDS. 05
feuilles	1,3	1,4	0,9	0,3	1,7	1,1	0,4	0,3
tiges	0,8	1,3	0,7	0,2	0,9	0,8	0,2	0,3
racines	0,5	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1	0,1
poids total	2,6	3,3	1,9	0,6	3,1	2,2	0,7	0,7
% du poids total								
- feuilles	51	43	47		53	52	59	
- tiges	29	41	39		30	34	26	
- racines	20	16	14		17	14	14	

Table 18. Fresh weight of *Celosia* under various shade levels, in kg/m².

blocs, cages couvertes par les lattes à 0%, 50% ou 75%. Plantation de célosie à 10 cm × 10 cm, 75 plantes par cage, dont seulement une trentaine au milieu furent récoltées. L'arrosage en saison sèche est fait deux fois par jour pendant les cinq premiers jours et ensuite une fois tous les cinq jours; même quantité d'eau pour toutes les plantes, suffisamment pour éviter que les plantes sans ombrage flétrissent par manque d'eau.

6.4.2.2. Conditions climatologiques, irrigation, température du sol

Les données sur la climatologie (tableau 17) proviennent de la station météorologique de Porto-Novo, à 2 km du terrain d'essai. La pluviosité a été enregistrée au CFHN même. Les températures au sol dans les cages d'ombrage ont été prises au milieu des plantes à 12 heures, les derniers cinq jours de la croissance (°C).

6.4.2.3. Résultats

Les plantes étaient enlevées après un mois de croissance. Les rendements sont présentés dans le tableau 18. Les traitements d'ombrage sont significatifs à 5% pour leur influence sur le poids des feuilles, des tiges, des racines et sur le poids total.

En saison sèche, la production de la célosie en poids total sous 50% d'ombre dépasse la production sans ombrage. Cela est surtout dû à l'étiollement des tiges, la différence des poids des feuilles n'étant pas significative. En saison des pluies, l'ombrage à 50% diminue la production exprimée en poids des feuilles et en poids total des plantes. La croissance des plantes sous 75% d'ombrage est très inférieure aux deux autres traitements. La proportion des racines dans le poids total diminue avec l'ombrage. Par contre, la proportion des tiges se montre favorisée. La hauteur des tiges et la profondeur de la motte radiculaire

pourraient être à la base de ces différences.

Notons que la reprise des plantes en plein soleil, en saison sèche, fut probablement tardive par rapport aux plantes ombragées. D'autre part, l'ombrage peut avoir réduit l'évapotranspiration.

6.4.3. *Essai no. 2; influence de l'ombrage sur le port de Celosia*

6.4.3.1. Protocole expérimental

L'essai a été effectué en février 1970. Les cages furent placées en carré latin. On a planté 66 plantes par parcelle, à 15 cm × 15 cm. Les cages d'ombrage ne furent placées que quatre jours après le repiquage, après reprise des plantes, afin d'éviter des différences causées par le fait que les plantes ombragées reprennent plus vite. Récolte par arrachage de 33 plantes par parcelle un mois après le repiquage. La quantité totale d'eau pendant ce mois-ci a été de 138 mm, dont 98 mm apportés par la pluie et 40 mm par l'arrosage.

6.4.3.2. Résultats

Les tableaux 19 et 20 résument les données principales de l'influence de l'ombrage sur le port des plantes. On remarque que l'étiollement des tiges se traduit par la régression linéaire de la longueur moyenne des entre-nœuds. La profondeur de la motte racinaire diminue avec une augmentation de l'ombrage.

L'ombrage a un effet dépressif sur le poids total des feuilles, des racines et des plantes entières. Les plantes ayant eu plus de lumière ont développé une plus grande quantité de bourgeons secondaires à l'aiselle des feuilles primaires. Le poids des feuilles primaires ne diffère pas entre 0%, 20% et 40% d'ombrage mais il est beaucoup plus faible pour 60% d'ombre. Le poids relatif des tiges a tendance à s'accroître avec l'ombrage, cela surtout au détriment du poids des racines. L'effet d'étiollement à 60% d'ombrage est dominé par les symptômes de mauvaise croissance. Il est possible que la quantité d'eau pendant le premier mois des traitements avec 0% et 20% d'ombrage n'ait pas été suffisante pour garantir une croissance optimale.

Au moment de la récolte par arrachage, on a laissé sous ombrage 33 plantes par parcelle avec un écartement de 15 cm × 30 cm. Les rendements de trois coupes pendant un mois sont présentés dans le tableau 21.

A la première récolte on note un rendement élevé sous 40% d'ombrage, probablement dû au fait que les plantes sont étiolées, de sorte que l'on enlève une plus grande partie des plantes par une coupe à 15 cm de hauteur que sur celles qui sont moins ombragées.

L'effet dépressif de l'ombrage s'accroît au fur et à mesure que les plantes grandissent (voir les rendements de la deuxième et troisième récolte). La régression linéaire mesurée dans cet essai pour la production totale signifie une réduction de 3,15 kg par 10 m² (10,3%) pour chaque 10% d'ombrage supplémentaire. La célosie a une meilleure production en plein soleil qu'à l'ombre pourvu que l'humidité disponible aux racines ne devienne un facteur limitant.

TABLEAU 19. Nombre de feuilles, étiolement et profondeur de la motte racinaire de jeunes plantes de *Celosia* après quatre semaines sous différents régimes d'ombrage.

	pourcentage d'ombre				sign. stat.	régression linéaire pour 10% d'ombre
	0	20	40	60		
hauteur des tiges cm	28,0	33,5	39,0	38,8	**	2,40**
nombre de feuilles	22,5	22,3	23,0	21,3	NS	
longueur moyenne des entre-nœuds mm	12,5	15,0	17,0	18,5	**	0,98**
profondeur de la motte racinaire cm	22,0	22,0	20,3	17,8	**	-0,72**

Table 19. Number of leaves, elongation of nodes and depth of the root mass of young *Celosia* plants after four weeks under various levels of shade.

TABLEAU 20. Poids frais des feuilles, tiges et racines de plantes de *Celosia* sous différentes intensités d'ombrage pendant quatre semaines, en g/pl.

	pourcentage d'ombre				sign. stat.	régression linéaire pour 10% d'ombre
	0	20	40	60		
feuilles	25,8	22,0	23,0	16,5	**	-2,487**
-feuilles primaires	21,2	20,0	21,4	15,8	**	NS
- feuilles secondaires et bourgeons	4,6	2,0	1,6	0,7	**	-0,597**
tiges	14,5	15,3	17,5	14,3	NS	
racines	10,1	7,0	7,2	4,3	**	-0,915**
poids total	50,4	44,3	47,7	35,0	*	-2,20 *
en % du total						
- feuilles	50,5	48,8	47,3	47,3	NS	
- tiges	29,3	35,5	36,5	40,8	**	1,775**
- racines	20,3	15,7	16,0	11,9	**	-1,175**

Table 20. Fresh weight of leaves, stems and roots of *Celosia* plants under various levels of shade during four weeks, in g/pl.

TABLEAU 21. Rendement en produit comestible (feuilles et jeunes tiges) de *Celosia* récoltée par des coupes à 4, 7 et 9 semaines, en g/pl.

	pourcentage d'ombre				sign. stat.	régression linéaire pour 10% d'ombre
	0	20	40	60		
première coupe	34	33	39	31	*	NS
deuxième coupe	82	56	37	21	**	-10,1 **
troisième coupe	70	36	27	14	**	- 8,3 **
total	186	125	103	66	**	-19,08**

Table 21. Output of edible product (leaves and young stems) of *Celosia* harvested by cutting after 4, 7 and 9 weeks, in g/pl.

6.4.3.3. Observations sur les feuilles

On a observé que la dimension de la tache rouge sur les feuilles de la célosie cv. Avounvô Rouge diminue au fur et à mesure que s'accroît l'ombrage. Les feuilles deviennent aussi plus ténues. Le tableau 22 résume les mesures effectuées sur les feuilles des plantes de l'essai précédent. La surface des feuilles a été mesurée afin d'obtenir une certaine notion de la surface assimilatrice. La largeur (x) et leur surface (y) des feuilles ont été mesurées sur 40 feuilles par parcelle. La corrélation était hautement significative dans tous les cas, de sorte qu'elle ait été employée pour le calcul des surfaces. L'équation $y = 1,13x - 23,95$ représente la moyenne, les différences entre les traitements n'étant pas significatives. Ensuite la largeur de toutes les feuilles a été mesurée pour en déduire les surfaces à l'aide de cette formule. La matière sèche a été calculée pour un échantillon de 300 g de feuilles par parcelle.

On constate qu'il n'y a pas de différence significative entre le poids des feuilles individuelles pour 0%, 20% et 40% d'ombre. La largeur et la surface ne montrent pas non plus de différences significatives. Il n'est pas exclu que la surface augmente avec la densité de l'ombrage. Le poids par cm² de surface, donc l'épaisseur des feuilles également, diminue en régression linéaire avec l'influence de l'ombrage. Les feuilles les moins ombragées ont la plus grande teneur en matière sèche.

6.4.4. Essai no. 3: la production de l'amarante sous ombrage de palmiers

L'influence négative de l'ombre sur la production d'amarante chez les maraichers est montrée dans l'expérimentation suivante, effectuée en pleine saison sèche. On a enlevé 'at random' cinq plantes saines en plein soleil et cinq à un mètre de distance du tronc des cocotiers ou des palmiers à huile sur six différentes planches d'amarante que les cultivateurs avaient entamées trois semaines auparavant. Densité 130 plantes par m². L'eau ne pouvait constituer un facteur

TABLEAU 22. Poids, surface et matière sèche de feuilles de *Celosia* sous différents ombrages.

		pourcentage d'ombre				sign. stat.	régression linéaire pour 10% d'ombre
		0%	20%	40%	60%		
poids par feuille	mg	923	893	915	738	**	
largeur (x)	mm	50,0	52,8	55,3	53,8	NS	
régression largeur sur surface (b)		1,16	1,13	1,09	1,13	NS	
surface par feuille	cm ²	33,04	35,17	38,96	35,58	NS	
surface par plante(y)	cm ²	743	784	896	756	NS	
poids par cm ² de feuille	mg	27,8	25,0	23,5	20,8	**	-1,12**
matière sèche	%	13,7	12,9	11,7	11,5	**	-0,89**

Table 22. Weight, surface and dry matter content of *Celosia* leaves under various levels of shade.

TABLEAU 23. Influence de l'ombrage des palmiers sur la culture d'amarante.

		au soleil	sous ombrage	sign. stat.
longueur de la tige	cm	40,7	23,1	***
profondeur de la motte de racines	cm	9,6	6,6	***
nombre de feuilles par plante		15,4	12,6	NS
poids feuilles (+ bourgeons)	g.pl ⁻¹	6,4	3,1	***
poids tige	g.pl ⁻¹	10,6	3,0	***
poids racines	g.pl ⁻¹	2,1	0,9	***
poids total	g.pl ⁻¹	19,2	7,0	***
largeur par feuille	mm	32	26	*
poids par feuille	g	0,45	0,24	***
superficie moyenne par feuille	cm ²	23,0	17,8	NS

Table 23. Influence of shade of palm trees on an amaranth crop.

limitant, car toutes les plantes étaient arrosées abondamment tous les matins. Toutes les planches ont reçu un apport considérable de gadoue, de sorte que la disponibilité d'éléments fertilisants ne constituait pas non plus un facteur limitant. Voir tableau 23.

L'ombrage naturel est si dense (environ 60% de lumière interceptée) que l'effet d'étiollement se trouve dominé par la mauvaise croissance. Bien entendu, l'effet de l'ombre diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne du tronc et que l'on sort de la zone totalement ou partiellement ombragée par la couronne. La largeur et l'épaisseur des feuilles ombragées et aussi la qualité pour la vente sont inférieures à celles des plantes cultivées en pleine lumière.

6.4.5. Discussion et conclusion

Aussi MAHENDRA SINGH et al. (1974) ont remarqué que les feuilles d'amarante (*Amaranthus retroflexus*) poussé en milieu ombragé sont moins épaisses que celles de pleine lumière. Or, dans leur test de photosynthèse, l'absorption de CO₂ par g de matière sèche des feuilles minces a tendance à dépasser celle des feuilles poussées en pleine lumière.

Il est dommage qu'un essai d'ombrage sur l'amarante, en comparaison avec la célosie, ait échoué à cause d'une attaque très grave de *Choanephora*. Néanmoins, les observations aux champs (essai 3) et les mesurages de la photosynthèse (cf. section 6.2.3) ne contredisent pas notre opinion, que l'effet dépressif de l'ombrage est plus prononcé pour l'amarante que pour la célosie. GIFFORD (1974) remarque à cet égard qu'à une intensité faible de lumière, des plantes-C3 produiront aussi bien ou mieux que les plantes-C4.

Les résultats des essais montrent que l'ombrage en général abaisse les rendements des légumes-feuilles Amaranthacées. En certains cas, par manque d'eau, les légumes dans un milieu ombragé réussissent mieux. Les pertes en rendements de la culture intensive de l'amarante causées par l'ombre des

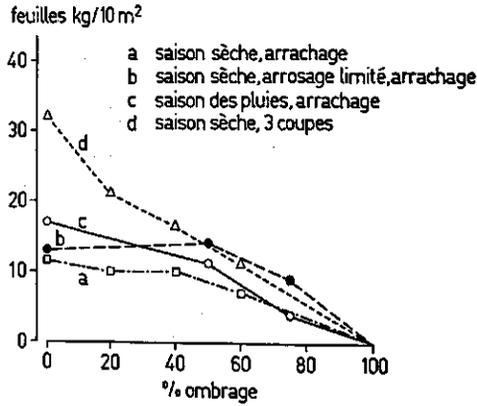


FIG. 22. Production de feuilles (poids frais) de *Celosia* sous différents régimes d'ombrage.

Fig. 22. Production of leaves (fresh weight) of *Celosia* under various shade levels.

palmiers sont très élevées. La figure 22 montre l'effet de l'ombrage sur la production selon les données des essais no. 1 et 2.

Si le cultivateur n'est pas disposé à abattre les palmiers, il est souvent astreint à chercher un terrain avec un minimum d'ombre. Dans les jardins familiaux, où l'on n'a pas assez d'eau pour un arrosage abondant, les plantes vivaces qui donnent de l'ombre aux légumes annuels (amarante, célosie) peuvent permettre de continuer la récolte de ces légumes un peu plus longtemps en saison sèche.

6.5. ESSAI DE TRANSPIRATION

Il a été démontré dans les paragraphes précédents que la transpiration d'*Amaranthus*, en tant que plante-C₄, est inférieure à celle de *Celosia*. Respectivement 270 et 595 ml d'eau par g de matière sèche totale ont été trouvés comme coefficient de transpiration de plantes, pendant huit semaines depuis le repiquage (cf. 6.2.2).

Un essai d'irrigation sous serre fut exécuté à Wageningen dans le but d'étudier l'influence de l'humidité relative sur la transpiration de l'amarante et de la célosie.

6.5.1. Protocole expérimental

L'essai fut exécuté dans des pots émaillés de 20 cm d'hauteur et 20 cm de diamètre, pourvus d'un tamis à un cm au dessus du fond pour l'aération et d'une ouverture pour l'écoulement des excès d'eau au fond. Ils étaient remplis d'une terre sablonneuse humeuse, densité apparente 1,3; pF 2,0 = 19%, pF 3,0 = 12% et pF 4,2 = 5% d'eau. Essai en trois répétitions dans deux serres différentes, sans lumière artificielle. Quatre plantes par pot, au total 48 pots avec en plus 16 pots pour étudier le poids initial et l'évaporation.

Traitements:

1. climats

- humide, H. R. 70-90%, température 25 °C (nuit) à 35 °C (jour)
- sec, H.R. 40-60%, température comme dans le climat humide

2. espèces

- *Amaranthus cruentus* L. cv. Fotètè
- *Celosia argentea* L. cv. Avounvô Vert

3. niveau de dessèchement

- faible, jusqu'à pF = 3,0 avant l'irrigation
- fort, jusqu'à pF = 4,2 avant l'irrigation

4. fréquence des irrigations

- peu; ajouter de l'eau jusqu'à pF = 2,0
- répétée, ajouter la moitié de la quantité exigée pour atteindre pF = 2,0

Semis le 25 mars 1974, repiquage dans les pots 16 jours après. Irrigation journalière des pots jusqu'à la capacité du champ pendant 15 jours et ceci jusqu'à ce que les plantes aient été suffisamment développées pour commencer les traitements. Les plantes ont subi l'influence des différents climats depuis le repiquage.

Malgré l'application régulière d'une fumure de NPK depuis le repiquage, des symptômes de carence de N ont été signalés dans l'amarante, causant la chute de quelques feuilles basales (environ 10% du poids sec). La surface des pots étant recouverte d'une couche de gravier, la perte d'eau par évaporation a été minime. Elle était la plus élevée, 45 ml par pot et par jour, dans le climat sec et des irrigations à pF 3,0.

6.5.2. Résultats

Au commencement des traitements avec irrigations différentes, c.à.d. 15 jours après le repiquage, le poids de la matière sèche des parties aériennes était comme indiqué dans le tableau 24.

Apparemment, l'amarante a poussé plus vite que la célosie, et les deux espèces se portent mieux dans le climat humide.

TABLEAU 24. Poids en g de matière sèche par pot, des parties aériennes de l'amarante et de la célosie, dans un climat humide et un climat sec.

	feuilles	tiges	total
amarante - climat humide	4,20	1,06	5,26
- climat sec	3,33	0,60	3,93
célosie - climat humide	2,75	0,40	3,15
- climat sec	2,11	0,25	2,36
sign. stat.	**	**	*

Table 24. Weight in grams of dry matter per pot, of the aerial parts of amaranth and Celosia, in a humid and in a dry climate.

La teneur en matière sèche à la récolte, 15 jours après le commencement des traitements de dessèchement et des irrigations, n'est pas influencée par l'humidité relative de l'atmosphère. L'irrigation influence la teneur en matière sèche. Celle-là devient plus élevée à mesure que l'on atteint le point de flétrissement ($pF = 4,2$) avant d'irriguer. La fréquence des irrigations influence le pourcentage de matière sèche des tiges et du poids total. Il est le plus élevé après arro-

TABLEAU 25. Poids d'amarante et de célosie (parties aériennes) cultivées dans deux climats et sous de différentes régimes d'irrigation en g par pot. Coefficient de transpiration en ml par g de matière sèche, pendant la période entre 16 et 31 jours après le repiquage.

climats	traitements			mat. fraîche total	matière sèche			coefficient de transpiration
	espèces	irrigation			feuilles	tiges	total f + t	
		dessèchement	fréquence					
humide	amarante	faible	peu	243	15,6	6,6	22,2	212
			souvent	255	16,6	6,6	23,2	200
		fort	peu	169	10,9	3,7	14,6	179
			souvent	169	11,4	4,8	16,2	192
	célosie	faible	peu	341	16,3	5,2	21,5	296
			souvent	308	15,8	5,0	20,8	313
		fort	peu	196	12,0	2,9	14,9	221
			souvent	149	10,0	2,0	12,0	262
sec	amarante	faible	peu	211	15,1	4,9	20,0	225
			souvent	191	16,0	5,7	21,7	224
		fort	peu	125	8,3	3,3	11,6	207
			souvent	122	8,7	3,2	11,9	226
	célosie	faible	peu	265	15,8	3,5	19,3	332
			souvent	262	16,6	3,9	20,5	320
		fort	peu	142	10,0	1,8	11,8	264
			souvent	113	7,8	1,3	9,1	338
effets fact.:								
- climats				**	*	*	**	**
- espèces				**	NS	**	*	**
- irrigation, dessèchement				**	**	**	**	**
- irrigation fréquence				**	NS	NS	NS	NS
- espèces × fréquence				**	NS	NS	NS	NS
- espèces × dessèchement				**	NS	NS	P < 0,10	

Table 25. Weight of the aerial parts of amaranth and Celosia grown in two different climates and under various irrigation levels, in g per pot. Transpiration coefficient in ml water per g of dry matter during the period between 16 and 31 days after transplanting.

sages fréquents à petites quantités d'eau.

Les rendements en matière fraîche et sèche sont donnés dans le tableau 25. Les poids des racines, étant irréguliers à cause des restes de motte, ne sont pas mentionnés dans le tableau. Les coefficients de transpiration sont basés sur le poids sec de la partie aérienne.

La célosie dépasse l'amarante dans la production de matière fraîche sauf dans les traitements à un niveau de dessèchement fort et à une grande fréquence d'irrigation par petites quantités d'eau. L'amarante et la célosie s'égalent dans la production de matière sèche des feuilles, mais à cause d'un plus grand développement des tiges de l'amarante, sa production totale de matière sèche (partie aérienne) est plus élevée que celle de la célosie. Les deux espèces produisent davantage dans un climat humide et lorsque l'irrigation se fait sans trop grand dessèchement, mais la fréquence des irrigations (souvent un peu, ou moins souvent beaucoup d'eau) ne semble pas avoir d'influence. On constate une interaction faible entre les espèces et la fréquence des arrosages, ce qui pourrait démontrer que l'amarante supporte moins bien un sol saturé d'eau que la célosie. Le coefficient de transpiration est plus élevé et plus variable pour la célosie que pour l'amarante, et plus élevé dans un climat sec que dans un climat humide. Irriguer chaque fois que le sol ait atteint $pF = 3,0$ augmente le coefficient de transpiration par rapport à $pF = 4,2$ mais la production de matière sèche a augmenté en même temps.

6.5.3. Discussion

L'amarante a besoin de peu d'eau, 210 ml par gramme de matière sèche aérienne; la célosie en utilise 290 ml. Un taux élevé de H.R. dans l'atmosphère réduit les besoins en eau et stimule la production. Attendre l'irrigation jusqu'à ce que les plantes atteignent le point de flétrissement $pF = 4,2$ réduit le coefficient de transpiration mais également les rendements. Ce phénomène a été rapporté entre autres par ABDEL RAHMAN et BIERHUIZEN (1959) pour la tomate. On obtient les meilleurs rendements si l'on irrigue déjà à $pF = 3,0$, donc bien avant le point de flétrissement.

6.6. FLORAISON PRÉCOCE

6.6.1. Introduction

Au Dahomey, la floraison précoce constitue un facteur limitant la production et la qualité du produit récolté. Souvent on constate la floraison précoce dans les parcelles mal soignées, sur les sols pauvres ou souffrant de la sécheresse. Les plantes ombragées (cf. section 6.4) fleurissent moins vite à cause d'un retardement général de la croissance, donc sans avantage pour le producteur. La réaction photopériodique (voir 6.3) n'est pas seule responsable de la floraison, étant donné qu'il s'agit de variétés pratiquement indifférentes à la photopériode et que la floraison précoce se manifeste irrégulièrement, et là-dessus en toute saison.

D'après ENYI (1965), la hauteur des coupes de l'amarante serait importante à cet égard. La coupe à un niveau très bas enlèverait une grande quantité de l'auxine responsable de l'initiation de la floraison. Plus la coupe est basse, moins il y a d'inflorescences dans la récolte suivante. Aussi l'écartement influencerait la floraison. A cause de la compétition pour l'azote, le quotient C/N, et par conséquent la floraison aussi augmenterait avec la densité.

L'essai décrit ci-dessous a été réalisé pour détecter les causes principales de la floraison précoce.

6.6.2. Essai concernant la manifestation de la floraison

6.6.2.1. Protocole expérimental

Repiquage le 15 mars 1971, cv. Fotète (*Amaranthus cruentus*) dans des parcelles de 1,5 m² en six répétitions. Terre de barre assez pauvre, fumée de 40 t/ha de gadoue au labour. Arrosages réguliers (sauf les traitements 7 et 8). Récolte par des coupes à 25 cm (sauf le traitement 4).

1. témoin (25 × 25 cm, plantules de 20 jours, coupes à 25 cm, sans engrais, pluies + irrigation 3,3 mm par jour)
2. plantation serré (15 × 15 cm)
3. plantules vieilles (40 jours)
4. coupes basses (à 15 cm)
5. N en forme de sulfate d'ammoniaque au labour 400 kg/ha
6. C (paille) 20 t/ha au labour
7. sécheresse, pluies + irrigation 2,7 mm/jour, arrosages irréguliers
8. arrosage abondant, pluies + irrigation 4,1 mm/jour.

Les quantités d'eau mentionnées concernant la période du repiquage jusqu'à la troisième coupe, après quoi les pluies ont été abondantes.

6.6.2.2. Résultats

Il n'y avait pas d'inflorescences dans la coupe 1 et 2, c'est pourquoi les deux ont été prises ensembles. Voir le tableau 26 ci-dessous.

La coupe 1 était faite 22 jours après le repiquage, les autres coupes respectivement 14, 25 et 24 jours après la coupe précédente.

La plantation serrée a donné de loin la meilleure production, pourtant sans que le pourcentage d'inflorescences ait augmenté. Aussi une dose élevée d'azote a été bénéfique. Apparemment, la floraison est retardée par la coupe près du sol. Par une cause incertaine, la floraison des parcelles-témoins a été assez avancée. Sinon, la conclusion que les plantules plus vieilles et l'irrégularité des arrosages stimulerait la floraison, aurait plus de fond.

6.6.3. Discussion

La conclusion d'ENYI (1965) que la floraison précoce dans l'amarante serait stimulée par une plus forte densité, n'est pas affirmé dans cet essai. L'autre facteur en cause, le niveau des coupes, paraît important: la coupe plus basse

TABLEAU 26. Rendements en kg/10 m² de quatre coupes; pourcentage d'inflorescences dans le poids total.

traitements	coupe 1 et 2		coupe 3		coupe 4		coupe 1 à 4		infl. % du poids total
	feuilles + tiges	feuilles	infl.	feuilles	infl.	feuilles	infl.		
		+	+	+	+	+	+		
1. témoin	9,8c	5,7b	1,2b	3,8c	0,9bc	19,3c	2,1b	10,2a	
2. plantation serrée	29,1a	14,3a	2,0a	8,5a	1,5a	51,8a	3,6a	6,4bc	
3. plantules vieilles	10,7c	5,2b	1,3b	4,2c	1,1abc	20,0c	2,3b	10,3	
4. coupes basses	12,9c	6,5b	0,4c	5,4bc	0,6c	24,7bc	1,0c	3,9c	
5. dose N élevée	17,8b	6,1b	1,0b	6,5b	1,1abc	30,4b	2,1b	6,8bc	
6. dose C élevée	12,1c	7,1b	0,9b	4,8bc	0,8bc	24,1bc	1,6bc	6,7bc	
7. arrosage irrégulier	10,7c	5,5b	1,0b	4,9bc	1,2ab	21,1c	2,1b	9,9ab	
8. arrosage abondant	15,3bc	6,5b	0,7b	4,2c	0,9bc	26,0bc	1,7bc	6,3bc	
sign. stat.	**	**	**	**	*	**	**	*	
PPDS.05	3,39	3,04	0,52	1,97	0,48	6,27	0,80	3,56	

Table 26. Output in kg/10 m² of four cuttings; percentage of inflorescences in the total weight.

retarde le développement des inflorescences. La densité et le niveau des coupes ont été étudiés plus en détail dans la section 7.3.

L'emploi de plantules vieilles risque de donner une récolte d'une mauvaise qualité, contenant beaucoup d'inflorescences. La quantité d'eau n'a pas été un facteur limitant la production de l'essai ci-dessus. Néanmoins, la floraison peut être stimulée par des périodes de manque d'eau. Une dose élevée de N ou de C semble avoir peu d'influence sur le pourcentage d'inflorescences.

6.7. CONCLUSIONS PRATIQUES

Les légumes-feuilles Amaranthacées se comportent comme des plantes tropicales héliophiles. Les mesurages ont montré que la photosynthèse demande une grande luminosité (intensité de la lumière sur la surface foliaire > 0,45 cal. cm⁻².mn⁻¹), et une température élevée d'au moins de 35°C. *Celosia argentea* atteint plus vite le niveau de saturation de la lumière et l'optimum de température que *Amaranthus cruentus*.

D'après leur réaction photopériodique, l'*Amaranthus* et la *Celosia* sont des plantes de jours courts. Ce photopériodisme aura des conséquences pour l'introduction de la culture dans les régions à jours plus longs, car ici la réaction photopériodique se montre avantageuse pour une production maximale de feuilles.

L'ombrage diminue fortement les rendements des légumes. Néanmoins en cas

de déficit en eau, la culture en milieu ombragé pourra mieux survivre que celle en plein soleil.

L'*Amaranthus*, en pleine période de croissance, utilise environ 200 ml pour la production d'un gramme de matière sèche aérienne contre *Celosia* 300 ml. Le coefficient de transpiration est plus bas et la production plus élevée dans une atmosphère humide que dans une atmosphère sèche. *Celosia*, dont les feuilles ont une teneur en eau plus élevée que *Amaranthus*, supporterait mieux un sol saturé d'eau. La production des deux espèces est maximale si l'on irrigue déjà à $pF = 3,0$ donc bien avant que le point de flétrissement soit atteint.

La cause principale de la floraison précoce (c'est à dire avant que les plantes atteignent une production suffisante de feuilles) dans les régions tropicales telles que le Dahomey, n'est sûrement pas un effet photo-périodique. Un déficit hydrique nous semble être plus pensable.

7. ÉCARTEMENT ET MÉTHODE CULTURALE

7.1. INTRODUCTION

Selon BLEASDALE (1963) le meilleur écartement serait celui qui donne le maximum d'espace à chaque plante individuelle en carré ou en quinconce de sorte que les feuilles soient bien adjudgées d'espace sur la surface toute entière. L'écartement en lignes est pratiqué seulement pour des raisons culturales, pour faciliter les désherbages manuels et surtout pour la mécanisation des désherbages. Dans ce chapitre nous traiterons seulement l'aspect densité, en supposant que dans la pratique tout repiquage soit fait en carré, et donc que la répartition des plantes sur la surface disponible soit complètement régulière.

La seule expérimentation sur l'écartement de l'amarante connue en ce moment est celle d'ENYI (1965). Il a pratiqué un espacement de 23×23 cm, de 46×46 cm et de 46×92 cm dans son étude de l'effet de l'âge des plantules et de la hauteur et la fréquence des coupes sur la croissance et les rendements de l'amarante. ENYI constatait que le rendement final après plusieurs coupes était le plus élevé pour l'espacement le plus serré ($2,27 \text{ kg/m}^2$ de produit comestible). Le pourcentage de fleurs fut légèrement inférieur dans l'espacement le plus grand par rapport à l'espacement le plus serré de sorte que la qualité en fût meilleure. Aussi la première coupe à un niveau très bas (8 cm) retardait la floraison et donnait moins d'inflorescences dans le produit récolté par rapport à la coupe à un niveau plus élevé. Une fréquence des coupes toutes les trois semaines donnait un rendement meilleur que la coupe toutes les deux semaines, mais ce dernier traitement contenait moins d'inflorescences. ENYI a testé des plantules de 20, 27, 34 et 41 jours. Celles de 20 jours donnaient la meilleure production totale et avaient la plus petite portion d'inflorescences dans le produit récolté, donc la meilleure qualité.

Quelques essais et observations sur l'écartement de l'amarante et de la célosie sont représentés dans les paragraphes suivants, pour la récolte par arrachage en une seule fois (7.2) et pour la récolte par coupes successives (7.3). Enfin nous parlerons de l'incidence des facteurs écologiques et des méthodes culturales sur la densité optimale (7.4).

7.2. L'ÉCARTEMENT POUR LA RÉCOLTE PAR ARRACHAGE

7.2.1. Analyse de la récolte chez les producteurs

Une planche d'amarante cv. Fotètè chez un cultivateur sur un terrain situé à Porto-Novo fut analysée au moment de la récolte, le 26 septembre 1973. Âge 25 jours depuis le repiquage; sol sablonneux, bien fumé de gadoue; indemne de parasites, de maladies cryptogamiques ou de mauvaises herbes; sans ombrage. Sur la parcelle, 28 % de la surface était occupée par les passages. Surface utile de la planche $4,84 \times 2,07 \text{ m} = 10,02 \text{ m}^2$. Les plantes d'une aire de $2,5 \text{ m}^2$ au

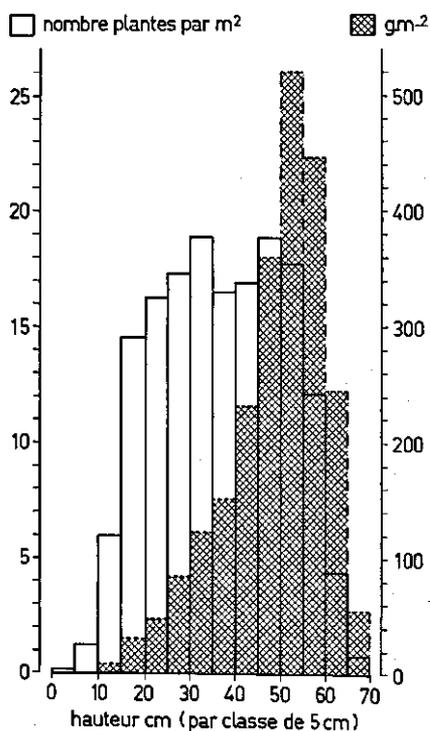


FIG. 23. Nombre de plantes et poids (matière fraîche) par classe de hauteur.

Fig. 23. Number of plants and weights (fresh matter) according to height.

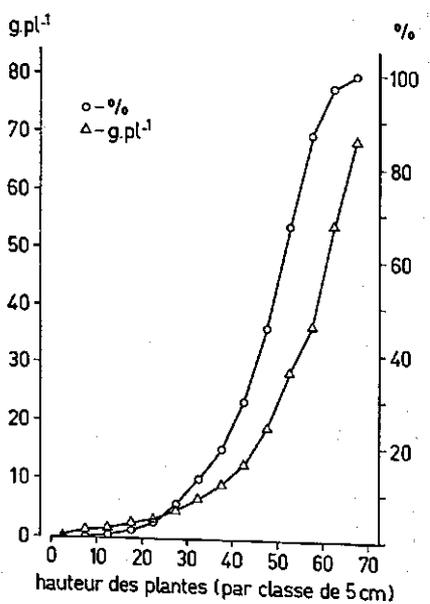


FIG. 24. Poids moyen des plantes (matière fraîche, en g/pl) par classe de hauteur et poids total cumulatif (%).

Fig. 24. Average weight of plants (fresh matter in g/pl) according to height and total cumulative weight (%).

milieu de la planche furent mesurées et pesées. La partie comestible (feuilles et tiges tendres) était de 51 % du poids total frais et contenait 12,4 % de matière sèche. La répartition du nombre de plantes dans les différentes classes selon la taille au moment de la récolte, ainsi que le poids frais, est représentée dans les figures 23 et 24. Les chiffres sont les moyennes d'un échantillon de 401 plantes sur 2,48 m² ou 162 plantes par m². Les figures montrent que les plantes de petite taille au dessous de 30 cm, ne livrent qu'une petite contribution au poids récolté (7,3 % du total). Sans ces plantes, la densité aurait été de 106 plantes par m², donc un écartement de 10 × 10 cm environ.

Évidemment les cultivateurs plantent très serré afin de diminuer les pertes dues au *Choanephora*. Une perte d'un tiers des plantes repiquées, répartie régulièrement sur la surface entière, n'a pas encore de répercussions graves sur les rendements (cf. section 9.3). Dans le cas présent, les plantes les plus vigoureuses captiveront plus de lumière et domineront graduellement les plus petites. On dirait que la plantation règle la densité elle-même. La figure 23 montre une répartition irrégulière des hauteurs au centre. Pour une plantation plus âgée, cette distribution pourrait atteindre deux sommets, ce qui veut dire que les plantes forment deux étages, dont l'étage des plantes les plus hautes captivera la plus grande quantité de lumière. En général, un écartement serré renforcera l'étiollement des tiges et influencera négativement le pourcentage de la matière sèche réservé aux feuilles (voir ch. 6). La figure 24 montre que les plantes de petite taille ne contribuent que très peu au poids total.

7.2.2. Essai d'écartement

Un essai d'écartement fut exécuté avec l'amarante cv. Fotète en cinq densités sur terre de barre bien fumée de gadoue. Des plantules de trois semaines furent repiquées au 25 janvier 1971 sur des parcelles de 1,80 m² en six répétitions. La récolte était faite par l'arrachage randomisé de 10 plantes par parcelle, trois semaines après le repiquage. Les résultats sont présentés dans le tableau 27 et la figure 25.

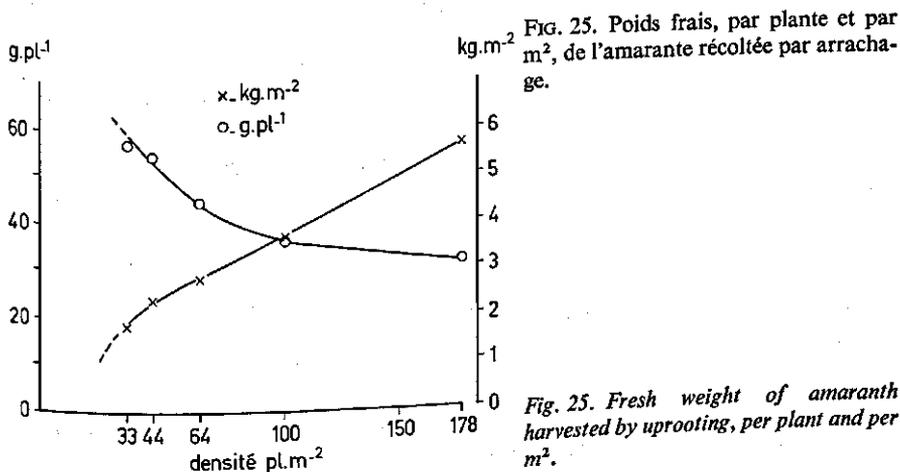


FIG. 25. Poids frais, par plante et par m², de l'amarante récoltée par arrachage.

Fig. 25. Fresh weight of amaranth harvested by uprooting, per plant and per m².

TABLEAU 27. Rendement d'amarante (matière fraîche) dans un essai avec cinq densités différentes.

		écartements en cm					sign. stat.	PPDS. 05
		$7\frac{1}{2} \times 7\frac{1}{2}$	10×10	$12\frac{1}{2} \times 12\frac{1}{2}$	15×15	$17\frac{1}{2} \times 17\frac{1}{2}$		
densité	$\text{cm}^2.\text{pl}^{-1}$	56,25	100	156,25	225	306,25		
	$\text{pl}.\text{m}^{-2}$	177,8	100	64	44,4	32,7		
pertes par <i>Choanephora</i>	%	13,5	24,7	26,0	34,5	41,0	**	10,1
poids total	$\text{g}.\text{pl}^{-1}$	31,6	36,6	44,7	54,4	57,2	**	15,5
poids feuilles	$\text{g}.\text{pl}^{-1}$	10,2	13,0	15,6	20,3	22,4	NS	
feuilles/total		0,32	0,36	0,35	0,37	0,39	**	0,04
largeur plus grande feuille	mm	48	52	56	60	60	*	4,9
production totale (1)	$\text{kg}.\text{m}^{-2}$	4,86	2,75	2,11	1,57	1,07	**	0,94
production totale (2)	$\text{kg}.\text{m}^{-2}$	5,62	3,66	2,86	2,41	1,87	**	1,23
production feuilles (2)	$\text{kg}.\text{m}^{-2}$	1,81	1,30	1,00	0,89	0,66		

(1) sans correction pour les plantes mortes par *Choanephora*

(2) avec correction

Table 27. Output of amaranth (fresh matter) in a trial comprising five different plant densities.

L'écartement le plus serré ($7,5 \times 7,5 \text{ cm} = 178 \text{ plantes/m}^2$) donna les plus hauts rendements dans cet essai qui subissait une grave attaque de *Choanephora*. Le pourcentage de la partie comestible fut très bas. La largeur des feuilles est une indication pour la qualité, car la cliente préfère de grandes feuilles. Ceci se montre par la différence de prix dans l'estimation des bénéfiques ci-dessous pour une planche de 10 m^2 .

- écartement (cm × cm)	7,5	10	12,5	15	17,5
- nombre plantes par 10 m^2	1778	1000	640	444	327
- production brute kg	56	37	29	24	19
- prix de vente F/kg	5	6	7	8	8
- bénéfice brut F	280	222	203	192	152
- frais du repiquage (20 F/h)	66	46	30	24	20
- prix des plantules (50 = 1F)	36	20	13	9	7
- bénéfice net F	178	156	160	159	125

Selon cette estimation, l'écart en profits entre les différents espacements n'est pas très grand, sauf pour le dernier qui est bien inférieur aux autres.

7.3. L'ÉCARTEMENT POUR LA RÉCOLTE PAR COUPES SUCCESSIVES

7.3.1. Observations chez les producteurs

Un écartement spacieux pour la récolte par des coupes successives est appliqué par les maraîchers à mi-temps dans la région de Semé-Podji (amarante) et dans la vallée de l'Ouémé (amarante et célosie). L'espacement varie de 15×15 cm jusqu'à 40×40 cm. On met parfois deux plantules à la fois dans un poquet pour réduire les risques d'une perte. La hauteur et la fréquence des coupes sont assez variables, ainsi que les soins apportés à la plantation. Pour l'amarante, le plus grand problème reste l'attaque de *Choanephora* (voir 9.3). Il est utile d'arrêter le plus longtemps que possible la floraison, car elle signifie la fin des coupes tant pour l'amarante que pour la célosie. Les expériences au CFHN ont montré que la première récolte est plus grande pour l'écartement le plus serré mais qu'en général les coupes suivantes rendent davantage en proportion des écartements plus larges. Si le nombre de coupes s'élèvera à plus de trois, un écartement de 30×30 cm serait acceptable. La floraison précoce semble arriver plus tôt dans les espacements serrés. L'avantage d'un écartement spacieux est le petit nombre de plantules nécessaire et le peu de temps qu'il faut pour le repiquage. La célosie se ramifie plus que l'amarante et de ce fait se prête encore mieux que l'amarante à la méthode culturale avec coupes répétées.

7.3.2. Premier essai: écartement et hauteur de coupe

7.3.2.1. Protocole expérimental

Essai factoriel 4×2 avec six répétitions; parcelles de 1 m^2 . Terre de barre fumée avec de gadoue 40 t/ha au labour et NPK (10-10-20) au labour et pendant la culture, au total 1600 kg/ha (dose élevée pour éliminer les effets d'une fertilité faible).

On a utilisé le cv. Fotètè de l'amarante. Repiquage de plantules de 19 jours le 13 juillet 1971. Récolte par coupes successives à des intervalles de trois semaines, la première fois trois semaines après le repiquage.

Traitements:

- écartement: 10×10 cm, $100 \text{ cm}^2/\text{plante}$, 100 plantes par m^2
 15×15 cm, $225 \text{ cm}^2/\text{plante}$, 44,4 plantes par m^2
 25×25 cm, $625 \text{ cm}^2/\text{plante}$, 16 plantes par m^2
 35×35 cm, $1225 \text{ cm}^2/\text{plante}$, 8,2 plantes par m^2
- hauteur de coupe: 12,5 cm et 25,0 cm.

7.3.2.2. Résultats

Le tableau 28 ci-dessous montre la production en kg/m^2 de matière fraîche des quatre coupes.

La première coupe donne la meilleure production pour l'écartement le plus serré et la plus basse hauteur de coupe. L'interaction hauteur \times écartement indique que la fraction entre 12,5 et 25 cm est la plus élevée dans l'écartement le plus serré.

