

VARIABILITE DES CARACTERES MORPHOLOGIQUES ET ANALYSE DES COMPOSANTES DU RENDEMENT CHEZ LE PIMENT (*Capsicum annum L.*)

J. SEGNOU¹, A. AKOA², E. YOUNBI² et J. NJOYA¹

¹Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), Station Polyvalente de Recherche de Njombé,
BP 13 Njombé, Cameroun. E-mail : segnoujean@yahoo.fr

²Département de Biologie et Physiologie Végétales, Université de Yaoundé I, BP 812 Yaoundé, Cameroun.

RESUME

Une étude sur la variabilité des caractères morphologiques et des composantes du rendement d'une collection de piments (*Capsicum annum L.*) est indispensable à un programme d'amélioration génétique. C'est dans ce cadre que 41 accessions de piments ont été testées suivant un bloc de Fisher à 3 répétitions, à l'Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), Station Polyvalente de Njombé (Cameroun). Au cours du développement des plants, 27 caractères morphologiques ont été mesurés relativement aux caractères de développement végétatifs des plants, d'une part, et, d'autre part, à leurs organes reproducteurs. Les résultats ont révélé une grande variabilité entre les différents caractères du développement végétatif et reproductif d'une accession à l'autre. L'analyse des coefficients de corrélation montre qu'il existe une corrélation forte et positive entre certains caractères morphologiques, les composantes du rendement et le rendement final. La répartition des 41 accessions de la collection de piments suivant leurs affinités morphologiques a permis d'obtenir 4 classes différentes. Cette répartition offre aux généticiens l'opportunité de choisir des parents compatibles lors des croisements intra-spécifiques contrôlés, en vue de produire des hybrides vigoureux ayant un haut potentiel de rendement en fruits commercialisables.

Mots clés : *Capsicum annum L.*, accessions, morphologie, corrélation, affinités.

ABSTRACT

VARIABILITY OF MORPHOLOGICAL TRAITS AND YIELD COMPONENT IN PEPPER (*Capsicum annum L.*)

A study on the variability of morphological traits and yield component of hot pepper (Capsicum annum L.) germplasm is a prerequisite in a crop improvement program. Thus, 41 accessions of pepper were tested in a randomized-complete block (RCB) design, with 3 replications at the Njombe Multipurpose Research Station Institute of Agricultural Research for Development, in Cameroon. During plant growth, 27 morphological traits relative to the vegetative development characters of the plant, or to their reproductive organs were recorded. The results show great variabilities among the vegetative and reproductive traits from one accession to the other. The coefficients of correlation analysis show that the different quantitative morphological traits were correlated to fruit yield. However, there appear to be a strong positive association between certain morphological traits, yield components and the final yield. The clustering of the 41 accessions of pepper collection, based on the similarity of morphological traits lead to the formation of 4 different morphological classes. Such a clustering gives plant breeders an opportunity to choose compatible parents during controlled intra-specific crosses in order to produce vigorous hybrids with a high marketable fruit yield potential.

Key words : *Capsicum annum L.*, accessions, morphology, correlation, similarity.

INTRODUCTION

Le piment (*Capsicum annum* L.) est une plante herbacée annuelle appartenant à la famille des Solanacées. Jadis cultivé comme plante de jardin de case à usage essentiellement domestique, le piment est actuellement devenu une culture de grandes exploitations dont le fruit frais ou séché est de plus en plus sollicité aussi bien pour le marché intérieur camerounais, stimulé par l'augmentation de la demande urbaine, que par l'émergence des échanges intra-régionaux et internationaux (Temple, 2001). Aujourd'hui, le piment occupe une bonne place parmi les produits de diversification des exportations agricoles au Cameroun (PDEA, 2000) ; il constitue ainsi une source importante de devises et améliore, par conséquent, le pouvoir d'achat et le niveau de vie des producteurs. A cause de sa saveur plus ou moins piquante qui traduit la teneur du fruit en un alcaloïde, la capsaïcine, le piment est utilisé comme condiment et/ou épice pour relever le goût des aliments et stimuler l'appétit.