TABLEAU 28. Rendements en kg/m² d'amarante plantée à quatre écartements et récoltée par quatre coupes successives. Coupes à deux hauteurs différentes.

hauteur de coupe	écartement	coupes				total
		1	2	3	4	
12,5 cm	10 × 10 cm	1,797	0,283	1,371	2,135	5,586
	15 × 15	1,360	0,786	1,097	2,098	5,342
	25 × 25	0,550	0,831	0,535	1,479	3,396
	35 × 35	0,260	0,559	0,344	1,074	2,237
25 cm	10 × 10 cm	0,994	0,973	1,281	2,294	5,541
	15 × 15	0,814	1,574	1,390	2,389	6,167
	25 × 25	0,185	1,049	0,634	1,679	3,546
	35 × 35	0,129	0,941	0,567	1,466	3,101
effets fact. :						
- hauteur de coupe		**	**	NS	**	*
- écartement		**	**	**	**	**
- hauteur × écartement		*	**	NS	NS	NS

Table 28. Output in kg/m² of amaranth transplanted at four planting distances and harvested by four repeated cuttings. The plants were cut at two different heights.

La partie de la tige restante après la coupe porte moins d'internoeuds, de feuilles et de bourgeons que dans l'écartement large de sorte que ces plantes repoussent moins vite et les rendements de la deuxième coupe sont très bas, le plus faible pour la plus basse hauteur de coupe. Même 5 à 6% des plantes du traitement de 10 × 10 cm, coupées à 12,5 cm n'a plus repoussé. Pendant la troisième coupe, les plantes de l'écartement serré étaient assez rétablies et bien ramifiées pour donner de nouveau une bonne récolte. Il y avait déjà quelques inflorescences dans la troisième coupe. Dans la quatrième coupe l'influence de la hauteur de coupe sur la floraison se trouve clairement illustrée. Les plantes coupées à 12,5 cm avaient 6,4% d'inflorescences dans le poids récolté, tandis que celles coupées à 25 cm en avaient 18,3%. L'écartement de 15 × 15 cm et une hauteur de coupe de 25 cm paraissent plus avantageux. La coupe à 12,5 cm est trop rigoureuse.

7.3.3. Deuxième essai: écartement, hauteur et fréquence des coupes

7.3.3.1. Protocole expérimental

Dans le deuxième essai, on a voulu tester l'influence des trois facteurs réunis: densité, hauteur des coupes et fréquence.

Traitements:

- densité: D1 = 10 × 10 cm, 100 cm²/plante, 100 plantes par m²
D2 = 17,3 × 17,3 cm, 300 cm²/plante, 33,3 plantes par m²

D3 = 22,4 × 22,4 cm, 500 cm²/plante, 20 plantes par m²

D4 = 26,5 × 26,5 cm, 700 cm²/plante, 14,3 plantes par m²

2. hauteur de coupe: H1 = 15 cm

H2 = 25 cm

3. fréquence des coupes: F1 = première coupe après 3 semaines, ensuite trois coupes à des intervalles de 2 semaines, quatre coupes au total

F2 = première coupe après 3 semaines, ensuite deux coupes à des intervalles de 3 semaines, trois coupes au total.

Le dispositif expérimental fut en parcelles dont la surface centrale utilisée pour le choix au hasard de plantes expérimentales, sans compter les rangées extérieures, fut de 1 m². L'interaction D × H × F était confondue: on a fait six sous-blocs de huit combinaisons; le nombre total de parcelles fut 48. Le terrain de l'essai fut une terre sablo-argileuse, fumée de 40 t/ha de gadoue et 1000 kg/ha d'engrais NPK (10-10-20) au total, en trois applications. Le repiquage de plantules de trois semaines a eu lieu au début décembre 1972.

7.3.3.2. Résultats

L'analyse statistique des données parut complexe, premièrement par la perte d'un nombre de plantes expérimentales à cause de *Choanephora* et ensuite par le fait, que la variance change avec l'espacement. Plusieurs fois, une transformation logarithmique fut nécessaire. Les résultats des observations au cours de la première coupe sont représentés dans le tableau 29, les rendements de toutes les coupes dans le tableau 30 et la figure 26.

Le nombre de ramifications et le nombre de feuilles secondaires augmentent avec l'écartement. Les plantes qui disposent d'une plus grande surface, sont mieux ramifiées. Il va sans dire que dans la première coupe les rendements des traitements coupés à 15 cm sont plus élevés que ceux des traitements coupés à 25 cm. L'écartement le plus serré donne les meilleurs rendements par unité de

TABLEAU 29. Amarante trois semaines après le repiquage. Hauteur, nombre de ramifications et de feuilles secondaires, par plante.

	densité cm ² .pl ⁻¹				sign. stat.		
	100	300	500	700	E lin.	E quadr.	E cub.
hauteur cm	36,8	38,8	35,0	30,8	*		
nombre ramifications	2,13	5,97	7,10	7,32	**	**	
nombre feuilles sec.	3,53	14,04	18,99	20,29	**	**	**

Table 29. Amaranth three weeks after transplantation. Height, number of ramifications and number of secondary leaves, per plant.

FIG. 26. Rendements en produit comestible de la première coupe et du total.

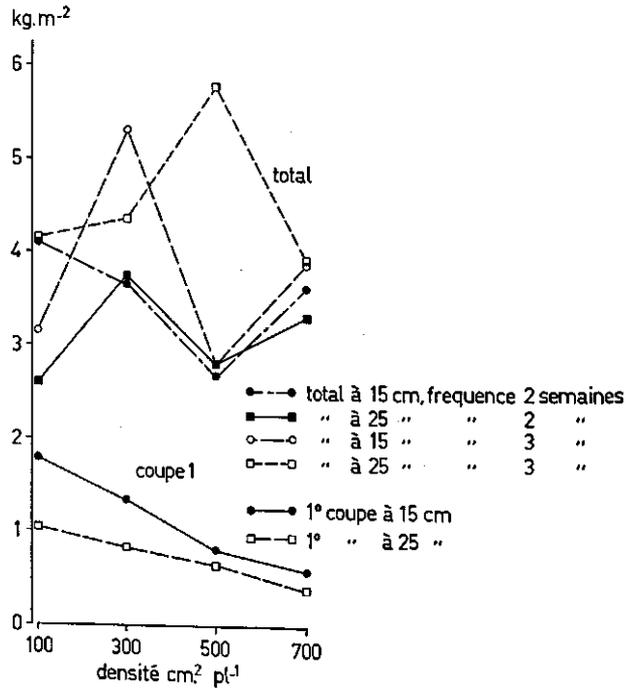


Fig. 26. Output of the edible product of the first cutting and of the total harvest.

surface, ce qui correspond avec les résultats des essais récoltés par arrachage. Les pertes dues au *Choanephora* montèrent à 24% des plantes pour tout l'essai. L'attaque fut la plus grave tout de suite après la première coupe: la tige permet une bonne entrée au champignon à l'endroit de la coupe. Les plantes coupées à 15 cm montrèrent 35,4% de pertes, contre 11,6% pour les plantes coupées à 25 cm. Il se peut que la coupe plus basse diminue davantage la résistance de la plante. Toutefois, une très grande partie de la surface assimilatrice est enlevée (voir 5.3). Il n'apparaît pas de rapport bien clair avec l'écartement, quoique les plantes les plus vigoureuses semblent mieux survivre une attaque de *Choanephora*.

L'intérêt de la fréquence des coupes est démontré par les rendements de la deuxième jusqu'à la dernière coupe. La coupe à des intervalles de deux semaines rapporte moins en trois récoltes que la coupe à des intervalles de trois semaines en deux récoltes. Apparemment l'intervalle de deux semaines a été trop court. En général, la production par plante augmente avec la surface disponible par plante.

La meilleure hauteur de coupe est celle de 25 cm, mais dans la production totale la différence avec celle de 15 cm n'est pas très grande. L'interaction

TABLEAU 30. Rendements du produit comestible (matière fraîche coupée, sans inflorescences) en kg/m² de la première coupe, des coupes suivantes, et du total. Inflorescences en pourcentages du poids total de la dernière coupe. Durée (jours) entre le repiquage et la floraison.

fréquence F	hauteur H	densité cm ² .pl ⁻¹ D	rendements kg.m ⁻²			floraison	
			1 ^o coupe	coupes suivan- tes	total	durée (jours)	%
2 sem.	15 cm	100	1,974	2,113	4,087	86,7	0,0
		300	0,995	2,652	3,647	80,9	0,3
		500	0,981	1,648	2,629	74,4	1,5
		700	0,648	2,929	3,577	73,0	0,4
	25 cm	100	0,763	1,840	2,603	71,7	3,6
		300	0,910	2,843	3,753	67,0	3,5
		500	0,448	2,321	2,769	65,2	4,1
		700	0,496	2,778	3,274	63,9	2,0
3 sem.	15 cm	100	1,624	1,533	3,157	78,3	1,3
		300	1,620	3,664	5,284	66,8	2,6
		500	0,596	2,083	2,679	82,5	0,5
		700	0,515	3,355	3,870	68,8	2,2
	25 cm	100	1,363	2,730	4,093	65,9	6,2
		300	0,730	3,637	4,367	61,2	4,7
		500	0,919	4,853	5,772	58,5	5,1
		700	0,343	3,541	3,884	57,1	1,9
effets fact. :	D lin.	**	**	NS	NS	*	
	D qua.	NS	NS	NS	NS	NS	
	D cub.	NS	**	**	*	NS	
	H	**	**	NS	**	**	
	F		**	**	**	**	
	D cub. × H		**	*	NS		
	H × F		**	*	NS		
	D qua. × F			*	NS		
	D cub. × F			NS	*		
D lin. × H					**		

Table 30. Output of edible product (cut-off fresh matter, without inflorescences) in kg/m², representing the first harvest, the following harvests and the total harvest. Inflorescences as a percentage of the total last harvest. Duration (in days) between transplantation and flowering.

densité × fréquence (D × F) est peut-être causée par le fait, que les plantes d'un écartement plus large et récoltées à un intervalle de trois semaines se développent relativement mieux que les plantes serrées pendant la troisième semaine après une coupe. L'interaction hauteur × fréquence (H × F) s'explique

par le fait, que les plantes coupées à 25 cm ont un plus grand nombre de bourgeons et peuvent se développer mieux pendant la troisième semaine par rapport à celles coupées à 15 cm.

La densité 300 cm²/pl (17,3 × 17,3 cm) a donné la meilleure production moyenne dans cet essai. En coupant à 15 cm, un écartement plus serré (10 × 10 cm) pourrait être avantageux. Coupé à 25 cm, la densité de 500 cm²/pl (22,4 × 22,4 cm) a donné les rendements les plus élevés. D'ailleurs, si l'on tient compte des pertes d'environ un quart des plantes par des maladies, un écartement de 15 × 15 cm (44 plantes/m²) en combinaison à une hauteur de coupe de 25 cm et une fréquence de coupes de 3 semaines pourraient être recommandée. Si on ne prévoit pas de pertes de plantes, un nombre de 20 à 30 plantes/m² est conseillé.

La portion des inflorescences dans le poids total de la dernière récolte n'est pas encore très grande, mais la détérioration de la qualité du produit récolté se montre déjà importante. La diminution des intervalles entre les coupes d'une semaine (F1) retarde l'apparition des fleurs d'environ cinq jours par rapport à F2. L'influence de la hauteur de coupe est plus importante. Les plantes coupées à une hauteur de 15 cm fleurissent 13 jours plus tard que celles coupées à 25 cm. La densité n'a pas beaucoup d'influence sur la floraison. L'interaction densité × fréquences (D × F) a été causée par l'irrégularité d'un des traitements, probablement à cause du *Choanephora*. Quoique la floraison commence un peu plus tôt dans l'écartement le plus espacé, le pourcentage des fleurs dans le produit récolté y est plus bas.

Pour cet essai, l'estimation suivante peut être faite concernant le profit d'une planche de 10 m², en se basant sur les rendements du traitement avec une fréquence de trois coupes au total par intervalle de trois semaines, et une hauteur de coupe de 25 cm.

- écartement (cm × cm)	10	17,3	22,4	26,5
- nombre plantes par 10 m ²	1000	333	200	143
- production brute kg	41	44	58	39
- prix de vente F/kg	8	9	9	10
- bénéfice brut F	328	396	522	390
- frais du repiquage (20 F/h)	46	20	15	15
- prix plantules (50 = 1 F)	20	7	4	3
- sarclages (20 F/h)	20	30	35	40
- bénéfice net F	242	339	468	332

Selon cette estimation, l'écartement 22,4 × 22,4 cm serait le plus avantageux.

7.4. DISCUSSION, CONCLUSIONS PRATIQUES

Les résultats des essais avec l'amarante montrent que les deux méthodes culturales sont différentes entre elles quant à la densité optimale.

Si l'on veut récolter par arrachage 3 à 4 semaines après le repiquage, il serait

indiqué de planter très serré. La surface des feuilles atteindra plus vite son optimum que dans un écartement spacieux. Le rapport feuilles/poids total est un peu plus élevé pour un écartement spacieux puisque les tiges y sont moins étiolées (voir ch. 6). Des densités de plus de 200 pieds/m² ne sont pas pratiquées, mais elles seraient possible si on faisait un semis direct. Les observations chez les producteurs (7.2.1) montrent que les plantes les plus vigoureuses d'une plantation très dense vont dominer complètement les plus petites, trois à quatre semaines après le repiquage. Cela implique que le rendement optimum, atteint par une densité de 200 plantes/m² environ, restera à ce niveau en augmentant la densité. Une baisse de ce rendement à cause d'une densité trop grande ne se présentera que dans un semis direct avec au moins 1000 pieds par m². Normalement, la relation entre la densité et le rendement est asymptotique, par exemple dans le premier essai (figure 25) le rendement maximal s'approchera de 6,5 kg de matière fraîche par m². Dans la figure 27 l'inverse des rendements a été relié à l'espace disponible en cm²/plante selon la méthode décrite entre autres par DE WIT (1960). Dans cette figure, nous avons également tracé les courbes de la production de feuilles fraîches obtenues par l'arrachage à 5 et à 7 semaines, en tenant compte des rendements obtenus dans l'essai de l'analyse de croissance

FIG. 27. La relation entre la production de l'amarante (feuilles fraîches) et la densité pour la récolte par arrachage à 3, 5 et 7 semaines après le repiquage (A) et l'inverse de la production (B).

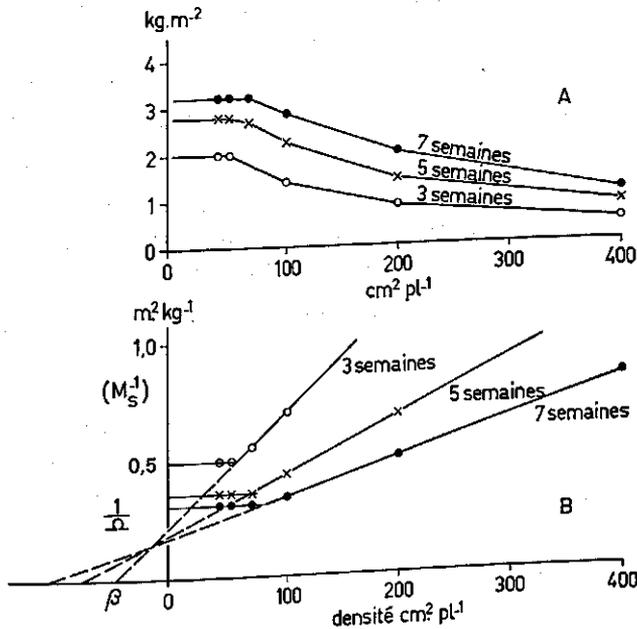


Fig. 27. Relation between the production of amaranth (fresh leaves) and the density in the case of a harvest by uprooting after 3, 5 and 7 weeks after transplantation (A) and the reverse of the production (B).

(ch. 5.3). La formule développée par DE WIT est la suivante :

$$M_s = \beta (\beta + s)^{-1} \Omega \quad (2)$$

dans laquelle M_s représente le rendement en kg/m^2 avec $s \text{ cm}^2$ disponibles pour chaque plante; Ω représente le rendement théorique obtenu par un nombre infini de plantes, β étant une constante à déterminer empiriquement. La figure montre que la densité optimale, par laquelle on atteint le rendement maximal, varie de $55 \text{ cm}^2/\text{pl}$ pour la récolte à 3 semaines jusqu'à $85 \text{ cm}^2/\text{pl}$ pour la récolte à 7 semaines.

Le rapport densité-rendements est plus compliqué pour la récolte par coupes successives, car ici d'autres facteurs entrent en jeu, tels que la hauteur de coupe, la fréquence des coupes et le commencement de la floraison. La conséquence de l'enlèvement d'une grande partie assimilatrice d'une plante en laissant le système racinaire intact est une stimulation pour la plante à rétablir la partie perdue. Dans le chapitre 5, l'analyse de la croissance a déjà montré que la plante, après la coupe, forme des feuilles à partir des bourgeons axillaires jusqu'à ce qu'elle atteigne une surface foliaire suffisante pour la formation de son système reproductif. Les expérimentations ont confirmé la constatation d'ENYI (1965) que la coupe à un niveau très bas retarde l'apparition d'inflorescences. Par contre, l'hypothèse de cet auteur, qu'un écartement plus serré serait une stimulation pour la floraison à cause de l'augmentation du quotient C/N, n'a pu être confirmée: le commencement de la floraison est plutôt retardé dans l'écartement le plus serré. ENYI a effectué ces expérimentations avec une variété d'amarante qu'il appelle *Amaranthus oleraceus* cv. African Spinach mais qui est très probablement un *A. cruentus* L. voisine du cv. Fotètè utilisé dans nos essais. La série d'écartements pratiquée par lui nous semble avoir été beaucoup trop espacée ($23 \times 23 \text{ cm}$, $46 \times 46 \text{ cm}$, $46 \times 92 \text{ cm}$) pour que les résultats puissent être appliqués dans la pratique.

Une comparaison entre les deux méthodes culturales est schématisée ci-dessous, en supposant que l'on puisse faire une culture avec la méthode par coupes successives dans une période de deux mois. Pendant ce temps on pratiquerait deux cultures avec la méthode par arrachage.

– méthode culturale (récolte)	arrachage	coupes successives
– nombre de plantations	deux	une
– besoin en plantules	élevé	faible
– labour	deux fois	une fois
– durée du repiquage	longue (deux fois)	courte (une seule fois)
– sarclages (désherbages)	sans	nécessaires
– risques de maladies et d'attaques	peu	grandes
– risques de mauvaise qualité (inflorescences)	peu	grandes
– récoltes	deux fois	trois fois
– partie comestible/total récolté	35 à 50%	50 à 75%
– facilité de conservation	bonne	inférieure

Selon nos observations, les profits par jour de travail sont comparables pour les deux systèmes et se portent à l'ordre de 150 à 300 F/jour (GRUBBEN, 1971). Le choix du système cultural dépend des circonstances et des habitudes. Les deux systèmes sont appliqués fréquemment pour l'amarante, tandis que la célosie est cultivée presque uniquement pour la récolte par des coupes successives.

L'écartement tel qu'il est appliqué le plus souvent par les maraîchers de l'amarante au Dahomey (environ $7,5 \times 7,5$ cm, soit $56 \text{ cm}^2/\text{pl}$, soit $178 \text{ pl}/\text{m}^2$) pour la récolte par arrachage paraît correct. L'avantage de cet écartement serré est la réduction des dégâts par le *Choanephora*. Sans pertes, un écartement de 10×10 cm serait plus profitable.

L'écartement pour la récolte par coupes successives de l'amarante et de la célosie donne les meilleurs rendements entre 15×15 cm et 20×20 cm. L'écartement appliqué par les maraîchers (25×25 cm à 35×35 cm) est trop spacieux. Il est mieux de ne pas couper trop bas lors de la première récolte; 20 à 25 cm paraît le plus avantageux. Une fréquence de coupes avec un intervalle de trois semaines est mieux que la coupe toutes les deux semaines.

8. SOL ET FERTILISATION

8.1. INTRODUCTION

Comme la fertilisation est un problème majeur pour beaucoup de cultivateurs et probablement le facteur le plus limitant pour la culture commerciale, nous rapporterons ici les expériences à ce sujet au Dahomey. Une dizaine d'essais a été exécutée afin de trouver une solution pour le redressement et le maintien de la fertilité du sol. Vu le but de ces essais essentiellement pratique, quelques calculs sur la rentabilité de l'application de fumures ont été ajoutés, faisant usage des prix valables au moment de la réalisation. Afin de tenir compte des différences dans la composition des engrais chimiques, les doses d'éléments fertilisants ont été données en unités de N, P_2O_5 , K_2O , MgO et CaO. La gadoue est le terme employé pour les ordures de ville peu décomposées, telles qu'elles sont ramassées au bords des rues et aux marchés des villes afin d'être utilisées par les maraîchers. Le compost est du matériel bien décomposé, c.à.d. généralement des ordures de ménage et des balayures que l'on a conservées en tas pendant une longue période, même parfois pendant plusieurs années.

L'exportation d'éléments minéraux constitue une donnée importante pour la fumure permanente de l'amarante. En effet, la teneur en éléments minéraux dans le sol est moins importante puisque un nombre restreint de cultures d'amarante épuiseront même une terre assez riche. Aussi faut-il apporter une fumure d'entretien pour chaque culture d'amarante qui équivaut au moins l'exportation d'éléments minéraux par la récolte. A ce sujet, un essai a été exécuté pour étudier la durée de l'action de la gadoue et de l'NPK et pour l'établissement d'une balance entre la fertilisation et l'exportation d'éléments minéraux (voir 8.6). En plus, des analyses chimiques de plusieurs récoltes d'origines différentes ont été faites.

8.2. Données bibliographiques sur la fumure de l'amarante

8.3. Types de sol utilisés pour le maraîchage au Sud-Dahomey

8.4. Essais de fumures

8.5. Remarques sur l'emploi de la gadoue

8.6. Analyses chimiques du produit récolté et balance apport-exportation

8.7. Conclusions pratiques, recommandations.

8.2. DONNÉES BIBLIOGRAPHIQUES SUR LA FUMURE DE L'AMARANTE

Dans la pratique, l'amarante est cultivée soit sur des sols fertiles, soit sur des sols moins riches mais bien fertilisés. La connaissance des besoins réels en éléments minéraux et des exigences que la culture pose aux qualités physiques du sol est très limitée.

Les manuels horticoles (cf. section 4.6) conseillent en général une fumure spécifique pour les légumes-feuilles, avec beaucoup d'azote et de la matière

TABLEAU 31. Composition de feuilles d'amarante, cultivée à deux niveaux de fertilité, récoltée par cinq coupes successives durant 70 jours (SCHMIDT, 1971).

	sol fertilisé		sol non-fertilisé	
rendements feuilles (mat.sèche)	4,99 t/ha		2,50 t/ha	
N (Kjeldahl)	5,28%	263 kg/ha	4,91%	123 kg/ha
K (spectrographe)	2,92	146	3,81	95
Ca (spectrographe)	2,13	106	1,87	47
Mg (spectrographe)	1,12	56	0,60	15

Table 31. Output and composition of amaranth, cultivated at two levels of soil fertility, harvested by five successive cuttings, during 70 days (SCHMIDT, 1971).

organique bien décomposée. L'amarante est une plante exigeante à l'égard de la fertilité du sol et elle répond bien à une fumure élevée sur un sol pauvre. COOKE (1947) a rapporté que chaque culture d'amarante plantée sur un sol pauvre mais bien fumé de compost, rendait mieux que la culture précédente. Le rendement total de cinq cultures (durée 3 mois par culture), avec 20 t/ha de compost et 40 t/ha d'urine pour chaque culture, était 100t/ha (poids frais) dont 75% comestible. Sur le même terrain, une deuxième culture d'amarante ne pourrait être envisagée sans fumure. COOKE appelle l'amarante un bon indicateur de la fertilité du sol.

Au Nigéria SCHMIDT (1971) a réalisé un essai avec huit espèces de légumes-feuilles, parmi lesquels *Amaranthus cruentus* L., cultivés sur deux niveaux de fertilité. L'amarante était plantée à 30 × 30 cm et récoltée par cinq coupes successives durant une période de 70 jours à partir de la date du repiquage. Le sol bien fumé contenait environ 2,28% de C et 0,21% de N dans la couche 0-15 cm. Il y avait 543 ppm de P (Bray I) et 879 ppm de K (0,13 N HCL) dans cette couche. Le sol non-fumé contenait, au commencement de l'essai, 1,07% de C et 0,08% de N; il y avait 79 ppm de P et 182 ppm de K. Voir tableau 31 pour les rendements et la composition de l'amarante.

TABLEAU 32. Teneur en éléments minéraux dans l'amarante, récoltée par coupe.

		feuilles	tiges	total
teneur en mat. sèche %		9,65	5,10	8,65
fraction du total		0,84	0,16	
éléments minéraux en % de la matière sèche				
	N	6,14	3,83	5,77
	P	0,64	0,44	0,61
	K	6,45	20,63	8,72
	Ca	2,67	1,42	2,47
	Mg	0,67	0,32	0,61

Table 32. Quantities of mineral elements in amaranth, harvested by cutting.

Meded. Landbouwhogeschool Wageningen 75-6 (1975)

PHOTO 8. Gadoue (ordures de ville) déposée sur une planche avant le labour. Terre sablonneuse.



Photo 8. Town refuse deposited at a plot before hoeing. Sandy soil.

Les résultats de l'essai de SCHMIDT montrent qu'il y a une exportation importante de N, K, Ca et Mg (la teneur en P ne fut pas déterminée) par les feuilles d'une culture productive de l'amarante, et que les rendements du légume sont relativement faibles sur un sol moyennement fertile mais sans fumure.

Dans un essai en pots, effectué au laboratoire de la section de Chimie Agricole à Wageningen (1972) l'amarante a montré une absorption spectaculaire de potasse. La teneur en éléments minéraux dans la première coupe de l'amarante, cv. Klaroen, 42 jours après le repiquage, est représentée dans le tableau 32.

Il y avait une grande partie d'azote présente sous forme de NO_3 , respectivement 15% pour les feuilles, 93% pour les tiges et 28% du total. Le pourcentage de potasse dans la tige était extrêmement élevé. Dans une quatrième coupe de cet essai, les valeurs de K dans les feuilles et les tiges étaient beaucoup plus basses, respectivement 3,4 et 2,2%. A ce moment la potasse était un élément en minimum dans la solution des cations.

Dans un essai en pots exécuté par LEXANDER et al. (1970) avec *A. caudatus* et trois niveaux de fertilisation azotée, l'amarante a fort bien réagi à la fumure azotée, en ce qui concerne la production totale et la teneur en protéines. Une expérimentation de HOLDSWORTH (1959) au Ghana avec *A. viridis* sur un sol latéritique, sur un sol de bas-fond, sur sable de marigot et sur compost, a montré que l'amarante réussit bien sur les différents types de sol énumérés, tant que sa nutrition minérale est assurée.

8.3. TYPES DE SOLS UTILISÉS POUR LE MARAÎCHAGE

Les types de sol utilisés pour le maraîchage au Sud-Ouert du Dahomey (voir la carte, fig. 7) ont été décrits par SCHELHAAS (1974) après une visite d'étude au CFHN en 1973. La classification a été empruntée à la carte pédologique de l'ORSTOM (VOLKOFF, 1970).

Type 1. La zone lagunaire

a. Sols hydromorphes minéraux, à gley lessivé, à tendance podzolique sur sables quaternaires.

Au Nord de la zone de sables marins littoraux se trouve une zone de quelques km de largeur avec des sols sableux dont les parties basses sont inondées pendant la saison pluvieuse à cause de la nappe phréatique peu profonde. Ce sont des podzols dont la couche lessivée possède parfois une épaisseur de plusieurs mètres. Ces sols sont très pauvres, presque sans matières organiques, avec une capacité de rétention d'eau très faible. Autour de Cotonou, ils sont utilisés pour le maraîchage.

b. Sols hydromorphes, moyennement organiques, à gley, indifférenciés salés ou non salés, sur alluvions et formations lagunaires sablo-argileuses ou argileuses.

Ces sols, sous l'influence de la nappe phréatique comme le type précédent, souvent sableux et assez pauvres, se trouvent le long de la lagune, et sont fréquemment utilisés pour le maraîchage (Semé-Podji, Porto-Novo).

Type 2. Le plateau de terre de barre

a. Sols ferrallitiques, faiblement désaturés, appauvris, modaux, sur sédiments meubles argilo-sableux du continental terminal.

Ces sols, appelés 'terre de barre', ont une texture sablo-argileuse à la surface et argilo-sableuse plus en profondeur. La zone s'étend sur une largeur d'environ 100 km vers le Nord. Au sud, la fertilité naturelle de la terre de barre est très dégradée à cause d'une surexploitation par l'homme, le plus intensivement dans les régions à forte densité de population. D'après RAUNET (1973), l'appauvrissement en argile des horizons supérieurs serait dû non seulement à l'action de l'homme, mais il s'agit d'un processus pédo-génétique. La terre de barre est utilisée assez souvent pour le maraîchage, Le jardin central du CFHN est situé dans la zone de terre de barre.

b. Sols ferrallitiques, faiblement désaturés, appauvris, modaux, sur grès colluvions sableuses, ou argilo-sableuses.

Sols des pentes des bas-fonds le long des marigots qui découpent le plateau de la terre de barre (type 2a). Souvent utilisés pour le maraîchage (Sakété). Les parties basses des bas-fonds, avec des sols hydromorphes sur sédiments argileux, mal drainés, sont peu utilisés.

Type 3. La vallée de l'Ouémé

a. Sols hydromorphes, minéraux à gley de profondeur, sur alluvions argileuses.

TABLEAU 33. Analyses de différents types de sols utilisés pour le maraîchage au Dahomey (SCHELHAAS, 1974).

profondeur cm	type 1a sable		type 1a sable amélioré	type 2a terre de barre		type 3a argile de vallée	
	0-15	25-60	0-15	0-10	40-60	5-0*	0-20
analyse granulométrique en							
% de terre sèche							
2 mm-200 µ	66,5	54,8	59,9	64,0	41,8	5,0	0,7
200 - 50 µ	19,5	28,7	15,4	17,5	12,9	3,1	0,4
50 - 20 µ	2,7	2,8	4,7	2,7	2,0	7,7	2,6
20 - 2 µ	3,8	3,2	14,5	4,8	4,2	43,4	18,6
< 2 µ (argile)	7,5	10,5	5,5	11,0	39,1	40,8	78,7
pH H ₂ O	5,4	4,8	7,5	7,0	5,3	4,6	4,8
pH KCL	4,2	4,0	7,3	6,4	4,4	4,0	3,7
CEC (cap. d'échange)	2,62	1,05	26,90	3,48	3,92	75,00	42,70
bases échangeables Ca	1,00	0,20	18,80	2,50	1,00	13,60	13,90
NH ₄ -acétate Mg	0,13	0,00	3,97	0,49	0,25	8,14	7,03
(méq/100 g) K	0,08	0,05	0,63	0,18	0,10	1,39	0,42
Na	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	1,22	0,61
total	1,23	0,25	23,42	3,17	1,35	24,35	21,96
extraction							
NH ₄ -acétate acide Ca	200	43	7985	503	205	2610	2737
acétique Mg	10	5	634	89	29	1044	904
K	10	5	254	88	25	376	52
pH = 4,8 Na	5	5	340	6	14	545	86
Fe	13	9	3	0,5	0,4	20	84
(ppm) Al	26	50	1	11	93	26	72
Mn	2	1	26	31	52	13	7
SO ₄	10	8	292	38	98	1031	143
Cl	tr	tr	365	<40	<40	588	tr
NO ₃	92	50	177	7	14	600	94
NH ₄ dans 1 N KCl (ppm)	8	18	23	50,3	48,6	234	27
P ₂ O ₅ -Olsen (ppm)	6	4	554	89	12	59	6
% C (Walkley & Black)	0,38	0,15	3,03	0,51	0,39	14,3	2,25
% N (Kjeldahl)	0,03	0,02	0,43	0,06	0,05	1,44	0,34
rapport C/N	13	8	7	8	8	10	7
eau utilisable (pF 2,0-4,2) %	3,5			5,4	7,1		

* couche de matériaux organiques, 5 cm

Table 33. Analyses of different types of soils used for vegetable cultivation in Dahomey (SCHELHAAS, 1974).

Ce sont les sols des terrains inondés pendant plusieurs mois de l'année, enrichis par les dépôts de la crue, riches en matières organiques. On les utilise pour le maraîchage pendant la saison sèche.

b. Sols hydromorphes minéraux à pseudo-gley, à taches et à concrétions d'hydromorphie, sur alluvions sablo-limoneuses et argilo-limoneuses.

Ces sols de bourrelets de berge sont plus surélevés que le type 3a et de ce fait, l'inondation y est de plus courte durée.

Dans le tableau 33 quelques analyses de ces trois types de sols sont données à titre d'exemple. Il s'agit de sols qui n'ont subi aucune influence améliorante par l'apport de fumures, sauf le type 1a - amélioré. On trouve ce sol anthropique, résultant du maraîchage intensif, autour des villes. La terre de barre (type 2a) est très pauvre en matière organique et en bases échangeables, indiquant la dégradation. Le sol des bas-fond (type 2b) se rapproche bien de la terre de barre (type 2a) dont il est originaire. Il est sableux à la surface et pauvre en éléments minéraux et en matières organiques. L'argile de la vallée de l'Ouémé (type 3a) est très riche, mais notons que cette terre pose des problèmes au point de vue labour, entretien et drainage. La composition est moins riche aux endroits plus surélevés, les bourrelets de berge (type 2b), qui reçoivent moins de dépôts. A ces endroits, l'apport d'engrais chimiques pour le maraîchage intensif peut être justifié (LAMOUROUX, 1959).

Le meilleur sol pour le maraîchage est le sol sableux dans la zone lagunaire (type 1a) amélioré par des apports réguliers et importants de gadoue, et sous culture permanente de légumes, principalement de l'amarante, depuis de dizaines d'années. On remarque sa richesse en matière organique, en bases échangeables, surtout en calcium, et son pH bien élevé. SCHELHAAS (1974) constate déjà une bonne amélioration des qualités chimiques et physiques après une année de cultures maraîchères fumées de gadoue: C (Walkley & Black) de 0,38 % vers 0,75 % environ, K de 10 ppm vers 166 ppm, pH (H₂O) de 5,4 vers 7,2, la quantité d'eau utilisable de 3,5 vers 8,8 %. Un inconvénient de cette terre améliorée doit être signalé concernant les rapports Ca/Mg et Ca/K trop élevés, qui peut provoquer une carence de Mg et de K. Cette terre est facile à travailler, le drainage est excellent, et elle donne de bons rendements pourvu que l'irrigation soit régulière et qu'il y ait une bonne fumure d'entretien précédente à chaque culture.

La fertilité de la terre de barre, souvent dégradée par une surexploitation, peut être redressée par des apports de matières organiques. Un désavantage de cette terre consiste dans sa plus grande lourdeur à travailler comparée au sable. En revanche la rétention d'eau utilisable semble un peu meilleur.

8.4. ESSAIS DE FUMURES

Un nombre d'essais de fumures avec l'amarante et la célosie a été exécuté afin d'étudier:

- 8.4.1. action des éléments principaux N, P et K sans gadoue
- 8.4.2. comparaison d'urée, de sulfate d'ammoniaque et de NPK (10-10-20) en combinaison avec de la gadoue
- 8.4.3. effet de l'NPK, de la chaux et de la gadoue
- 8.4.4. comparaison de gadoue, de compost, de fumier de porcs et de fumier de canards
- 8.4.5. durée de l'effet de la gadoue et de l'engrais NPK, saison sèche
- 8.4.6. durée de l'effet de la gadoue et de l'engrais NPK, saison des pluies
- 8.4.7. méthodes d'application de l'engrais, au labour ou dissout dans l'eau de d'arrosage
- 8.4.8. symptômes de carence.

Il n'a pas été possible de rapprocher tous les résultats des différents essais à cause du nombre trop restreint de ces essais et du grand nombre de facteurs variables: saisons, types de sol, méthodes culturales. Quelques fois, la célosie (*Celosia argentea* L.) a été choisie comme plante d'essai lorsque l'amarante risquait d'être attaquée par la maladie *Choanephora* (cf. section 9.3). D'ailleurs, des différences entre l'amarante et la célosie dans la réponse sur les fumures n'ont pas été remarquées.

PHOTO 9. Planche de 10 m² pourvue de quatre tas de gadoue, en attendant le labour. Au fond, une planche d'amarante de quatre semaines prête pour la récolte.



Photo 9. Bed of 10 m² before hoeing, with four heaps of town refuse. At the background, a bed of amaranth ready for harvest.

8.4.1. L'action des éléments principaux N, P et K sans gadoue

Essai factoriel 2³ sur terre de barre dégradée (tableau 33, type 2a), sans apport de matière organique. Repiquage de célosie cv. Avounvô Rouge le 16 juillet 1970, à 20 × 20 cm. Parcelles de 1,20 × 1,50 m avec cinq répétitions. Récolte par coupe à 15 cm, après 43 et 72 jours. A la fin de la culture, les racines se trouvaient atteintes de *Meloidogyne* (cf. section 9.6). Dosage des engrais à raison de 50 unités fertilisantes par hectare, c'est à dire 250 kg/ha de sulfate d'ammoniaque, 110 kg/ha de superphosphate triple et 104 kg/ha de sulfate de potasse. Application des engrais au labour. Voir le tableau 34 pour les résultats.

Les rendements dans cet essai sont assez bas, probablement à cause de la pauvreté en matière organique et en éléments minéraux, mais aussi de l'attaque de *Meloidogyne*. Il y a un effet factoriel ($P = .05$) pour l'azote, la potasse et pour PK dans la première récolte et de l'azote pour le total. On peut conclure qu'une fumure de NPK est plus profitable. Notons que les doses d'engrais utilisées dans cet essai étaient assez faibles.

8.4.2. Comparaison d'urée, de sulfate d'ammoniaque et de NPK (10-10-20) en combinaison avec de la gadoue

Cet essai a le but de comparer l'influence de trois types d'engrais chimiques appliqués par arrosage, avec ou sans gadoue au labour. Terre de barre très

TABLEAU 34. Rendements de célosie en kg/10 m² de matière fraîche et rentabilité en F/10 m² d'un essai de fumures NPK sans fumure organique. Vente légumes à 8 F/kg. Bénéfices = vente minus coût engrais.

traitements	coût engrais F/10 m ²	rendements kg/10 m ²			bénéfices F/10 m ²
		récolte 1	récolte 2	total	
témoin	—	4,38a	11,19	15,57ab	125
N	5,5	6,44abc	12,51	18,95abc	146
P	3,6	4,54a	10,22	14,76a	114
K	3,4	5,38ab	10,41	15,79ab	123
NP	9,0	5,28ab	14,55	19,83abc	150
NK	8,8	6,01ab	14,56	20,57bc	156
PK	7,0	7,26bc	15,24	22,50c	173
NPK	12,4	8,97c	15,88	24,85c	186
sign. stat.		*	NS	*	

Table 34. Output of *Celosia* in kg/10 m² of fresh matter and rentability in F/10 m² in trial of NPK without organic manure. Sales of vegetables at 8 F/kg. Benefit = sales minus costs of fertiliser.

TABLEAU 35. Rendements de l'amarante en kg/10 m² de matière fraîche dans un essai factoriel avec de la gadoue et trois types d'engrais chimiques. Pourcentage de plantes attaquées par le *Choanephora* dans la récolte 2. Sign. stat. après transformation \sqrt{x} .

traitements	récolte 1	récolte 2	total	% <i>Choanephora</i>
1 témoin	2,94a	4,96ab	7,90a	36c
2 urée	4,31ab	5,26ab	9,57ab	41c
3 sulf. d'ammoniaque	2,19a	2,56a	4,75a	39c
4 NPK (10-10-20)	6,19b	9,66b	15,85b	11b
5 gadoue 60 t/ha	14,02c	19,14cd	33,16c	3a
6 gadoue + urée	17,92cd	19,30bc	37,22cd	3a
7 gadoue + sulf. d'ammoniaque	20,82d	19,36cd	40,18cd	1a
8 gadoue + NPK	22,06d	25,36cd	47,42d	1a
effets fact.:				
- gadoue	**	**	**	**
- engrais	**	*	**	**
- gadoue × engrais	*	NS	**	NS

Table 35. Output of amaranth in kg/10 m² of fresh matter in a factorial trial with town refuse and three types of fertilisers. Percentages of plants affected by *Choanephora* in the second harvest. Statistical significance after transformation \sqrt{x} .

dégradée. Repiquage de l'amarante cv. Fotète au 22 juillet 1970 à 20 × 20 cm; parcelles de 1,20 × 1,50 avec cinq répétitions. Applications fractionnées des engrais dans l'eau d'arrosage dix fois avant la première coupe et quatre fois avant la deuxième coupe. Les quantités sont choisies de façon que le nombre d'unités de N soit identique pour les trois engrais, soit 45 kg de N par ha. Récolte par coupe à 15 cm après 48 et 68 jours. Voir tableau 35.

Dans cet essai, l'interaction gadoue-engrais fut positive. La bonne réponse de la fumure de gadoue a été démontrée. Un fait remarquable dans cet essai est que, avant la première récolte, les parcelles avec sulfate d'ammoniaque sans gadoue apportée au préalable ont été violemment attaquées par *Choanephora* (voir chapitre 9); l'effet était significatif à 0,1%. A la deuxième récolte, toutes les parcelles sans gadoue étaient attaquées par cette maladie, mais les parcelles de NPK l'étaient moins que le témoin et les parcelles traitées par urée et sulfate d'ammoniaque (effet significatif à 0,1%). Apparemment, les plantes avec une nutrition minérale plus complète sont moins sensibles à cette maladie.

Les rendements bas des parcelles sans gadoue s'expliquent surtout par le manque de matière organique. Un apport de gadoue (ou d'une autre forme de fumure organique) semble être indispensable pour cette terre.

TABLEAU. 36. Effet d'un chaulage et d'une fumure de gadoue et d'engrais NPK. Rendements en kg/10 m² de matière fraîche.

	sans gadoue		avec gadoue	
	sans NPK	avec NPK	sans NPK	avec NPK
sans chaulage	17,0	25,3	30,7	27,6
avec chaulage	18,7	27,0	29,0	28,0
effets fact. :				
- gadoue		**		
- NPK		*		
- gadoue × NPK		*		

Table 36. Effect of liming and manuring with town refuse and fertiliser NPK. Output in kg/10 m² of fresh matter.

8.4.3. Effet de l'NPK, de la chaux, et de la gadoue

La terre de barre étant légèrement acide (cf. tableau 33), nous avons voulu tester l'effet de la chaux éteinte, un produit de déchet d'une industrie locale, pour lequel on ne paye que les frais de transport. Terre de barre peu dégradée. Repiquage de célosie cv. Avounvô Rouge début avril 1970, à 15 × 15 cm; parcelles de 1,20 × 2,00 m avec trois répétitions. Récolte par deux coupes en 56 jours. L'engrais NPK (12-12-17-2 MgO) était appliqué à la dose de 200 kg/ha au labour et 600 kg/ha dans l'eau d'arrosage. La gadoue (80 t/ha) et la chaux (1 t/ha) étaient appliquées au labour. Voir tableau 36.

Le chaulage n'a pas eu d'influence sur les rendements. Des déterminations du pH avant et après le chaulage n'ont pas été effectuées; il se peut que la dose de chaux éteinte ait été trop faible puisqu'elle augmente sensiblement le pH. La gadoue, et en moindre degré aussi l'engrais NPK, ont eu un effet favorable. L'interaction négative de l'NPK avec la gadoue est remarquable. Evidemment les doses de l'NPK et/ou de la gadoue ont été trop élevées, donc la combinaison de quantités élevées de la gadoue avec l'engrais NPK ne semble pas justifiée.

8.4.4. Comparaison de gadoue, de compost, de fumier de porcs et de fumier de canards

Essai sur terre de barre peu dégradée. Repiquage de célosie cv. Avounvô Rouge le 17 novembre 1970, à 20 × 20 cm; parcelles de 1,20 × 1,80 m avec huit répétitions. Récolte par deux coupes en 57 jours. Toutes les fumures furent appliquées à des doses de 55 t/ha de produit frais quelques jours avant le repiquage. Le compost, acheté à un villageois, était préparé par la mise en tas des ordures de ménage. Voir le tableau 37.

Le test de Duncan révèle des différences significatives entre l'application du fumier de canards avec les traitements 1, 2 et 3. La différence entre le compost, la gadoue et le fumier de porcs n'est pas significative, ni la différence entre le

TABLEAU 37. Rendements de célosie en kg/10 m² de matière fraîche dans un essai avec quatre types de fumures organiques. Différences sign. à 1%.

traitements	rendements
1 témoin	16,42a
2 gadoue	21,60b
3 compost	22,60b
4 fumier de porcs	24,02bc
5 fumier de canards	28,38c

Table 37. Output of Celosia in kg/10 m² of fresh matter in a trial with four types of organic manure. Differences sign. at 1%.

fumier de porcs et le fumier de canards. La gadoue se montre significativement meilleure que le témoin.

La meilleure fumure dans cet essai, le fumier de canards, est rarement disponible dans la région. La seule fumure disponible en grandes quantités pour les maraîchers autour des grandes villes est la gadoue. Voir la section 8.5 pour des données physico-chimiques sur la gadoue.

8.4.5. *Durée de l'effet de la gadoue et de l'engrais complet NPK, saison sèche*
Détermination de la durée de l'effet favorable de la gadoue et de l'engrais durant trois cultures successives de l'amarante, cv. Fotète récoltées par arrachage,

TABLEAU 38. Action d'une seule application de gadoue et d'engrais NPK (10-10-20) sur trois cultures successives d'amarante. Rendements en kg/10 m² de matière fraîche.

traitements		culture 1	culture 2	culture 3	total
1	sans gadoue sans NPK	0,52	1,25	0,59	2,36
2	400 kg/ha NPK	1,24	2,72	0,95	4,92
3	800 kg/ha NPK	2,10	3,52	1,45	7,07
4	gadoue 25 /ha sans NPK	4,61	5,10	2,55	12,26
5	400 kg/ha NPK	5,22	4,97	2,42	12,61
6	800 kg/ha NPK	6,89	5,74	3,12	15,74
7	gadoue 50 t/ha sans NPK	9,07	6,23	3,81	19,11
8	400 kg/ha NPK	10,70	7,28	4,02	21,99
9	800 kg/ha NPK	12,06	7,83	3,80	23,68
effets fact.:					
- NPK		**	**	*	**
- gadoue		**	**	**	**
- NPK × gadoue		NS	NS	NS	NS

Table 38. Effects of a single application of refuse without or with NPK (10-10-20) on three successive cultivations of amaranth. Output in kg/10 m² of fresh matter.

chaque fois 28 jours après le repiquage. Essai factoriel 3×3 sur terre de barre très dégradée. Repiquage première culture le 26 octobre 1971; écartement 15×15 cm; parcelles de $1,20 \times 1,20$ m en six répétitions. Avant la première culture, la gadoue était enfouie au labour et l'engrais était légèrement incorporé par ratissage. Arrosages 6 mm par jour. Pour les résultats, voir tableau 38.

Aucune interaction n'apparut entre l'engrais et la gadoue, probablement parce que l'engrais des parcelles-témoins n'est pas lessivé pendant cette période (saison sèche). L'effet de la gadoue est plus prononcé que l'effet des engrais et encore bien visible dans la troisième culture. La dégradation de la terre de barre surexploitée est bien illustrée par cet essai. Le témoin ne produit que très peu et seulement les parcelles avec gadoue 50 t/ha donnent des rendements presque normales dans la première culture. Dans la deuxième et surtout dans la troisième culture, la production a été très basse.

8.4.6. *Durée de l'effet de la gadoue et de l'engrais complet NPK, saison des pluies*

Un essai plus complet, soutenu par des analyses du sol et du produit récolté, a été exécuté sur le même terrain dégradé, utilisé pour l'essai susmentionné. Cet

PHOTO 10. Essai de fumures, une semaine après le repiquage. Parcelles de $1,5 \times 1,5$ m. Terre de barre dégradée.



Photo 10. Fertilizer trial, one week after transplanting. Plots of $1,5 \times 1,5$ m. Degraded 'terre de barre'.

essai était exécuté pendant la saison des pluies et il y avait un grand excès d'eau, entraînant des risques de lessivage d'éléments minéraux.

8.4.6.1. Protocole expérimental

L'essai factoriel 3×3 fut exécuté sur une terre de barre dégradé, en jachère depuis au moins six ans, avec une végétation grêle de Graminées et un peu de *Centrosema* sp. à quelques endroits.

Parcelles de $1,50 \times 1,50$ m avec six répétitions, écartement 15×15 cm. Seulement le milieu de chaque parcelle, 36 plantes sur 8100 cm^2 , était récolté par arrachage. Première culture: labour profond avec incorporation de la végétation; échantillonnage du sol; incorporation de la gadoue; épandage de NPK et ratissage; repiquage d'amarante cv. Fotètè au 30 juin 1973; récolte par arrachage après 30 jours. Une deuxième et troisième culture était faite après un labour léger; repiquage une semaine après la récolte précédente et récolte par arrachage après 30 jours. Précipitation pendant l'essai: 159 mm première culture; 78 mm deuxième culture; 201 mm troisième culture. Traitements:

- gadoue: sans; 50 t/ha; 100 t/ha
- engrais NPK (10-10-20) et sulfate d'ammoniaque: sans; 400 kg/ha (250 kg NPK et 150 kg s.a.); 800 kg/ha (500 kg NPK et 300 kg s.a.).

8.4.6.2. Résultats

Dans la première culture seulement les parcelles ayant reçu une haute dose de fumure ont bien réussi. Dans la deuxième et, davantage, dans la troisième culture, la croissance était généralement mauvaise. Dans la deuxième et la troisième culture, 4 à 26% des jeunes plantes mouraient par l'attaque de *Choanephora*: les pertes étaient plus élevées dans les traitements montrant une mauvaise croissance. La floraison avait commencé au moment de la récolte des deux dernières cultures: 10 à 23% des plantes avaient formé des inflorescences. La floraison était un peu plus avancé dans les parcelles montrant une mauvaise croissance.

Le pourcentage de la matière sèche était très variable. Notamment, dans la première récolte ce pourcentage était influencé par la fumure de gadoue et par le moment de la récolte, tandis que la fumure d'engrais n'avait pas d'influence. La teneur en matière sèche du premier bloc, récolté le matin à 8.00 h était 13,7% contre 17,0% pour le dernier bloc, récolté le soir à 16.00 h. Les parcelles sans gadoue avaient en moyenne 18,0% de mat. sèche contre 14,3% pour les parcelles fumées de 100 t/ha de gadoue. Pour plus d'exactitude, les rendements ont été présentés en matière sèche, voir tableau 39.

L'effet de la gadoue était encore remarquable dans la troisième culture, tandis que l'effet des engrais chimiques avait disparu déjà dans la deuxième culture. Une interaction positive très faible entre gadoue et engrais a été révélée dans la première culture: l'effet d'une dose élevée d'engrais est relativement faible lorsqu'elle n'est pas combinée avec de la matière organique. Cette interaction avait disparu dans la deuxième culture et fut légèrement négative dans la troisième culture. Il n'est pas impossible que les hauts rendements des parcelles

TABLEAU 39. Action d'une seule application de gadoue et d'engrais chimiques sur trois cultures successives d'amarante, récoltées par arrachage. Rendements en kg/ha de matière sèche.

fumures par ha		culture 1	culture 2	culture 3	total
1	sans gadoue sans engrais	217	99	103	419
2	engrais 400 kg	507	105	150	762
3	engrais 800 kg	523	97	113	733
4	gadoue 50 t sans engrais	605	263	308	1176
5	engrais 400 kg	1056	278	279	1613
6	engrais 800 kg	1378	205	244	1827
7	gadoue 100 t sans engrais	823	494	441	1758
8	engrais 400 kg	1293	368	280	1941
9	engrais 800 kg	1605	506	408	2519
effets fact.	engrais	*	NS	NS	**
	gadoue	*	**	**	**
	engrais × gadoue	P = . 20	NS	P = . 10	NS

Table 39. Effect of one application of town refuse and fertiliser on three successive plantings of amaranth, harvested by uprooting. Output in kg/ha dry matter.

avec de grandes doses d'engrais NPK dans la première culture aient épuisé le sol en certains éléments.

Les résultats des analyses chimiques du sol et du produit récolté sont présentés dans la section 8.6.3, balance apports-exportation.

8.4.7. Méthodes d'application de l'engrais, au labour ou dissout dans l'eau d'arrosage

L'arrosage avec une solution d'engrais est une méthode appliquée par certains maraîchers.

L'emploi de l'NPK (10-10-20) est préférable à l'urée et au sulfate d'ammoniaque (essai 8.5.2). L'inconvénient présenté par la solubilité difficile d'une partie de l'engrais complet est surmonté par le trempage de cet engrais dans une petite quantité d'eau quelques heures avant de diluer la solution dans l'eau de l'arrosoir.

D'autres expériences ont montré que les quantités de NPK (10-10-20) ajoutées à l'eau d'arrosage peuvent atteindre 1000 kg/ha pour une culture sans risques de brûlures des feuilles.

8.4.7.1. Comparaison entre l'application de NPK par épandage ou par arrosage; sable, petite dose de gadoue

Un essai fut exécuté chez des maraîchers, dans une terre très sableuse, (type la cf. tableau 33). Repiquage de l'amarante cv. Fotète au 3 mars 1971, à 10 × 10 cm; parcelles de 1,40 × 1,40 m, six répétitions. Récolte par arrachage après 21 jours. Voir tableau 40. La quantité totale d'engrais NPK (10-10-20) était 400

TABLEAU 40. Rendements de l'amarante fumée de gadoue avec une fumure complémentaire de NPK au labour ou par arrosage. En kg de matière fraîche par 10 m². Différences sign. à 1%.

traitements	rendements
1 témoin	13,0a
2 200 kg NPK au labour, 200 kg/ha par arrosage (à 3 et 6 jours)	22,0b
3 400 kg/ha NPK par arrosage (à 3 et 6 jours)	22,7b
4 400 kg/ha NPK par arrosage (à 3 et 15 jours)	22,9b
5 400 kg/ha NPK par arrosage (à 3, 6, 12 et 15 jours)	24,9bc
6 400 kg/ha NPK au labour	29,5c

Table 40. Output of amaranth manured with town refuse and with a complementary application of NPK before sowing or dissolved in the irrigation water. In kg of fresh matter per 10 m². Differences sign. at 1%.

kg/ha pour tous les traitements sauf le témoin. Gadoue 25 t/ha. Selon le test de Duncan, tous les traitements étaient meilleurs que le témoin, et l'NPK 400 kg/ha au labour était meilleur que l'application complète ou partielle par arrosage, excepté dans le traitement 5.

Les résultats de la méthode d'application pourraient dépendre premièrement de la pluviosité et de la quantité d'eau d'arrosage mais également du type de sol, facteurs qui déterminent surtout la profondeur sur laquelle la solution de l'engrais est entraînée et le moment de disponibilité en état de solution de l'engrais appliqué en granulé. Il importe que les éléments minéraux soient à la disposition des racines régulièrement et en petites quantités. Un dernier essai a été consacré à ce sujet.

8.4.7.2. L'influence des dosages et de la fréquence de l'application dans l'eau d'arrosage sur amaranthe

Essai factoriel $2 \times 2 \times 3$ sur terre de barre dégradée sans fumure organique. Repiquage de l'amarante cv. Fotète, le 16 juin 1970, (saison des pluies), à 20×20 cm; parcelles de $1,20 \times 1,50$ m avec cinq répétitions. Récolte par coupes après 35 et 63 jours.

Traitements:

1. avec ou sans engrais NPK (10-10-20) au labour: 400 kg/ha.
2. NPK par arrosage une ou deux fois par semaine.
3. 60, 120 ou 180 kg NPK par ha et par semaine.

Les résultats de l'essai sont représentés dans le tableau 41.

Les résultats principaux de cet essai sont:

- la quantité totale de l'engrais (au labour et pendant la culture) se montre comme le facteur le plus important pour la production totale
- l'application d'une partie de l'engrais au labour ne se montre pas meilleure que le tout dans l'eau d'arrosage
- une fréquence d'arrosages avec des engrais de deux fois par semaine n'est pas

TABLEAU 41. Rendements de l'amarante fumée de solutions de NPK (10-10-20), en kg/10 m² de matière fraîche. Bénéfices = vente amarante 10 F/kg minus achat engrais 27F/kg.

NPK au labour 420 kg/ha	fréquences arrosages NPK par semaine	dose NPK par semaine kg/ha	dose totale NPK kg/ha	rendements kg/10 m ²			bénéfices F
				coupe 1 (35 jours)	coupe 2 (63 jours)	total	
sans NPK	une fois	60	420	2,5	7,6	10,1	89
		120	840	5,0	12,0	17,0	147
		180	1.260	6,1	13,3	19,4	159
	deux fois	60	420	3,1	9,8	12,9	117
		120	840	5,9	10,8	16,7	144
		180	1.260	7,3	13,9	21,2	177
avec NPK	une fois	60	840	5,5	9,9	15,4	132
		120	1.260	6,0	10,4	16,4	130
		180	1.680	8,1	13,4	21,5	169
	deux fois	60	840	5,0	10,7	15,7	135
		120	1.260	8,1	12,5	20,6	172
		180	1.680	8,0	13,3	21,3	167
sign. stat.				**	**	**	

Table 41. Output of amaranth fertilized with NPK (10-10-20), in kg/10 m² of fresh matter. Benefits = sales of amaranth 10 F/kg minus costs of fertiliser 27 F/kg.

- meilleure qu'une seule fois, sauf dans la première coupe sans engrais au labour
- l'application de l'engrais exclusivement par arrosage pendant la culture, deux fois par semaine une dose de 180 kg/ha, s'est montrée la plus profitable.

8.4.8. Observations sur les symptômes de carence

Des symptômes de carences ont été observés fréquemment dans les essais de fumures et dans les plantations maraîchères d'amarante et de célosie. On observe quatre types de carence :

- jaunissement des feuilles, d'abord des plus âgées. Carence d'azote (disparaît après l'application d'une fumure azotée). Sols pauvres.
- jaunissement des bordures des feuilles, également d'abord aux feuilles à la base. Carence de potasse (confirmée par des analyses foliaires, disparaît après une fumure de K). Sols pauvres.
- jaunissement du limbe entre les nervures des jeunes feuilles: cause inconnue.
- mauvaise croissance de jeunes plantes, associée à une couleur jaune pâle de toute la plante: cause inconnue (carence générale d'azote?, de soufre?, parasites du sol?).

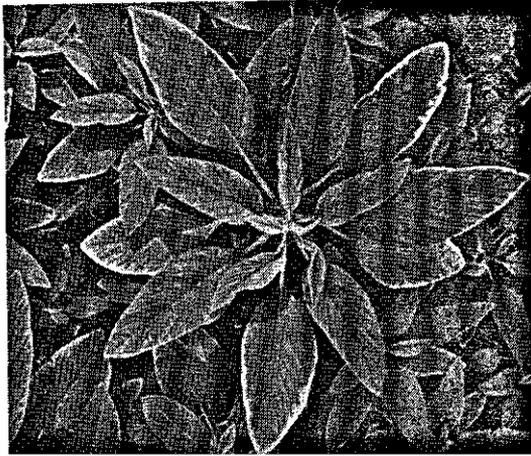


PHOTO 11. Carence de potassium (K) dans *Amaranthus cruentus* L. cv. Fotète.

Photo 11. Potassium deficiency in *Amaranthus cruentus* L. cv. Fotète.

Les symptômes de carences sont plus fréquents pendant la saison pluvieuse. Nous n'avons pas pu constater la présence des carences a, b et d sur les parcelles ayant reçu des doses élevées de gadoue fraîche, mais elles sont fréquentes dans les parcelles les plus pauvres. La carence c ne disparaît pas après une application de NPK, de magnésium, de manganèse ou de bore. Les symptômes sont communs pour les jeunes feuilles de l'amarante, même bien fumée de gadoue, et deviennent graduellement plus vagues. Une carence (temporaire) de Fe ne peut pas être exclue (cf. tableau 33). Les données sur la nature des maladies de carence dans l'amarante sont insuffisantes pour en tirer des conclusions plus exactes.

8.4.9. *Résumé des résultats*

Les expérimentations ont mené aux conclusions suivantes :

1. l'amarante (et de même la célosie) répond très bien à une fumure chimique de NPK. La formule NPK (10-10-20) se montre très appropriée.
2. la gadoue fraîche constitue une bonne fumure organique. Des symptômes indiquant l'immobilisation temporaire de l'azote ne furent pas constatés.
3. la maladie *Choanephora* de l'amarante est moins fréquente dans les parcelles bien fumées de gadoue et/ou d'engrais complet NPK. La maladie semble être favorisée par le sulfate d'ammoniaque.
4. l'interaction de l'engrais complet NPK et de la gadoue est parfois positive (cf. 8.4.2, saison des pluies; cf. 8.4.6, saison des pluies, première culture), parfois négative (cf. 8.4.3, saison sèche, grande dose de gadoue; cf. 8.4.6, troisième culture), parfois non-existante (cf. 8.4.5, saison sèche; cf. 8.4.6, deuxième culture), en fonction des circonstances: saison, état du sol, dose de gadoue, durée de la culture.
5. la durée de l'action de la gadoue fraîche s'étend à au moins trois cultures successives de l'amarante. L'action des engrais par contre a une durée plus courte, surtout en saison des pluies (cf. 8.4.6).

6. la fumure organique paraît indispensable pour obtenir des rendements élevés d'amarante sur une terre pauvre en matière organique.
7. une fumure de 25 t/ha de gadoue avec 400 kg/ha d'engrais complet NPK (10-10-20) paraît donner des rendements acceptables. Sur une terre très pauvre, la dose de gadoue peut être doublée. Grosso modo, l'effet fertilisant de 1 kg d'engrais complet NPK équivaut celui de 50 à 100 kg de gadoue, mais au delà de 50 t/ha de gadoue, la réponse à l'engrais chimique décroît.
8. il n'est pas suffisamment clair s'il est recommandable de donner une fraction de l'engrais NPK au labour et le restant à plusieurs reprises en solution dans l'eau d'arrosage pendant la culture (ou bien en granulé sur le sol si le développement des feuilles le permet encore). Probablement pour la culture de 3 à 4 semaines et la récolte par arrachage, il serait mieux conseillé de donner tout l'engrais au labour, avant le repiquage.

8.5. REMARQUES SUR L'EMPLOI DE LA GADOUÉ

8.5.1. Introduction

La gadoue est la fumure organique la plus importante pour les maraîchers autour des villes. Les camions du service communal de la voirie ramassent les tas d'ordures aux marchés et aux bords des rues et transportent cette gadoue vers les terrains des maraîchers, dans un périmètre de dix km. Ceux-ci payent une faible indemnité, de 250 à 500 F/camion de 2 t en fonction de la distance parcourue. Les cultivateurs incorporent 25 à 50 kg par planche de 10 m² pour chaque culture d'amarante. La composition de la gadoue est très hétérogène et variable, ce qui rend difficile l'interprétation des résultats et la comparaison avec d'autres fumures organiques. Toutefois, l'effet de l'immobilisation temporaire de l'azote minérale par l'incorporation de matière organique ne paraît pas important, probablement à cause de la température élevée du sol qui accélère la décomposition et du rapport C/N très bas. D'après ROCHE (1970) et OLIVER et NGO CHAN BANG (1970), même l'incorporation de paille de riz ne peut causer qu'un blocage de courte durée, une à deux semaines. D'autre part, il est difficile de considérer séparément les deux effets positifs de la matière organique: la libération graduelle des éléments minéraux et l'amélioration des qualités physiques du sol. Ils remarquent que la matière organique permet probablement une meilleure mise de l'azote minérale (engrais) à la disposition des plantes.

Une usine de fabrication de compost avec les ordures de ville existe entre autres à Abidjan (Côte d'Ivoire). Ce compost produit par un procédé fortement mécanisé est une fumure de luxe, trop cher pour être utilisé par les maraîchers indigènes. Un effort plus réaliste de composter les ordures selon la méthode Indienne 'Indore' a été décrit par WILSON (1948, 1957) pour l'Afrique de l'Est. D'ailleurs, beaucoup d'exemples sont disponibles pour les régions tropicales de l'Asie.

Les raisons pour lesquelles l'emploi de la gadoue fraîche est souvent déconseillée sont les suivantes:

1. trop volumineuse, transport et enfouissement difficiles
2. pas hygiénique, risque de maladies (dysentérie, vers parasites)
3. raisons phytosanitaires (vers gris, champignons du sol, graines de mauvaises herbes)
4. immobilisation de l'azote minérale (effet fertilisant négatif).

Contre la fabrication de compost, des pertes importantes, qui vont parfois jusqu'à 50 % de C et de N pendant le processus (RUSSELL, 1961), et également le coût élevé en main d'oeuvre. EDEN (1964) note que la décomposition de matériel ayant un rapport C/N bas (> 30) n'est que gaspillage et futilité. D'après COOKE (1947), l'utilisation d'ordures fraîches pour la culture d'amarante dans des campements de prisonniers de guerre était déconseillée à cause du risque de maladies, transmises par les mouches. Il décrit un système hygiénique de fabrication de compost dans lequel le développement de larves de mouches était empêché par une couverture épaisse de paille sèche sur les tas. On produisait environ une tonne de compost en 45 jours avec deux tonnes de matériel frais composé de 74 % de déchets de cuisine, 18 % de paille, 3 % de fumier de poule, 1,4 % de cendres de bois et 3,6 % d'urine. L'application d'une tonne de ce

TABLEAU 42. Fractions de matériaux différents dans la gadoue de Cotonou (no. 1 et 2: SCHELHAAS, 1974) et de Porto-Novo (no. 3 et 4: SCHELHAAS, 1974; no. 5: GRUBBEN, 1971) en % de la matière sèche.

origine		1 Coto- nou	2 Coto- nou	3 Porto- Novo	4 Porto- Novo	5 Porto- Novo	moyen- ne
degré de décomposition		fraîche	peu décom- posé	fraîche	peu décom- posé	fraîche	
taux d'humidité	%	13,0	10,4	9,9	4,0	?	9,3
poids de 1 m ³ (mat.sèche)	t	0,61	1,01	0,34	0,57	0,43	0,59
1. terreau < 2 mm	%	84,6	94,9	68,8	79,0	57,3	76,9
2. feuilles	%	2,9	1,3	7,5	2,9	20,3	7,0
3. déchets organiques pelures etc.	%	1,5	0,1	2,0	2,2	7,5	2,7
4. bois, cordes, lianes	%	1,9	0,6	4,1	2,7	3,8	2,6
5. papier, tissu org.	%	0,5	0,1	0,9	0,1	2,4	0,8
6. cailloux	%	8,5	2,9	15,5	12,5	7,7	9,4
7. fer, verre, matière plastique, etc.	%	0,1	0,1	1,4	0,4	1,3	0,7

Table 42. Fractions of various materials estimated in the town refuse of Cotonou (no. 1 and 2: SCHELHAAS, 1974) and of Porto-Novo (no. 3 and 4: SCHELHAAS, 1974; no. 5: GRUBBEN, 1971) in % of the dry matter.

compost avec deux tonnes d'urine livrait une tonne d'amarante, produit comestible.

Les quatre désavantages nommés ci-dessus ne sont pas prépondérants pour les maraîchers de l'amarante au Dahomey. Toutefois, ils utilisent la gadoue peu décomposée telle qu'elle est livrée par la voirie. Notons aussi que l'essai de fumures 8.4.4 n'a pas montré de différence entre l'effet fertilisant de compost et celui de gadoue.

8.5.2. Valeur fertilisante de la gadoue

Des échantillons de gadoue étaient divisés en fractions par GRUBBEN (1971) et par SCHELHAAS (1974). Les résultats sont présentés dans le tableau 42 ci-dessus.

TABLEAU 43. Analyse chimique de la gadoue de Porto-Novo (matière sèche). D'après SCHELHAAS, 1974.

	terreau 68,8% fraction 1	débris org. 14,5% fractions 2-5	total 100% fractions 1-7
méthode I (extraction)			
pH-H ₂ O	8,5	-	-
extraction NH ₄ -acetate acide acétique (ppm)			
Ca	5655	7625	4996
Mg	785	2070	840
K	2300	7350	264
Na	705	2790	890
Fe	3	7	3
Al	2	7	2
Mn	76	100	67
SO ₄	180	4150	726
Cl	1000	3470	1191
NO ₃	135	560	174
NH ₄ dans 1 N KCl (ppm)	-	720	-
P-Olsen (ppm-P)	266	537	261
% C (Walkley-Black)	1,50	23,6	4,4
% N (Kjeldahl)	0,23	1,55	0,38
C/N	6,5	15,2	11,6
méthode II (détruction)			
% N total		1,40(?)	
% N nitrate		0,01	
P total (ppm)		2800	
P soluble dans H ₂ O (ppm)		600	
K (ppm)		9800	
Ca (ppm)		21000	
Mg (ppm)		2700	

Table 43. Chemical analyses of town refuse of Porto-Novo (dry matter). According to SCHELHAAS, 1974.

La valeur fertilisante de la fraction 'débris organiques' est très élevée, surtout si l'on considère la teneur totale (méthode II) d'éléments majeurs (N, P, K, Ca et Mg), supposant que la plus grande partie sera minéralisée graduellement. Dans la pratique, à brève échéance, il sera plus prudent de calculer l'apport total d'éléments à base de l'analyse-méthode I. La teneur en azote dans les débris organiques (méthode II, N = 1,40%) nous semble trop faible. La teneur moyenne de quatre autres échantillons fut 1,7%.

La plus grande fraction est celle de terreau < 2 mm. Cette fraction consiste principalement en balayures de terre. Elle a l'avantage d'absorber et de retenir les éléments minéraux apportés par l'urine et par les selles humaines. L'échantillon no. 5 diffère des autres échantillons par une fraction très élevée de feuilles, notamment de bananes et de *Thalia geniculata* L., utilisées pour l'emballage de vivres. Les analyses chimiques montrent que la teneur en éléments minéraux est beaucoup plus élevée dans cet échantillon par rapport aux autres (no. 1-4).

Dans le tableau 43, nous représentons le no. 3 (gadoue fraîche de Porto-Novo) comme exemple représentatif pour la fumure de l'amarante. La texture de la première fraction de cet échantillon, le terreau, est grossière (80% > 200 µ). Les fractions 2 à 5 sont considérées comme des débris organiques. No 6 et 7 ne sont pas décomposables. Le total a été calculé par l'addition du terreau et des débris organiques.

8.5.3. Fabrication de compost

La fabrication de compost à partir de la gadoue fraîche a été entreprise, afin de déterminer la durée du processus et les changements de la composition en minéraux. On a suivi la méthode décrite par GIBBERD (1962), au Nigéria, qui en grandes lignes est identique à celle décrite par WILSON (1948, 1957) pour l'Afrique de l'Est et qui est connu aux Indes comme le système Indore.

8.5.3.1. Matériel, méthodes

Du 22 mai jusqu'au 27 mai 1973, quatre tas de gadoue furent montés, voir le plan, figure 28. La hauteur des tas était de 1,80 m, la distance entre les tas était de 6 m. La gadoue fut achetée à la voirie de Porto-Novo. Pendant l'entassement au moyen d'une fourche, les manoeuvres ont enlevé les grands morceaux plus ou moins incompostables (cailloux, plastique, fer, gros morceaux de bois) ce qui faisait 5% environ du poids total. Dans le bas, on a étalé une mince couche de feuilles de palmiers (20 cm) afin d'aider l'aération. Là-dessus fut répandue la première couche de 25 cm de gadoue, ensuite un peu de sulfate d'ammoniac fut ajouté afin de stimuler la fermentation et de la chaux éteinte pour combattre une baisse du pH. Ensuite, on a arrosé abondamment et on a commencé à déposer la couche suivante. Arrivé à la hauteur désirée de 1,70 m on a couvert les tas de cinq cm de terre et cinq cm de paille par dessus. Après une semaine, la température à l'intérieur des tas était de 72 à 77°C. Après cinq semaines lorsqu'on a commencé le premier retournement, la température des tas était 60°C environ et la hauteur des tas était 1,40 m.

Au cours du premier retournement, la partie extérieure mal-décomposée

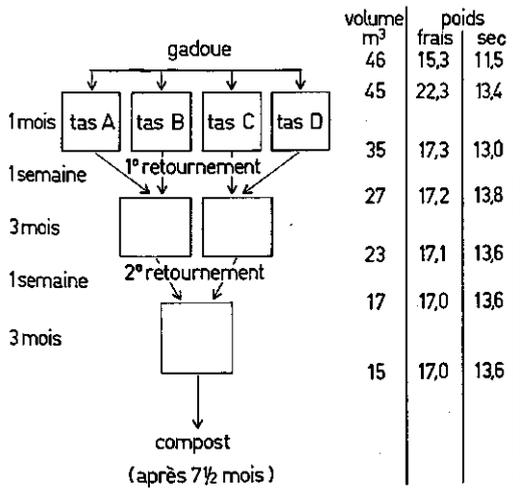


FIG. 28. Plan schématique de la fabrication de compost. Poids en tonnes.

Fig. 28. Scheme of the production of compost.

des quatre premiers tas a été mise à l'intérieur de deux nouveaux tas. On les a couvert de nouveau avec une couche de terre et de paille. La hauteur était de 1,80 m. Les premiers quinze jours, la température montait jusqu'à 58°C, puis elle descendait graduellement jusqu'à 40°C douze semaines après lors du deuxième retournement. A ce moment, les tas se montrèrent abaissés jusqu'à environ 1,50 m.

Au deuxième et dernier retournement, on a rassemblé les deux tas restants en un seul tas de 3 × 3 m, hauteur 1,80 m, que l'on a laissé en repos quelques mois encore. On n'a plus couvert ce tas avec de la paille ou de la terre. La température à l'intérieur du dernier tas excédait à peine la température extérieure. On a considéré le processus comme terminé sept mois après le commencement. La période des sept mois de décomposition comprenait la grande saison des pluies. Le compost résultant était noir et compact, mais pas assez court à cause de parties végétales fibreuses. En ce moment le tas avait une hauteur de 1,60 m.

8.5.3.2. Observations; caractéristiques de la décomposition

Au commencement, au cours des retournements et encore à la fin, des échantillons ont été pris dans des caisses de 30 × 30 cm afin d'estimer le poids volumique et le poids sec. Des échantillons séchés furent analysés au laboratoire de pédologie de l'Institut Royal pour les Régions Tropicales à Amsterdam. Voir le tableau 44 ci-dessous. Dans le calcul du poids sec, on a tenu compte de la couche de terre que l'on a ajoutée (environ 2,50 t), de la paille et des feuilles de palmiers (100 kg), du sulfate d'ammoniaque (90 kg) et de la chaux éteinte (160 kg). Le poids perdu par la décomposition (C, N, éléments lessivés) fut estimé à 800 kg. Tout le matériel ajouté à la gadoue fut graduellement incorporé dans le compost et fait donc partie des échantillons analysés.

Le tableau 44 montre d'abord que la gadoue possède une structure peu serrée, mais que le compost devient bien compact. On remarque ce changement au cours du processus de la décomposition. La fraction terreau (< 2 mm) est

TABLEAU 44. Caractéristiques physico-chimiques de la gadoue pendant la décomposition.

matériel		gadoue n = 4	1° retourne- ment n = 4	2° retourne- ment n = 1	compost ment n = 2
poids volumineux	t.m ⁻³	0,33	0,50	0,75	1,13
eau	%	25	25	20	20
poids sec	t	11,5	13,0	13,6	13,6
fractions	%				
1. terreau < 2 mm		49,5	49,5	61,4	73,6
2. mat. org. bien décomposable		43,6	42,1	35,4	20,7
3. mat org. dure		3,7	5,0	2,1	2,0
4. cailloux, plastique, fer etc.		3,2	3,3	1,0	3,7
composition chimique ⁶					
pH-H ₂ O		7,8	7,7	8,0	7,5
% N (Kjeldahl)		1,11	1,25	0,97	0,73
% C (Walkley & Black)		11,59	12,45	9,44	5,79
C/N		10,4	10,0	9,7	7,9
P (ppm)		1.520	1.790	1.596	1.146
K (ppm)		6.310	6.115	3.727	4.323
Ca (ppm)		16.531	13.801	15.728	14.054
Mg (ppm)		1.668	2.022	1.927	1.416

Table 44. Physical and chemical characteristics of the town refuse during the decomposition.

beaucoup plus importante dans le compost que dans la gadoue. Cette gadoue contenait 47,3% de débris organiques, ce qui est beaucoup plus élevé que la portion de débris organiques dans l'échantillon représenté dans le tableau 43, de sorte que la composition chimique est meilleure. La teneur en C et en azote a diminué fortement pendant la décomposition. On a perdu 33% de N et 44% de C. Dans l'ensemble, le quotient C/N baisse de 10,4 à 7,9. La valeur fertilisante du compost est inférieure à celle de la gadoue. Il y a probablement une perte considérable de K (30% environ).

8.5.3.3. Coût de la gadoue et du compost

Le coût de la gadoue et les frais de la fabrication du compost étaient comme suit:

- gadoue 23 camions à 300 F = 6.900 F pour 15,3 t = 451 F/t
- préparation tas no. 1
 - 49 jours main d'oeuvre à 150 F = 7.350 F
 - sulfate d'ammoniaque 90 kg à 25 F = 2.250 F
 - chaux éteinte 160 kg à 2 F = 320 F

⁶ Fraction 1 selon méthode I (extraction); fraction 2 + 3 selon méthode II (destruction), cf. tableau 43.

- préparation tas no. 2
26 jours main d'oeuvre à 150 F = 3.900 F
 - préparation tas no. 3
16 jours main d'oeuvre à 150 F = 2.400 F
- Frais totaux compost = 23.120 F pour 17 t = 1.360 F/t
- Apparemment, le prix du compost est trois fois plus élevé que celui de la gadoue.

8.5.4 Discussion et conclusions

Il est évident que la gadoue, bien que très hétérogène dans sa composition, est toujours plus ou moins riche en éléments minéraux. Le quotient C/N est inférieure à 20. D'après ALLISON (1973) l'immobilisation de l'azote minéralisée dans le sol résultant en un manque de N pour les plantes n'aura pas lieu si le quotient C/N est inférieur à 30.

L'essai de fabrication de compost selon le système Indore (décomposition aérobie) met en évidence que surtout les frais en main d'oeuvre sont prédominants et qu'il y a des pertes considérables de C, de N et de K. Cela confirme la conclusion de RUSSELL (1961) qu'il est désavantageux de laisser décomposer du matériel organique dans un tas tenant compte de la quantité de sels minéraux que l'on peut conserver en confiant directement le matériel à la terre.

Donc, avant de décider en faveur de la fabrication de compost, il faut bien peser et calculer tous les avantages et les désavantages. Probablement, l'aspect hygiénique poussera à une décision vers la fabrication du compost dans la plupart des cas. Pourtant il n'a pas été prouvé que l'enfouissement de gadoue fraîche entraîne plus de risques de maladies que la mise en tas pour la fabrication de compost.

En conclusion finale, on peut dire que les cultivateurs au Dahomey, jusqu'ici, ont bien raison de fumer avec de la gadoue fraîche, sans procéder à la fabrication du compost.

8.6. BALANCE APPORT-EXPORTATION

Dans ce paragraphe, nous voulons tenter de composer une balance des sels minéraux (N, P, K, Ca, Mg) des sols fumés de gadoue et utilisés pour la culture de l'amarante.

La quantité totale d'un élément minéral, apportée par une fumure de gadoue, peut être divisée en quatre parties:

1. exportation par la culture suivante de l'amarante
2. absorption par le sol sous forme échangeable
3. absorption par le sol sous forme fixée
4. pertes (lessivage, volatilisation de NH_4).

Les sels minéraux exportés par l'amarante proviennent partiellement aussi des réserves du sol. Il est évident que la situation est complexe et que la rédaction

d'une balance exacte n'est guère possible. Néanmoins, les données sont indicatives quant à la suffisance des apports sur une longue période avec plusieurs cultures d'amarante par an. Le sol sera enrichi davantage avec ces éléments minéraux, apportés par la gadoue, dont l'amarante utilise moins. On peut s'attendre également qu'une partie des éléments absorbés sous forme fixée se libère graduellement.

8.6.1. *Analyses chimiques du produit récolté*

Le tableau 45 donne la teneur en éléments minéraux de quelques échantillons de l'amarante et de la célosie, et par comparaison aussi de quelques autres légumes-feuilles. Les analyses ont été faites par le laboratoire de la Section de Chimie Agricole à Wageningen. Les feuilles de l'échantillon no. 1 ont été achetées au marché de Porto-Novo; voir la section 5.2 pour une description des six premières espèces. Les échantillons no. 2 à 5 proviennent de l'analyse de croissance, cf. section 5.3.

La teneur en azote totale est élevée dans les feuilles des sept espèces de no. 1, le moins dans celles de *Basella*. Le fait le plus remarquable est la chute de la teneur en N dans les feuilles des plantes âgées de l'amarante, no. 3, tandis que la célosie du même âge possède toujours une teneur élevée. Ce phénomène souligne la constatation du chapitre 5, que l'amarante vieillit plus vite que la célosie. Il est possible que l'amarante transporte une partie importante de l'azote dans les inflorescences lorsque la plante arrive à la fin de son cycle. Les jeunes tiges sont assez riches en N mais les vieilles tiges en contiennent peu. Dans les jeunes plantes de l'amarante et de la célosie, jusqu'à 10% de l'azote des feuilles et 40% de l'azote des tiges peuvent se présenter en forme de nitrate.

La teneur en phosphore dans les jeunes feuilles de l'amarante et de la célosie est de l'ordre de 6‰ mais diminue quand les plantes vieillissent. Les jeunes tiges et les racines ont la même teneur environ que les jeunes feuilles, mais les vieilles tiges ne contiennent que peu de P.

La teneur en K dans les jeunes tiges de l'amarante et de la célosie est notamment élevée (12 à 14%), mais cette teneur diminue fortement chez les vieilles plantes. Les feuilles contiennent 5 à 7% de K, ce qui est élevé mais pas exceptionnel.

La teneur en calcium est plus élevée dans les espèces amarante, célosie, *Basella* et *Talinum*, qui contiennent la plus grande dose d'acide oxalique (voir ch. 3 tableau 7). D'après les échantillons 2 à 5, les feuilles contiennent une plus grande quantité de Ca que les autres parties. L'amarante paraît plus riche en Ca que la célosie; les vieilles tiges ont une teneur basse par rapport aux jeunes tiges.

La teneur en magnésie est 4 à 6 fois plus élevée dans les espèces amarante, célosie, *Basella* et *Talinum* par rapport au *Corchorus*, au *Solanum* et à la laitue. La raison pourrait être la présence d'une plus grande quantité de chlorophylle dans les quatre premières espèces.

En résumé, on peut dire que l'amarante et la célosie exportent une quantité de N et de P qui se montre comme normale pour les légumes-feuilles. Quant aux

TABLEAU 45. Teneur en éléments minéraux en g par kg de matière sèche.

no	produit	N total	N en forme de NO ₃	P	K	Ca	Mg
1.	feuilles (légumes du marché)						
	- amarante cv. Fotète	46,1	4,7	5,7	61,5	26,4	19,3
	- célosie cv. Avounvô Vert	41,3	4,5	3,8	73,1	26,3	20,8
	- <i>Corchorus</i>	39,8	1,7	3,0	47,1	16,7	6,4
	- <i>Solanum</i>	52,1	2,4	3,2	42,4	8,2	5,0
	- <i>Basella</i>	34,4	0,7	3,6	56,5	28,4	17,2
	- <i>Talinum</i>	47,4	1,8	3,4	38,0	25,1	32,5
	- laitue (<i>Lactuca sativa</i> L.)	47,6	9,3	5,4	80,1	17,0	5,9
2.	amarante cv. Fotète (4 semaines)						
	- feuilles (50,6%)	44,9	2,7	6,0	50,3	28,0	16,5
	- tiges comestibles (6,1%)	28,5	7,4	7,1	124,8	15,0	7,9
	- tiges dures (28,1%)	19,1	8,0	6,2	119,8	13,7	5,7
	- racines (15,2%)	21,5	7,1	6,1	71,9	8,9	3,5
	- Moyenne par plante	33,1	5,2	6,1	77,7	20,3	11,0
3.	cf. 2 à l'âge de 12 semaines						
	- feuilles (14,6%)	22,0	1,0	2,6	52,8	31,5	18,1
	- tiges (35,8%)	3,2	0,4	0,7	38,8	3,7	1,5
	- racines (9,7%)	5,4	0,2	2,5	22,2	2,5	2,9
	- inflorescences (39,9%)	25,9	0,4	5,4	30,7	5,2	3,2
	- Moyenne par plante	15,2	0,5	3,0	36,0	8,2	4,7
4.	célosie cv. Avounvô Vert (4 semaines)						
	- feuilles (52,9%)	37,3	0,5	6,1	74,5	15,6	12,2
	- tiges comestibles (4,5%)	26,6	5,3	9,0	143,3	11,7	10,3
	- tiges dures (20,4%)	21,0	4,3	8,2	120,2	11,4	8,0
	- racines (22,2%)	11,1	3,3	4,0	56,2	3,7	2,4
	- Moyenne par plante	27,7	2,1	6,2	82,9	11,9	9,1
5.	cf. 4 à l'âge de 12 semaines						
	- feuilles (22,5%)	44,9	2,0	4,6	49,4	12,4	15,8
	- tiges (60,5%)	9,8	3,5	3,1	36,6	2,9	4,6
	- racines (14,6%)	8,1	3,8	2,9	28,0	2,6	2,8
	- inflorescences (2,3%)	26,2	0,5	4,7	23,0	3,8	4,8
	- Moyenne par plante	17,8	3,1	3,5	37,9	5,0	6,9

Table 45. Quantities of mineral elements in g per kg of dry matter.

éléments K, Ca et Mg on peut signaler un excès par rapport à quelques autres espèces. Lorsqu'on retourne les tiges et les racines (la partie non-comestible, no 2 et 4, sur le terrain, on y remettra approximativement 30% d'azote, 50% de phosphore, 65% de potasse, 30% de calcium et 30% de magnésium enlevés par la récolte des plantes entières.

8.6.2. *Analyses du sol, des fumures et du produit récolté dans un essai d'épuisement sur sol pauvre*

La teneur en éléments minéraux dans la matière sèche des plantes entières de l'essai 8.4.5 no 2 (moyenne de quatre échantillons de la première culture et deux échantillons de la troisième culture) fait l'objet du tableau 46. Pour être plus concis, seulement les extrêmes (sans gadoue et 100 t/ha de gadoue) ont été présentés.

La teneur en azote est assez stable, pas influencée par la gadoue et peu par les engrais. La teneur en phosphore varie largement et est pratiquement doublée par la gadoue, sans être influencée par les engrais. L'augmentation de la teneur en P pouvait être causée par l'augmentation de l'activité et de la quantité de racines, par conséquent un effet secondaire de la gadoue. Dans la première culture, la teneur en potasse des parcelles ayant reçu de la gadoue est plus élevée que dans les parcelles sans gadoue. L'engrais n' a pas eu d'effet sur la teneur en K. Remarquons que des symptômes de carence de potasse étaient les plus fréquents dans les parcelles sans gadoue. Les teneurs en calcium et en

TABLEAU 46. Teneur en éléments minéraux (% de la mat. sèche) de l'amarante fumée de gadoue et d'engrais chimiques.

élément	culture	sans gadoue		gadoue 100 t/ha	
		sans engrais	NPK 800 kg/ha	sans engrais	NPK 800 kg/ha
N	1	1,95	2,50	2,05	2,10
	3	2,00	2,20	2,50	2,35
P	1	0,145	0,160	0,335	0,305
	3	0,090	0,165	0,345	0,330
K	1	3,20	3,70	5,45	5,40
	3	2,35	3,20	3,15	3,00
Ca	1	1,20	1,01	1,65	1,25
	3	1,03	1,45	1,75	1,75
Mg	1	0,91	0,62	0,91	0,72
	3	0,84	0,60	1,40	1,30

effets fact.:			
	cultures	gadoue	NPK
N	NS	NS	*
P	NS	**	NS
K	**	**	NS
Ca	*	*	NS
Mg	*	*	NS

Table 46. Contents of mineral elements (% of dry matter) of amaranth manured with refuse and chemical fertiliser.

TABLEAU 47. Exportation d'éléments minéraux du sol par trois cultures successives de l'amarante, en kg/ha.

traitements		rendements matière sèche	exportation				
gadoue t/ha	engrais kg/ha		N	P	K	Ca	Mg
0	0	419	8,3	0,50	11,2	4,7	3,7
0	400	762	17,5	1,37	21,2	10,4	4,3
0	800	733	17,7	1,18	26,1	8,3	4,5
50	0	1.176	25,2	3,57	55,0	18,5	12,1
50	400	1.613	42,2	4,27	62,3	26,7	15,2
50	800	1.827	43,8	3,81	68,3	29,2	15,5
100	0	1.758	40,2	3,23	74,3	28,2	19,2
100	400	1.941	43,0	5,44	85,1	33,6	19,2
100	800	2.519	55,2	7,91	114,1	36,1	23,4
moyenne		1.416	32,6	3,48	57,5	21,7	13,1
en pourcentage		100	2,30	0,25	4,06	1,54	0,93

Table 47. Removal of mineral elements from the soil by three successive plantings of amaranth, in kg/ha.

magnésium ont été augmentées par la gadoue et sont plus élevées dans la dernière culture. Une estimation de l'exportation de ces éléments par l'amarante est représentée dans le tableau 47. Les teneurs de la troisième culture ont été utilisées également pour le calcul de l'exportation de la deuxième.

Des échantillons du sol ont été prises au commencement et à la fin de l'essai. Aussi la gadoue, les engrais et l'eau d'arrosage ont été analysés. L'eau d'arrosage

TABLEAU 48. Composition en éléments minéraux des fumures, en g/kg de mat. sèche.

	sulfate d'ammoniaque	NPK (10-10-20)	gadoue ⁷
N	207	98	8,18
P	0,3	42,8	0,60
K	1,5	186	2,77
Ca	1,3	51,4	6,51
Mg	0,1	0,4	0,71

Table 48. Composition (mineral elements) of fertiliser and town refuse, in g/kg dry matter.

⁷ Analyses de la gadoue: fraction terreau selon méthode I, bases échangeables extraction NH₄-acétate; fraction débris organiques (40%), méthode II, P soluble dans H₂O. Analyses du sol selon méthode I. Voir tableau 43.

ge (eau de puits) contient par litre 4 mg de Ca, 0,12 mg de Mg, 1,17 mg de K et 0,14 mg de N. Il fut donné environ 300 mm d'eau pendant l'expérimentation, ce qui apporte par m²: 42 mg N, 351 mg K, 1200 mg Ca et 36 mg Mg, donc des

TABLEAU 49. Balance en kg/ha d'éléments minéraux dans une parcelle cultivée trois fois de suite avec l'amarante après une seule application d'engrais et de gadoue. Sol couche 0-20 cm, 3×10^6 kg/ha, avant l'application des fumures et après la dernière récolte.

fumures	éléments minéraux	apport par la fumure A	exportation par l'amarante B	surplus A-B	sol départ C	sol fin D	enrichissement du sol D-C
sans	N	0	8	- 8	2340	2400	60
	P	0	0,5	- 0,5	24,9	22,2	- 2,7
	K	0	11	- 11	117	102	- 15
	Ca	0	5	- 5	507	504	- 3
	Mg	0	4	- 4	201	177	- 24
engrais 400 kg	N	56	18	38		1800	-540
	P	10,7	1,4	9,3	id.	26,1	1,2
	K	47	21	26		90	- 27
	Ca	13	10	3		432	- 75
	Mg	0	5	- 5		180	- 21
gadoue 50 t	N	368	25	343		2700	360
	P	27,0	3,6	23,4		25,1	1,2
	K	125	55	70	id.	120	3
	Ca	293	19	274		705	198
	Mg	32	12	20		183	- 22
engrais 400 kg + gadoue 50 t	N	424	42	382		3000	660
	P	37,7	4,3	33,4		34,70	9,3
	K	172	62	110	id.	114	- 3
	Ca	306	27	279		639	132
	Mg	32	15	17		177	- 24
gadoue 100 t	N	736	40	696		3000	660
	P	54,0	3,2	50,8	id.	53,7	28,8
	K	249	74	175		108	- 9
	Ca	586	28	558		1404	879
	Mg	64	19	45		237	36

Table 49. Balance of mineral elements in field with three successive plantings of amaranth on poor soil after one application of fertiliser and refuse. Soil 0-20 cm, before the application and after the last harvest.

quantités peu importantes comparées aux fumures, de sorte que nous les avons omises dans le raisonnement ci-dessous (tableau 48).

La rédaction d'une balance pour ces cinq éléments minéraux a été tenté dans le tableau 49. Sans fumures, la production est très basse et n'enlève que peu d'éléments. On remarque que les quantités de l'azote dans le sol après trois cultures ne correspondent pas toujours à la quantité attendue. Des erreurs ou des variations dans l'échantillonnage et dans les analyses sont possibles, mais les différences peuvent être causées également par des pertes, notamment le lessivage. Très probablement, ce lessivage aura eu lieu aussi pour K et en moindre degré pour P et Mg.

La quantité d'azote ajoutée par la gadoue est importante, mais une quantité minime seulement est immédiatement assimilable par la plante (seulement 1 % de l'azote est présente sous forme de NO_3) tandis que l'azote des engrais chimiques est complètement assimilable.

La quantité de phosphore ajouté par 50 t/ha de gadoue est importante mais pas toujours suffisante pour couvrir l'exportation par l'amarante. On ajoute beaucoup moins par l'engrais. Comme dans le cas de l'azote, les combinaisons chimiques du phosphore dans la gadoue sont plus stables que ceux dans les engrais.

L'exportation de la potasse en cas d'une bonne récolte représente une partie importante de K apportée par la fumure. L'élément est très mobile et la quantité mesurée à la fin de l'essai est inférieure de beaucoup à l'expectative.

La gadoue est très riche en Ca. Cet élément ne constitue pas un élément limitant. L'enrichissement du sol à la fin est remarquable.

La teneur en Mg dans la gadoue n'est pas très élevée et l'exportation est assez importante.

La fumure de gadoue peut sensiblement augmenter la teneur en C, comme il a été démontré dans le tableau 50 ci-dessous. On constate une diminution graduelle du pourcentage de C. Après trois mois, les parcelles ayant reçu la fumure de gadoue ont toujours l'avance sur les parcelles-témoins.

TABLEAU 50. Teneur en C d'un sol fumé de gadoue (80% mat. sèche dont 6,86% C). Entre parenthèses: nombre d'échantillons.

	% de C dans la couche 0-20 cm		
	après le labour	à un mois	à trois mois
sans gadoue	0,98(1)	0,83(6)	0,76(3)
gadoue 50 t/ha	1,07(1)	0,95(3)	0,85(3)
gadoue 100 t/ha	1,16(1)	1,00(3)	0,90(3)

Table 50. Contents of C of a soil manured with refuse (80% dry matter of which 6,86% of C). Between brackets: number of samples

TABLEAU 51. Apports en éléments minéraux majeurs en kg/ha par 50 t/ha de gadoue (mat. sèche 90%, 1980 kg de C, cf. tableau 43) et l'exportation par une culture d'amarante (mat. sèche 15%) récoltée par arrachage 25 t/ha (tableau 45 no. 2).

	apports gadoue 50 t/ha		exportation amarante 25 t/ha
	I extraction	I + II extr. + destr.	II déstruction
N kg/ha	171	164	124
P	12	27	23
K	119	135	291
Ca	225	312	76
Mg	38	42	41

Table 51. Supply of main mineral elements in kg/ha by 50 t/ha of town refuse (1980 kg of C) and removal by a culture of amaranth, harvested by uprooting, 25 t/ha (table 45 no.2).

8.6.3. Balance apport-exportation, vue à brève et à longue échéance

La terre de barre, utilisée dans l'essai d'épuisement décrit ci-dessus (8.4.5 no. 2 et 8.6.2) était très pauvre et les rendements étaient bas. Dans la pratique, on trouvera beaucoup de sols anthropiques, améliorés par des apports importants d'ordures pendant de dizaines d'années (cf. tableau 33, sable amélioré). Une tentative a été faite pour rapprocher les apports et les exportations pour ces sols qui donnent de bons rendements en légumes. On suppose un apport moyen de 50 t/ha de gadoue par culture d'amarante, récoltée par arrachage. Voir tableau 51.

Les éléments fertilisants en déficit dans cette approximation sur une courte période (méthode I, extraction) sont le phosphore et la potasse. A long terme (terreau méthode I, débris organiques méthode II) seulement la potasse paraît en déficit. On constate un grand surplus en calcium. Notons que le sable amélioré (type 1-a du tableau 33) est riche en Ca et relativement pauvre en potasse. Néanmoins, il s'agit d'un sol excellent pour le maraîchage permanent, si on n'omet pas l'application d'une fumure d'entretien pour chaque culture légumière.

CONCLUSIONS PRATIQUES, RECOMMANDATIONS

Dans ce chapitre, trois voies ont été suivies pour l'étude de la fertilisation de la culture de l'amarante:

1. les analyses du sol
2. les essais de fumures
3. l'exportation d'éléments minéraux par la récolte.

En gros, on distingue comme types de sol utilisés pour le maraîchage au Sud Dahomey, du sable, de la terre de barre et de l'argile riche en matière

organique. Sur le dernier type de sol, des fumures ne sont pas pratiquées car la haute fertilité est maintenue par l'inondation annuelle pendant la saison pluvieuse. Par contre, le sable et la terre de barre sont généralement si pauvres que des fumures de redressement sont nécessaires. On constate que les sols sablonneux utilisés pendant de dizaines d'années par les maraîchers et fumés régulièrement avec de la gadoue, sont devenus modérément fertiles. En premier lieu l'augmentation de la teneur en matière organique importe.

La gadoue constitue la fumure organique principale des maraîchers au Dahomey. Elle est généralement riche en éléments minéraux et possède un quotient C/N bas (< 15) de sorte que l'on puisse l'appliquer directement au sol. La fabrication de compost avec la gadoue est bien possible. L'avantage de ce compost, une fumure hygiénique et compacte, n'équivaut pas les désavantages d'un procédé laborieux et coûteux qui entraîne une perte considérable d'éléments minéraux, principalement de N, et de C. Un amendement de 50 t/ha de gadoue sur des sols pauvres suffit pour une culture d'amarante récoltée par arrachage, avec un rendement de 25 t/ha. L'effet fertilisant de la gadoue s'étend sur une période d'au moins trois mois, et des apports réguliers améliorent les qualités physiques et chimiques des sols pauvres (sable) et des terres de barre dégradées.

FIG. 29. Schéma de la rentabilité de l'engrais (50F/kg) pour une culture d'amarante (récoltée par arrachage après quatre semaines, vendu à 10 F/kg) sur un sol riche (A) et un sol pauvre (B).

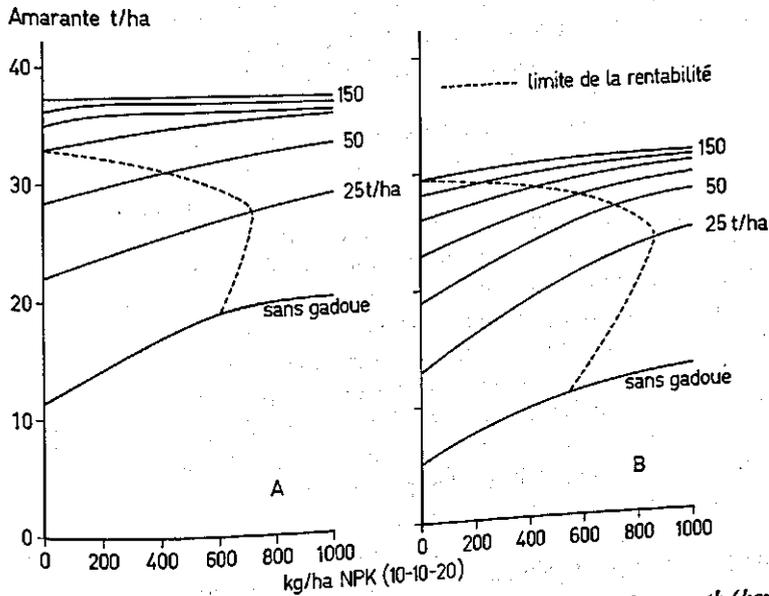


Fig. 29. Scheme of the rentability of fertiliser (50 F/kg) for a planting of amaranth (harvested by uprooting after four weeks, value 10 F/kg) at a rich soil (A) and a poor soil (B).

L'engrais chimique complet NPK (10-10-20) paraît une bonne formule pour l'amarante comme elle tient compte des besoins élevés en potasse. Un apport de 400 kg/ha par culture récoltée par arrachage et de 600 kg/ha par culture récoltée par des coupes successives est généralement recommandable pour les sols pauvres ou moyennement fertiles, si l'apport de matière organique (gadoue) est approximativement 25 t/ha. Dans la figure 29, il a été tenté d'illustrer la rentabilité de l'emploi de l'engrais NPK (10-10-20) en tenant compte de l'interchangeabilité partielle et l'interaction avec la gadoue. Les résultats des essais de fumures présentés dans ce chapitre sont trop restreints pour permettre une approximation algébrique bien fondée quant à la recommandation de fumures pour les différents types de sol. Toutefois, avec 25 t/ha de gadoue, la réponse à une dose élevée d'engrais sera meilleure que sans fumure organique.

Il n'a pas été suffisamment étudié, quelle méthode d'application de l'engrais est la plus profitable. OLIVIN et OCHS (1974) ont constaté qu'une concentration forte d'engrais accroît inutilement les pertes par lessivage, notamment de la potasse, ce qui argumente pour une application fractionnée. D'autre part, la culture de l'amarante, récoltée par arrachage, est d'une si courte durée que tout l'engrais peut être appliqué au labour, surtout si l'on applique en même temps une fumure organique et s'il n'y a pas un excès de pluies ou d'irrigation.

Les effets meilleurs de la fumure organique (gadoue) comparés à ceux de l'engrais chimique NPK dans les sols pauvres s'expliquent premièrement par l'apport en éléments autres que N, P et K, notamment Ca, Mg, Mn. Notons aussi l'augmentation du pH. Ensuite, l'amélioration des qualités physiques du sol doit être mentionnée: plus grand volume d'eau utilisable, meilleure aération, meilleure régulation de la température, meilleure structure pour le développement du système racinaire. Finalement, il a été remarqué que la gadoue augmente la résistance à la maladie *Choanephora* (cf. 8.4.2 et 9.3) et diminue les dégâts par les nématodes (cf. 9.6.2).

L'exportation d'éléments minéraux par une bonne culture d'amarante se montre élevée. Nous n'avons pas constaté des différences prononcées entre *Amaranthus* et *Celosia*, mais les analyses montrent des différences quant à la teneur en éléments majeurs entre les feuilles, les tiges, les racines et les inflorescences, et également entre des plantes jeunes ou plus vieilles. Les plantes d'un sol fertile montrent une teneur en P et en K beaucoup plus élevée que les plantes d'une culture sur un sol pauvre. On constate une analogie avec l'épinard (*Spinacia oleracea* L.), qui d'après DE GEUS (1973), aurait une consommation abondante et variable de minéraux, surtout de potassium, de sorte que les analyses foliaires ou les analyses des plantes récoltées ne donnent aucune information fiable concernant les besoins en éléments minéraux. Néanmoins, nous pensons que les analyses des plantes récoltées fournissent une bonne indication quant à la fumure d'entretien.

Il est devenu clair que la culture permanente de l'amarante sur des sols pauvres ne peut être pratiquée qu'avec des apports réguliers et importants d'une fumure organique. Si les quantités disponibles ne seraient pas suffisantes l'emploi de l'engrais chimique s'impose. Dans la pratique, les cultivateurs ne se

montrent pas facilement disposés à l'emploi des quantités importantes, nécessaires pour atteindre le maximum de la rentabilité. Ils sont retenus par le manque de pouvoir d'achat et par le prix élevé des engrais. Au Sud-Dahomey, le CFHN a pris les mesures suivantes aptes à stimuler l'emploi des engrais:

1. le choix d'un engrais complet N-P-K (10-10-20) généralement acceptable pour la culture l'amarante (et beaucoup d'autres légumes)
2. l'achat en gros
3. l'installation de petits dépôts chez les vulgarisateurs horticoles
4. la vente en détail (par kg) pour le prix de revient.

9. MALADIES ET ENNEMIS

9.1. GÉNÉRALITÉS

La culture des légumes Amaranthacées subit les influences d'un nombre d'aléas qui forment des facteurs limitant la production. La constatation de KNOTT et DEANON (1967) qu'il n'existe pas de problèmes sérieux d'insectes ou de maladies pour l'amarante, est peut être due au manque de données exactes. Toutefois, elle ne correspond pas à nos propres observations au Dahomey et dans d'autres pays Ouest-Africains.

Dans l'amarante, plus que dans la célosie, la fonte des semis est courante. Les cryptogames en cause sont *Pythium aphanidermatum* (Eds.) Fitzp. et *Rhizoctonia solani* Kühn décrits plus en détail dans la section 9.2. Ces deux champignons attaquent de nombreuses espèces de plantes maraîchères, mais il manque des mentions bibliographiques sur les légumes Amaranthacées. Pour l'amarante, la pourriture des feuilles et des jeunes tiges, causée par *Choanephora cucurbitarum* (Berk. et Rav.) Thaxt., a été signalée par plusieurs auteurs, entre autres dans les pays chauds en général par ROGER (1951), au Nigéria par SCHMIDT (1971) et aux Indes par RANGASWAMI (1972). Cette maladie est un facteur limitant pour la culture de l'amarante au Dahomey, de sorte que nous y consacrons plus d'attention dans la section 9.3. La célosie n'était pas, sinon très peu, attaquée par cette maladie. En revanche ce légume subissait des attaques, d'ailleurs rarement très graves, de *Cercospora* sp.⁸ causant des tâches rondes avec des bordures rouges qui grandissent, surtout au bord du limbe, causant ainsi la perte des plus vieilles feuilles. CHUPP (1953) nomme des espèces d'*Amaranthus*, entre autres *A. gangeticus*, comme hôtes pour *Cercospora brachiata* Ellis et Everhart (syn. *C. amaranti* Lobik). RANGASWAMI (1972) décrit comme plantes attaquées par *Cercospora beticola* Saccardo, champignon foliaire des *Chenopodiacees*, aussi *Amaranthus* sp. D'après cet auteur, les différentes espèces d'amarante, entre autres *Amaranthus viridis* L., seraient parfois sujettes à des dégâts par *Albugo bliti* (Biv.) Kuntze, mais nous n'avons pas observé ce champignon sur l'amarante au Dahomey. Il est bien fréquent sur les amarantes mauvaises herbes dans les régions méditerranéennes (MESSIAEN et LAFON, 1970) et a été observé sur *Celosia argentea* au Nigéria (VAN EPHENHUIJSEN, 1974). Des symptômes de brûlure des bourgeons, résultant en des feuilles déformées et raccourcies, étaient assez fréquents dans les plantations de célosie. Quoique nous n'ayons pu en déceler la cause, il n'est pas exclu qu'il s'agisse d'un cryptogame. Les symptômes font penser à *Colletotrichum capsici* (Butl. et Bis.) Syd. dont RAO (1969) a signalé la présence sur *Celosia cristata* L.

Les chenilles de *Hymenia recurvalis* F. provoquent des dégâts considérables

⁸ D'après BERGER (1974) il s'agit de *Cercospora celosiae* Sydow (voir CHUPP, 1953) et d'une espèce dont les spores ressemblent le *Cercospora canescens* Ellis et Martin; l'infection était mêlée à une infection de *Corynespora* sp. (*cassicola*?).

dans la culture de l'amarante en Mélanésie (SINGH, 1960), aux Indes (JOHNSON, 1968) en Afrique (RISBEC, 1950), au Nigéria (VAN EPENHUIJSEN, 1974). Nous avons constaté que cet insecte attaque gravement la culture des Amaranthacées au Dahomey (cf. section 9.4). Une autre chenille dévoratrice des feuilles, mais relativement peu importante, est *Prodenia litura* F.⁹. Les piqûres de plusieurs espèces de punaises, parmi lesquelles *Cletus capensis* W.⁹ et *Aspavia armigera* (?), causent de petites tâches claires sur les feuilles des jeunes plantes de l'amarante. Des dégâts par des sauterelles, spécialement le *Zonocerus variegatus* L.⁹ étaient parfois sérieux à des endroits entourés de broussailles. La coupure de jeunes plants dans les pépinières et après le repiquage était causée par des vers gris (*Agrotis* sp.), des courtilières (*Gryllotalpa gryllotalpa* L.), des mille-pattes, et surtout par des grillons de l'espèce *Brachytrypes membranaceus* Drury. Au Dahomey, l'insecte le plus important après *Hymenia* est sans doute le foreur des tiges, du genre *Lixus*, dont les larves creusent des galeries dans les tiges. Il est étonnant que des dégâts causés par ce coléoptère n'aient été rapportés davantage pour d'autres pays (cf. section 9.5). Nous avons constaté la présence de pucerons sur les feuilles de l'amarante et de la célosie, et une fois aussi de cochenilles sur les racines. VAN DINTHER (1960) a signalé des pucerons (*Aphis gossypii* Glov.) sur l'amarante cv. Klaroen au Surinam. Au Dahomey, les pucerons ne causaient pas de dégâts importants, quoique nous ayons remarqué occasionnellement des feuilles un peu déformées et ondulées. Ces symptômes pourraient être causés par les piqûres des pucerons dans les bourgeons.

PHATAK (1965) rapporte une maladie de virus sur l'amarante aux Indes, une mosaïque transmissible par la sève. Aussi RAMAKRISHNAN et al. (1971) et SINGH et al. (1972) décrivent des maladies à virus sur des espèces d'*Amaranthus* et de *Celosia* aux Indes, transmises par des pucerons *Aphis* sp. et *Myzus persicae* Sulz. Au Nigéria, l'amarante subit des dégâts par un virus, transmis par *Piesma dilutus* (VAN EPENHUIJSEN, 1974). Au Dahomey, les symptômes suspects de virus sur l'amarante et sur la célosie n'étaient jamais très graves. Notons que les Amaranthacées, spécialement *Amaranthus caudatus* L., sont utilisées fréquemment par les virologues comme des plantes indicatrices, notamment pour les virus des pommes de terre.

Finalement, nous prêterons attention aux dégâts causés par les nématodes, problème majeur des cultures maraîchères. Nous n'avons pas trouvé de mentions bibliographiques de dégâts sérieux pour l'amarante. Notons que l'amarante est cultivé par les maraîchers de Porto-Novo pendant des années sans rotation ou jachère. Déjà COOKE (1947) s'est étonné du fait que l'amarante ne montrait pas de symptômes de fatigue après cinq cultures successives. Nous avons remarqué (GRUBBEN, 1974) que des légumes de type européen très sensibles (laitue, carottes) souffraient relativement peu de *Meloidogyne* s'ils étaient cultivés en rotation avec l'amarante cv. Fotètè. En revanche, la célosie est très

⁹ Identification faite par la section Défenses des Cultures, Inst. Rech. Agr. Trop., 110 Rue de l'Université, Paris 7e.

sensible à ces nématodes. Dans la section 9.6, nous avons décrit plus en détail quelles sont les conséquences de ces phénomènes, aussi en rapport avec les différentes espèces et biotypes de *Meloidogyne* et d'autres nématodes phyto-parasitaires.

Le reste de ce chapitre a été consacré aux maladies, insectes et nématodes, facteurs limitant la production de l'amarante et de la célosie au Dahomey, respectivement :

- la fonte des semis (*Phythium*, *Rhizoctonia*) section 9.2
- la pourriture des feuilles et des tiges (*Choanephora cucurbitarum*) section 9.3
- la chenille des feuilles (*Hymenia recurvalis*) section 9.4
- le foreur des tiges (*Lixus*) section 9.5
- les nématodes (*Meloidogyne* e.a.) section 9.6.

9.2. FONTE DES SEMIS

9.2.1. Description

La fonte des semis cause des pertes considérables dans les pépinières d'amarante. Les plantules de 0 à 2 semaines périssent par suite d'une pourriture qui se manifeste d'abord sur la tige, souvent au niveau du collet (voir photo 12) et ensuite par le flétrissement de la plante. Les foyers d'infection s'agrandissent et se répandent de sorte que parfois la pépinière entière est perdue. Par temps sec, les feuilles des plantules attaquées brûissent et donnent une impression de brûlé. Par temps humide, les foyers sont couverts d'un mycélium gris, les plantes penchent vers le sol et pourrissent. Apparemment, la fonte est liée à l'humidité, étant donné qu'elle s'aggrave en saison pluvieuse et qu'on la trouve le plus fréquemment dans les endroits humides et ombragés. L'agent responsable de la fonte des semis de l'amarante est le plus souvent *Pythium aphanidermatum* (Eds.) Fitzp. Ce champignon est un parasite polyphyte pour les cultures maraîchères dans les pays chauds. BOISSON et RENARD (1967) le décrivent sur tomates et haricots en Côte d'Ivoire, comme un champignon stimulé par une température élevée (30-35°C) et une humidité relative supérieure à 85%.

Une autre forme de fonte des semis, plus rare que celle dont les symptômes sont décrits ci-dessus, se caractérise par une pourriture plus générale des jeunes plantes, avec de petits sclérotés noirs sur les feuilles mortes. Il s'agit de *Rhizoctonia solani* Kühn, un parasite polyphyte dans les cultures maraîchères, qui attaque aussi les feuilles de certaines plantes adultes, entre autre des haricots, de la salade et du chou.

9.2.2. Moyens de lutte

Les méthodes de lutte contre la fonte des semis dans les cultures maraîchères des pays tropicaux, selon BOISSON et RENARD (1967), sont :

- a. méthodes agronomiques: terrain bien drainé, surélévation des planches de semis si le terrain est trop humide, utilisation de fumures organiques bien décomposées, rotation des planches de semis,

b. désinfection du sol à la vapeur ou par des fumigants tels que le métam-sodium,

c. lutte curative avec des fongicides (thirame, zinèbe, captane) au moment de l'apparition des premiers symptômes, par arrosage.

Ces auteurs discutent le rôle de la matière organique dans le maintien des cryptogames pathogènes. La matière organique non-décomposée, surtout avec un rapport C/N élevé, réduit l'extension du *Rhizoctonia* mais favorise le *Sclerotium*. Selon nos observations, ce dernier champignon n'attaque pas l'amarante, mais se montre extrêmement agressif pour la plupart des légumes de type européen, plus que le rhizoctone. Ce phénomène est un argument de plus pour l'emploi de l'amarante sur la gadoue peu composée comme culture précédente des légumes de type européen.

9.2.3. Expérimentations et observations au Dahomey

Un essai fut installé le 8 décembre 1970; amarante cv. Fotètè; semis à la volée, 3 g par m²; parcelles de 1,20 × 1,20 m; cinq répétitions; terre de barre infectée. Observations trois semaines plus tard, avec des notations sur la croissance et la présence de fonte des semis, ici du *Pythium*. Voir le tableau 52.

Les résultats de cet essai montrent qu'il est difficile de lutter contre le *Pythium*, probablement puisqu'il s'agit d'un pathogène très polyphyte dont les infections peuvent facilement reparaitre après la désinfection. Le traitement curatif avec du zinèbe n'a pas donné satisfaction non plus.

C'est par la désinfection avec du métam-sodium (VAPAM) que nous avons obtenu la meilleure croissance et les meilleures plantules. Probablement l'effet est causé par la destruction d'autres parasites, notamment de nématodes (cf. section 9.6). De meilleures plantules furent obtenues également par une

TABLEAU 52. Essai de lutte contre la fonte des semis. Indice pour la croissance: 1 = très mauvais, petites plantules jaunies, inutilisables; 10 = excellent, plantules vert foncé, bien développées. Fonte des semis: 1 = toutes les plantules attaquées; 10 = plantules saines.

traitements	croissance	fonte
témoin	3,8a	4,7
gadoue 7 kg/m ² enfouie légèrement	6,7b	6,4
désinfection: - brûlage de paille sur sol mouillé	7,0b	4,9
- eau bouillante 10 l/m ²	4,3a	4,5
- métam-sodium 20 ml mat. act. par m ²	8,4b	6,2
lutte curative: zinèbe (3 jours après levée) arrosage 1 g mat.act. par m ²	4,0a	5,2
sign. stat.	*	NS

Table 52. Experiment on the control of die-back. Growth index: 1 = very bad, tiny yellow plants, useless; 10 = excellent, plants dark green, well-developed. Die-back: 1 = all plants affected; 10 = healthy plants.

fumure de gadoue et par le brûlage de paille sur le sol. Il se peut que l'effet du brûlage soit dû à la fertilisation par les cendres, plus qu'à la destruction d'organismes pathogènes.

Dans le jardin central du CFHN, les mesures suivantes furent expérimentées:

a. méthodes agronomiques:

- une grande quantité de semences (6 g/m²) est désavantageuse comparée à la quantité normale (2 g/m²) car un semis trop dense donne des plantules faibles facilement attaquées par la fonte,
- l'ombrage de la pépinière, surtout en saison pluvieuse, cause l'étiollement des plantules et rend le milieu plus humide, ce qui est propice à la fonte (cf. section 6.4.1.),
- une fumure de matière organique fraîche (gadoue) incorporée au labour, d'engrais chimiques enfouis superficiellement par sarclage, et du terreau ou du compost bien décomposé à la surface, rendent les plantules plus vigoureuses et moins sensibles à la fonte. Il n'est pas conseillé de laisser la gadoue à la surface,

b. désinfection du sol:

- un bon résultat fut obtenu avec le brûlage de paille sur la surface (effet fertilisant?), avec du métam-sodium et avec du dazomet; le prix élevé des deux fumigants rend l'introduction chez les maraîchers difficile,
- la désinfection du sol avec zinèbe et thirame avait peu de résultats,

c. la lutte curative par les fongicides: thirame, zinèbe, carbatène et manèbe donnaient peu de résultats; bénomyl était sans effet perceptible,

d. la désinfection des graines avec thirame: sans effets.

9.2.4. Conclusions pratiques

L'inefficacité relative des traitements hebdomadaires de carbamates contre la fonte des semis peut être due partiellement au lavage des feuilles par les pluies ou par les arrosages journaliers. Les traitements devraient être répétés fréquemment parce que les plantules forment constamment de nouvelles feuilles.

Dans la pratique, il est conseillé d'installer les pépinières de l'amarante à un endroit sur une terre légère, bien fumée et drainée, en plein soleil, sans abri (sauf comme protection des semences contre les fortes pluies). Pendant les périodes humides, lorsqu'il y a beaucoup de fonte des semis dans les pépinières de l'amarante, on pourrait brûler de la paille sur le sol mouillé ou désinfecter avec du dazomet, un produit moins toxique et plus facilement applicable que le métam-sodium. Des traitements répétés des pépinières au moins deux fois par semaine avec des dithiocarbamates ralentissent le développement du *Pythium*.

9.3 POURRITURE HUMIDE: CHOANEPHORA

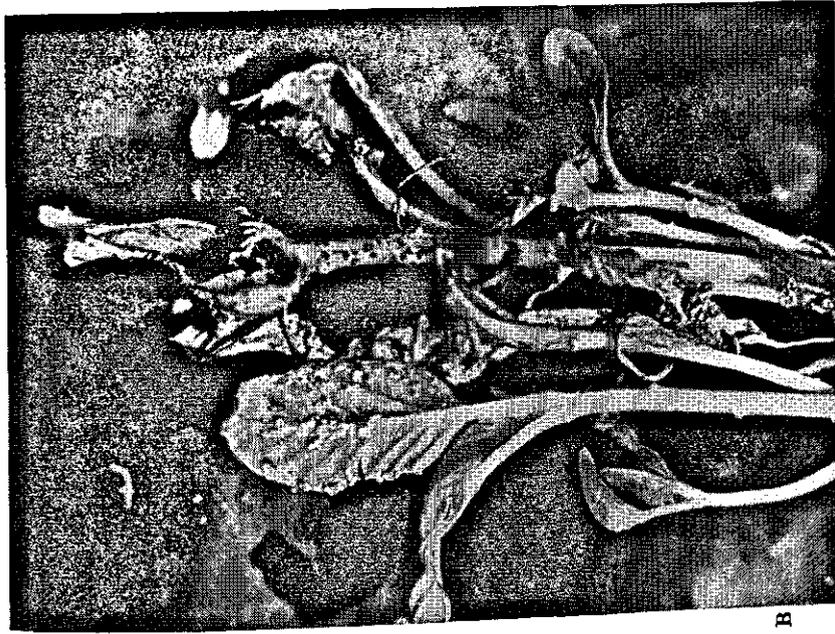
9.3.1. Description

Choanephora cucurbitarum (Berkely et Ravenal) Thaxter, la cause de la maladie principale de l'amarante, la pourriture humide des feuilles et des jeunes tiges,

PHOTO 12. Fonte des semis dans les plantules d'amarante.
 A = *Pythium* causant des taches au pied (flèche). Les plantules à gauche
 sont saines.
 B = *Rhizoctonia*.



Photo 12. Damping-off in young amaranth plants.
 A = *Pythium* causing spots at the stem bases (arrow). Healthy plants at
 the left.
 B = *Rhizoctonia*.



est bien connue comme parasite des fleurs et des fruits des Cucurbitacées dans les pays chauds (MESSIAEN et LAFON, 1970). D'après ROGER (1951) le *Choanephora cucurbitarum* attaque le gombo, le coton, le piment, les papayers, le taro, les niébés, le manioc, le sorgho, les *Cucurbitacées* et l'amarante. La maladie attaque parfois les feuilles, mais plus souvent les parties florales et les fruits. La propagation des spores, dont le *Choanephora* est apte à former quatre espèces distinctes, est faite par des insectes, par le vent et par l'eau (CHUPP et SHERF, 1960). Ce champignon saprophyte est très répandu sur les débris végétaux aux premiers stades de leur décomposition (BOISSON et RENARD, 1967). Les symptômes sur les feuilles et les jeunes tiges de l'amarante sont faciles à reconnaître: une pourriture molle est couverte de sporangiophores grises qui portent des sporangioles noires (voir photo 13).

Nous avons observé que la maladie est fréquente par temps chaud et humide, surtout au commencement de la grande saison pluvieuse (mars-avril) et à la fin de la petite saison pluvieuse (décembre). Au cours de la grande saison pluvieuse la maladie devient plus rare, probablement à cause de la chute de la température moyenne. Le *Choanephora* fait de ravages parfois déjà dans les pépinières mais le plus souvent dans les jeunes plantations. Les maraîchers repiquent très serré, en considérant que l'éclaircissage de 25 à 50% des plantules sera faite par le *Choanephora* (cf. 7.2.1).

La maladie se manifeste souvent sur les sections des tiges récoltées par coupe. Les plantes jeunes ou faibles périssent. Les plus grandes ou vigoureuses peuvent se défendre par la production de branches secondaires, tandis que la partie attaquée dessèche. La réduction des rendements peut monter à 50% tandis que la qualité du produit récolté est également affectée. La fumure de sulfate d'ammoniaque par arrosage sur les feuilles (cf. section 8.4.2) et également l'épandage de cendres pour chasser les chenilles, peuvent stimuler l'apparition de *Choanephora*, mais nous n'avons pas d'explication satisfaisante sur ces phénomènes. Parfois, la maladie est transmise par contact de feuilles attaquées avec des feuilles d'une plante voisine. Pourtant, la maladie n'est pas spécialement contagieuse par contact, puisque l'infection est normalement répandue sur toute une plantation sans foyers bien limités.

Choanephora est un parasite de faiblesse. Dans les essais de fumure, les plantes bien fumées étaient les moins attaquées (cf. section 8.4). FERY et CUTHBERT (1972) ont remarqué, dans les niébés, que la pourriture de *Choanephora* est liée au nombre de blessures causées par les insectes. Nous avons observé que la maladie s'installe facilement sur les plantes d'amarante endommagées par les insectes.

A quelques reprises, les analyses de morceaux de tiges ont donné naissance à une culture de *Fusarium semitectum* Berk. et Rav.¹⁰. BOOTH (1971) décrit ce *Fusarium* très commun dans les pays chauds comme un intrus secondaire des plantes malades, mais parfois pathogène de lui-même. Il peut provoquer des

¹⁰ Détermination par G. WESTSTEIJN, Proefstation voor de Groenten- en Fruitteelt onder Glas, Naaldwijk, Hollande.

PHOTO 13. *Choanephora cucurbitarum* sur le point de coupe d'une tige et sur une jeune ramification.



Photo 13. *Choanephora cucurbitarum* on the point of cutting of a stem and a young branch.

symptômes de pourriture sèche, brun-noir sur les gousses de soja (SAHARAN et GUPTA, 1972) ce qui ressemble aux symptômes de pourriture sèche en zones verticales sur les pétioles et les tiges de l'amarante.

9.3.2. Moyens de lutte

Il est évident que le *Choanephora*, un champignon très polyphyte et partiellement saprophyte, est un parasite de faiblesse et de blessures, à combattre par des mesures agronomiques qui assurent une bonne croissance. Pas toutes les variétés sont sensibles dans la même mesure, comme il l'a été mentionné dans la section 11.5.3. Il est possible de limiter les dégâts par le choix d'une variété moins sensible.

La lutte chimique contre le *Choanephora* semble être peu expérimentée jusqu'à présent. Dans les pastèques, le cuivre a paru être protectrice contre le *Choanephora* (CHUPP et SHERF, 1960) tandis que récemment le botran s'est montré efficace comme produit préventif dans les haricots verts (MCMILLAN, 1972).

Ci-dessous se trouvent les résultats d'une application de fongicides. Repiquage de plantes saines d'amarante cv. Fotété à $7,5 \times 7,5$ cm sur des parcelles de $1,40 \times 1,40$ m², 27 mai 1971. Six répétitions. Traitements:

TABLEAU 53. Essai de lutte contre le *Choanephora*, test de cinq fongicides. Croissance 1 = très mauvais, 10 = excellent.

	après 19 jours		après 26 jours	
	% <i>Choane- phora</i>	croissance	% <i>Choane- phora</i>	croissance
1. thirame (sol)	23bc	4,6c	50bc	5,5
2. quintozène (sol)	43c	5,2bc	58c	5,7
3. bénomyl	33bc	6,3ab	46b	6,2
4. thiophénate	26b	6,8a	43b	5,9
5. manèbe + carbatène	9a	7,2a	13a	6,7
sign. stat.	**	**	**	NS

Table 53. Experimentation for control of *Choanephora*, test of five fungicides. Growth 1 = very bad, 10 = excellent.

1. thirame: poudre pour poudrage; traitement du sol avant le repiquage, 50 kg de mat. act. par ha
2. quintozène: poudre mouillable; traitement du sol avant le repiquage, 30 kg de mat. act. par ha
3. bénomyl: poudre mouillable; après 5, 12 et 19 jours, chaque fois 0,3 kg de mat. act. par ha
4. méthyl thiophanate: liquide pour pulvérisation; après 5, 12 et 19 jours, chaque fois 0,6 kg de mat. act. par ha
5. manèbe 64% + carbatène 16%: après 5, 12 et 19 jours, chaque fois 10 kg/ha.

L'essai ne fut par terminé à cause de dégâts mécaniques (récoltes clandestines) vers la fin, mais on a noté la croissance. Voir tableau 53 pour les résultats. Selon le test de Duncan, le traitement de manèbe + carbatène était le meilleur de tous, mais notons que la dose était très élevée. D'autres expérimentations dans le jardin central du CFHN ont montré qu'une dose de 3 kg/ha de ce produit répandue par des pulvérisations répétées chaque semaine peuvent bien limiter les dégâts du *Choanephora*. Il est recommandé de poursuivre les expérimentations.

9.4. CHENILLE DES FEUILLES (*HYMENIA RECURVALIS*)

9.4.1. Description

Les chenilles de *Hymenia recurvalis* F. (Lepidoptera, Pyralidae), sont présentes dans les cultures d'amarante et de célosie pendant toute l'année, mais le

plus souvent pendant les mois humides. La production est réduite et la qualité est sérieusement détériorée, voir photo 14. Les chenilles menues et lisses atteignent une longueur de 2 cm au maximum. Selon RIVNAY (1962), les oeufs, pondus sur la face inférieure des feuilles, éclosent après 3 à 5 jours. Le stade larvaire dure 10 à 15 jours. La chrysalide, enfermée dans un cocon tissé, se métamorphose dans la terre en 10 à 15 jours. Le papillon a des ailes brunes avec des traits blancs. Une femelle pond 50 à 400 oeufs. SINGH (1960), aux Iles Fiji, mentionne un cycle de vie de 18 à 21 jours.

L'espèce *Hymenia recurvalis* F. (syn. *H. fascialis* Z.) est cosmopolite tropicale et très polyphage, avec une préférence pour les *Chenopodiacees* et pour *Amaranthus* (RIVNAY, 1962; RISBEC, 1950). On l'appelle aussi 'Beet Webworm'. Sur l'amarante, les chenilles enroulent des feuilles à l'aide d'une toile et s'y réfugent. D'après DAMMERMAN (1929) les larves peuvent se métamorphoser sur la plante, mais nous n'avons pas observé ce phénomène sur l'amarante.

9.4.2. Moyens de lutte

Comme mentionné dans la section 2.3.4, les maraîchers au Dahomey appliquent traditionnellement la cendre de bois contre les chenilles, un procédé peu efficace. Certains utilisent des poudrages avec du DDT, du HCH ou du parathion. JOHNSON (1968) et BABU (1968) ont obtenu de parfaits résultats avec le thuricide (*Bacillus thuringiensis*) aux Indes. D'après JOHNSON, le lindane (stéréoisomère gamma de l'HCH) a eu une très bonne action, meilleure que celle du malathion. SINGH (1960) décrit un insecte parasitaire sur les larves de *Hymenia*, ce qui est prometteur pour la lutte biologique. Le CFHN a testé de nombreux produits, à la recherche d'un insecticide efficace, facile à appliquer, avec une toxicité faible. Le parathion et le DDT sont considérés comme trop dangereux, tandis que le HCH donne une odeur désagréable aux légumes. Ci-dessous une liste comparative des produits essayés (coût des produits commercialisés au Dahomey en F., prix de vente en détail 1972):

- a. bromophos. Liquide pour pulvérisation 40% mat.act.; 1 l/ha (1400 F), très efficace. En poudre pour poudrage 2% mat.act.; 20 kg/ha (5000 F), efficace.
- b. carbaryl. Poudre mouillable 85% mat.act.; 1 kg/ha (1200 F), très efficace.
- c. lindane. Poudre pour poudrage 0,6% mat.act.; 30 kg/ha (4200 F), assez efficace; risques de brûlures des feuilles si l'épandage est irrégulier.
- d. malathion. Efficace, bon marché non-utilisable à cause de l'odeur désagréable.
- e. pyrèthrine. Assez efficace, très coûteuse.
- f. tétrachlorevinphos: Assez efficace, assez coûteux, non-utilisable à cause d'un léger effet phytotoxique pour l'amarante.
- g. thuricide (*Bacillus thuringiensis*): Efficace, très coûteux.
- h. trichlorfon. Assez efficace, assez coûteux.

Les produits bromophos, carbaryl et lindane ont été choisis par le CFHN et

PHOTO 14. Une chenille de *Hymenia recurvalis* (flèche) causant des dégâts à une plante d'amarante.



Photo 14. A caterpillar of *Hymenia recurvalis* (arrow) damaging an amaranth plant.

sont actuellement vendus aux maraîchers. L'application en pulvérisation est moins chère qu'en poudrage mais nécessite l'emploi d'un pulvérisateur tandis que le poudrage peut être fait en épandant la poudre avec la main.

9.5. FOREUR DES TIGES (*LIXUS* SP.)

9.5.1. Description

Les larves d'une espèce du genre *Lixus* (Coleoptera, Curculionidae), très probablement *Lixus truncatulus* F., creusent des galeries dans la partie basale de la tige de l'amarante et affaiblissent les plantes. L'adulte, 7 à 12 mm de long, noir, est couvert d'un duvet noir ou doré. Le cycle de vie est comme suit (AHMAD, 1938). La femelle pond un oeuf dans une petite cavité creusée dans l'écorce de la tige, qu'elle couvre ensuite avec un bouchon de salive et de tissu mâché de la plante. Une femelle pond 200 oeufs environ. Après quelques jours, l'éclosion s'effectue. Graduellement la larve creuse vers la base et s'arrête à la fin de son développement pour se transformer en puppe dans un élargissement du bout de la galerie. La durée des stades est très variable, en fonction de la température. Au Dahomey, dans l'amarante, nous avons observé que le stade larvaire prend 20 à 30 jours, et le stade de la puppe dure 5 à 9 jours. On trouve parfois une dizaine de larves à la fois dans une plante d'amarante suffisamment grande. La

PHOTO 15. Dégâts à la tige d'amarante par le foreur *Lixus trunculatus*. Note la larve (flèche).

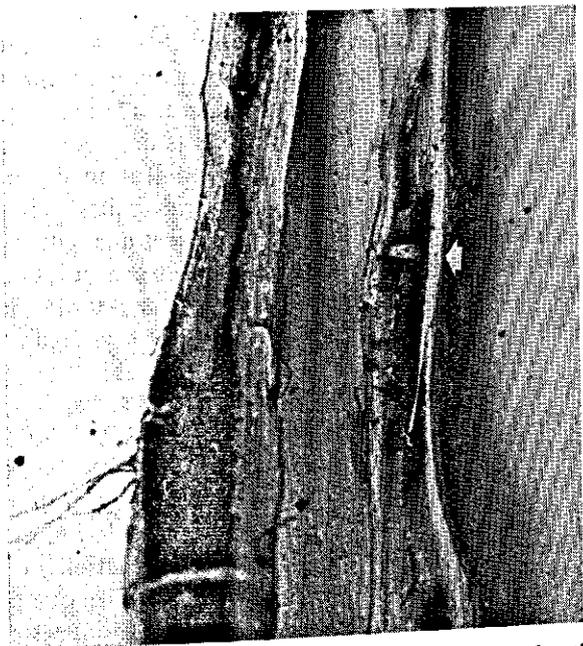


Photo 15. Damage of a stem of amaranth by the borer *Lixus trunculatus*. Note the larva (arrow).

partie basale des plantes avec des pupes se gonfle. La réduction de la production par une attaque grave est de l'ordre de 25%. Les dégâts sont plus sérieux dans le cas où l'attaque commence dans les pépinières sur des plantules de deux semaines environ. Aux Indes, AHMAD (1938) décrit un nombre d'insectes, parasites de *Lixus truncatulus*, qui réduisent les dégâts.

9.5.2. Moyens de lutte

Il nous semble utile de brûler les vieux pieds attaqués, malgré le fait que les jeunes coléoptères y sont déjà échappés en partie, et que les plantes hôtes, telles que *Amaranthus spinosus* L. sont presque toujours présentes dans la végétation spontanée. Les dégâts sont généralement moins importants pour l'amarante repiquée rapidement après deux semaines de pépinière et récoltée trois à quatre semaines après le repiquage par arrachage. Des traitements répétés une fois par semaine pendant les périodes d'attaques, avec les mêmes insecticides mentionnés pour le combat de *Hymenia*, se sont montrés efficaces.

9.6. NÉMATODES: MELOIDOGYNE

9.6.1. Introduction

Les dégâts causés par les nématodes, spécialement celles du genre *Meloido-*

gyne, sont un problème pressant pour la culture de légumes dans les régions tropicales. Les *Meloidogyne* provoquent des renflements et des tumeurs sur les racines, donc des symptômes facilement identifiables. Pourtant, les cultivateurs et souvent même les vulgarisateurs ignorent ces symptômes et attribuent abusivement la mauvaise croissance de leurs légumes à la pauvreté du sol.

Selon DE GUIRAN et NETSCHER (1970) les dégâts des *Meloidogyne*, parasites d'une grande ubiquité, sont causés par une modification du métabolisme de la plante. Les femelles qui se développent dans les galles, outre le détournement d'une partie des assimilates à leur profit, causent une réduction du système racinaire et une perturbation dans l'alimentation en eau, résultant en un aspect chétif de la plante, des feuilles réduites, une croissance retardée, le flétrissement à temps sec et souvent une plus grande sensibilité aux cryptogames. Voir photo 16.

Dans les cultures maraîchères au Dahomey nous avons remarqué comme plantes très sensibles: la célosie, la tomate, le gombo, la laitue, la carotte, la betterave, la baselle, le papayer. Moyennement sensibles étaient l'aubergine, la pomme de terre, le *Corchorus*, le concombre, le chou, le haricot vert. Peu et pas sensibles étaient: le piment, l'oignon, l'échalote, le poireau, l'amarante, le *Solanum*. Cette classification est basée sur la formation de galles sur les racines, associée à une mauvaise croissance. Il va sans dire que cet assortiment de plantes-hôtes dépend des cultivars des cultures mentionnées et des biotypes prévalents de *Meloidogyne*. Quoique des dégâts de *Meloidogyne* occurrent parfois sans qu'il y ait de symptômes d'hypertrophie (THORNE, 1961), l'énumération de plantes sensibles ci-dessus s'est révélée valable dans la rotation des cultures au Dahomey. Nous avons remarqué avant (GRUBBEN, 1974) que l'amarante cv. Fotètè est cultivée traditionnellement par les maraîchers autour de Porto-Novo, soit en permanence sur le même terrain, soit en rotation avec des légumes européens sensibles qui subissent relativement peu de dégâts de *Meloidogyne*.

Des analyses d'échantillons de terre provenant de maraîchers de Porto-Novo par le Service de Protection des Végétaux à Wageningen (tableau 54) ont montré quelques autres espèces de nématodes phytoparasitaires, e.a. des genres *Helicotylenchus*, *Rotylenchulus* et *Xiphinema* qui tous avaient peu d'importance par rapport aux *Meloidogyne*. CAVENESS (1967) au Nigéria nomme la célosie une plante-hôte excellente pour *Helicotylenchus cavenessi* et *H. pseudorobustus* pour lesquelles l'amarante était une bonne plante-hôte. L'amarante était attaquée par *Meloidogyne incognita acrita* et *M. javanica* et la célosie par *M. incognita* et par *M. incognita acrita*. NETSCHER (1970) a trouvé que *Meloidogyne javanica* et *M. incognita* sont les nématodes les plus désastreux dans les cultures maraîchères au Sénégal, quoiqu'il constate également la présence d'autres nématodes phytoparasitaires: *Trichodorus*, *Helicotylenchus*, *Rotylenchulus* et *Xiphinema*.

Les espèces du genre *Meloidogyne* sont très flexibles, le système de reproduction est mal connu et les critères de la détermination sont variables (FRANKLIN, 1972; NETSCHER, 1973). La lutte la plus logique, celle de la rotation de

TABLEAU 54. Nématodes phytoparasitaires dans des échantillons provenant des maraichers de Porto-Novo.

0 = absent + = peu ++ = moyen +++ = fréquent.

no échantillon	nombre	espèce
1. a. sol après célosie	++	<i>Meloidogyne</i> (larves)
b. racines célosie	+++	<i>Meloidogyne incognita</i>
	+	<i>Helicotylenchus</i>
2. a. sol après amarante	+	<i>Aphelenchus</i>
b. racines amarante	0	
3. a. sol après amarante	+	<i>Helicotylenchus</i>
b. sol après célosie	+	<i>Meloidogyne</i> (larves)
	+	<i>Helicotylenchus</i>
c. sol après laitue	+	<i>Meloidogyne</i> (larves)
	++	<i>Helicotylenchus</i>
4. a. 100 ml sol après amarante	60	<i>Meloidogyne</i> (larves)
b. 100 ml sol après célosie	185	<i>Meloidogyne</i> (larves)
	25	<i>Helicotylenchus, Tylenchorhynchus</i>
	5	<i>Pratylenchus</i>
c. 100 ml sol après crotalère	5	<i>Meloidogyne</i> (larves)
5. a. 100 ml sol désinfecté DD	5	<i>Meloidogyne</i> (larves)
	15	<i>Helicotylenchus</i>
b. 100 ml sol non-désinfecté	39	<i>Meloidogyne</i> (larves)
	94	<i>Helicotylenchus</i>
	9	<i>Rotylenchulus reniformis</i>
	3	<i>Xiphinema</i>
6. a. 100 ml sol après amarante	40	<i>Helicotylenchus</i>
b. 100 ml sol après célosie	5	<i>Meloidogyne</i> (larves)
	50	<i>Helicotylenchus</i>

Table 54. Phytoparasitic nematodes in soil samples originating from the vegetable growers of Porto-Novo.

cultures sensibles et non-sensibles, est rendue difficile par la présence en même temps de différentes espèces ou même de différents biotypes (souches, races physiologiques) d'une seule espèce. Actuellement, un test avec 27 biotypes sur différentes plantes-hôtes en cours à Wageningen, (MAAS, 1974) a déjà démontré que l'*Amaranthus caudatus* L. cv. Queue de Renard n'était pas attaqué par le biotype de *Meloidogyne incognita* de Porto-Novo mais bien attaqué par 15 autres de cet assortiment de 27 biotypes de *M. incognita* et de *M. javanica*. Le biotype de Porto-Novo attaquait la tomate, la patate et la pastèque mais n'attaquait pas l'arachide, le poivron et le tagète.

L'effet de *Meloidogyne* sur la croissance de la célosie cv. Avounvô Vert a été démontré par CAVENESS (1973). Les *Meloidogyne* en question étaient *M. incognita* (80%) et *M. javanica* (20%). Dans le sol infecté, le poids frais de la partie aérienne 74 jours après le semis était 47 g/pl contre 270 g/pl pour le sol désinfecté avec dichloropropane - dichloropropène (DD). Il n'y avait pas de *Meloi-*

dogyne dans les racines des plantes cultivées sur sol désinfecté. Par contre, les racines dans le sol non traité contenaient 3.589 adultes, 101.670 larves et 163.655 oeufs par 5 g.

9.6.2. Moyens de lutte

Nous nous bornerons aux moyens de lutte qui sont applicables dans le système de maraîchage autour des villes du Dahomey, avec référence spéciale à l'amarante et la célosie.

1. La rotation est le moyen de lutte classique contre les organismes pathogènes du sol. L'amarante cvs. Fotètè, Klaroen et la majorité des autres cultivars testés par nous ne souffraient pas des *Meloidogyne*. Sur un terrain infecté, les racines montrent parfois quelques petits renflements, tandis que la célosie est toujours violemment attaquée. Quelques variétés Indiennes, entre autres Lal Sag (*Amaranthus tricolor* L.), étaient modérément attaquées. Contrairement à l'amarante cv. Fotètè, il n'est pas possible de cultiver la célosie pendant plusieurs cycles de suite sur le même terrain. Voir photo 16. A part l'amarante, les maraîchers près des villes ne disposent pas de plantes utilisables dans la rotation qui sont intéressantes économiquement. Des cultures telles que les arachides ou le piment sont trop extensives, et le marché est trop restreint pour des

PHOTO 16. Système racinaire de *Celosia argentea* L. cv. Avounvô Vert violemment atteint de *Meloidogyne* (à droite). A côté *Amaranthus cruentus* L. cv. Fotètè, grandi sur la même parcelle, sans nodosités.

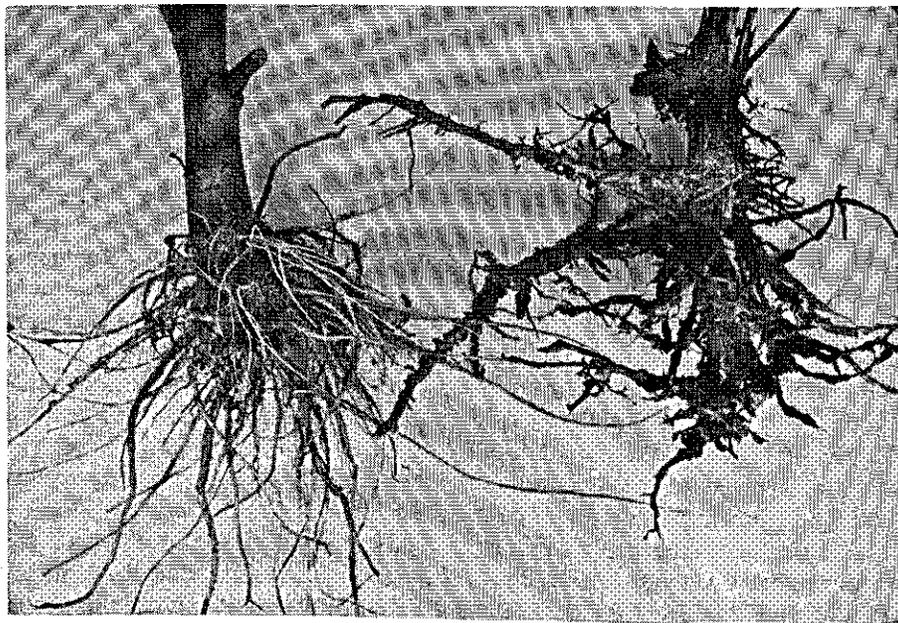


Photo 16. Root system of *Celosia argentea* L. cv. Avounvô Vert, heavily attacked by *Meloidogyne* (right). Left: *Amaranthus cruentus* L. cv. Fotètè, grown in the same field, without root knots.

légumes peu sensibles tels que les poireaux. D'autres légumes peu sensibles aux nématodes (*Solanum*, échalotes) souffrent trop des champignons du sol pour être utilisés fréquemment dans une rotation. Remarquons que la présence courante de la mauvaise herbe *Cyperus rotundus* L., rapportée comme hôte pour *Meloidogyne incognita* par BIRD et HOGGER (1973) pourrait aider à maintenir la population de *Meloidogyne*, quoique personnellement nous n'ayons pas observé de galles sur ces racines.

2. L'application de fumures organiques est connu pour son effet réducteur de la population de nématodes phytoparasitaires (DE GUIRAN et NETSCHER, 1970).

3. L'emploi de nématicides est coûteux et actuellement pas appliqué dans les cultures maraîchères au Dahomey et très peu dans les pays chauds. L'application exige des cultivateurs un niveau technique qu'ils n'ont pas encore. Spécialement la désinfection des pépinières est une mesure phytosanitaire qui pourrait être adoptée.

4. Une inondation fait rapidement périr les larves libres mais les oeufs dans les masses gélatineuses sont capables de résister pendant des mois dans un terrain inondé (DE GUIRAN, 1971). Toutefois, nous avons observé que l'inondation du terrain pendant plusieurs mois au cours de la saison pluvieuse réduit les dégâts dans les cultures de décrue. Cette constatation ne peut aider les cultivateurs que dans la mesure où ils ont le choix du terrain. Dans la vallée de l'Ouémé, inondée pendant 2 à 5 mois par an, des symptômes de *Meloidogyne* ne furent observés ni sur la célosie, ni sur tomates ou sur le gombo.

9.6.3. Essai de lutte par rotation et désinfection

9.6.3.1. Protocole expérimental

Terrain sablo-argileux. Culture précédente de célosie très attaquée. Parcelles de 2 × 2 m; quatre répétitions. Semis de crotalère et repiquage d'amarante et de célosie au 30 juillet 1973.

Traitements:

1. sans désinfection. Amarante cv. Fotète 15 × 15 cm.
2. sans désinfection. Célosie cv. Avounvô Vert 15 × 15 cm.
3. sans désinfection. Semis en lignes, crotalère (*Crotalaria juncea* L.)
4. dichloropropane – dichloropropène (DD) par injection à 15 cm de profondeur, 350 l/ha dix jours avant le repiquage d'amarante.
5. DD, célosie
6. DD, crotalère.

Récolte par arrachage après un mois (le terrain était partiellement inondé pendant quelques jours par de fortes pluies) suivie par un deuxième repiquage et semis. Récolte de l'amarante et de la célosie de la deuxième culture par coupe et semis. Récolte de la crotalère fut récoltée par coupe au ras du sol. Ensuite, toute la parcelle expérimentale fut implantée de célosie et récoltée par des coupes successives. Analyses des échantillons de sol et de racines par

la section de Nématologie de l'Institut National Agronomique et du Service de Protection des Végétaux (Plantenziektenkundige Dienst) à Wageningen.

9.6.3.2. Résultats et discussion

Les résultats des récoltes des trois cultures (amarante, célosie et crotalère) et ensuite de la célosie dans la culture suivante sont représentés dans le tableau 55, les analyses (seulement pour les *Meloidogyne*) dans le tableau 56.

La désinfection avec DD a bien réduit la population de larves de *Meloidogyne* et l'effet sur les premières récoltes de célosie est frappant. L'influence de ce traitement a disparu dans la troisième récolte de célosie et dans la culture suivante de célosie. Il n'y avait pas d'influence sur l'amarante et le crotalère, car ces espèces ont une aussi bonne production avec ou sans désinfection préalable. Le nombre de larves dans le sol au 19 octobre était faible par rapport au début de l'essai, probablement à cause du transport des échantillons sous de mauvaises conditions. Notons ici qu'il est normal que la population de larves fluctue largement pendant les saisons (SASSER et NUSBAUM, 1955). Aussi le nombre de nématodes dans les racines et l'indice d'infection forment une estimation du degré d'infection plus fiable. Evidemment, le nématicide n'a pas tué tous les nématodes (13% ont survécu) et en plus, les parcelles traitées peuvent avoir été vite réinfectées. La surface des parcelles n'a pas été suffisamment grande et des

TABLEAU 55. Rendements en matière fraîche (g/pl) d'amarante, de célosie et de crotalère et d'une culture suivante de célosie dans un essai de rotation et de désinfection. Test de FRIEDMAN.

	espèce	première culture			culture suivante de célosie		
		récoltes			récoltes		
		1 28 août	2 21 sept.	3 19 oct.	1 27 déc.	2 14 févr.	3 18 mars
1. sans DD	amarante	39,0	59,3	32,5	97,8	44,5	38,3
2. sans DD	célosie	24,8	28,3	68,3	86,8	45,8	38,8
3. sans DD	crotalère	-	-	22,3	100,5	55,5	33,3
4. avec DD	amarante	42,3	71,8	36,5	90,5	59,3	42,0
5. avec DD	célosie	45,4	50,8	66,5	86,0	42,5	23,5
6. avec DD	crotalère	-	-	20,3	122,7	68,0	34,0
effets: - DD sur amarante		NS	NS	NS	- DD	NS	NS
- DD sur célosie		*	P=.10	NS	- amarante	*	NS
- DD sur crotalère		-	-	NS	- célosie (1° cult.)	*	NS
					- crotalère	*	NS

Table 55. Output in fresh matter (g/pl) of *Amaranthus*, of *Celosia* and of *Crotalaria* and a subsequent cultivation of *Celosia* in a trial on rotation and disinfection. Test of Friedman.

TABLEAU 56. Nombre de *Meloidogyne* dans un essai de rotation et de désinfection avec DD. Indice d'infection: 0 = sans galles, 5 = beaucoup de galles sur toutes les racines. Test de FRIEDMAN. Total dans 5 g racines = oeufs, larves, ♂♂, ♀♀.

espèce	première culture				culture suivante de célosie	
	larves 100 cc sol	indice d'infect.	larves 100 cc sol	indice d'infect.	total dans 5 g racines	indice d'infect.
	début	réc. 1	réc. 3	réc. 3		
1 sans DD amarante	39	0	1	1,3	1426	5,0
2 sans DD célosie	39	2,8	14	4,4	808	4,8
3 sans DD crotalère	39	0	4	0	938	5,0
4 avec DD amarante	5	0	0	0,3	835	5,0
5 avec DD célosie	5	0,9	1	2,5	1175	5,0
6 avec DD crotalère	5	0	0	0	1301	5,0
effets: - DD général	*	NS			- DD	NS
- DD sur amarante		NS	NS	*	- amarante	NS
- DD sur célosie		P = .20	**	**	- célosie	
- DD sur crotalère		NS	NS	NS	(1° cult.)	NS
					- crotalère	NS

Table 56. Number of *Meloidogyne* in a rotation and disinfection test with DD. Infection index: 0 = without galls; 5 = many galls on all roots. Test of Friedman.

mesures hygiéniques n'ont pas été suffisamment prises. Notons également que chez les cultivateurs, les parcelles sont petites et des mesures hygiéniques pouvant restreindre la contamination difficilement applicables. Dans cet essai, la pépinière même n'a pas été traitée de sorte que déjà les plantules peuvent avoir été infectées.

9.6.4. Conclusions

Les *Meloidogyne* sont de parasites difficiles à combattre, par la persistance des oeufs dans le sol et par le grand assortiment de plantes-hôtes. Un essai de rotation et de désinfection a montré qu'une population nocive se forme rapidement sur les hôtes excellents comme la célosie, aussi à cause de la courte durée du cycle de vie. L'amarante cv. Fotété paraît être une mauvaise plante-hôte. Pendant de dizaines d'années les cultivateurs ont sélectionné comme porte-graines des plantes vigoureuses et peut-être en même temps moins sensibles pour les *Meloidogyne*. Toutefois, il faut être conscient du fait, qu'il s'agit d'une résistance partielle qui pourrait être brisée par de nouveaux biotypes de *Meloidogyne*. D'autre part, des types résistants pourraient fournir des gènes aux programmes de sélection.

10. MAUVAISES HERBES

10.1 INTRODUCTION

Les Amaranthacées sont par nature des plantes adventices qui croissent très rapidement dans leur habitat naturel, dans un terrain vaste et ensoleillé. Elles savent bien se maintenir dans un tel milieu écologique malgré la concurrence de multiples autres plantes, de là leur rôle dans l'agriculture comme mauvaises herbes.

D'autre part, nous avons rarement pu constater que la présence des mauvaises herbes était un problème sérieux pour le cultivateur d'amarante ou de célosie qui entretient normalement sa plantation, exception faite pour l'espèce *Cyperus rotundus* L. Lorsqu'on repique les plantules de ces légumes dans un sol bien préparé, les feuilles forment une couverture dense seulement quelques semaines plus tard, cela naturellement surtout en fonction de l'écartement, de sorte qu'il y ait une forte domination sur les mauvaises herbes et que les sarclages sont relativement rares. Pour la méthode de la récolte par arrachage, on ne sarcle que dans les passages si nécessaire. Pour la méthode des récoltes successives avec un écartement moins serré, la croissance de mauvaises herbes entre les légumes nécessitera souvent plusieurs sarclages de la parcelle. On sarcle dans une jeune plantation en cassant la croûte du sol à l'aide d'une binette, pour obtenir un binage qui réduit en même temps l'évaporation et qui stimule l'aération du sol. Le temps consacré aux sarclages n'est que 20% environ du total des activités.

Les plantes qui se sont développées sur les parcelles-témoins de l'essai 10.4 et que l'on rencontre souvent dans les parcelles des maraîchers ont été énumérées ci-dessous¹¹:

Cypéracées

- × *Cyperus rotundus* L.
- Cyperus sphaclatus* Rottb.
- Mariscus umbellatus* Vahl.
- Mariscus flabelliformis* H.B.K.

Graminées

- Andropogon tectorum* Schumach.
- Anthephora cristata* De Wild & Dur.
- × *Brachiaria brachylopha* Stapf
- Dactyloctenium aegyptium* Beauv.

¹¹ Détermination par G. PARADIS, botaniste à l'Université Dahoméenne; × = très fréquent.

Digitaria horizontalis Willd.
Eleusine indica Gaertn.
Eragrostis ciliaris R. Br.
Panicum sp.
Paspalum conjugatum Berg.
Perotis indica O. Ktze.
Rhynchelytrum repens (Willd.) C. E. Hubbard
Rottboelia exaltata L.
Sporobolus pyramidalis P. Beauv.

Dicotylédones

Alternanthera sessilis R.Br.
Amaranthus hybridus L.
Asystasia gangetica T. Anders
Boerhavia diffusa L.
Caperonia sp.
Centrosema virginiana (L.) Benth.
Cleome ciliata Schum. et Thonn.
Cleome viscosa L.
Corchorus aestuans L.
Croton lobatus L.
Euphorbia hirta L.
Ipomoea involucrata P. Beauv.
Merremia angustifolia Hall.
× *Phyllanthus niruri* L.
× *Portulaca quadrifida* L.
Pueraria phaseoloides (Roxb.) Benth.
Schrankia leptocarpa Willd.
Sida linifolia Cav.
Spigelia anthelmiae L.
Talinum portulacifolium (Forsk.) Asch.
Waltheria indica L.

Comme nous l'avons déjà dit, le *Cyperus rotundus* L. est la seule mauvaise herbe très ennuyeuse pour les maraîchers (photo 17), et c'est pourquoi nous avons effectué quelques essais de lutte, spécialement en vue de l'éradication de cette adventice.

10.2 CARACTÉRISTIQUES DU *CYPERUS ROTUNDUS* L. ET MOYENS DE LUTTE

Le *Cyperus rotundus* L. est une mauvaise herbe cosmopolite, commune à toutes les régions tropicales, qui pose un problème sérieux pour l'agriculture

permanente. HOLM et HERBERGER (1969) classent le *Cyperus* parmi les dix mauvaises herbes les plus nocives du monde et DEUTCH (1973) l'appelle même la pire de toutes.

D'après HAMMERTON (1968) l'infection des terrains cultivés intensivement, au Panama, est parfois si grave, que les paysans abandonnent la culture. Cet auteur estimait le nombre de pousses de *Cyperus* à huit millions par ha (10 t/ha de matière fraîche) et 36 millions de tubercules (avec les rhizomes environ 21 t/ha). HOROWITZ (1972) trouve 1013 tubercules par m² ce qui représente 6,7 t/ha de matière fraîche ou 4 t/ha de mat. sèche.

D'après KASASIAN (1971) qui a fait une étude bibliographique du *Cyperus*, son pouvoir compétitif est très grand. Il forme un tapis étouffant sur le sol et un grand nombre de tubercules dans le sol jusqu'à 30 à 40 cm de profondeur. Les dégâts ne sont peut-être pas causés seulement par la concurrence pour l'eau, pour la lumière et pour les éléments minéraux, mais également par des effets toxiques (HOROWITZ et FRIEDMAN, 1971). Le *Cyperus* serait également une plante-hôte pour *Meloidogyne incognita* (BIRD et HOGGER, 1973; voir section 9.6.2).

PHOTO 17. *Cyperus rotundus* L. dans une parcelle d'amarante.



Photo 17. *Cyperus rotundus* L. in a plot of amaranth.

LOROUGNON (1969) attribue la faculté de reproduction végétative remarquable du *Cyperus* à son polymorphisme caulinaire très poussé. WILLS et BRISCOE (1970) stipulent que le *Cyperus* étant une plante-C4 (cf. section 6.1.1) montre une croissance rapide dans un habitat à température élevée et à haute intensité de lumière.

Le désherbage contre le *Cyperus* à l'aide d'herbicides, entre autres par des traitements répétés de 2,4-D a abouti à un succès modéré en agriculture permanente (JAN, 1971; KASASIAN, 1971). Le mieux serait une combinaison du désherbage chimique avec une lutte mécanique appropriée. Certains produits se sont montrés efficaces mais ne sont pas utilisables dans la culture maraîchère à cause de leur longue action résiduelle.

10.3 OBSERVATIONS AU SUD-DAHOMÉY

On remarque le *Cyperus rotundus* au Sud-Dahomey un peu partout dans les cultures vivrières et aussi dans le coton, là où les sarclages sont assez intensifs pour faire disparaître l'impérata (*Imperata cylindrica* (L.) Beauv.). Le *Cyperus* croît bien dans les champs de légumes. Les planches d'amarante sont infectées chaque fois de nouveau à partir de la végétation poussant dans les passages, les bordures des allées, les trous d'eau, les tas de gadoue et la brousse des alentours.

Une observation intéressante a été faite en ce qui concerne la reproduction du *Cyperus* par graines. Nous avons observé des dizaines de plantes de semis par m² sur des terrains labourés ou sarclés quelques semaines plus tôt. Ce fait est en contradiction avec l'observation de HAMMERTON (1968) au Panama, que toute nouvelle infection provient d'un déplacement des tubercules. Au Dahomey aussi, les maraîchers installés à côté de l'abattoir de Porto-Novo pouvant disposer gratuitement de la bouse de vache, préfèrent quand-même acheter de la gadoue, car la bouse de vache apporterait du *Cyperus*. En effet, dans un essai, les parcelles fumées de bouse de vache ont produit beaucoup de plantes de semis de *Cyperus*. Il semble donc que cette bouse de vache contienne des graines viables. Aussi, des graines récoltées par nous-mêmes et bien séchées pendant plusieurs semaines, donnaient naissance à des plantes de semis, quoique le pouvoir germinatif fût faible. Aux Etats Unis JUSTICE et WHITEHEAD (1946) ont trouvé une faculté germinative des graines de *C. rotundus* L. de 2 à 18%. Ils ont obtenu seulement une plante de semis sur cinq inflorescences récoltées. Nous n'avons pas de données exactes pouvant confirmer que la production de graines viables au Sud-Dahomey serait plus élevée.

Une fois que le terrain est envahi par le *Cyperus*, il est très difficile de s'en débarrasser. Si le nombre de sarclages n'est pas suffisant pour épuiser les tubercules, cette opération semble même provoquer l'envahissement par le *Cyperus*. On détruit bien les autres mauvaises herbes, ses concurrentes mais moins tenaces que lui, tandis que la rupture des chaînes de tubercules fait disparaître la dominance apicale de sorte qu'ils développeront un plus grand nombre de nouveaux axes courts superficiels avec des feuilles assimilatrices. Nous avons

assisté plusieurs fois à la lutte désespérée contre l'envahissement de *Cyperus* par des maraîchers qui fouillent, avec les mains, tout le sol jusqu'à une profondeur de 40 cm environ pour enlever les tubercules. Naturellement on ne s'en débarrasse pas complètement par cette méthode aléatoire car la distinction entre les tubercules et les mottes de terre est difficile. La lutte basée sur la dessiccation des tubercules amenées en surface, n'est guère praticable dans l'horticulture intensive. On serait obligé à un travail manuel s'étendant sur plusieurs mois sans pouvoir profiter du sol. Au CFHN, la lutte par des plantes de couverture (*Pueraria javanica*) et une culture de patates douces n'a pas eu d'effet notoire. Le *Cyperus*, une fois bien installé, sait se maintenir pendant des années sous une végétation dense malgré son caractère de plante héliophyle. En ce qui concerne la lutte chimique, seuls les produits permettant de replanter des légumes, ici l'amarante, sur le terrain traité après une période n'excédant pas un mois, peuvent être pris en considération. Deux expériences ont été faites afin d'étudier s'il serait rentable d'appliquer des herbicides dans les terrains des maraîchers envahis par le *Cyperus*.

10.4 PREMIER ESSAI DE LUTTE CONTRE LE CYPERUS

10.4.1. Protocole expérimental

Dans cet essai, deux herbicides ont été testés, à savoir:

1. Fluorodifen (mat. act. 30%) qui exercerait une bonne action contre le *Cyperus rotundus* selon EBNER et al. (1968) surtout par contact.
2. EPTC (mat. act. 72%) qui possède déjà une certaine renommée pour son efficacité contre le *Cyperus* (KASASIAN 1971).

On a choisi pour cet essai un terrain sablo-argileux, recouvert d'une végétation assez homogène de *Cyperus rotundus*, utilisé auparavant pour le maraîchage. Il s'agissait d'un endroit marécageux mais l'essai fut exécuté en pleine saison sèche, la nappe phréatique se trouvant environ à un mètre de profondeur. A part l'espèce mentionnée, on notait des plantes de *Cyperus spachelatus*. On a pris des parcelles de 2 × 5 m séparées par des passages de 30 cm. Le dispositif était composé de blocs de Fisher avec quatre répétitions. Les herbicides étaient appliquées par un pulvérisateur à dos. Un sarclage sur toute la surface fut exécuté une semaine avant le début de l'essai.

Traitements:

1. témoin
2. sarclages répétés (une fois par semaine pendant 6 semaines)
3. EPTC 2,7 kg mat.act. par ha (EPTAM; Stauffer), incorporé superficiellement.
4. EPTC comme 3.; une deuxième application une semaine après
5. fluorodifen 2,5 kg mat. act. par ha (C 6989, preforan; CIBA)
6. fluorodifen comme 5.; une deuxième application une semaine après.

Au début de l'essai, le 4 février 1972, on notait des bouts de feuilles de *Cyperus* de 5 cm environ. On a arrosé 10 mm d'eau dans la deuxième semaine, puis

TABLEAU 57. Essai de lutte contre le *Cyperus rotundus* en saison sèche. Poids (matière fraîche), nombre de tubercules, effet résiduel des herbicides sur l'amarante.

	témoin	sarclages répétés	EPTC		fluorodifen		sign. stat.
			1 ×	2 ×	1 ×	2 ×	
poids du <i>Cyperus</i> g/m ²							
- partie aérienne	516	55	176	8	395	415	**
- stolons et tubercules	688	367	228	306	757	631	**
nombre de tubercules par m ²	761	611	590	501	977	904	P = . 10
hauteur amarante cm	15,7	24,5	22,6	28,8	17,5	18,6	P = . 10

Table 57. Test of control of *Cyperus rotundus* in the dry season. Weight (fresh matter), number of tubercles, residual effect of herbicides on amaranth.

quelques pluies légères ont produit environ 25 mm pendant la période de l'essai. On a récolté le *Cyperus* une semaine après le dernier sarclage. Le sol fut fouillé sur 1 m² de chaque parcelle à une profondeur de 40 cm afin de déterminer le nombre de tubercules. Ensuite, l'amarante fut repiquée sur 1 m² dans chaque parcelle, écartement 15 × 15 cm, afin de tester l'effet résiduel deux semaines après.

10.4.2. Résultats et conclusions

Les résultats de l'essai sont représentés dans le tableau 57. Avec l'EPTC (deux traitements) la portion aérienne est la plus petite. Ce produit ralentit aussi le développement des tubercules, sans pourtant les tuer. L'effet herbicide de l'EPTC est mêlé avec l'effet du binage pour l'enfouissement du produit. Le fluorodifen donne peu d'effets. L'amarante pousse mieux dans les parcelles qui ont eu moins de *Cyperus*. Il n'y a aucun effet résiduel, ni de l'EPTC, ni du fluorodifen. Quoique les sarclages répétés n'aient pas diminué le nombre de tubercules de façon significative, il semble que le *Cyperus* soit plus ou moins épuisé car l'amarante s'y développe mieux que dans la parcelle témoin. Le coût des six sarclages effectués pour 30 F/h fut de 60 F/10 m² ou 60.000 F/ha. Le traitement d'EPTC (deux fois) calculé à 6000 F/1 fut de 56.000 F/ha, y compris les deux labours pour l'introduire dans le sol. Donc ces maraîchers auront peu d'intérêt à utiliser cet herbicide.

10.5. DEUXIÈME ESSAI DE LUTTE CONTRE LE CYPERUS

10.5.1. Protocole expérimental

Un deuxième essai fut fait puisqu'un nouvel herbicide en stade expérimental s'offrait qui était bien prometteur pour la lutte contre le *Cyperus rotundus* (MONSANTO, 1971). Il s'agit de glyphosate; mat.act. 36% de N-(phosphono-

méthyl) glycine sous forme d'un sel d'isopropylamine. On l'a comparé à l'EPTC qui, au cours de la première application, était arrosée pour faire pénétrer le produit dans le sol, suivie d'un ratissage. L'effet avait été presque nul, de sorte que, dans la deuxième application, l'EPTC fût incorporé par un labour un peu plus profond.

Le dispositif de l'essai était comme le précédent, mais avec des parcelles de 6 m². Le sol, une terre de barre, portait une végétation abondante avec beaucoup de *Cyperus* jusqu'au sarclage de toute la parcelle deux semaines avant le début de l'essai. L'essai fut exécuté au début de la saison des pluies, à partir du 27 avril 1973. Le deuxième traitement d'EPTC et de glyphosate fut exécuté quatre semaines après. Les sarclages furent faits chaque fois après quelques jours sans pluies, au total sept fois jusqu'à une semaine avant le prélèvement. La pluviosité pendant l'exécution était de 162 mm en 15 jours mais le sol était déjà bien humide au commencement.

Les traitements ont été les suivants:

1. témoin (jachère)
2. sarclages répétés (sept fois)
3. glyphosate (Mon 1139, Round Up; Monsanto) 2,16 kg mat. act./ha
4. glyphosate 1,08 kg/ha au commencement et 1,08 kg/ha quatre semaines après, au total 2,16 kg/ha de mat. act.
5. EPTC (EPTAM; Stauffer) 2,7 kg mat. act./ha au commencement (arrosage, ratissage) et 2,7 kg/ha quatre semaines après (incorporé); au total 5,4 kg/ha.
6. EPTC 2,7 kg/ha au commencement (arrosage, ratissage) et 5,4 kg/ha quatre semaines après (incorporé), au total 8,1 kg/ha de mat. act.

L'amarante fut plantée à 30 × 30 cm sur une partie de 1,50 m² dans les traitements 1, 3 et 4, sept jours après le deuxième traitement, afin de tester l'effet résiduel du glyphosate. Les observations furent faites huit semaines après le début de l'essai. Ce jour-là, des tubercules des traitements 1 à 5, cinquante tubercules par numéro furent plantés à quelques centimètres de profondeur, afin d'examiner le pourcentage de vivants et de germés six semaines plus tard.

10.5.2. Résultats et conclusions

Les résultats de cet essai sont représentés dans le tableau 58. L'EPTC a eu très peu d'effet dans cet essai. Le traitement 5 (EPTC total 5,4 kg/ha) ne diffère pas sensiblement du témoin tandis que le traitement 6 (EPTC total 8,1 kg/ha) montre une régression faible de *Cyperus* mais une progression des Graminées. L'effet peut être dû à l'action de l'EPTC mais aussi au sarclage au cours de la deuxième application. Le glyphosate tue bien toutes les mauvaises herbes, y compris le *Cyperus* dont, grâce à une action systémique, les tubercules sont détruites aussi. Selon MONSANTO (1971) le glyphosate inhibe la reprise des parties souterraines. Dans cet essai, les tubercules qui n'avaient pas repoussé, étaient pourries. Les sarclages répétés sur sol humide ont supprimé toutes les mauvaises herbes sauf le *Cyperus* qui forme une pelouse uniforme sur ces parcelles. On a constaté, dans cet essai, une croissance de jeunes feuillés de *Cyperus*

TABLE 58. Résultats d'un essai de lutte contre le *Cyperus rotundus*. Poids en matière fraîche. Sign. stat.: test de FRIEDMAN.

	1 témoin	2 sarclages répétés	3 glyphosate		5 EPTC	6 2 x	sign. stat.
			1 x	2 x			
portion aérienne g/m ²							
- Cypéracées	369	466	47	0	219	65	*
- Dicotylédones	53	0	37	0	35	53	NS
- Graminées	1897	0	2	3	2676	2208	*
total d'adventices	2319	466	86	3	2930	2326	*
tubercules <i>Cyperus</i>							
- poids g/m ²	536	656	276	248	948	612	NS
- nombre par m ²	468	584	412	320	924	632	NS
- pouvoir germinatif % (après six semaines)	88	76	14	5	90	-	*
effet résiduel sur <i>amarante</i>							
- poids g/pl	1,5	-	6,0	4,3	-	-	*
- nombre de repousses de <i>Cyperus</i> par m ²	172	-	14	1,5	-	-	*

Table 58. Results of a control test of *Cyperus rotundus*. Weight in fresh matter. Test of Friedman.

de 3 cm par jour et de stolons superficiels plagiotropes autour du tubercule-mère de 30 cm par mois.

Apparemment toutes les plantes adventices mentionnées ici, y compris le *Cyperus* peuvent être maîtrisées par le glyphosate, et également par des sarclages répétés exception faite du *Cyperus rotundus*. Le *C. sphaclatus* ne fut pas fréquent dans cet essai; quelques pieds apparurent dans les parcelles traitées de glyphosate, ce qui pourrait indiquer que le produit soit moins efficace contre cette espèce. Dans les parcelles sarclées, il n'y restait que du *C. rotundus*.

Le test de l'effet résiduel montre que l'amarante croît bien sur les parcelles traitées sept jours auparavant avec du glyphosate. Par contre, le *Cyperus* qui pousse en même temps que l'amarante sur les parcelles témoins gêne sérieusement la croissance de ce légume.

Le coût du produit glyphosate Round Up est actuellement (1974) d'environ 3.500 F/l, donc pour 6 l/ha de ce produit commercial, on dépenserait 21.000 F. Le bon résultat de cet essai ouvre des perspectives pour son application par les cultivateurs africains.

10.6 DISCUSSION

Dans la culture intensive de l'amarante, les mauvaises herbes Graminées et Dicotylédones ne posent pas de grands problèmes. On les élimine facilement par les sarclages habituels. Le grand problème est le *Cyperus rotundus*, qui grâce à son développement souterrain extraordinaire, se maintient pendant les sarclages de saison sèche, et est même stimulé par les sarclages pendant la saison humide. Cette constatation confirme la remarque de GAILLARD (1971), au sujet de la culture d'ananas, qu'il est pratiquement impossible de se protéger du *Cyperus* par des désherbages manuels. NYAHOZA (1973) aussi obtenait seulement une légère réduction de la tuberculisation par des sarclages hebdomadaires.

L'herbicide glyphosate a été très efficace contre toutes les mauvaises herbes présentes dans le deuxième essai. Il détruit par translocation les tubercules du *Cyperus*. Ce produit se décompose rapidement dans le sol et n'a pas d'effet résiduel visible sur l'amarante sept jours après. La toxicité pour l'homme paraît négligeable (MONSANTO, 1971).

Evidemment, il ne s'agit que d'une seule expérimentation et il n'est pas exclu que des traitements sous d'autres conditions écologiques donnent des résultats moins positifs. Pourtant, TERRY (1973) aussi a rapporté les bons résultats obtenus avec le glyphosate contre le *Cyperus* en Afrique de l'Est.

Le coût des traitements de glyphosate est élevé pour le cultivateur africain, mais des traitements limités aux endroits infestés pourraient bien réduire les dépenses. D'autre part, il est important que les vulgarisateurs démontrent aux cultivateurs qu'il faut bien veiller à ce que le *Cyperus* ne s'étende pas sur leurs terrains et qu'il l'enlève dès le commencement.

11. L'AMÉLIORATION VARIÉTALE

11.1 INTRODUCTION

Il est sans doute d'une importance vitale en matière de développement des cultures maraîchères, que les cultivateurs puissent se procurer des semences de variétés améliorées possédant un bon pouvoir germinatif. Ceci n'est pas encore le cas pour la plupart des légumes tropicaux, notamment pour l'amarante et la célosie. Néanmoins les nombreuses variétés locales de ces espèces qui ne peuvent pas survivre dans une végétation spontanée, attestent une sélection graduelle par l'homme de types qui répondent aux exigences d'un légume-feuilles. Dans le passé, peu d'efforts ont été faits pour l'amélioration de ces variétés par des méthodes avancées. Quelques maisons de semences, notamment aux Indes et aux Etats Unis, commercialisent des graines d'amarante en tant que légume-feuilles.

Dans ce chapitre, nous traiterons les aspects les plus importants de l'amélioration variétale avec la présentation des résultats obtenus au Dahomey.

11.2. POLLINISATION ET FÉCONDATION

L'amarante (*Amaranthus cruentus* L., *A. caudatus* L., *A. dubius* Mart. ex Thell., *A. tricolor* L.) forme des inflorescences de dimensions variables dans lesquelles le nombre de fleurs femelles s'élève à au moins quatre fois du nombre de fleurs mâles (cf. section 4.2). La morphologie des inflorescences indique qu'il s'agit de plantes allogames. La production de pollen est abondante. On remarque un plus grand nombre de fleurs mâles au sommet des inflorescences qu'à la base. La pollinisation est faite par le vent. Une grande quantité de pollen tombe sur des parties plus basses de l'inflorescence même et la production de semences de plantes isolées égale celle des plantes dans une plantation, de sorte que le pourcentage d'autofécondation est probablement important.

La technique suivante de croisements artificiels a été décrite par WALTON (1968a) pour *A. caudatus*. Lorsque les anthères mûrissent, on peut apercevoir la couleur jaune à travers des cinq tépales. L'inflorescence est examinée chaque jour et les fleurs mâles sont enlevées avant la déhiscence des cinq anthères. Les stigmates sont réceptifs avant que les anthères mûrissent de sorte que les inflorescences doivent être enveloppées dans des sachets de papier, quelques jours avant le commencement de l'émasculature. Le croisement est effectué en mettant une partie d'une inflorescence mûre du parent mâle dans le sachet, avec l'inflorescence émasculée. WALTON a utilisé la couleur du périanthe comme caractère de test pour estimer le pourcentage d'allofécondation. En champs, ce pourcentage était de l'ordre de 25%. La méthode appliquée pour des croisements d'espèces diverses d'amarante par PAL et KHOSHOO (1973a) est plus simple. Le pollen du parent mâle est répandu entre les inflorescences du parent femelle,

et l'on cherche les individus aberrants dans la progéniture.

Par opposition à l'amarante, la célosie est très fréquentée par les insectes. La floraison est plus étalée dans le temps, les inflorescences sont plus petites et portent des fleurs bisexuées dont les tépales ne s'ouvrent que lorsque les étamines ont déjà atteint le stade de maturité (protandrie). Nous n'avons pas de données sur le pourcentage d'autofécondation.

11.3 CARACTÈRES CYTOGÉNÉTIQUES

Selon DARLINGTON et WYLIE (1955) le nombre de chromosomes dans le genre *Amaranthus* est $x = 8$ ou 17 , $n = 16$ ou 17 , et dans le genre *Celosia* $x = 9$ et $n = 36, 51, 54, 72, 81$ ou 108 . Les espèces d'*Amaranthus* mentionnées par MOORE (1973) ont un nombre $2n = 32$ (e.a. *A. caudatus*, *A. cruentus*, *A. edulis*, *A. hybridus*, *A. leucocarpus*) ou $2n = 34$ (*A. gangeticus*, *A. hypochondriacus*, *A. lividus*, *A. paniculatus*, *A. powellii*, *A. spinosus*, *A. tricolor* et *A. viridis*).

Le nombre de chromosomes du genre *Celosia* est rapporté par le même auteur comme $2n = 72$ (*C. argentea*) tandis qu'il y a aussi une mention $2n = 36$ (*C. cristata*). Nous avons compté $2n = 36$ pour *Celosia argentea* cv. Avounvô Vert.

Une étude cytogénétique de GRANT (1959b) a indiqué des nombres de base de $x = 8$ ($n = 16$) et $x = 9$ ($8 + 9 = n = 17$) pour *Amaranthus* et $x = 9$ pour *Celosia*. D'après cet auteur, le grand nombre d'hybrides entre les espèces du genre *Amaranthus* indiquerait que l'hybridation constitue la source principale de la variabilité et de la spécification dans ce genre. Enfin, à cause du grand nombre et de la petite taille des chromosomes, et leur uniformité morphologique, les analyses caryologiques sont extrêmement difficiles.

KHOSHOO et PAL (1972) et PAL et KHOSHOO (1973a,b) ont fait une étude cytogénétique du genre *Amaranthus*. Dans les 20 espèces étudiées de la section *Amaranthus*, ils ont déterminé $n = 16$ ou 17 dans toutes les espèces, sauf dans *A. dubius* qui a un nombre $n = 32$. Dans les 10 espèces étudiées de la section *Blitopsis*, ils ont déterminé également $n = 16$ et $n = 17$. Ces auteurs, qui se basent sur les classifications taxonomiques de AELLEN (1961) et de SAUER (1967), ont tenté de nombreux croisements entre les espèces dans chacune des deux sections. Des croisements entre des espèces n'appartenant pas à la même section n'ont pas réussi. Quelques résultats dans la section *Amaranthus*:

<i>A. edulis</i> ($n = 16$) × <i>cruentus</i> ($n = 17$)	résultat négatif
<i>A. caudatus</i> ($n=16$) × <i>hybridus</i> ($n=16$)	semis F1 meurt
<i>A. edulis</i> × <i>hypochondriacus</i> ($n=16$)	F1 produit des graines non-viables
<i>A. edulis</i> × <i>caudatus</i>	assez fertile, F2 etc. obtenues
<i>A. hybridus</i> × <i>hypochondriacus</i>	assez fertiles, F2 etc. obtenues.

La viabilité du pollen dans la F2 des deux dernières combinaisons était de

40 à 84%. Les plantes F2 montraient une mortalité de 11 à 18% parmi les semis. Des plantes amphidiploïdes ($2n=64$) provoquées par un traitement des plantes F1 avec de la colchicine étaient plus fertiles. Les auteurs notaient de faibles symptômes d'une vigueur hybride dans ces croisements. Dans la section *Blitopsis*, les mêmes auteurs ont fait des croisements entre les espèces *A. tricolor* et *A. lividus*. Les plantes F1 étaient complètement stériles mais les amphidiploïdes ($2n=68$) étaient complètement fertiles et montraient du gigantisme typique pour les polyploïdes. Les croisements des espèces dans cette section étaient plus difficiles que ceux parmi les espèces de la section *Amaranthus*, qui sont probablement plus apparentées.

A. dubius ($n=32$) est la seule espèce tétraploïde spontanée. Des hybrides avec *A. spinosus* ont été observés. (CLIFFORD, 1958; GRANT, 1959a). Un même hybride a été créé par KHOSHOO et PAL (1972). Il s'agissait d'un triploïde ($3n=48$) qui ne produisait pas de graines après autofécondation mais qui était partiellement fertile s'il était recroisé avec un des deux parents. MISRA et al. (1972) ont créé des tétraploïdes de plusieurs espèces de la section *Amaranthus*, e.a. *A. cruentus* et *A. caudatus*. Ils obtinrent des plantes stables depuis au moins cinq générations, fertiles et plus vigoureuses que les plantes diploïdes.

11.4. RÉSULTATS DE LA SÉLECTION DANS LES DIFFÉRENTS PAYS

Les variétés (cultivars) dont actuellement les semences sont commercialisées, proviennent probablement de quelques variétés locales indiennes qui ont subi une sélection à l'égard de lignes pures. Le cv. Tampala, la variété commercialisée dans le sud des Etats Unis, est une variété de *Amaranthus tricolor*. D'après CHILDERS (1950), cette variété donne de bons rendements à Porto-Rico à toutes les altitudes (jusqu'à 1000 m). MESSIAEN et al. (1972) ont comparé la production de cinq variétés d'amarante et d'une variété de célosie à la Guadeloupe. Le cv. Tampala avait des rendements très faibles dans cet essai et dénotait une floraison précoce due aux jours courts. Le semis dans des jours longs aurait pu donner un meilleur résultat que dans l'essai en question qui fut exécuté à la fin de l'année. La meilleure production a été obtenue de deux variétés locales des Antilles et du cv. Fotètè (8 plantes/m², trois récoltes par coupes successives en 63 jours), environ 320 g de feuilles (mat. sèche) par m². La production de ces variétés était meilleure que celle de *A. caudatus*, utilisé par LEXANDER et al. (1970) et celle du cf. Avounvô Rouge de la célosie. Les auteurs de cet essai remarquent que les feuilles de l'amarante ouest-africain cv. Fotètè sont moins attirantes pour le consommateur guadeloupéen que celles des variétés locales. Le cv. Avounvô était encore moins apprécié car les feuilles cuites provoquaient une salivation immédiate et abondante. L'essai démontre de nouveau l'importance des habitudes alimentaires dans le choix des variétés.

Des données bibliographiques sur l'amélioration des légumes-Amaranthacées sont rares. Au Nigéria, OPEKE (1963) a comparé les caractéristiques de différentes variétés locales. Il remarque des différences quant à la susceptibilité à une

maladie cryptogamique qui cause la pourriture (*Choanephora?*). Ailleurs SETH (1963) a observé que certaines variétés indiennes étaient moins attaquées que d'autres par les foreurs des tiges. Il s'agissait probablement de coléoptères *Lixus* sp. Un article indien (ANON., 1968) parle de plusieurs sélections d'amarante avec des feuilles et des tiges succulentes, dont la meilleure, appelée A 38, produirait 16 t de produit comestible par ha en huit semaines. Une autre sélection produirait 12 t/ha. Elle était aussi utilisable comme amarante-céréale avec une production de 3 t/ha de graines en trois mois. Quoique nous n'ayons pas rencontré d'autres références, il n'est pas exclu que d'autres travaux de sélection aient été entrepris aux Indes, puisqu'il y a plusieurs variétés bien distinctes dont les semences sont commercialisées (POCHA SEEDS, Pona, India).

11.5 LA SÉLECTION AU DAHOMEY

11.5.1. Introduction

La plupart des variétés de l'amarante et de la célosie provenant de différents pays tropicaux, montrent une assez grande uniformité, de sorte que l'on puisse parler de 'cultivars'. Le nombre de variétés locales de l'amarante est très grand. En premier lieu elles se distinguent par la forme et la couleur des feuilles. On les a classé en quatre groupes distincts selon les espèces botaniques *Amaranthus cruentus* L. (le type Fotètè), *A. dubius* Mart. ex Thell. (le type Klaroen), *A. tricolor* L. (le type Lal Sag) et *A. caudatus* L. Vue la variabilité existante et dans l'espoir de rencontrer une variété convenable pour la culture au Sud-Dahomey, des semences ont été introduites de plusieurs pays. Après un test préliminaire, les meilleures d'entre elles ont été comparées dans un essai variétal. Des variétés de *Celosia argentea* L. étaient comprises dans cet essai.

11.5.2. La sélection préliminaire

Au CFHN un grand nombre de variétés d'amarante a été essayé en culture avec un écartement spacieux (30 × 30 cm environ) et des récoltes par coupes successives (ELEMANS, 1967):

- des U.S.A.: *A. tricolor* cv. Tampala, variété commerciale aux Etats Unis, probablement originaire de Ceylan,
- du Surinam: *A. dubius* cv. Klaroen,
- des pays Ouest-Africains: *A. cruentus* de dizaines de variétés, entre autres cv. Spinach Green de Sierra Léone, cv. Amarante Verte et cv. Amarante Rouge de la Côte d'Ivoire, des variétés locales du Nigéria et du Ghana; *A. dubius* quelques variétés du Ghana,
- des Indes: *A. tricolor* cvs. Banerjee's Giant, Champa Natia Sag, Dengo Sag, Katwa Data, Lal Sag Vert, Lal Sag Rouge, Paddo Natia Sag, Palang Sag et une variété d'amarante-céréale *A. caudatus*,
- du Dahomey: *A. cruentus* cvs. Fotètè, Fotètè Vert-rouge, Fotètè Rouge.

En plus, des variétés de célosie ont été essayées, entre autres du Nigéria; nous n'avons pas trouvé d'autres que les deux variétés cultivées au Dahomey:

Avounvô Rouge et Avounvô Sauvage. Les mêmes variétés ont été décrites pour le Nigéria par VAN EPENHUIJSEN (1974). La première possède de larges feuilles charnues, avec une tache rouge au milieu, la deuxième a des feuilles lancéolées qui sont entièrement vertes.

Nous avons retenu les critères suivants pour la sélection :

1. Qualité de cuisson: on veut un épinard 'sec', donc pas trop aqueux, de couleur vert-foncé, d'un goût savoureux, tendre, avec une courte durée de cuisson (moins de 10 minutes).
2. Croissance rapide et bons rendements. Les variétés aptes à la culture pour la récolte par coupes successives doivent se ramifier fortement. Elles ne doivent pas monter en graine trop tôt. Les variétés destinées à la récolte par arrachage (et spécialement pour le semis direct) doivent avoir une croissance rapide et une production en graines élevée afin de satisfaire aux grands besoins en plantules pour un écartement très serré.
3. Résistance aux maladies, spécialement à *Choanephora cucurbitacearum*, et aux nématodes (*Meloidogyne* sp.).

Les sept variétés suivantes ont été choisies pour un essai variétal :

1. Fotètè (*A. cruentus*). Variété verte la plus répandue au Dahomey. Qualité de cuisson excellente, croissance rapide et niveau de production élevé. Souvent, la floraison trop précoce arrête le développement végétatif et diminue la valeur marchande. La production de graines est grande.
2. Fotètè Vert-rouge (*A. cruentus*). Comme cv. Fotètè mais colorié, la tige et la face supérieure du limbe étant légèrement rougeâtres et la face inférieure d'un rouge plus clair. Très cultivée.
3. Klaroen (*A. dubius*). Variété à feuilles vertes rhomboïdes. Inflorescences petites, de sorte que la récolte puisse se poursuivre. Qualité de cuisson excellente. Qualité de vente généralement bonne, mais pourtant moins appréciée à cause de la forme des feuilles qui ressemble à l'amarante sauvage, appelée 'herbe à cochon'. Production de graines faible. Moins sensible à la sécheresse que Fotètè et Fotètè Vert-rouge.
4. Lal Sag Vert (*A. tricolor*). Variété indienne productive qui ressemble au Klaroen, mais à tige très allongée. Légèrement rougeâtre. Monte vite en graine. Inflorescences petites et indéterminées de sorte que la récolte puisse se poursuivre.
5. Lal Sag Rouge (*A. tricolor*): Comme Lal Sag Vert, mais rouge foncé et pour cette raison moins appréciée.
6. Avounvô Rouge (*Celosia argentea*). Variété locale de célosie, très cultivée dans la Vallée de l'Ouémé. Bonne qualité de cuisson, mais goût un peu âpre. Eau de cuisson rouge. Moins appréciée que le Fotètè. Peu sensible au parasitisme, sauf aux nématodes. Croissance initiale plus lente que cv. Fotètè. La plante se ramifie fortement et elle ne monte pas vite en graine si on la coupe régulièrement. Moins sensible à la sécheresse que le cv. Fotètè.
7. Avounvô Vert Sauvage: variété locale verte de célosie à feuilles minces. Spontanée mais aussi cultivée assez fréquemment, elle est plus appréciée que

le cv. Avounvô Rouge dont on n'aime pas la couleur rouge de l'eau de cuisson. Le goût est moins âpre que celui du cv. Avonvô rouge. Monte vite en graine.

11.5.3. Essai variétal

11.5.3.1. Protocole expérimental

Sur un terrain de 'terre de barre', bien fertilisé de gadoue, furent repiquées des plantules de trois semaines au 10 décembre 1970. Dispositif des parcelles de 2 m² avec cinq répétitions. Ecartement de 20 × 20 cm. Récolte par des coupes successives à 20 cm de hauteur toutes les trois semaines à partir de la première coupe, quatre semaines après le repiquage. On a pesé la partie comestible de dix plantes seulement, prises au hasard. Entretien normal: arrosages, sarclages, insecticides.

11.5.3.2. Résultats et discussion

Les variétés d'amarante (1 à 5) étaient plus sensibles à la fonte des semis en pépinière que les variétés de célosie (6 et 7). Ces dernières souffraient d'attaques de nématodes qui étaient probablement la cause de la perte de quelques plantes par la pourriture secondaire du pied et des rendements relativement faibles. Toutes les variétés de l'amarante (1 à 5) étaient atteintes de *Choanephora*. Le cv. Fotètè Vert-rouge en souffrait plus que les autres, le cv. Klaroen s'avérait le moins sensible. Des chenilles de *Hymenia recurvalis* ont causé quelques dégâts, mais sans préférence prononcée pour une des sept variétés. Par contre, un essai organoleptique sur une vingtaine de personnes habituées à la consom-

TABLEAU 59. Rendements en kg/10 m² de produit comestible (matière fraîche) de cinq variétés d'amarante et de deux variétés de célosie, récoltées par coupe à 4, 7, 10 et 13 semaines après le repiquage.

variétés	coupes				total
	1	2	3	4	
1. Fotètè	7,75 a	20,15	14,35 b	7,15 b	49,40 b
2. Fotètè Vert-rouge	9,10 a	16,55	17,00 b	5,85 b	48,50 b
3. Klaroen	9,05 a	23,20	29,75 a	9,80 a	71,80 a
4. Lal Sag Vert	8,55 a	18,35	9,45 c	0,00 c	36,35 c
5. Lal Sag Rouge	3,95 b	17,50	16,25 b	0,90 c	38,60 c
6. Avounvô Rouge	1,95 b	13,50	13,50 b	7,70 b	36,65 c
7. Avounvô Vert Sauvage	2,65 b	11,00	3,60 d	0,00 c	17,25 d
sign. stat.	**	NS	**	**	**
PPDS.05	2,23		3,30	1,90	6,45

Table 59. Output in kg/10 m² of edible product (fresh matter) of five varieties of amaranth and two varieties of Celosia, harvested by cutting after 4, 7, 10, and 13 weeks after transplantation.

mation de l'amarante cv. Fotètè et de la célosie cv. Avounvô Rouge a bien démontré quelques préférences, le Fotètè étant l'épinard le plus apprécié, mais toutes les variétés étaient acceptées. A cause de la coloration rouge très foncé, l'eau de cuisson des cvs. 5 et 6 doit être rejetée.

L'initiation de la floraison dépend de plusieurs facteurs écologiques et culturaux (voir ch. 6). La figure 30 montre que de toutes les plantes vivantes au bout de dix semaines, la floraison la moins avancée était celle de l'Avounvô Rouge. Le nombre de plantes vivantes qui sont atteintes par une forme de pourriture p.e. *Choanephora* est également représenté dans cette figure.

Fig. 30. Plantes survivantes, en fleurs et atteintes par la pourriture, de sept variétés d'amarante et de célosie.

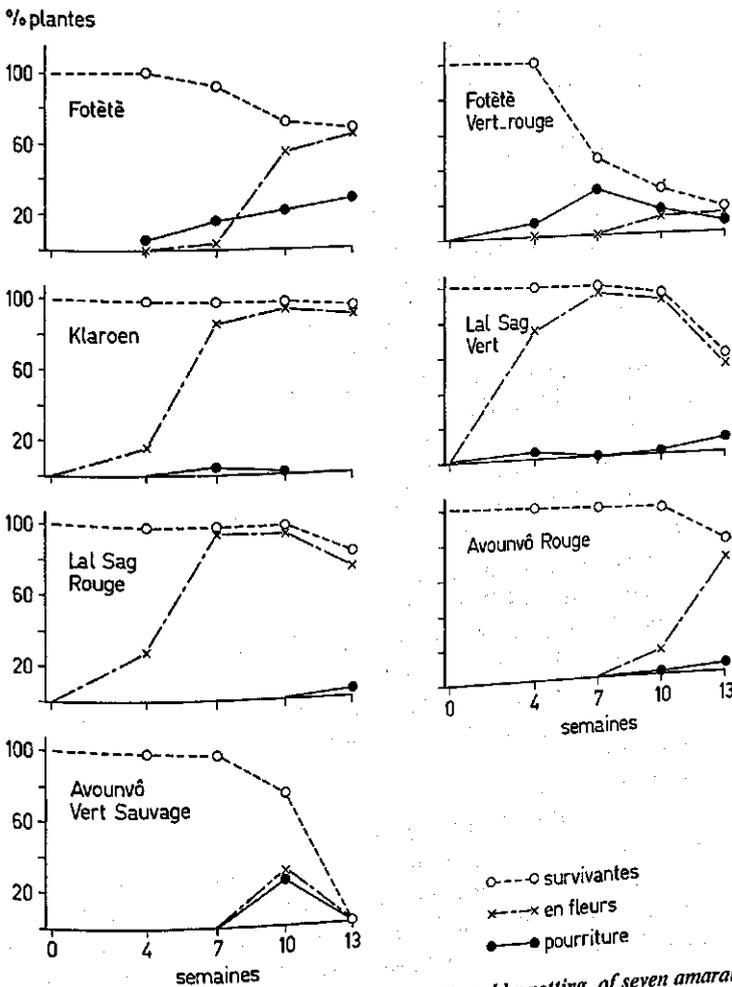


Fig. 30. Surviving plants, flowering plants and plants affected by rotting, of seven amaranth and Celosia cultivars.

Les rendements des quatre récoltes (avec correction pour les plantes mortes ou malades) sont représentés dans le tableau 59. Une poursuite de l'essai aurait pu donner encore une cinquième récolte pour l'Avounvô Rouge. Les plantes des autres variétés à ce moment-là étaient soit mortes soit à un stade avancé de floraison.

Les rendements de la première récolte montrent que les quatre premières variétés se prêtent à la culture avec récolte par arrachage en une seule fois. Les récoltes suivantes montrent que les cvs. Klaroen, Avounvô Rouge et les deux Fotètè se maintiennent bien pour une récolte par coupes successives. Selon la préférence de goût chez des habitants de Porto-Novo, le Fotètè était la meilleure variété, suivie respectivement de Klaroen, Avounvô Vert Sauvage, Fotètè Vert-rouge, Avounvô Rouge, Lal Sag Vert et Lal Sag Rouge. Les résultats de cet essai et les observations dans les plantations maraichères nous ont amené à maintenir les cvs. Fotètè, Klaroen et Avounvô Rouge pour la production commerciale de semences. Il fut décidé de chercher des plantes sans anthocyane dans la variété Avounvô Rouge.

11.5.4. *La sélection d'une variété de célosie sans anthocyane*

En 1971, on a demandé aux vulgarisateurs du CFHN de chercher des plantes vertes dans des champs de célosie cv. Avounvô Rouge. Quelques plantes qui furent trouvées et isolées, ne donnaient que des descendants verts. Entourées de plantes avec anthocyane, ces plantes vertes donnaient un tiers environ de plantes rouges dans leur descendance. Ce phénomène pourrait indiquer qu'il s'agit d'une mutation d'un seul gène, les plantes sans anthocyane étant homozygotes récessives. Toutefois, il importe pour la reproduction de bien isoler les champs de cette nouvelle variété.

Nous avons comparé plusieurs caractéristiques de l'Avounvô Rouge avec celles de l'Avounvô Vert, entre autres la production, les caractères morphologiques, la résistance aux maladies, etc. mais aucune différence (significative à 5%) n'a pu être décelée.

La nouvelle variété a été un succès chez les cultivateurs. La vente de graines a commencé en janvier 1972. En juillet-août 1973 on a observé l'apport de célosie pendant trois jours au grand marché de Cotonou: 7,7 tonnes d'Avounvô Rouge et 10,6 tonnes de la nouvelle variété Avounvô Vert étaient commercialisées. Introduite au Nigéria, l'Avounvô Vert semble aussi avoir du succès (ITA, 1972). Le CFHN a remplacé complètement l'ancienne variété Avounvô Rouge par la variété verte.

11.5.5. *Sélection dans l'amarante cv. Fotètè*

Nous avons essayé une sélection individuelle dans la variété locale de l'amarante, le Fotètè. Les plantes les plus vigoureuses furent sélectionnées dans les champs des cultivateurs, mais la descendance de ces bons pieds, même comparée aux descendance des mauvais pieds, ne montrait pas de différences significatives.

Il se peut que les plantes les plus vigoureuses soient des F1 qui montrent des

symptômes d'une vigueur d'hybride. Selon WALTON (1968b) cette vigueur serait très faible sinon nulle dans la section *Amaranthus*. Il est plus probable que cette variété soit très uniforme de génotype et que les différences observées soient causées par le milieu.

11.6. OBSERVATIONS À UNE COLLECTION VARIÉTALE

11.6.1. *Protocole expérimental*

Le but des observations sur les variétés originaires de divers pays était la comparaison du port et des caractéristiques d'importance pour la sélection. Une collection de vingt huit variétés d'*Amaranthus* et de deux variétés de *Celosia* a été cultivée en serre à Wageningen. Semis au 18 avril 1974, repiquage le 13 mai 1974. Température 30°C (jours), 20°C (nuits), humidité relative 80% environ. Lumière et longueur de jour selon le climat à Wageningen (jours longs). Ecartement 20 cm dans la ligne et 50 cm entre les lignes, huit plantes par variété.

Après 31 jours, trois plantes par numéro furent coupées au ras du sol afin de déterminer la production en matière sèche et d'analyser la teneur en azote et en acide oxalique.

11.6.2. *Résultats et discussion*

Dans cette collection, on pouvait distinguer les espèces et variétés suivantes:

a. *Amaranthus cruentus* L.

1. Fotètè (Dahomey) et sept cultivars originaires du Ghana et de la Tanzanie, identiques au Fotètè
2. Guri 170 (Ghana) à pétioles et tiges plus lourdes que le cv. Fotètè, inflorescences plus courtes
3. Kumetis 3 (Ghana) à feuilles plus larges que le cv. Fotètè, avec cinq cultivars identiques, tous originaires du Ghana

b. *Amaranthus dubius* Mart. ex Thell.

1. Klaroen (Surinam) et un cv. identique du Ghana
2. Naudom 11 (Ghana), croissance juvénile plus lente, tiges et inflorescences plus longues que le cv. Klaroen
3. Kulungu 14 (Ghana), tige plus longue mais inflorescences plus petites que le cv. Klaroen, avec un cv. identique

c. *Amaranthus tricolor* L.

1. Lal Sag Rouge (Inde), feuilles rouges, inflorescence indéterminée
2. Local (Taiwan), feuilles vert-clair, rhomboïdes
3. Ic 5574 (Inde), très ramifiée, feuilles vert-foncé, grande croissance (syn. *A. gangeticus*)

d. *Amaranthus caudatus* L.

1. Local (Ethiopie), inflorescences rouges, amarante-céréale
2. Es 13954 (Inde), inflorescences courtes et lourdes, jaunâtres, avec un cv. identique des Etats-Unis; amarantes-céréales (syn. *A. edulis*)

e. *Amaranthus hypochondriacus* L.

1. Ic 5527 (Inde), inflorescences rougeâtres, amarante-céréale (syn. *A. leucocarpus*)

f. *Celosia argentea* L.

1. Avounvô Rouge
2. Avounvô Vert.

Toutes les variétés d'*Amaranthus* ont été déterminées par J. D. SAUER. Il a identifié le no. d. 2. comme *A. caudatus* L. ssp. *mantegazzianus* (Passerini) Hanelt. Les variétés classées comme amarantes-céréales (d,e) se cultivent également comme légume-feuilles. Les résultats des observations sur un nombre des variétés sont représentés dans le tableau 60.

Les cultivars c-3 et d,e,f ne fleurissaient pas encore au début août, c'est pourquoi on a placé des boutures dans des jours courts (12½ h). Ces boutures fleurissaient fin août. La floraison des plantes restant dans la longueur de jour normale à Wageningen, commençait dans la dernière quinzaine de septembre, sauf pour les plantes de c-3 qui restaient au stade végétatif jusqu' à fin octobre.

Enfin, les observations faites sur cette collection forment des indications quant aux possibilités pour la sélection en se basant sur les caractères morphologiques:

Type a: *A. cruentus*. Variabilité prometteuse pour la sélection concernant la forme et la couleur des feuilles et de la productivité. Hauteur, rapport feuilles/tiges, réaction photopériodique assez uniformes. Bons producteurs de graines.

type b: *A. dubius*. Grande variabilité sauf dans la réaction photopériodique. Assez mauvais producteurs de graines.

type c: *A. tricolor*. Très grande variabilité. Mauvais producteurs de graines.

type d,e: (*A. caudatus*, *A. hypochondriacus*). Amarantes-céréales, plantes de jours courts. Utilisables comme légumes-feuilles. Données insuffisantes sur la variabilité par espèce. Probablement utilisables comme géniteurs en vue d'une amélioration par des croisements avec *A. cruentus* et *A. dubius*.

type g: *Celosia argentea*. Se distingue entièrement de toutes les variétés d'*Amaranthus*, bien illustré par la teneur en matière sèche dans les feuilles. Peu de variabilité.

La composition des feuilles donne les indications suivantes:

1. L'acide oxalique (cf. section 3.4) montre des différences importantes. Pourtant à cet égard le phénotype est très influencé par le milieu. La différence entre les jeunes feuilles et les vieilles feuilles a été démontrée chez les cvs. Fotètè et Klaroen. Dans les jeunes feuilles il y avait resp. 5,4 et 5,1 % et dans les vieilles feuilles 13,1 et 6,9 % d'acide oxalique dans la matière sèche.

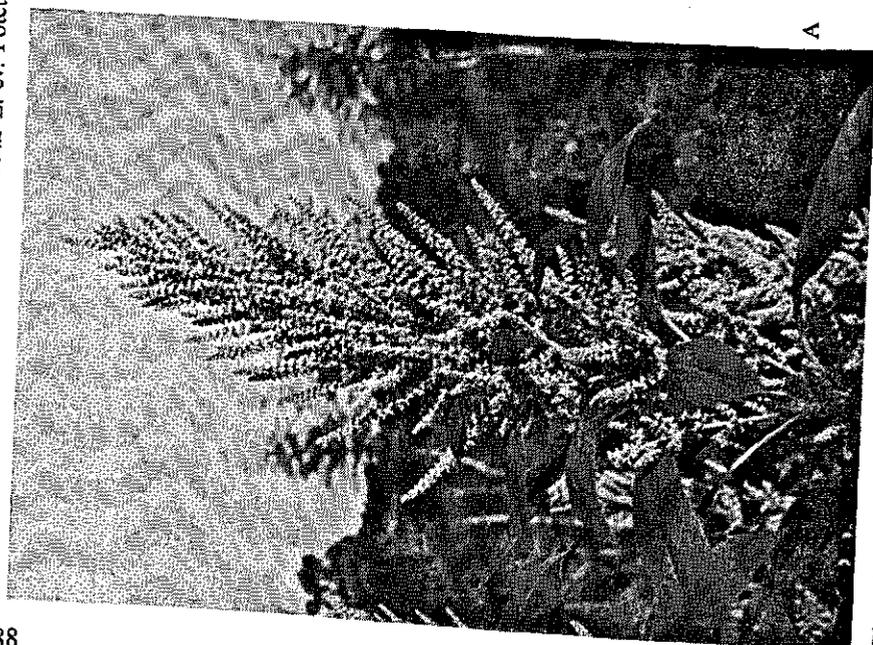
2. Egalement la teneur en N-totale et N en forme de NO₃ est très variable. Les jeunes feuilles du cv. Fotètè en contenaient resp. 6,3 et 0,40 %, les vieilles feuilles 3,8 et 0,36 %. A cet égard, il n'y avait pas de différences entre les feuilles jeunes et les vieilles dans le cv. Klaroen. D'ailleurs, cette variété a montré

TABLEAU 60. Caractéristiques de quatorze cultivars d'*Amaranthus* et de *Celosia*, un mois après le repiquage. n = 3.

nom	type	cn Herbier Vadense	hauteur cm	surface foliaire cm ² /pl	poids frais feuilles g/pl	mat. sèche feuilles %	poids sec feuilles g/pl	feuilles/ tiges	composition feuilles g/100 g mat. sèche	
									acide oxalique	N en forme NO ₃
<i>A. cruentus</i>										
Fotète	a1	3	74	4270	136	13,2	18,0	1,49	6,8	5,0
Bawku 13	a1	17	69	3759	140	12,1	17,0	1,65	7,8	4,6
Local Tanzanie	a1	14	71	2916	96	15,4	14,8	1,54	9,2	4,8
Guri	a2	16	78	3322	142	12,4	17,6	1,63	8,1	4,5
Kumetis 3	a3	7	57	3155	98	11,4	11,2	1,87	8,3	4,2
<i>A. dubius</i>										
Klaroen	b1	4	47	1912	67	13,8	9,3	2,21	6,0	5,8
Nandom 11	b2	20	21	1157	33	13,1	4,3	4,30	7,1	4,9
<i>A. tricolor</i>										
Lal Sag Rouge	c1	8	70	2560	71	12,5	8,9	1,21	9,5	4,8
Local Taiwan	c2	23	45	4212	124	13,5	16,7	2,03	9,5	4,8
Ic 5574 Inde	c3	28	62	2527	79	13,3	10,5	1,26	6,6	4,8
<i>A. caudatus</i>										
Local Ethiopie	d1	31	61	2664	84	14,4	12,1	1,59	5,9	5,0
ES 13954 Inde	d2	32	64	4813	137	12,1	16,6	1,82	11,1	4,7
<i>A. hypochondriacus</i>										
Ic 5527 Inde	e1	29	66	2171	76	14,6	11,1	1,98	8,5	4,8
<i>Celosia argentea</i>										
Avounvô Vert	f2	24	21	1821	73	8,0	5,8	4,14	10,8	4,7

Table 60. Characteristics of fourteen cultivars of *Amaranthus* and of *Celosia*, one month after transplanting. n = 3.

PHOTO 18. Inflorescence d'*Amaranthus cruentus* L. cv. Fotété (A) et de *Celosia argentea* L. cv. Avounvó Vert (B).



A



B

Photo 18. Inflorescence of *Amaranthus cruentus* L. cv. Fotété (A) and *Celosia argentea* L. cv. Avounvó Vert (B).

la meilleure composition moyenne, 5,6% de N-protéique dans la matière sèche. Il serait intéressant de chercher des types avec une teneur élevée en N-protéique (cf. section 3.2.4).

11.7. CONCLUSIONS, RECOMMANDATIONS

Les variétés existantes parmi les Amaranthacées-légumes sont créées par l'homme qui les cultive depuis des siècles. La connaissance de la génétique, de la biologie florale et des réactions physiologiques se trouve déjà à un niveau assez élevé pour que l'amélioration variétale par des techniques avancées, par exemple des croisements, puisse être couronnée de succès. Néanmoins, il est conseillé d'abord de rassembler et de comparer les variétés locales existantes dans les différentes régions et adaptées écologiquement, qui forment déjà une gamme très variée. Nous pensons aux caractères suivants comme critères de sélection pour les variétés commerciales qui pourraient être cultivées entre les tropiques:

1. quant à la qualité culinaire:

- couleur vert-foncé, teneur en acide oxalique pas trop élevée, goût neutre, savoureux, teneur élevée en protéines

2. quant aux caractères agronomiques:

- productivité élevée (LAI élevé), croissance rapide, quotient poids feuilles/poids total élevé

- photopériodisme neutre et floraison retardée par la coupe des branches, ou bien des plantes de jours longs

- bonne résistance aux nématodes et aux maladies cryptogamiques (*Choanephora*).

Tenant compte de la grande variabilité du matériel génétique disponible aux sélectionneurs des légumes-Amaranthacées, les perspectives pour une telle entreprise nous semblent bonnes.

12. LA MULTIPLICATION DE SEMENCES

12.1. INTRODUCTION

Traditionnellement les cultivateurs conservent quelques bons pieds desquels ils récoltent les semences. On les laisse sécher sur le pied ou bien on sèche les inflorescences coupées au soleil pendant quelques jours. On enlève ensuite les graines en les frottant entre les mains, en soufflant ou par un vannage léger pour enlever la masse des parties florales. On sème les graines qui ont été conservées dans un récipient quelconque, au moment voulu. La période de conservation s'étend de quelques jours jusqu'à six mois. On sème très dru, car on n'est pas sûr que la germination sera bonne. Les résultats sont souvent décevants.

Une expérimentation intéressante a été faite par une maison de semences hollandaise (DIRKSE, 1974). Des graines d'amarante cv. Fotètè étaient conditionnées en pillules (split-pill \varnothing $2\frac{1}{2}$ –3 mm) montrant une germination de 94%. Ce procédé rend possible la culture mécanisée par un semis direct, mais ne paraît pas encore présenter d'intérêt pour les cultivateurs au Dahomey.

Dans les paragraphes suivants nous prêterons attention successivement à la production de semences y compris le nettoyage et le séchage, à la conservation et ensuite à la distribution. Quant à la qualité des semences, nous tiendrons compte des règlements de l'ISTA (International Seed Testing Association, Association Internationale d'Essais des Semences) qui pratique déjà des tests d'espèces ornementales d'*Amaranthus* et de *Celosia* (voir ANON., 1964). A l'Institut National d'Essais de Semences à Wageningen, les tests de germination de ces espèces sont faits à une température alternée de 20°C (nuits) et 30°C (jours) et avec huit heures de lumière artificielle (tubes fluorescents) en plus de la lumière normale du jour. On compte les graines germées d'*Amaranthus* de 5 à 14 jours dès le commencement du test, celle de *Celosia* de 3 à 10 jours.

12.2. LA PRODUCTION

La méthode culturale pour la production de semences de l'amarante et de la célosie ne diffère pas beaucoup de celle applicable à la culture en tant que légume-feuilles. L'écartement pratiqué par le CFHN est 40 × 70 cm. Un mois après le repiquage, la partie culminante de la tige principale est coupée quelques cm au dessous du bourgeon terminal afin de stimuler la ramification. D'après VAN EPENHUIJSEN (1974) ce procédé n'est pas conseillé pour les variétés qui forment une grande inflorescence terminale, telle que le cv. Fotètè. On récolte les inflorescences du cv. Fotètè d'un seul coup, trois mois environ après le repiquage, tandis que les inflorescences des cvs. Klaroen et Avounvô Vert sont récoltées au fur et à mesure, pendant plusieurs passages, la dernière fois respectivement à l'âge de quatre et cinq mois.

Le cv. Fotètè (*Amaranthus cruentus*) montre bien son caractère d'amarante-

PHOTO 19. Plante d'*Amaranthus cruentus* L. cv. Fotète pour la production de graines, dans un champ d'un maraîcher.



Photo 19. A plant of *Amaranthus cruentus* L. cv. Fotète for seed production, in a field of a vegetable grower.

céréale: les capsules (utricules) ne s'ouvrent pas tôt au stade de maturité, de sorte que très peu de la grande production de graines se perd. Toutes les graines mûrissent en un court délai. Le pourcentage d'humidité des graines après le vannage, fait en saison sèche, est de 14% environ et après quelques jours de séchage au soleil, c'est à dire au moment du stockage en sacs, 12%. Le CFHN compte sur une production moyenne de 1500 kg/ha pour le cv. Fotète. En revanche, on n'obtient que 600 kg/ha du cv. Klaroen, (*A. dubius*). D'ailleurs, cette variété fait tomber facilement les graines des inflorescences mûres.

Le cv. Avounvô Vert de *Celosia argentea* produit beaucoup moins de graines que le Fotète, de l'ordre de 700 kg/ha dans une période de deux mois plus que le Fotète. Aussi cette variété perd facilement les graines mûres.

Le tableau 61 ci-dessous représente la production en graines et en matière

TABLEAU 61. Poids sec (en kg/ha) d'un champ de multiplication d'*Amaranthus cruentus* cv. Fotètè et de *Celosia argentea* cv. Avounvò Vert, resp. 105 et 154 jours après le repiquage.

	<i>Amaran-</i> <i>thus</i>	<i>Celosia</i>
- graines	1.914	446
- tiges et inflorescences (sans graines)	8.093	13.118
- feuilles	2.057	1.164
- racines	1.493	1.221
totale	13.557	15.949
production de graines à 12% d'eau	2.175	507

Table 61. Dry weight of a seed production plot of *Amaranthus cruentus* cv. Fotètè and of *Celosia argentea* cv. Avounvò Vert, resp. in 105 and 154 days after transplantation.

sèche mesurée dans un champs de multiplication au CFHN. La production du cv. Fotètè est au-dessus de la production moyenne, celle du cv. Avounvò Vert au-dessous.

Le poids de 1000 graines (mat. sèche 88%) est d'environ 330 à 400 mg pour l'amarante et de 1000 à 1100 mg pour la célosie. Il est bien possible de nettoyer les graines à l'aide d'une vanne mécanique. Au Nigéria (VAN EPENHUISEN, 1974) on utilise des tamis métalliques pour le nettoyage:

- amarante: \varnothing en haut 1,1 mm et au fond 0,7 mm
- célosie: \varnothing en haut 1,7 mm et au fond 1,1 mm.

Quoique, en général, le séchage des graines pose peu de problèmes, il est conseillé de les récolter en période sèche. Au CFHN, on a expérimenté le séchage des inflorescences dans une étuve à 45-60°C avec un bon résultat, mais ce système est laborieux. Un séchage en plein air en étalant les inflorescences en couches minces, donne satisfaction si on les met à l'abri durant la nuit et pendant les pluies.

12.3. CONSERVATION ET GERMINATION

12.3.1. Généralités

Il existe des données bibliographiques qui mentionnent une durée de viabilité remarquable pour les graines des Amaranthacées dites 'mauvaises herbes'. DARLINGTON et STEINBAUER (1961) signalent que des graines d'*Amaranthus retroflexus* avaient gardé leur faculté germinative après une conservation de 40 ans dans du sable humide. BARTON (1961) a observé que des graines fraîches de la même espèce sont en dormance et ne germent qu'à une température élevée (35°C). Séchées et conservées quelques temps, les graines germent bien à 20°C. La dormance reste maintenu si on conserve les graines tout de suite après la

récolte dans un milieu humide. Cet auteur a conservé des graines dans un milieu humide, à 20°C, pendant huit ans. Il constatait une périodicité annuelle; la germination était meilleure entre le 8-ème et le 12-ème mois de chaque année. Après huit ans, les graines étaient encore viables. On pouvait rompre la dormance par un récurage, par une dessiccation pendant une période de 3 heures à 3 jours ou bien par une température élevée (35°C pendant 12 à 24 h).

Un facteur important pour la germination est la lumière. RESÜHR (1939) a étudié l'influence du spectre de la lumière sur les graines d'*Amaranthus caudatus* qui germent mal dans la lumière. Il observait trois zones inhibitrices: à 450 m μ , entre 475 et 490 m μ et entre 700 et 750 m μ . Il y avait deux zones promotrices: l'une très forte à 640 m μ et l'autre faible entre 675 et 680 m μ . Une illumination avec plusieurs zones donne un effet cumulatif. L'influence de la lumière sur la germination des graines de *A. retroflexus* a été étudiée par KADMAN-ZAHAVI (1960). Le pouvoir germinatif des graines gardées à l'obscurité était de 30% en cinq jours à 20°C et de 44% en 30 heures à 37°C. Une exposition de trois secondes à la lumière de jour ou au rouge induisait une germination presque totale. Ensuite, une illumination de 'far-red' (> 725 m μ) pouvait inhiber la faculté germinative. Cet effet photochimique était réversible si la durée de l'illumination ne dépassait pas une heure. Une température plus basse retardait l'effet de 'far-red'. Une période d'obscurité rendait les graines sensibles à l'effet photochimique sur rouge. VAN DER MEER et VAN BENNEKOM (1974) ont semé de l'amarante cv. Klaroen superficiellement à 23°C. Les objets couverts d'un film de polyéthylène noir pendant quatre jours donnaient un résultat considérablement meilleur que les objets couverts de polyéthylène transparent. Ces phénomènes sont associés à l'activation du phytochrome, comme il a été démontré par KENDRICK et al. (1969) pour *A. caudatus*.

Il est évident que le processus de la germination a subi l'influence de la température, la lumière et l'humidité. Même, comme il a été démontré dans les essais de KADMAN-ZAHAVI (1960) avec *A. retroflexus*, des différences physiologiques dans un même échantillon de graines peuvent exister. WENT (1957) remarque que les graines d'*A. fimbriatus* aux Etats Unis ne germent que sous les pluies d'été (temp. 26-30°C), ce qui est d'une grande importance pour la survivance de l'espèce. Nous avons constaté nous-mêmes au Dahomey que les graines humides d'amarante après la récolte ne germent pas facilement mais que cette dormance est rompue après un séchage. Ce phénomène implique donc que, dans une végétation spontanée, les graines mûries à la fin d'une saison pluvieuse ne germent qu'au commencement de la saison pluvieuse suivante.

12.3.2. Expérimentations au Dahomey

Le pourcentage de germination des graines d'amarante directement après la récolte et le séchage est faible. Dans un échantillon nous avons rencontré 20,0% de germination. Après une conservation de deux mois dans un récipient ouvert en chambre climatisée (24°C, H.R. 60%), la germination de ces graines fut 72,7%. Nous avons constaté que cette dormance ou pause de germination

TABLEAU 62. Pourcentage de germination de graines d'amarante (cv. Fotète) après différentes périodes de conservation.

méthode de conservation		mois de conservation				
chambre	réipient	0	3	6	9	12
1.	non-climatisée ouvert	82	79	60 ^a	24 ^a	1 ^a
2.	non-climatisée fermé	82	90	85	41 ^a	20 ^a
3.	climatisée ouvert	82	89	90	83	78
4.	climatisée fermé	82	92	86	55 ^a	39 ^a

^a = < 70% non-acceptable pour la distribution selon les critères du CFHN

Table 62. Percentage of germination of seeds of amaranth (cv. Fotète) after various periods of conservation.

est variable mais, en général, qu'elle dure 2 à 3 semaines.

Dans une atmosphère chaude et humide, les graines risquent de perdre rapidement leur pouvoir germinatif. Au CFHN, il a fallu choisir une méthode de conservation pour le stockage des quantités assez importantes (quelques centaines de kg) de graines nettoyées, c'est pourquoi un essai fut entrepris pour tester les méthodes suivantes:

1. chambre non-climatisée, réipient ouvert
2. chambre non-climatisée, réipient fermé hermétiquement
3. chambre climatisée (temp. 20–24°C, H.R. 60–70%), réipient ouvert
4. chambre climatisée, réipient fermé hermétiquement.

Voir tableau 62 pour les résultats de cet essai, commencé en octobre 1969.

La conservation en bocal fermé ralentit la détérioration sous l'atmosphère humide. Pour les petites quantités, on aurait intérêt à ajouter du silicagel ou un morceau de chaux vive pour enlever toute humidité dans le bocal. Il faut bien remplir le bocal avec les graines séchées, car avec une masse d'air libre, les graines perdront plus vite le pouvoir germinatif. Mieux vaut encore la conservation en chambre climatisée (une chambre froide n'était pas disponible) mais dans ce cas, il faut laisser les graines en contact avec l'air libre, par exemple en les stockant dans des sacs de coton. Nous avons constaté que les graines d'amarante et de célosie ainsi stockées gardent le pouvoir germinatif au moins pendant deux ans. Nous n'avons pas constaté d'attaques sérieuses d'insectes, mais parfois les graines se trouvaient abimées par des acariens, donc il est prudent d'ajouter une pincée d'insecticide (acaricide).

12.3.3. Essai de conservation à Wageningen

A l'Institut National Agronomique de Wageningen un essai de conservation fut exécuté, afin d'acquérir plus de renseignements sur la conservation des graines de l'amarante. Voici un résumé des résultats.

12.3.3.1. Protocole expérimental

Des graines de l'amarante, cv. Fotètè, furent récoltées le 20 janvier 1972 à Porto-Novo, séchées au soleil et ensuite en chambre climatisée jusqu'à 12% d'humidité et expédiées à Wageningen le 17 mars 1972. Le pouvoir germinatif de ces graines au Dahomey (papier feutre, en lumière de jour, 4×100 graines) était de 70% après 17 jours de germination. Début de l'essai le 7 avril 1972. Traitements:

a. températures 10°C et 30°C,

b. méthodes de conservation:

1. bocal ouvert (H.R. 100% environ),

2. bocal fermé,

3. bocal fermé, contenant un produit siccatif, une solution de

$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ pendant 36 jours, ensuite de la chaux vive CaO).

Germination dans un 'germinateur de Copenhague', température de jour 30°C et de nuit 20°C, sur papier feutre, mouillé avec 0,2% KNO_3 , 8 heures de lumière artificielle (voir ANON., 1964). Chaque test de germination était poursuivi jusqu'à ce que le nombre de graines non-germinées restât stable pendant cinq jours. Moyennes de 4×100 graines. La conservation de cet envoi de graines dura 23 semaines. Un test de vitalité au commencement, à l'aide d'une coloration de tétrazolium sur un échantillon de 100 graines, indiqua 93% de graines saines.

12.3.3.2. Résultats

Les pourcentages de germination sont représentés dans la figure 31. Le test de germination sur le papier feutre dura en moyenne 62 jours. En général, la germination des graines avec un pourcentage peu élevé de pouvoir germinatif était plus lente que celle des graines qui montraient un haut pourcentage.

Dans le bocal ouvert ou fermé, gardé à 30°C, il y avait un développement sérieux de micro-organismes. Le taux d'humidité des graines montait resp. à 22% et à 18%. A cette température, seulement la conservation en bocal fermé contenant un agent de dessiccation serait acceptable.

La conservation à 10°C, en bocal ouvert ou fermé hermétiquement, donne de bons résultats. Le meilleur résultat fut obtenu avec le bocal contenant un agent de dessiccation. Dans ce bocal, le taux d'humidité a baissé de 12% à 3%.

12.3.4. Discussion et conclusions

Jusqu'à présent, des expérimentations avec des graines de célosie n'ont pas été exécutées, mais nous savons par expérience qu'elles sont comparables en grandes lignes à celles de l'amarante. Les essais au Dahomey et à Wageningen montrent que les graines de l'amarante sont assez rustiques et supportent une dessiccation jusqu'à 2%. Dans l'essai au Dahomey, les graines conservées dans un récipient ouvert et dans une atmosphère normale étaient moins vite abimées que dans un bocal ouvert à Wageningen, à 30°C et H.R. 100%. L'essai au Dahomey fut commencé en octobre. La grande saison sèche de novembre jusqu'à avril se montre relativement convenable pour la conservation. Enfin, on

FIG. 31. Pourvoir germinatif de graines d'amarante, conservées dans trois types de récipients et à deux températures.

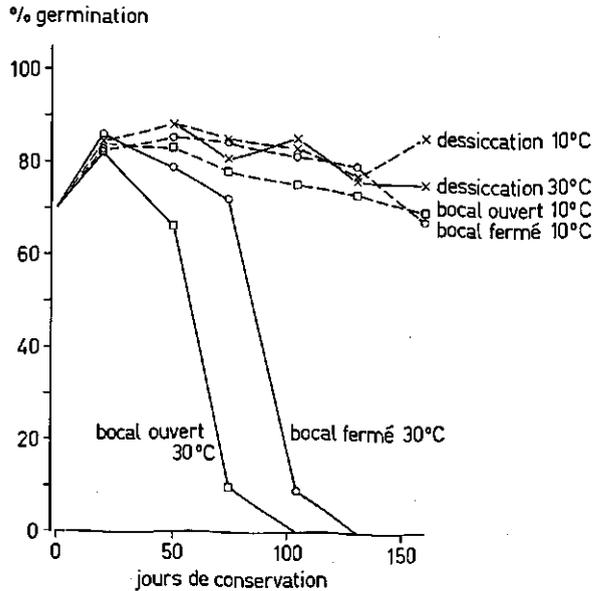


Fig. 31. Germination capacity of seeds of amaranth conserved in three types of pots and at two temperatures.

peut conclure que le stockage en bocal fermé, si possible avec un produit dés-hydratant, est conseillé. On peut bien conserver les graines en réfrigérateur dans un récipient fermé hermétiquement.

Il est dommage que les essais ne pussent pas être continués pendant une plus longue période et que le facteur lumière ne puisse être pris en considération. Toutefois, dans la pratique, la méthode de conservation appliquée actuellement au CFHN donne bien satisfaction. Les graines sont conservées dans l'obscurité, dans des sacs de coton de 10 à 50 kg, en chambre climatisée (temp. 20 à 24°C, H.R. 60 à 70%) pendant une période indéterminée, s'étalant sur quelques semaines à deux ans, avant d'être distribuées. On teste la faculté germinative en étalant, pendant dix jours, une centaine de graines sur papier feutre mouillé, à la lumière du jour et à température normale et on rejette les lots avec un pourcentage inférieur à 70%. Normalement, le pourcentage est de 80 à 90%.

12.4. LA DISTRIBUTION

Au CFHN, la méthode suivante est appliquée pour la distribution. On met les graines en sachets de polyéthylène transparent de 5-7 cm de largeur sur 6-8 cm de longueur, épaisseur du film 0,03 mm. La quantité des graines est de

16 g pour l'amarante et de 10 g pour la célosie par sachet vendu à 5 F (1973). On ajoute une étiquette portant le nom de la variété et la date et on ferme ensuite le sachet à l'aide d'une pince électrique à souder. On conseille 2 g/m² de pépinière d'amarante et 3 g/m² de célosie pour obtenir 1000 plantules après deux à trois semaines.

RÉSUMÉ

L'objectif de l'étude présente est l'amélioration des méthodes culturales de l'amarante, le légume-feuilles le plus cultivé des régions tropicales. Les données furent collectionnées au Centre de Formation Horticole et Nutritionnelle de Porto-Novo, Dahomey et à l'Institut National Agronomique de Wageningen, Hollande.

Au Dahomey l'amarante est cultivée pendant toute l'année (voir ch. 2). Les maraîchers pratiquent deux méthodes:

- a. l'écartement serré ($< 10 \times 10$ cm) et la récolte par arrachage,
- b. l'écartement spacieux ($> 20 \times 20$ cm) et la récolte par coupes successives.

Le semis direct présente des désavantages (exigence d'une grande quantité de graines, longue occupation de la parcelle, difficulté à régler la densité, compétition sévère de mauvaises herbes) de sorte que les maraîchers préfèrent le système du repiquage.

Des problèmes techniques rencontrés fréquemment sont l'obtention de semences de bonne qualité, l'application de techniques culturales (densité, période de récolte, fréquence et hauteur des coupes), le redressement ou le maintien de la fertilité, la lutte contre les maladies, insectes nuisibles, nématodes et mauvaises herbes, l'empêchement de la floraison précoce.

Vu les nombreuses conceptions erronées à l'égard de la valeur nutritive des légumes-feuilles, cet aspect a été compris dans l'étude (ch. 3). La consommation journalière moyenne de légumes-feuilles dans les pays chauds est de l'ordre de 25 g de produit frais nettoyé par personne. Les nutritionnistes conseillent une consommation de 100 g pour équilibrer les régimes alimentaires en déficit de vitamines (vitamine C, provitamine A etc.) et de sels minéraux (fer, calcium). L'apport en protéines par les légumes-feuilles est important pour les régimes des petits enfants dépourvus de protéines animales. Des conséquences nocives dues à la présence d'acide oxalique (l'amarante en contient jusqu'à 10% dans la matière sèche) ou des nitrates libres sont peu probables si la consommation ne dépasse pas 100 g par personne et par jour.

La taxonomie des légumes-Amaranthacées (nom collectif 'amarante') est assez confuse. Les variétés cultivées appartiennent principalement aux espèces suivantes (ch. 4): *Amaranthus cruentus* L., *A. dubius* Mart. ex Thell., *A. tricolor* L. et *Celosia argentea* L.. On consomme également les feuilles d'espèces telle que *A. caudatus* L. cultivées dans les régions montagneuses en Asie et en Amérique Latine comme céréales et d'un nombre d'espèces spontanées.

Une analyse de la croissance (ch. 5) montre une croissance juvénile rapide. *Amaranthus cruentus* diffère de *Celosia argentea* entre autres par une croissance

un peu plus rapide, une teneur en matière sèche plus élevée, une phase générative plus courte et une production de graines plus élevée. Les meilleurs rendements pour la récolte par arrachage sont obtenus au moment où les plantes passent au stade génératif, six semaines environ après le repiquage. Dans un essai d'analyse de la croissance, on a obtenu 2,7 t/ha de feuilles (mat. sèche) d'*Amaranthus* et 2,3 t/ha de *Celosia* en six semaines.

Un maximum est atteint lorsque la superficie des feuilles est parvenue approximativement à sept fois la surface du sol (LAI=7). Ci-après, la formation de jeunes feuilles résultera en la chute des vieilles feuilles. En récoltant par des coupes successives, les rendements seront plus élevés, au moins si l'on sait prévoir la floraison précoce.

Des influences écologiques ont été étudiées (ch. 6). *Amaranthus cruentus* est une plante à un cycle photosynthétique C-4, caractérisée par une température optimale élevée ($> 40^{\circ}\text{C}$) et par un niveau de saturation de lumière élevée ($> 0,4 \text{ cal. cm}^{-2}.\text{mn}^{-1}$). *Celosia argentea* est une plante-C3 qui montre une assimilation optimale de CO_2 à 35°C environ et qui est un peu moins efficace que l'amarante dans une intensité élevée de lumière. Toutefois, si l'on exprime la photosynthèse en quantité de CO_2 assimilée par mg de mat. sèche, la plante-C3 *Celosia* se montre presque aussi efficace que la plante-C4 *Amaranthus*. Cette dernière espèce a un coefficient de transpiration très bas comparé à celui de *Celosia*. Des coupes anatomiques des nervures des feuilles montrent un endoderme de grandes cellules autour des faisceaux libéro-ligneux d'*Amaranthus* (anatomie-Kranz, typique de plantes-C4) absent dans les feuilles de *Celosia*.

La réaction photopériodique de toutes les variétés testées était celle des plantes de jours courts obligatoires ou quantitatives. Au Dahomey, la floraison précoce est causée très probablement par des périodes de manque d'eau, quoique d'autres facteurs (âges des plantules, fertilité du sol) puissent agir dans ce sens.

La culture à l'ombre de palmiers a été démontrée désavantageuse quant aux rendements.

Les essais d'écartement montrent qu'une densité de 100 pieds par m^2 environ donne les meilleurs résultats pour la récolte par arrachage. Si l'on veut faire des coupes successives, une densité de 20 à 40 pieds suffira. La coupe à 20 cm convient. Coupées plus bas, les plantes ne repousseront plus facilement. Coupées plus haut, la floraison précoce risquera de perturber les coupes suivantes. Les avantages et les inconvénients des deux méthodes de récolte, arrachage ou coupes successives, ont été discutés (ch. 7).

L'amarante est une culture épuisante pour le sol (ch. 8), comme il a été démontré par des analyses du produit récolté. On peut cultiver l'amarante sur des types de sol divers (sable, argile), pourvu qu'il soit chimiquement riche. On constate que les sols sableux, utilisés intensivement pendant des dizaines d'années par les maraîchers et fumés intensivement avec de la gadoue, sont

devenus modérément fertiles. En premier lieu l'augmentation de la teneur en matière organique importe.

Les analyses et les essais de fumures montrent des besoins élevés en potasse. L'engrais chimique NPK (10-10-20) est une bonne formule pour l'amarante. Un apport de 400 kg/ha par culture récoltée par arrachage et de 600 kg/ha par culture récoltée par des coupes successives est généralement recommandable pour les sols pauvres ou moyennement fertiles si l'apport de matière organique (gadoue) ne dépasse pas 25 t/ha.

La fabrication de compost avec la gadoue a été expérimentée. L'avantage de ce compost, une fumure compacte et hygiénique, n'équivaut pas les désavantages, un procédé laborieux qui entraîne une perte considérable d'éléments minéraux, principalement de N, et une perte de C.

La fonte des semis (ch. 9) est une maladie ennuyeuse, difficile à combattre. Des traitements avec des carbamates se montraient peu efficaces. Il est recommandé d'installer les pépinières d'amarante sur une terre légère, bien fumée et drainée, en plein soleil. La pourriture humide causée par *Choanephora cucurbitarum* (Berk. et Bav.) Thaxter est fréquente pendant les périodes chaudes et humides. La maladie fait des dégâts dans les jeunes plantations, juste après le repiquage, et se manifeste souvent sur les sections des tiges après une coupe. Les plantes faibles périssent. Les plus grandes ou vigoureuses peuvent se défendre par la production de branches secondaires, tandis que la partie attaquée dessèche. Des traitements préventifs avec 3 kg/ha de carbamates en pulvérisation peuvent limiter les dégâts. D'autre part, comme il s'agit d'une maladie de faiblesse, on la combattra par des mesures agronomiques assurant une bonne croissance. *Celosia* est peu sensible à cette maladie. Les chenilles *Hymenia recurvalis* F., une espèce cosmopolite tropicale, causent beaucoup de dégâts. Également le foreur des tiges, *Lixus truncatulus* F. est un insecte nuisible, mais qui n'attaque pas la célosie. Les deux espèces peuvent être combattues par des traitements hebdomadaires de carbaryl, bromophos ou lindane pendant les périodes d'attaques. Les nématodes du genre *Meloidogyne* attaquent beaucoup de cultures maraîchères entre autres *Celosia*, tandis que l'*Amaranthus* n'est pas sensible. De ce fait, au Dahomey, il est conseillé de cultiver fréquemment le cv. Fotètè, une plante-hôte défavorable pour *Meloidogyne*, dans les schèmes de rotations. L'effet positif de la désinfection du sol se montrait peu durable.

Les mauvaises herbes (ch. 10) ne constituent pas un grand problème, car on les élimine facilement par les sarclages habituels. La seule mauvaise herbe ennuyeuse est le *Cyperus rotundus* L., qui, grâce à son développement souterrain extra-ordinaire, se maintient, malgré les sarclages en saison sèche. Il est même stimulé par les sarclages pendant la saison humide. L'herbicide glyphosate, apparemment sans effets résiduels, s'est montré approprié contre toutes les mauvaises herbes présentes, y compris le *Cyperus*.

La connaissance de la génétique, de la biologie florale et des réactions physiologiques (ch. 11) est déjà arrivée à un niveau assez élevé pour que l'améliora-

tion végétale par des techniques avancées, par exemple des croisements, puisse être entamée. Les critères de sélection variétale concernent la qualité (couleur vert-foncé, teneur en acide oxalique basse et teneur élevée en protéines) et les caractères agronomiques (productivité, photopériodisme neutre ou jours longs, résistance aux nématodes et aux maladies cryptogamiques). Au Dahomey les cvs. Fotètè (*Amaranthus cruentus*), klaroen (*Amaranthus dubius*) et Avounvô Vert (*Celosia argentea*) ont été choisis.

La production de semences améliorées (ch. 12) au Dahomey paraît assez facile pour le cv. Fotètè, environ 2 t/ha en trois mois. En revanche, on n'obtient que 600 kg/ha du cv. Klaroen en quatre mois et 700 kg/ha du cv. Avounvô Vert en cinq mois.

La conservation de grands lots en sacs de coton dans une pièce climatisée est satisfaisante. Gardées en pièce non-climatisée, les graines perdront le pouvoir germinatif en six mois environ.

SAMENVATTING

Het doel van deze studie is de verbetering van de teeltmethoden van amarant, de belangrijkste bladgroente van de humide tropen.

De gegevens werden vergaard op het tuinbouw- en voedingscentrum (Centre de Formation Horticole et Nutritionnelle) Porto-Novo (Dahomey) en aan de afdeling Tropische Plantenteelt van de Landbouwhogeschool te Wageningen.

In Dahomey wordt amarant het hele jaar door geteeld (zie hfdst. 2).

De tuinders passen twee teeltwijzen toe:

- a. in nauw plantverband overplanten ($< 10 \times 10$ cm) en oogsten door uittrekken,
- b. in wijd plantverband overplanten ($> 20 \times 20$ cm) en oogsten door herhaaldelijk afsnijden.

Vanwege de nadelen, verbonden aan de directe uitzaai (behoefte aan een grote hoeveelheid zaaizaad, langdurige bezetting van het perceel, moeilijk te regelen plantdichtheid, ernstige concurrentie van onkruiden) geven de tuinders de voorkeur aan overplanten.

Technische problemen waar men veelvuldig mee te kampen heeft zijn het verkrijgen van goed zaaizaad, de toepassing van teelttechnische methoden zoals de keuze van een geschikte plantdichtheid, bepaling van de oogstmethode en de frequentie en hoogte van de snitten, het herstel of behoud van de bodemvruchtbaarheid, de bestrijding van ziekten, plagen en onkruiden en het tegengaan van vroegtijdige bloei.

Omdat er talrijke misvattingen bestaan over de voedingswaarde van bladgroenten, is dit aspect eveneens behandeld (hfdst. 3). De gemiddelde dagelijkse consumptie van bladgroenten in de tropen is ongeveer 25 g vers, schoongemaakt produkt per persoon. Voedingsdeskundigen bevelen een opname van 100 g aan, om de voeding evenwichtiger te maken voornamelijk aan vitamines (vitamine C, pro-vitamine A etc.) en mineralen (ijzer, calcium). Bladgroenten leveren ook een belangrijke bijdrage aan de eiwitwaarde van kindervoeding waaraan dierlijk eiwit ontbreekt. Schadelijke gevolgen door de aanwezigheid van oxaalzuur (*Amaranthus* blad kan tot 10% oxaalzuur in de droge stof bevatten) of van vrije nitraten is niet waarschijnlijk als niet meer dan 100 g per persoon per dag wordt geconsumeerd.

De taxonomie van de als groente gebruikte *Amaranthaceae* (verzamelnaam 'amarant') is nogal verward (hfdst. 4). De geteelde variëteiten behoren voornamelijk tot de volgende soorten: *Amaranthus cruentus* L., *A. dubius* Mart. ex Thell., *A. tricolor* L. en *Celosia argentea* L. Men consumeert eveneens het blad van soorten zoals *A. caudatus* L., die in het tropische bergland van Azië en Latijns-Amerika als graangewas worden geteeld, benevens van een aantal wilde soorten.

Een analyse van de groei (hfdst. 5) toont aan dat de genoemde soorten een snelle jeugdontwikkeling doormaken. *Amaranthus cruentus* verschilt van *Celosia argentea* onder andere door een iets snellere groei, een hoger droge stof gehalte, een kortere generatieve fase en een grotere zaadproductie. De beste opbrengsten voor de oogst door uittrekken worden in Dahomey verkregen door te oogsten op het moment dat de planten generatief worden, ongeveer zes weken na het overplanten. In een groeianalyse proef werd van *Amaranthus* 2,7 t/ha blad (droge stof) behaald in 6 weken en van *Celosia* 2,3 t/ha.

De bladproductie is maximaal wanneer de waarde van het bladoppervlak ongeveer $7 \times$ het grondoppervlak bedraagt ($LAI=7$). Daarna heeft de vorming van nieuw blad tot gevolg dat de oudere bladeren vallen. Als men oogst door herhaalde snitten, zal men uiteindelijk een hogere produktie verkrijgen dan door uittrekken, tenminste als men te vroeg in bloei schieten weet te voorkomen.

Verskillende ecologische invloeden werden bestudeerd (hfdst. 6). *Amaranthus cruentus* is een plant met een C4-cyclus fotosynthese. Deze gaat gepaard met een hoog temperatuuroptimum ($> 40^\circ\text{C}$) en een hoog lichtverzadigingsniveau ($> 0,4 \text{ cal. cm}^{-2} \cdot \text{mn}^{-1}$). *Celosia argentea* is een C3-plant, die een optimale CO_2 -assimilatie vertoont bij ongeveer 35°C en die iets minder efficiënt is bij een hoge lichtintensiteit (fotosynthese = $\mu\text{g CO}_2 \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hr}^{-1}$). Als men echter de fotosynthese uitdrukt in $\mu\text{g CO}_2$ per mg droge stof, dan is de C3-plant *Celosia* bijna even efficiënt als de C4-plant *Amaranthus*. De laatstgenoemde heeft een lage transpiratiecoëfficiënt vergeleken bij die van *Celosia*. Een anatomische studie van de vaatbundels in de bladeren toont aan dat *Amaranthus* een endodermis van grote radiaal gerangschikte cellen bezit, de zogenaamde Kranz-anatomie, typerend voor C4-planten. Deze is bij *Celosia* afwezig.

De fotoperiodieke reactie van alle getoetste cultivars wijst erop, dat men te doen heeft met kwantitatieve of kwalitatieve korte-dag planten. In Dahomey wordt vroegtijdige bloei waarschijnlijk veroorzaakt door perioden van watertekort, ofschoon andere factoren, zoals de leeftijd der planten bij het overplanten, de bodemvruchtbaarheid en de afsnijhoogte een rol kunnen spelen.

Er werd aangetoond, dat de teelt in de schaduw van palmbomen een sterke opbrengstdaling te zien geeft.

Plantdichtheidsproeven (hfdst. 7) geven aan dat ongeveer 100 planten/ m^2 de beste resultaten voor de oogst door uittrekken geeft. Als men herhaaldelijk wil afsnijden, dan zijn 20 à 40 planten/ m^2 voldoende. Een afsnijhoogte van 20 cm is gunstig. Als men lager afsnijdt, groeien de planten niet meer gemakkelijk door. Snijdt men hoger af, dan kan het optreden van vroegtijdige bloei de kwaliteit van de volgende snitten benadelen. Voor- en nadelen van beide teeltmethoden worden besproken.

Amarant is een bodemuitputtende teelt (hfdst. 8), hetgeen werd aangetoond door gewasanalyses. Men kan amarant telen op verschillende bodemtypen (zand, klei) mits de grond chemisch voldoende rijk is. Arme zandige gronden,

gedurende tientallen jaren door tuinders intensief gebruikt en regelmatig met stadsvuil bemest, zijn goede tuingronden geworden. Op de eerste plaats is opvoering van het organische stofgehalte geboden.

De gewasanalyses en bemestingsproeven wijzen op een hoge kaliumbehoefte. Als mengmeststof bleek NPK (10-10-20) goed te voldoen. Een gift van 400 kg/ha per teelt geoogst door uittrekken en 600 kg/ha per teelt geoogst door herhaalde snitten kan in het algemeen aanbevolen worden voor de arme of matig vruchtbare gronden, als niet minstens 25 t/ha stadsvuil gegeven wordt.

De bereiding van compost met stadsvuil werd uitgeprobeerd. De voordelen van deze compost, een compacte en hygiënisch verantwoorde meststof, wegen niet op tegen de nadelen, een arbeidsintensief procédé, dat een aanzienlijk verlies aan mineralen, vooral N, en tevens een verlies aan C impliceert.

Smeul door *Pythium* (hfdst. 9) is een nare ziekte, die moeilijk te bestrijden valt. Bespuitingen met carbamaten waren weinig efficiënt. Men kan het beste de zaaibedden aanleggen op een lichte, goed bemeste en gedraineerde grond, in de volle zon. Zachtrot door *Choanephora cucurbitarum* (Berk. et Rav.) Thaxter komt voor in de hete, vochtige periodes van het jaar. De ziekte veroorzaakt veel schade in jonge aanplantingen, korte tijd na het overplanten, en manifesteert zich ook vaak op de snijvlakken van de stengels na een snit. Zwakke planten sterven af. Grote krachtige planten kunnen door de vorming van nieuwe zijscheuten de infectie te boven komen, waarbij het geïnfecteerde gedeelte indroogt. Preventieve bespuitingen met carbamaten 3 kg/ha kunnen de schade beperken. Overigens kan men deze zwakteschimmel bestrijden met alle teeltmaatregelen, die een goede groei verzekeren. *Celosia* is weinig gevoelig voor deze ziekte.

Rupsen van *Hymenia recurvalis* F., een tropische cosmopolitische soort, veroorzaken veel schade aan *Amaranthus* en *Celosia*. De stengelboorder, *Lixus truncatulus* F. is eveneens een lastig insect voor *Amaranthus*, maar gebruikt *Celosia* niet als waardplant. Beide soorten kunnen door wekelijks bespuitingen met carbaryl, bromophos of lindaan gedurende de periodes van aantasting bestreden worden.

Aaltjes van het geslacht *Meloidogyne* zijn schadelijk voor veel tuinbouwgewassen, onder andere voor *Celosia*. Daarentegen is *Amaranthus* weinig gevoelig voor aaltjesschade. Daarom wordt in Dahomey aangeraden de cv. Fotètè, een slechte waardplant voor *Meloidogyne*, in vruchtwisselingsschema's te gebruiken. De gunstige uitwerking van grondontsmetting bleek van korte duur. Na enkele maanden was de *Meloidogyne*-populatie weer opgebouwd.

Onkruiden (hfdst. 10) zijn geen ernstig probleem, omdat men ze door het gebruikelijke wieden gemakkelijk kwijt raakt. Het enige lastige onkruid is *Cyperus rotundus* L., dat dank zij een buitengewoon sterke ondergrondse ontwikkeling, zich bij wieden in de droge tijd kan handhaven en dat in de regentijd door wieden (schoffelen) zelfs bevorderd wordt. Het herbicide glyphosaat toonde een gunstige werking tegen alle waargenomen onkruiden, met inbegrip van

Cyperus knolletjes, en had klaarblijkelijk geen residuwerking.

De kennis van de genetische, bloembioologische en fysiologische achtergronden (hfdst. 11) is al op een voldoende hoog peil om veredelingswerk, bijvoorbeeld door kruisingen, te kunnen aanpakken. De selectiecriteria hebben betrekking op de kwaliteit (donker-groene bladkleur, laag oxaalzuur- en hoog eiwitgehalte, aangename smaak) en de landbouwkundige eigenschappen (hoge produktie, dagneutrale of meer langedag reactie, onvatbaarheid voor aaltjes en ziekten). In Dahomey zijn de volgende cvs. uitgeselecteerd: Fotètè (*Amaranthus cruentus*), Klaroen (*Amaranthus dubius*) en Avounvô Vert (*Celosia argentea*).

De produktie van zaaizaad (hfdst. 12) van de cv. Fotètè in Dahomey bleek vrij eenvoudig. Men verkrijgt ongeveer 2 t/ha in drie maanden. Daarentegen oogst men van de cv. Klaroen slechts 600 kg in vier maanden en van de cv. Avounvô Vert 700 kg in vijf maanden.

Het bewaren van grote hoeveelheden zaaizaad in katoenen zakken in een geklimatiseerde ruimte bleek bevredigend. Onder niet-geklimatiseerde omstandigheden verliezen de zaden in ongeveer zes maanden hun kiemkracht.

THE CULTIVATION OF AMARANTH AS A TROPICAL LEAF VEGETABLE

WITH SPECIAL REFERENCE TO SOUTH-DAHOMEY

1. INTRODUCTION

Amaranth is the most cultivated leaf vegetable of the humid tropics and as such comparable to spinach in the temperate regions. Efforts to improve the crop are hampered by a shortage of knowledge. The object of this study is to fill up a part of this gap. The experimental data were gathered at a horticultural extension centre in Dahomey (Centre de Formation Horticole et Nutritionnelle, Porto-Novo) and at the Agricultural University of Wageningen.

2. THE CULTIVATION OF AMARANTH IN SOUTH- DAHOMEY

The densely populated southern part of Dahomey has a humid tropical climat. The dry season lasts from December to March. On the compounds and in the fields, amaranth is found almost exclusively in the rainy season (April-November) but the market-gardeners around the big cities cultivate this crop under irrigation throughout the year. In the main rainy season (May-July) harvests are low as a result of an excess of diseases and pests and probably also by leaching of the soil and by a lower light intensity.

The following cultivation methods can be distinguished:

- a. transplanting with narrow spacing ($< 10 \times 10$ cm) and harvesting after 3 to 4 weeks by uprooting,
- b. transplanting with wide spacing ($> 20 \times 20$ cm) and harvesting by repeated cuttings, during 2 to 3 months.

Direct sowing sometimes is practised as mixed cropping with food crops and in compounds, but not by the market-gardeners. Objections against this method are the longer occupation of the plot, weed growth, and a product with a heterogeneous quality.

While growing amaranth, the gardeners have to contend mainly with the following problems:

1. to obtain good quality seeds
2. to choose the most suitable cultivation method (spacing, harvest time, frequency and height of cutting)
3. to improve and maintain the soil fertility
4. to control diseases, pests and weeds.

See table 1-4 and figure 1.

3. CONSUMPTION AND FOOD VALUE

The consumption of leaf vegetables in the humid tropics amounts to about 25 g per person per day net weight or 40 g of rough product. Extreme amounts of 250 g occur. Nutritionists advise a daily intake of 100 g for balancing the usually one-sided menu in the tropics. In Dahomey and in many other regions, about half of the consumption of leaf vegetables consists of amaranth.

Leaf vegetables are rich in food-stuffs, especially provitamin A, vitamin C, iron and calcium, while also the protein content is quite important, especially for children who do not receive enough animal protein. When calculated on dry matter base, the food value of different species of dark green leaves does not show much variation. The dry matter content in itself is important, as it may vary from 15% (for instance *Amaranthus cruentus*) to 6% (for instance *Basella alba*). Loss of food-stuffs (like vitamin C) can be kept low, if the vegetables are cooked with very little water and during a short time and if no potash but salt is used. Throwing away the cooking liquid is often unavoidable.

If the consumption does not exceed 100 g per person per day, oxalic acid and free nitrates in amaranths are most unlikely to be harmful.

See table 5-9 and figure 2.

4. BOTANY AND GEOGRAPHY

The collective name 'amaranth' for this group of leaf vegetables comprises all species and cultivars of the family of *Amaranthaceae*, principally *Amaranthus cruentus* L., *A. dubius* Mart. ex Thell., *A. tricolor* L. and *Celosia argentea* L. The taxonomic distinction between species is difficult and many synonyms exist. The grain-amaranth, still cultivated in tropical mountainous regions of America and Asia (*A. caudatus* L., *A. hypochondriacus* L. and *A. cruentus* L.) are also used as leaf vegetables.

See figure 3-8.

5. GROWTH ANALYSES

Amaranthus cruentus and *Celosia argentea* both appear to be quickly growing plants. The former differs from the latter by a somewhat faster initial development, a higher dry matter content, a shorter generative phase and a higher seed production.

Harvesting by uprooting yields the highest leaf production about six weeks from transplanting, when the plants become generative. Gardeners commonly harvest some weeks earlier because then quality is better (less and more tender stems). In a field trial *Amaranthus* produced 2.7 t of leaves (dry matter) per ha in six weeks, or 6.4 g. m⁻².day⁻¹ and *Celosia* 2.3 t or 5.5 g.m⁻².day⁻¹. This

leaf production might be increased to maximally 3.5 t in four weeks by various cultivation measures. When the leaves reach a closed cover with a leaf area (LAI) of about 7 times the surface of the soil, the bottom leaves will drop and no increase in total leaf weight can be obtained.

Harvesting by regular cuttings causes that the plant tries to restore the lost leaf area after the cutting. To obtain a high total production the choice of a suitable spacing and harvest method (see ch. 7) and the prevention of early flowering are important (ch. 6).

See table 10-13 and figure 9-16.

6. ECOLOGICAL INFLUENCES

The photosynthesis of leaves of *Amaranthus cruentus* and of *Celosia argentea* was measured. The optimum temperature for *Amaranthus* was not reached at 40°C whereas *Celosia* showed no increase of the photosynthesis rate above 35°C. At 0.45 cal.cm⁻².mn⁻¹, the highest measured light intensity, and at 40°C, *Amaranthus* was not yet light-saturated, as opposed to *Celosia*. The photosynthesis is expressed in µg of CO₂ per cm² of leaf area. When expressed in µg of CO₂ per mg of leaf dry matter, the photosynthetic rate of *Amaranthus* at low light intensities showed somewhat lower values than *Celosia* and at high light intensities higher values than *Celosia*. The transpiration coefficient of *Celosia* proved to be much higher than that of *Amaranthus*. *Celosia* has a lower diffusion resistance for water-vapour but a higher resistance for CO₂. The conclusion that *Amaranthus cruentus* is a C4-cycle plant and *Celosia argentea* a C3-cycle plant, was confirmed by a study of the leaf anatomy.

A number of cultivars, tested for day length reaction, were indifferent or behaved like qualitative or quantitative short-day plants. The early flowering of *Amaranthus* in Dahomey probably is not mainly a photoperiodical symptom, but more a result of waterstress, the use of too old seedlings for transplanting and cutting at a too high level during the first cutting.

In relation to the frequent presence of palm trees in the fields of Dahomean gardeners, the influence of shade on leaf production was studied. Shade appeared to be disadvantageous. The decrease of production by shade is possibly worse for *Amaranthus* than for *Celosia*.

See tabel 14-26 and figure 17-22.

7. PLANT SPACING AND CULTIVATION METHOD

If harvest is done by uprooting after 3 to 4 weeks from transplanting, a high planting density of about 100 plants per m² will be desirable. Often the gardeners plant at denser spacing because of the frequent thinning out by a fungus disease *Choanephora*. If repeated cuttings are wanted, a number of 20 to 40 plants per m² will be adequate. The first cutting should not be too low, for

this impedes regrowth. A height of 20 cm appears to be suitable. If cutting at a higher level is practised early flowering may occur. A frequency of cutting every three weeks appears to be better than every two weeks.

Both cultivation methods have advantages and disadvantages. For harvest by uprooting the labour intensive transplanting is a handicap, but weeding will not be necessary. If harvested by cuttings *Choanephora* may cause a lot of damage.

See table 27-30 and figure 23-27.

8. SOIL AND FERTILIZING

Amaranth is a crop which requires a high level of soil fertility and which is exhausting for the soil. A number of field trials have shown that amaranth has a good response to NPK-fertilizing with a high potassium content. Fresh town refuse appeared to be an excellent type of organic manure. Although the composition is very variable, this fresh town refuse generally has a high fertilizing value and a low C/N quotient. Composting appeared to be intensive in labour requirement and led to an important loss of minerals, especially of N, and a loss of C. On poor and moderately fertile soils, the application of 400 kg/ha of NPK (10-10-20) and 25 t/ha of town refuse is recommended. Without organic manure the duration of fertilizer influence will be shorter and leaching of part of it is risked.

Split application of fertilizer may show good results, especially in the rainy season, on poor soils, and during a long cultivation period. Half of it may be applied during preparation of the plot, the other half during the growth period. It is applied in granular form or dissolved in the irrigation water.

In Dahomey, the manuring of successive crops of amaranth and other vegetables during many years, with high applications of about 50 t/ha per cultivation has converted poor sandy soils into good soils for gardening. See table 31-51 and figure 28-29.

9. DISEASES AND PESTS

In Dahomey, *Amaranthus cruentus* L. has been cultivated for years on the same plots without any rotation. This is possible because the plant is not affected by the common soil diseases which affect many other vegetables. The worst diseases and pests are:

- a. damping-off, caused by *Pythium aphanidermatum* (Eds.) Fitzp. Control by cultivation measures: sowing not too densely (2 g/m²), no shade above the seedbed, good manuring with organic matter, good drainage. *Celosia* is less affected than *Amaranthus*.
- b. wetrot caused by *Choanephora cucurbitarum* (Berk. et Rav.) Thaxter, a fungus which may cause a lot of damage under wet conditions, especially

after transplantation and after a cutting. The infection is less concentrated in spots than that of *Pythium*. Control measures: dense planting (open places of dead plants will then be filled up by neighbouring plants), no shade, good manuring, no scattering of woodash on plants, no ammonium sulfate in the sprinkling water. Weekly treatments with 3 kg/ha of maneb with carbatene may prevent damage. *Celosia* is less sensitive.

c. caterpillar damage caused by *Hymenia recurvalis* F.; control with bromophos, carbaryl or lindane was satisfactory.

d. stemborer *Lixus truncatulus* F. is the most noxious if it attacks young plants, less than four weeks old. Repeated treatments with the insecticides enumerated under c. appeared to be effective. It is recommended to use seedlings not older than three weeks for transplanting. *Celosia* is not affected.

e. *Meloidogyne incognita* Chitwood is a serious pest of *Celosia*. Most *Amaranthus* cultivars appeared to be bad hostplants, therefore this crop is suitable for use in rotation schemes with sensitive vegetables. After soil fumigation with DD and a crop of *Celosia* the *Meloidogyne* population showed a quick recovery.

See table 52-56.

10. WEED CONTROL

Most weeds can easily be controlled by weeding. An exception is *Cyperus rotundus* L., which has spoiled many plots of gardeners. In a control trial executed during the rainy season, weekly weeding appeared insufficient. A double spraying with glyphosate destroyed 95% of the *Cyperus* tubers.

See table 57-58.

11. BREEDING

All the tested *Amaranthus* species are monoecious wind pollinated plants. The hermaphrodite flowers of *Celosia* are pollinated by insects. In the field the percentage of self fertilization might be rather high. The chromosome number in the genus *Amaranthus* is $2n = 32$ (*A. cruentus*, *A. caudatus*), $2n = 34$ (*A. tricolor*) and $2n = 64$ (*A. dubius*). The chromosome number in the genus *Celosia* is $2n = 36$ or 72. Hybrids between several species of *Amaranthus* have been reported. Some breeding work has been done, for instance in India.

In Dahomey, local and foreign cultivars were tested. The selection criteria are connected with growth habit, productivity, disease resistance and leaf quality (colour, taste). The following cultivars were selected: *Amaranthus cruentus* cv. Fotètè, *A. dubius* cv. Klaroen and *Celosia argentea* cv. Avounvô Rouge. A cultivar lacking anthocyan was selected from the last mentioned.

In an hothouse in Wageningen, some thirty cultivars of six different species were observed. Marked phenotypical differences as to growth habit, production,

daylength reaction, protein-N and oxalic acid content became evident. See table 59-60 and figure 30.

12. MULTIPLICATION

In Dahomey 2000 kg/ha of seeds could be harvested from the cv. Fotètè (spacing 40×70 cm) in three months. For the cv. Klaroen this amount was 600 kg in four months and for cv. Avounvô Vert 700 kg in five months. The 1000 grains weight of *Amaranthus* seeds is about 350 mg, that of *Celosia* seeds about 1 g. Fresh amaranth seed becomes germinative after drying. The light/dark reaction of the phytochrome is capable of inducing or inhibiting germinative power. Generally, seeds germinate better in the dark. Therefore in practice either the seed has to be lightly covered with soil or the seed bed should be covered.

Various methods for preservation of seeds were tried out. Small quantities of dry seeds (humidity 12%) in a well-closed pot, if so required with the addition of a dehydrator, can be kept viable for months. Large quantities stocked in cotton bags in an airconditioned room, keep their viability for at least one year.

In Dahomey seeds are distributed in plastic bags. The quantity is based on 2 g of *Amaranthus* or 3 g of *Celosia* per m^2 of seedbed, sufficient for 1000 plants. See table 61-62 and figure 31.

REMERCIEMENTS

Je tiens particulièrement à remercier :

- le Dr. M. FLACH, mon promoteur, pour la confiance qu'il m'a témoignée et pour ses conseils constructifs
- la Dr. Mme J. A. FRAHM-LELIVELD pour la mise au point du texte tout entier
- la fondation WOTRO pour m'avoir accordé une bourse en 1974 me permettant de terminer la présente étude
- le Conseil d'Administration de l'Institut National Agronomique de Wageningen et le professeur J. D. FERWERDA pour l'hospitalité offerte au Département de Phytotechnie Tropicale dudit Institut en 1974
- le Ministre du Développement Rural et de la Coopération de la République du Dahomey pour la permission d'utiliser les données collectionnées dans ce pays hospitalier, de 1968 à 1973
- l'organisation NOVIB qui a financé le projet 'Amélioration de la nutrition au Sud-Est du Dahomey par la création de jardins familiaux' jusqu'à 1971
- le Dr. C. L. M. VAN EYNATTEN, qui dans sa qualité de directeur de la fondation NEDERF, m'a poussé d'entreprendre des recherches dans le domaine des légumes-feuilles tropicaux
- la FAO à Rome, administrateur du projet jusqu'à 1971, en la personne du Dr. H. C. RUCK, conseiller technique
- l'Institut Royal pour les Régions Tropicales à Amsterdam, gérant du projet depuis 1972, en la personne de Ir. H. PH. HUFFNAGEL et Ir. F. M. GEURTS, respectivement directeur et conseiller technique au Département de la Recherche Agronomique
- le Fonds Européen de Développement (FED) qui gère l'assistance technique au projet, intitulé actuellement 'Centre de Formation Horticole et Nutritionnelle de Ouando', en la personne de son contrôleur-délégué O. PLUG
- mon homologue E. OROUNLA, dont les qualités humaines m'ont rendu optimiste quant à l'avenir de son pays et tous mes collègues au Dahomey qui ont dû tolérer mon écart-type pendant des années, spécialement J. A. ZWAAN, Ir. H. VERMEULEN, Mlle A. HIEL, Mme S. GRIMAUD
- le personnel du CFHN qui a assisté à l'exécution des expérimentations, spécialement le personnel dahoméen A. AGBO, R. TIDJANI et B. DONOUVOSSI, les volontaires néerlandais Mlle A. J. J. VAN BANNING, J. DE VRIES, J. DE KONING, J. J. M. HOOPLOT, A. P. M. VAN DER ZON, P. C. M. JANSEN, J. S. SIEMONSMA, TH. J. KUIPERS, F. DIRKSE, Ir. Tj. E. STRUIF BONTKES et la stagiaire de l'Université Dahoméenne Mlle Fr. DJIBODÉ
- les étudiants de l'Institut National Agronomique à Wageningen qui ont consacré une partie de leur temps à des expérimentations rapportées dans cette étude, à savoir Mlle A. J. J. VAN BANNING, J. S. SIEMONSMA, P. C. M. JANSEN, E. A. B. MOSTERD, Mme T. MUILEBOOM-MUFFELS

- l'Université Dahoméenne, en la personne de L. FAKAMBI, pour l'emploi du laboratoire
- l'Ir J. A. SAMSON qui a guidé un nombre d'expérimentations exécuté par les étudiants à Wageningen et le Dr. E. WESTPHAL pour ses conseils
- toutes les personnes qui ont relu et examiné une partie du manuscrit, à savoir Dr. J. H. KIJNE (ch. 2, climatologie), les professeurs H. A. P. C. OOMEN et J. G. A. J. HAUTVAST (ch. 3), Dr. A. J. M. LEEUWENBERG (ch. 4), Ir. H. J. W. MUTSAERS (ch. 5, 7), Ir. J. P. M. BINK et Dr. F. W. T. PENNING DE VRIES (ch. 6), Dr. B. H. JANSEN, Ir. R. M. SCHELHAAS et Dr. A. VAN DIEST (ch. 8), Ir. H. D. FRINKING (ch. 9, maladies cryptogamiques), Dr. J. B. M. VAN DINTHER (ch. 9, insectes nuisibles), Dr. M. OOSTENBRINK et Ir. P. W. MAAS (ch. 9, nématodes), Ir. W. DE GROOT et Ir. F. J. H. VAN HIELE (ch. 10), Dr. G. A. M. VAN MARREWIJK (ch. 11 et 12)
- le Dr. M. A. J. VAN MONTFORT de la Section de Mathématiques à Wageningen pour sa collaboration aux analyses statistiques
- le personnel de la section de Taxonomie et de Géographie Botaniques à Wageningen, spécialement Mlle H. G. D. ZEWARD et Mlle F. GILAUD pour les dessins botaniques (figures 4-8) et J. DE BRUIJN et ses collaborateurs pour la collection de l'herbier
- le personnel de la Section de Chimie Agricole à Wageningen, spécialement Dr. J. H. G. SLANGEN, Ir. H. BRETELER et Mlle A. W. HOOGENDIJK pour les analyses chimiques du matériel végétal
- Drs. B. EVENHUIS et Ir. R. M. SCHELHAAS et leurs collaborateurs des Laboratoires du Sol et des Produits de l'Institut Royal pour les Régions Tropicales à Amsterdam, qui ont fait nombre d'analyses du sol et du matériel végétal
- le professeur J. D. SAUER, University of California, Los Angeles, pour l'identification de tous les spécimens d'*Amaranthus* mentionnés dans la section 4.5.1 et 11.6.2
- la Section de Phytopathologie à Wageningen, notamment Ir. H. D. FRINKING et ses collaborateurs pour l'identification des champignons
- le Service de Protection des Végétaux à Wageningen, notamment Ir. P. W. MAAS et ses collaborateurs pour l'identification des nématodes
- le Dr. G. STARITSKY et les assistants L. DE NIJS et Mlle E. M. AMPTMEIJER pour l'aide à la recherche botanique, l'Ing. J. MOHEDE et S. M. BOLTJES et ses collaborateurs pour l'entretien des essais en serre
- Mme A. LEGREAU, Mme WILLE et I. B. Cissé qui ont corrigé le texte français, feu Mme A. G. J. FLACH-TE VELDE et L. C. A. GRUBBEN pour la correction du texte anglais
- R. BOEKELMAN pour les dessins, figure 1-3, 9-20, 22-31; W. SCHEEPMAKER pour le dessin, figure 21
- F. DIRKSE pour les photos no. 1-6, 9, 13-18 faites au Dahomey et J. H. A. VAN ZEE pour la photo 7 et pour la préparation de tout le matériel photographique

– les dactylographes du manuscrit, à savoir Mlle J. TH. VAN BARNEVELD, Mme J. SNIJDERS-TIMMERS, Mlle E. J. VAN DIJK du lab. de Phytotechnie Tropicale et les collaboratrices de Mlle M. HARDEMAN de la Section de l'Élaboration des Textes.

BIBLIOGRAPHIE

- ABD EL RAHMAN, A. A. et BIERHUIZEN, J. F., -1959. The effect of temperature and water supply on growth, transpiration and water requirements of tomato under controlled conditions. *Meded. Landbouwhogeschool* 59 (3): 1-14.
- AELLEN, P. -1961. Die Amaranthaceen Mitteleuropas. Sonderabdruck aus *Hegi, G., Illustrierte Flora von Mitteleuropa Bd. III, 2*. Carl Hanser Verlag, München: 461-535.
- AHMAD, T., -1938. The *Amarantus* borer, *Lixus truncatulus* (F.) and its parasites. *Ind. J. agric. Sci.* 9: 609-627.
- ALLARD, H. A. et W. W. GARNER, -1940. Further observations on the response of various species of plants to length of day. *Bull. 727 U.S. Dept. Agric.* 1-64.
- ALLISON, F. E., -1973. Soil organic matter and its role in crop production. *Developments in Soil Science* 3. Elsevier, Amsterdam.
- ANNEGERS, J. F., -1973. The protein-calorie ratio of West African diets and their relationship to protein-calorie malnutrition. *Ecol. Food Nutr.* 2: 225-235.
- ANONYMUS, -1964. Enquête démographique au Dahomey - 1961. Résultats définitifs. *Min. Inform. Dahomey*.
- ANONYMUS, -1964. Onderzoek van zaaizaden door het Rijksproefstation voor Zaadcontrole, Wageningen.
- ANONYMUS, -1968. Promising selections of green amaranths. *Madras agric. J.* 55: 253.
- ANONYMUS, -1969. Code International des plantes cultivées. *Regnum veg.* 64.
- ARNOTT, H. J. et F. G. E. PAUTARD, -1970. In: SCHRAER, H. (ed.). *Biological calcification: cellular and molecular aspects*. North-Holland Publ. Comp. Amsterdam.
- ARNOLDO, F. M., -1971. Gekweekte en nuttige planten van de Nederlandse Antillen. Curaçao.
- AYKROYD, W. R., -1962. The nutritive value of Indian foods and the planning of a satisfactory diet. Sixth rev. ed. by GOPALIN, C. et BALSUBRAMANIAM, S. C., *Indian Council Med. Res.*, New Delhi.
- BACKER, C. A., -1949. *Amaranthaceae*. In: STEENIS, G. C. C. J. VAN (ed.), *Flora Malesiana*, Djakarta 1948-1954, ser. I, vol. 4-2: 69-83.
- BARRAU, J., -1955. L'agriculture vivrière Mélanésienne. *Commission du Pacifique Sud*
- BARRAU, J., -1965. Quelques notes à propos de plantes utiles des hautes terres de la Nouvelle Guinée. *J. Agric. trop. Bot. appl.* 7: 44-57.
- BARTON, L. V., -1961. *Seed preservation and longevity*. Leonard Hill Books, London.
- BASU, K. P. et B. GHOSH, -1943. Availability of calcium in vegetables determined by metabolism experiments on a human adult. *Indian J. med. Res.* 31: 37-39.
- BERGER, R. D., -1974. Communication personnelle. Lab. Phytopathologie, Inst. Nat. Agron., Wageningen.
- BERHAUT, J., -1971. *Flore illustré du Sénégal*. Tome 1. Editions Clairafrique Dakar.
- BIRD, G. W. et CH. HOGGER, -1973. Nutsedges as hosts of plant-parasitic nematodes. *Plant Dis. Rep.* 57: 402-403.
- BLACK, C. C., Photosynthetic carbon fixation in relation to net CO₂-uptake. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 24: 253-286.
- BLEASDALE, J. K. A., 1963. Crop spacing and management under weed-free conditions. *Exptl. Agric.*
- BOIS, D., -1927. *Les plantes alimentaires chez tous les peuples et à travers les âges*. Tôme I, Paris.
- BOISSON, C. et J. L. RENARD, -1967. Les maladies cryptogamiques des plantes maraichères en Côte d'Ivoire. *Agron. trop.* 22: 699-755.
- BLACK, C. C., -1973. Photosynthetic carbon fixation in relation to net CO₂ uptake. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 24: 253-286.
- BOOTH, C., -1971. The genus *Fusarium*. *Kew.*
- Meded. Landbouwhogeschool Wageningen 75-6 (1975)*

- BOYNTON, J. E., M. A. NOBS, O. BJÖRKMAN et W. PEARCY, -1971. Biochemical characteristics. Carnegie Inst. Washington Yearb. 69: 632-640.
- BRADFIELD, R., -1974. Intensive multiple cropping. Trop. Agric. (Trinidad) 51: 91-93.
- BRAND, R., -1972. Plantes médicinales en usage chez les Gun. Cotonou.
- BULL, T. A., -1969. Photosynthetic efficiencies and phototranspiration in Calvin cycle and C4-dicarboxylic acid plants. Crop Sci. 9: 726-729.
- BURKILL, I. H., -1935. A dictionary of the economic products of the Malay Peninsula. Crown Agents for the Colonies, London.
- BUSSON, F., -1965. Plantes alimentaires de l'Ouest Africain. Ministère de la Coopération, Paris.
- CANDOLLE, A. DE, -1886. Origin of cultivated plants. (reprint of 2nd ed.) 1959, Hafner Publ. Co., New York.
- CAVENESS, F. E., -1967. Nematology studies 1960-1965. USAID, Nigeria.
- CAVENESS, F. E., -1973. Rapport Intern, Int. Inst. Trop. Agr. Ibadan.
- CHAUDRHI, I. I., -1956. Relation of the photoperiodic flowering response to the endogenous annual rhythm in *Amaranthus caudatus* L. Beitr. z. Biol. d. Pfl. 32: 451-456.
- CHILDERS, N. F. et al., -1950. Vegetable gardening in the tropics. Un. St. Dep. Agric. Circ. 32: Porto-Rico.
- CHUPP, C., -1953. A monograph of the fungus genus CERCOSPORA. Ithaca, New York.
- CHUPP, C. et A. SHERF, -1960. Vegetable diseases and their control. Ronald Press Co. New York.
- CLIFFORD, H. T., -1958. On hybridisation between *Amaranthus dubius* and *A. spinosus* in the vicinity of Ibadan, Nigeria. J. West Afr. Sc. Ass. 4: 112-116.
- COOKE, F. C., -1947. Intensive gardening in a P.O.W. camp. Mal. agric. J. 30: 19-26.
- CORNEVIN, R., -1962. Histoire du Dahomey. Berger Levrault, Paris.
- CRESTA, M., -1967. Besoins et niveaux de consommation alimentaire de la population. Rapport au gouvernement du Dahomey. Progr. Nat. Un. Dév. AT 2377, FAO, Rome.
- DALZIEL, J. M., -1955. The useful plants of West-Tropical Africa. Crown Agents for Overseas Government, London.
- DAMMERMAN, K. W., -1929. The agricultural zoology of the Malay Archipelago. De Bussy, Amsterdam.
- DARLINGTON, H. T. et G. P. STEINBAUER, -1961. The eighty year period for Dr. Beal's seed viability experiment. Am. Journ. Bot. 48: 321-325.
- DARLINGTON, C. D. et A. P. WYLIE, -1955. Chromosome atlas of flowering plants. George Allen & Unwin, London.
- DAVIDSON, S. et R. PASSMORE, -1972. Human nutrition and dietetics. Sec. Ed., Edinburgh, London.
- DEUTCH, A., -1973. *Cyperus rotundus* the world's worst weed and what's being done about it. World Farming 15 (3): 12-13.
- DINTHER, J. B. M. VAN, -1960. Insect pests of cultivated plants in Surinam. Landbouwproefst. Suriname 76.
- DIRKSE, D., -1974. Communication personnelle. Royal Sluis Seed Company, Enkhuizen.
- DOWNTON, W. J. S., -1973. *Amaranthus edulis*, a high lysine grain amaranth. World Crops 25: 20.
- EBNER, L., D. H. GREEN et P. PANDE, -1968. A new selective herbicide. Proc. 9th Brit. Weed Control Conf.: 1026-1032.
- EDEN, T., -1964. Elements of tropical soil science. 2nd ed. Macmillan and Co., London.
- EIJNATTEN, C. L. M. VAN, -1968. Liste de légumes de l'Ouest Africain. Comm. NEDERF, R. trop. Inst. Amsterdam.
- EIJNATTEN, C. L. M. VAN, -1969a. Observations on protein contents of tropical leafy vegetables and some other foodstuffs from West Africa. Comm. NEDERF, R. trop. Inst. Amsterdam.
- EIJNATTEN, C. L. M. VAN, -1969b. Aperçu sur l'emploi de divers produits des jardins familiaux pour l'amélioration de la nutrition au Sud-Est du Dahomey. Comm. NEDERF, R. trop. Inst. Amsterdam.
- ELEMANS, G. F., -1967. Rapport de l'année 1966 du projet: Amélioration de la Nutrition en

- Afrique par la création de jardins familiaux. Rapport Interne, NEDERF, R. trop. Inst. Amsterdam.
- EL-SHARKAWY, M. A. et J. D. HESKETH, -1964. Effets of temperature and water deficit on leaf photosynthetic rates of different species. *Crop. Sci.* 4: 514-518.
- EL-SHARKAWY, M. A. et J. D. HESKETH, -1965. Photosynthesis among species in relation to characteristics of leaf anatomy and CO₂ diffusion resistances. *Crop. Sci.* 5: 517-521.
- ENYI, B. A. C., -1965. Effect of age of seedling, height and frequency of cutting on growth and yield of african spinach (*Amaranthus oleraceus*). *Nigerian agric. J.* 2: 35-38.
- EPENHUIJSEN, C. W. VAN, -1974. Growing native vegetables in Nigeria. FAO, Rome.
- FAO, -1962. Calcium requirements. *Nutr. Mtng Rep. Ser.* 30, FAO, Rome.
- FAO, -1970. Teneur des aliments en acides aminés et données biologiques sur les protéines. *Etudes nutr.* FAO, Rome, 24.
- FASSETT, D. W., -1966. Oxalates. In: Toxicants occurring naturally in foods. Publ. 1354 Nat. Ac. Sc., Nat. Res. Council, Washington: 257-266.
- FERY, R. L. et F. P. CUTHBERT, -1972. Association of plant density, cowpea curculio damage and *Choanephora* pod rot in Southern peas. *J. Am. Soc. Hort. Sc.* 97: 800-802.
- FRANKLIN, M. T., -1972. The present position in the systematics of *Meloidogyne*. OEPP/EPPO Bull. 6: 5-15.
- GAASTRA, P., -1959. Photosynthesis of crop plants as influenced by light, carbon dioxide, temperature and stomatal diffusion resistance. *Meded. Landbouwhogeschool, Wageningen* 59(3): 1-68.
- GAILLARD, J. P., -1971. Lutte contre *Cyperus rotundus* en culture d'ananas. Symposium sur le désherbage des cultures tropicales. Antibes, sept. 1971.
- GEUS, J. G. DE, -1973. Fertilizer guide for the tropics and subtropics. Centre d'Etude de l'Azote, Zurich.
- GIBBERD, A. V. et V. L., -1962. A gardening notebook for the tropics. Longmans Green & Co. Ltd., London.
- GIFFORD, R. M., -1974. A comparison of potential photosynthesis, productivity and yield of plant species with differing photosynthetic metabolism. *Aust. J. Plant Physiol.* 1: 107-117.
- GOPALAN, C., B. V. RAMA SASTRI et S. C. BALASUBRAMANIAN, -1971. Nutritive value of Indian Foods. *Nat. Inst. Nutr., Ind. Council Med. Res. Hyderabad.*
- GRANT, W. F., -1959a. Cytogenetic studies in *Amaranthus* II. Natural interspecific hybridisation between *Amaranthus dubius* and *A. spinosus*. *Can. J. Bot.* 37: 1063-1070.
- GRANT, W. F., -1959b. Cytogenetic studies in *Amaranthus* III. Chromosome numbers and phylogenetic aspects. *Can. J. Genet. Cytol.* 1: 313-328.
- GROENENDIJK, J., -1972. Tanzania's horticultural potential. Report of a visit to Tanzania. Wageningen.
- GRUBBEN, G. J. H., -1971. Expérimentations pour le développement de l'horticulture au Sud-Dahomey. Rapport Techn. 3-ième phase, projet FAO/CMCF Dah. 4 partie horticole. Min. Dév. Rural, Dahomey.
- GRUBBEN, G. J. H., -1973. Comment cultiver les légumes au Dahomey. Note Techn. Centre Form. hort. nutr. Porto-Novato.
- GRUBBEN, G. J. H., -1974. L'amarante et sa culture au Dahomey. *Agron. trop.* 29: 97-102.
- GRUBBEN, G. J. H. et E. OROUNLA, -1970. Renseignements sur la culture commerciale de légumes et de légumineuses au Dahomey. *Comm. NEDERF, R. trop. Inst. Amsterdam.*
- GUIRAN, G. DE, -1971. L'éclosion des oeufs de *Meloidogyne incognita* (Nematoda, Heteroderidae) en fonction de l'humidité du sol. Méthode d'étude et premiers résultats. Conf. EPPO, Antibes 27-29 oct. 1971.
- GUIRAN, G. DE et G. NETSCHER, -1970. Les nématodes du genre *Meloidogyne*, parasites de cultures tropicales. *Cah. ØRSTOM, Sér. Biol.* 11: 151-186.
- HAMMERTON, J. L., -1968. Nutgrass in Panama: first impression. *PANS (C)* 14: 339-345.
- HATCH, M. D. et C.R. SLACK, -1966. Photosynthesis by sugarcane leaves. A new carboxylation reaction and the pathway of sugar formation. *Biochem. J.* 101: 103-111.

- HAUMANN, L., -1951. *Amaranthaceae*. In: Flora du Congo Belge et du Ruanda-Urundi, Spermatophytes. Bruxelles. Vol. II: 12-81.
- HERKLOTS, G. A. C., -1972. Vegetables in South-East Asia. George Allen & Unwin, London.
- HEYNE, K., -1950. De nuttige planten van Nederlandsch Indië, I. van Hoeve, 's-Gravenhage-Bandung.
- HIEL, A., -1974. Communication personnelle. Centre Form. hort. nutr. Porto-Novo, Dahomey.
- HIEL, A. et S. GRIMAUD, -1971. Comment nourrir les petits enfants avec des aliments locaux. Note Technique Centre Form. hort. nutr. Porto-Novo, Dahomey.
- HOLDSWORTH, M., -1959. A trial of some local soils in Ghana as potting composts. J. W. Afr. Sci. Ass. 5: 57-63.
- HOLM, L. et J. HERBERGER, -1969. The world's worst weeds. Proc. 2nd Asian - Pacific Weed Control Interchange: 1-14.
- HOROWITZ, M., - 1972. Growth, tuber formation and spread of *Cyperus rotundus* L. from single tubers. Weed Res. 12: 348-363.
- HUIZINGA, B., -1970. Les habitudes alimentaires dans la région du projet pour l'amélioration de la nutrition par la création de jardins familiaux au Sud-Est du Dahomey. Comm. NEDERF, R. Trop. Inst. Amsterdam.
- HURAUULT, J. et J. VALLET, -1963. Mission d'étude des structures agraires dans le Sud-Dahomey (février-novembre 1961). Impr. Inst. Géogr. Nat., Paris.
- HUTCHINSON, J. et J. M. DALZIEL, -1963. Flora of West Tropical Africa. 2e ed., vol. 2. Rev. R. W. J. KEAY; Millbank, London.
- IITA, -1972. Root, tuber and vegetable improvement program. Report Int. Inst. Trop. Agr. Ibadan, Nigeria.
- INTENGAN, C. L., - 1965. Nutrition in the Philippines. J. Nutr. 18: 277-300.
- IRVINE, F. R., -1957. A textbook of West-African Agriculture. Soils and Crops. Oxford Univ. Press. London.
- JAN, P., -1972. Essais de lutte contre le *Cyperus rotundus*. Etude bibliographique. Agron. trop. 22: 249-255.
- JOHNSON, J., -1968. On the control of *Hymenia recurvalis* (Fabricius) on *Amaranthus*. Agric. Res. J. Kerala 6: 132-133.
- JOHNSON, H. S. et M. D. HATCH, -1968. Distribution of the C4-dicarboxylic acid pathway of photosynthesis and its occurrence in dicotyledon plants. Phytochem. 7: 375-380.
- JONGE, H. DE, -1963. Inleiding tot de Medische Statistiek, 1. Ned. Inst. Praeventieve Geneeskunde, Leiden.
- JUSTICE O. L. et M. D. WHITEHEAD, -1946. Seed production, viability and dormancy in the nutgrasses *Cyperus rotundus* and *C. esculentus*. J. agric. Res. 73: 303-317.
- KADMAN-ZAHAVI, A., -1960. Effects of short and continuous illuminations on the germination of *A. retroflexus* seeds. Bull. Res. Council. Israel 9 D: 1-20.
- KASASIAN, L., -1971. Weed control in the tropics. Leonard Hill, London.
- KENDRICK R. E., C. J. P. SPRUIT et D. B. FRANKLAN, -1969. Phytochrome in seeds of *Amaranthus caudatus*. Planta 88: 293-302.
- KENNEDY, R. A. et W. M. LAETSCH, -1974. Plant species intermediate for C3, C4 photosynthesis. Science 184: 1087-1089.
- KHOSHOO, T. N. et M. PAL, -1972. Cytogenetic patterns in *Amaranthus*. Chromosomes Today 3: 259-267.
- KNOTT, J. E. et J. DEANON, -1967. Vegetable production in Southeast Asia. Univ. Philippines, Manilla.
- KREHL, W. A. et R. W. WINTERS, -1950. Effect of cooking methods on retention of vitamins and minerals in vegetables. J. Am. Dietet. Ass. 26: 966-972.
- KROLL, D., -1956. Les cultures potagères au Congo Belge. Ministère des Colonies, Bruxelles.
- LAETSCH, W. M., -1974. The C4 syndrome, a structural analysis. Ann. Rev. Plant. Physiol. 25: 27-52.
- LAMOUREUX, M., -1959. Fertilisation par les crues dans le Delta de l'Ouémé. Inst. Rech. Togo, ORSTOM, Sect. Péd. 12.

- LANESSAN, J. L. DE, -1886. Les plantes utiles des Colonies Françaises. Paris.
- LATHAM, M., -1966. The nutritional importance of horticultural crops in Kenya. Horticultural Handbook, Kenya Dept. Agr.
- LECLERG, E., W. H. LEONARD et A. G. CLARK., -1962. Field plot technique. Burgess Publ. Comp., Minneapolis, Minnesota.
- LESTER, I. N. et A. GOLDSWORTHY, -1973. The occurrence of high CO₂-compensation points in *Amaranthus* species. J. exp. Bot. 24: 1031-1034.
- LEXANDER, K., R. CARLSSON, V. SCHALEN, A. SIMONSSON et T. LUNDBORST, -1970. Quantities and qualities of leaf protein concentrates from wild species grown under controlled conditions. Ann. Appl. Biol. 66: 193-216.
- LOROUGNON, G., -1969. Etude morphologique et biologique du *Cyperus rotundus* L.. Cah. ORSTOM Sér. Biol. 10: 19-33.
- LOUWERSE, W., et J. L. P. VAN OORSCHOT. -1969. An assembly for routine measurements of photosynthesis, respiration and transpiration of intact plants under controlled conditions. Photosynthetica 3: 305-315.
- MAAS, P. W., -1974. Communication personnelle de résultats non-publiés. Service de Protection des Végétaux - Plantenziektenkundige Dienst, Wageningen.
- MACMILLAN, H. F., -1959. Tropical planting and gardening with special reference to Ceylon. McMillan & Co., London - New York.
- MAHENDRA SINGH, W. L. OGREN et J. M. WIDHOLM, -1974. Photosynthetic characteristics of several C3 and C4 plant species grown under different light intensities. Crop Science 14: 563-566.
- MAO TSUNG LIANG, -1933. Etude comparative des caractères anatomiques et du parcours des faisceaux libéro-ligneux des Chenopodiaceés et des Amarantacées. Le Botaniste série XXV: 141-343.
- MAYER, A. M. et POLJAKOFF-MAYBER, -1963. The germination of seeds. Pergamon Press, Hebrew Un., Jerusalem.
- MCMILLAN, R. T., -1972. *Choanephora* wet-rot of pole beans. Plant Dis. Rep. 56: 967-968.
- MCPHERSON, A. T., -1972. Direct use of leaf vegetables as a source of protein and other nutrients in the human diet. Paper, Symp. Sources Protein for Human Nutrition, Un. Ife, Nigeria.
- MEER, Q. P. VAN DER et J. L. VAN BENNEKOM, 1974. Introductie van nieuwe groentegewassen voor de teelt onder glas. Groenten en Fruit, 6 febr. 1974.
- MESSIAEN, C. M. et R. LAFON, -1970. Les maladies des plantes maraichères. Inst. Nat. Rech. Agr., Paris.
- MESSIAEN, C. M., J. FOURNET, A. DELPLANQUE et Mme SOBESKY, -1972. Premiers résultats d'expériences sur quelques épinards tropicaux. Nouvelles Maraichères Vivrières INRA Antilles 3: 24-33.
- METCALFE, C. R. et L. CHALK, -1950. Anatomy of the Dicotyledons. Tome II, Oxford.
- MISRA, P. S., M. PAL, C. R. MITRA et T. N. KHOSHOO, -1972. Chemurgic studies on some diploid and tetraploid grain amaranths. Proc. Indian Acad. Sciences 74B: 155-160.
- MONSANTO, -1971. MON-1139. Herbicide de post-levée. Publ. Monsanto Europe S.A., Bruxelles.
- MOORE, R. J., -1973. Chromosome numbers 1967-1971. Int. Bur. Plant Tax. Nom., Utrecht.
- MORSTATT, H. et H. KLAUS., -1942. Die Landwirtschaftlichen Nutzpflanzen Afrikas. Berlin.
- MUNGER, H. M., -1971. Vegetable production in the tropics. Paper Seminar Agric. Res. West Africa, Vegetable Corps. Int. Inst. Trop. Agr., Ibadan, Nigeria.
- NETSCHER, C., -1970. Les nématodes parasites des cultures maraichères du Sénégal. Cah. ORSTOM Sér. Biol. 11: 209-229.
- NETSCHER, C., -1973. Etude sur la variabilité de la longueur des larves chez *Meloidogyne incognita* Chitwood, 1949 et *Meloidogyne javanica* Chitwood, 1949. Cah. ORSTOM Sér. Biol. 21: 91.
- NICHOLS, L., H. M. SINCLAIR et D. B. JELLIFE, -1961. Tropical nutrition and dietetics. Bailiere, Tindall and Cox, London.
- NORMAN, J. C., -1972. Tropical leaf vegetables in Ghana. World Crops 24: 217-219.

- NYAHOZA, F., -1973. Studies of the biology of *Cyperus rotundus* L. Early growth and vegetative reproduction strategy. East Afr. Agric. For. J., Oct. 1973: 120-130.
- OCHSE J. J., -1931. Vegetables of dutch East Indies. Buitenzorg.
- OKE O. L., -1966. Chemical studies on the more commonly used leaf vegetables in Nigeria. J. W. Afr. Sci. Ass. 2: 42-48.
- OKE, O. L., -1968. Chemical changes in some Nigerian vegetables during growth. Exptl. Agric. 4: 345-349.
- OLIVIN, J. et R. OCHS, -1974. Le lessivage du potassium et du magnésium en colonnes de terre. Premiers résultats expérimentaux. Oléagineux 29: 175-182.
- OMS, -1967. Requirements of Vitamin A, Thiamine, Riboflavine and Niacines. Wld. Hlth Org. techn. Rep. Ser. 362.
- OMS, -1970. Requirements of ascorbic acid, vitamin D, vitamin B 12, folate and iron. Wld. Hlth Org. techn. Rep. Ser. 452.
- OMS, -1972. Les anémies nutritionnelles. Org. Mond. Santé Sér. Rapp. techn., 503.
- OMS, -1973. Energy and protein requirements. Wld. Hlth. Org. techn. rep. Ser. 522.
- OOMEN, H. A. P. C., 1964. Vegetable greens, a tropical undevelopment. Chronica Horticulturae 4: 3-5.
- OOMEN, H. A. P. C., -1971. The significance of leaf vegetables for tropical diets. Sem. Agric. Res. West Africa, Vegetable Crops, Int. Inst. Trop. Agr. Ibadan.
- OPEKE, L. K., -1963. Final report on the vegetable breeding project of the research division. Moor Plantation, Ibadan.
- OSTENDORF, F. W., -1962. Nuttige planten en sierplanten in Suriname. Bull. Landbouwproefstat. Suriname 79.
- PAL, M. et T. N. KHOSHOO, -1973a. Evolution and improvement of cultivated amaranths. VI. Cytogenetic relationships in grain types. Theor. appl. Gen. 43: 242-251.
- PAL, M. et T. N. KHOSHOO, -1973b. Evolution and improvement of cultivated Amaranths. VII. Cytogenetic relationships in vegetable amaranths. Theor. appl. Gen. 43: 343-350.
- PAPADAKIS, J., -1966. Crop ecological survey in West-Africa. FAO, Rome.
- PANIGRAHI, G., -1951. Photoperiodic studies in Indian vegetables 2; *Amaranthus gangeticus* var. *oleraceus* Roxb. Curr. Sci. (Bangalore) 20: 19.
- PHATAK, H. C., -1965. Mosaic disease of *Amaranthus*, a new record for India. Curr. Sci. (Bangalore), 34: 645-646.
- PLATT, B. S., -1965. Tables of representative values of foods commonly used in tropical countries. Med. Res. Council. Rep. 302, London.
- PIRIE, N. W. -1973. Plants as sources of unconventional protein foods. In JONES, J. G. W. (ed.), -1973. The biological efficiency of protein production. Cambridge: 101-118.
- PORTÈRES, R. -1951. Les sels alimentaires. Cendres d'origine végétale. Organ. enq. ét. anthrop. A.O.F., 1950, Dakar-Paris.
- PRUMMEL, J., -1966. Nitraat en oxaalzuur in spinazie in verband met de gezondheid. Rapp. Inst. Bodemvruchtbaarheid Groningen 10.
- RADFORD, P. J., -1967. Growth analysis formulae, their use and abuse. Crop Sci. 7: 170-175.
- RAMAKRISHNAN, G. et al. (4), -1971. A new mosaic disease of *Amaranthus gangeticus*. Madras agric. J. 58: 679-683.
- RANGASWAMI, G., -1972. Diseases of crop plants in India. New Delhi.
- RAO, V. G., -1969. Two new leaf spot diseases of economic plants from India. Sydowia 23: 192-193.
- RAUNET, M., -1973. Contribution à l'étude pédo-agronomique des 'terres de barre' du Dahomey et du Togo. Agron. trop. 11: 1049-1069.
- RESÜHR, B., -1939. Beiträge zur Lichtkeimung von *Amaranthus caudatus* L. und *Phacelia tanacetifolia* BENTH. Planta 30: 471-506.
- RÉTEAUD, L., -1927. Le jardin potager au Dahomey. Impr. Gouvern. Porto-Novo.
- RISBEC, J., -1950. La faune entomologique des cultures au Sénégal et au Soudan Français. Gouvern. Gén. Afr. Occ. Franç., Dakar-Paris.
- RIVNAY, E., -1962. Field crop pests in the Near East. Monographiae Biologicae, ed. W. W. EISBACH, Den Haag.

- ROCHE, P., -1970. Les problèmes de fertilité des sols. *Agron. trop.* 25: 877-895.
- ROGER, L., -1951. *Phytopathologie des Pays Chauds*. Paul Lechevalier, Paris.
- RUMPHIUS, G. E., -1741-1747. *Het Amboinsch Kruydboek*. VIII: 231-236.
- RUSSELL, E. W., -1961. *Soil conditions and plant growth*. Longmans, 9th ed., London.
- SADIK, S., -1971. Oxalate contents of some leafy vegetables. Paper Sem. Agric. Res. West Africa, Vegetable Crops. Int. Inst. Trop. Agr. Ibadan.
- SAEKI, T., -1959. Variation of photosynthetic activity with ageing of leaves and total photosynthesis in a plant community. *Bot. Mag. Tokyo* 72: 404-408.
- SAHARAN, G. S. et V. K. GUPTA, -1972. Pod rot and collar rot of soybean caused by *Fusarium semitectum*. *Plant Dis. Rep.* 56: 693-694.
- SAMSON, J. A., -1972. Tropical spinach from *Amaranthus*, *Ipomoea* and *Xanthosoma*. *Sri-naamse Landb.* 20: 15-21.
- SASSER, J. N. et C. J. NUSBAUM, -1955. Seasonal fluctuations and host specificity of root knot nematode populations in two-year tobacco rotation plots. *Phytopathology* 45: 540-545.
- SATADIREDDA, S., -1950. De teelt en het gebruik van Indonesische groenten en toekruiden. Wolters, Groningen-Djakarta.
- SAUER, J. D., -1950. The grain amaranths: a survey of their history and classification. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 37: 561-619.
- SAUER, J. D., -1967. The grain amaranths and their relatives: a revised taxonomic and geographic survey. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 54: 103-137.
- SCHELHAAS, R. M., -1974. De tuinbouwgronden van Zuidoost Dahomey. (Les sols des cultures maraichères du Sud-Est Dahomey). Dep. Agr. Res., R. Trop. Inst. Amsterdam.
- SCHINZ, H., -1934. *Amaranthaceae*. In: Engler, A. et K. Prantl. *Die natürlichen Pflanzenfamilien*. Leipzig; K. 16c: 7-85.
- SCHMIDT, D. R., -1971. Comparative yields and composition of eight tropical leafy vegetables, grown at two soil fertility levels. *Agron. J.* 63: 546-550.
- SCHMIDT, D. R., H. A. MACDONALD et F. E. BROCKMAN, -1971. Oxalate and nitrate contents of four tropical leafy vegetables grown at two soil fertility levels. *Agron. J.* 63: 559-561
- SCHNELL R., -1957. *Plantes alimentaires et vie agricole de l'Afrique Noire*. Ed. Larose, Paris..
- SETH, A. K., -1963. Investigations on the taxonomical status and economic assessment of botanical variability in the cultivated amaranths. *Post-grad. Sch. Indian agric. Res. Inst.* 1 (2): 51-52.
- SINGH, S. R., -1960. The Hawaiian beetweb worm (*Hymenia recurvalis* F.), a serious pest of Indian spinach (*Amaranthus viridis* Linn.). *Agr. J. Dep. Agric. Fiji* 30: 35-38.
- SINGH, S., et al. (3), -1972. Pigweed mosaic virus. *Phytopathol. Z.* 75: 82-85.
- SINGH, K. P. et B. GOPAL., -1973. The effects of photoperiod and light intensity on the growth some weeds of crop fields. In: UNESCO, 1973. *Plant response to climatic factors*. Proc. Uppsala Symp., 1970: 77-84.
- SNEDECOR, G. W. et W. G. COCHRAN, -1967. *Statistical methods*. 2nd ed. Iowa, U.S.A.
- STRAUBE, H., -1963. *Westkuschitische Völker Süd-Äthiopiens*. Kohlhammer Verlag, Stuttgart.
- SRIKANTIA, S. G., -1973. Legumes and green leafy vegetables in child feeding. *Prot. Adv. Group FAO-WHO-UNICEF Bull.* 3, 2: 25-30.
- SRIVASTAVA, S. K. et P. S. KRISHNAN, - 1959. Oxalate content of plant tissues. Role of oxalic acid in higher plants. *J. Sci. industr. Res., India* 18c: 146-148.
- TERRA, G. J. A., -1966. *Tropical Vegetables*. Comm. 54, Dep. Agric. Res., R. Trop. Inst. Amsterdam. (= *Légumes tropicaux*; 1967)
- TERRA, G. J. A. -1967. Horticulture's contribution to human nutrition in the tropics. Place and function of horticulture. *Proc. Int. Hort. Cong.* (17th) 4.
- TERRY, N. et A. ULRICH, -1973. Wirkungen des Kalimangels auf die Photosynthese und die Atmung von Blättern der Zuckerrübe. *Kali-Briefe* 10: 1-10.
- TERRY, P. J., -1974. New developments in East African weed control. *SPAN* 17: 84-86.
- THELLUNG, A., -1919. *Amaranthus*. In: Ascherson, P. et P. Graebner. *Synopsis der Mitteleuropäischer Flora*. Leipzig. 5(1): 225-356.
- THORNE, G., -1961. *Principles of Nematology*. McGraw-Hill Book Comp. New York.

- TINDALL, H. D., -1968. Commercial vegetable growing. Oxford Tropical Handbooks. Univ. Press, London.
- TREGUNNA, E. B. et J. DOWNTON, -1967. Carbon dioxide compensation in members of the *Amaranthaceae* and some related families. *Can. J. Bot.* **45**: 2385-2387.
- TRÉMOLIÈRES, Y., Y. SERVILLE et R. JACQUOT, -1963. Manuel élémentaire d'alimentation humaine. Tome II. Les édition sociales françaises, Paris.
- TUTIN, T. G. et al., -1964. Flora Europaea. Vol. 1: *Lycopodiaceae* to *Plantanaceae*. University Press, Cambridge: 108-111.
- VAVILOV, N. I., -1951. The origin, variation, immunity and breeding of cultivated plants. *Chron. bot.* **13** (1-6), 1949-1950.
- VEKEN, H. VAN DER, -1969. La culture rationnelle des principaux légumes tropicaux en Afrique Equatoriale. FAO, Rome.
- VERMEULEN, H., -1973. La commercialisation des légumes au Dahomey. Centre Form. hort. nutr., Porto-Novo; Rapport interne, Dep. Rech. agron., R. trop. Inst. Amsterdam.
- VERMEULEN, H., -1974. La commercialisation des légumes au Dahomey. Centre Form. hort. nutr., Porto-Novo; Rapport interne, Dep. Rech. agron., R. trop. Inst. Amsterdam.
- VESSEREAU, A., -1960. Méthodes statistiques en Biologie et en Agronomie. Recherche et expérimentations en Agriculture, II. Paris.
- VOLKOFF, B., -1970. Carte pédologique de reconnaissance du Dahomey au 1/200.000, feuille Porto-Novo. ORSTOM, Cotonou.
- WALTON, P. D., -1968a. The use of *Amaranthus caudatus* in simulating the breeding behavior of commercial *Gossypium* species. *J. Hered.* **59**: 17-18.
- WALTON, P. D., -1968b. The use of the genus *Amaranthus* in genetic studies. *J. Hered.* **59**: 76.
- WELKIE, G. W. et M. CALDWELL, -1970. Leaf anatomy of species in some dicotyledon families as related to the C3 and C4 pathways of carbon fixation. *Can. J. Bot.* **48**: 2135-2146.
- WENT, F. W., -1957. Experimental control of plant growth. *Chronica Botanica Co.*, Waltham, Mass.: 248-251.
- WESTPHAL, E., -1974. Agricultural Systems in Ethiopia. Wageningen.
- WIJNHOVEN, A. Th. E., -1971. Het nut van bladgroenten als vitamine-A bron. *Afd. Trop. Hygiëne, R. trop. Inst.*, Amsterdam.
- WILLIAMSON, J., -1955. Useful plants of Nyasaland. The Government Printer, Zomba, Nyasaland.
- WILLS, G. D. et G. A. BRISCOE, -1970. Anatomy of purple nutsedge. *Weed Sci.* **18**: 631-635.
- WILSON, F. B., -1948. A system of composting farm and village waste. *E. Afr. agric. J.* **14**: 82-85.
- WILSON, F., -1957. Composting of town and village refuse. WHO/FAO course in Human Nutrition.
- WIT, C. T. DE, -1958. Transpiration and crop yields. *Versl. landbk. Onderz.* 64.6. Directie van de Landbouw 's-Gravenhage, Inst. Biol. Scheik. Onderz. Landbouwgewassen.
- WIT, C. T. DE, -1960. On Competition. *Versl. landbouwk. Onderz. (Agric. Res. Rep.)* 66.8 PUDOC, Wageningen.
- WIT, C. T. DE, -1965. Photosynthesis of leaf canopies. *Agric. Res. Rep.* PUDOC 663.
- WIT, H. C. D. DE, -1963. *De Wereld der Planten*, 1; W. GAADE, Den Haag.
- WU LEUNG, W., F. BUSSON et C. JARDIN, -1968a. Food composition table for use in Africa. FAO, Rome.
- WU LEUNG, W., F. BUSSON et C. JARDIN, -1968b. Food composition table for use in Latin America. FAO, Rome.
- YAMAGUCHI, M., -1973. Production of oriental vegetables in the United States. *Hortscience* **8**: 362-370.
- ZABKA, G. G., -1961. Photoperiodism in *Amaranthus caudatus* L. A re-examination of the photoperiodic response. *Am. J. Bot.* **48**: 21-28.
- ZEVEN, A. C., -1967. The semi-wild oil palm and its industry in Africa. Wageningen, Agr. Res. Rep. 689.
- ZON, A. P. M. VAN DER et G. J. H. GRUBBEN, -1975. Les légumes spontanés et cultivés du Sud-Dahomey. *Comm. Dep. agric. Res.*, R. trop. Inst. Amsterdam, en presse.

CURRICULUM VITAE

Gerardus Johannes Hubertus GRUBBEN

Geboren op 4 augustus 1938 te Maasbree (L.)

Gymnasium- β : St. Thomascollege te Venlo, 1951-1957

Landbouwhogeschool te Wageningen 1957-1964

studierichting Plantenveredeling (verzwaard)

keuzevakken Tropische Plantenteelt, Phytopathologie

Assistent-deskundige FAO (tuinbouw) in Ivoorkust 1965-1968

Deskundige FAO, als teamleider bij het NEDERF-project, in Dahomey 1968-1972

Directeur van het 'Centre de Formation Horticole et Nutritionnelle' in Dahomey, in dienst van het Koninklijk Instituut voor de Tropen te Amsterdam, 1972-1973

Gastmedewerker Landbouwhogeschool Wageningen, Vakgroep Tropische Plantenteelt, 1974.

Tijdelijk wetenschappelijk medewerker Landbouwhogeschool Wageningen, Vakgroep Tropische Plantenteelt, vanaf 1 januari 1975