La culture du piment s'adapte à la presque totalité des zones agro-écologiques du Cameroun, comprises de 0 m (niveau de la mer) à plus de 2 000 m d'altitude, et des zones les plus arides jusqu'aux plus humides. Sa présence dans des zones agricoles relativement différentes a engendré une diversité morphologique considérable qui offre de vastes perspectives aux sélectionneurs (Paran *et al.*, 1998). Pour le genre *Capsicum*, de remarquables opportunités existent donc qui permettraient d'améliorer leurs caractéristiques morphologiques, gustatives et par extension commerciales, au profit des consommateurs et des producteurs. Les premiers obtiendraient des produits de meilleure qualité et les seconds pourraient au minimum doubler leurs rendements, au profit du marché de consommation, et les bénéficiaires seraient ainsi partagés.

Malheureusement, il n'existe pas actuellement de données de base permettant d'avoir des informations sur la productivité des différentes accessions disséminées sur l'ensemble des exploitations agricoles. D'où l'urgente nécessité de constituer un germoplasme en vue de maîtriser leurs performances agronomiques, qui pourront être utilisées ultérieurement dans un programme d'amélioration génétique.

La présente étude a donc pour objectifs de déterminer la variation des caractères morphologiques existant au sein des différentes accessions de piments dans les exploitations paysannes, d'analyser les coefficients de corrélation entre les différents caractères quantitatifs, et de répartir les différentes accessions selon leurs affinités morphologiques. Elle donnerait aux généticiens l'occasion de choisir des parents compatibles lors des croisements intra-spécifiques contrôlés en vue de produire des hybrides vigoureux ayant un haut potentiel de rendement en fruits commercialisables, et par conséquent, d'augmenter les revenus et le niveau de vie des producteurs.

MATERIEL ET METHODES

L'essai a été mis en place à l'IRAD, Station Polyvalente de Njombé. Cette Station de recherche est située sur l'axe routier N° 5 reliant Douala et Nkongsamba, respectivement à 75 km et à 60 km, au Cameroun (80 m d'altitude ; température annuelle moyenne : 27 °C ; pluviométrie annuelle moyenne : 2 600 mm ; sol volcanique fortement humifère).

CONSTITUTION DE LA COLLECTION ET PREPARATION DES PLANTS DE PIMENT

Quarante et une accessions de piments ont été collectées dans les différentes zones agro-écologiques du Cameroun. Les lieux de collecte étaient choisis en fonction de leur réputation à la culture du piment et de la disponibilité d'une gamme morphologique aussi diversifiée que possible. Les échantillons (fruits mûrs) collectés étaient étiquetés et conservés dans des seaux en plastique pendant 8 à 10 jrs au laboratoire. Ce processus avait pour objectif de parachever la maturation physiologique des graines, favorisant ainsi leur germination et la vigueur ultérieure des plantules. Les semences étaient extraites de ces fruits, rincées à l'eau de robinet, puis séchées à l'ombre pendant 4 à 5 jrs, jusqu'à un taux d'humidité de 10 - 12 % (ce test a été fait à l'aide d'un humidimètre de marque Dickey-John).

En pépinière, les semences étaient d'abord germées dans des caissettes en plastique et les plantules élevées jusqu'au stade 3 - 4 feuilles ; puis elles étaient transplantées dans des sachets en plastique perforés à la base, de

contenance 0,25 l (12 cm x 15 cm). L'arrosage était maintenu quotidiennement, et les plants de piment étaient prêts pour la mise en place effective de l'essai lorsqu'ils avaient 15-20 cm de hauteur.

MISE EN PLACE ET CONDUITE DE L'ESSAI

Les 41 accessions de la collection ont été plantées suivant un bloc de Fisher en 3 répétitions. Dans chaque répétition, la parcelle élémentaire était constituée de 4 lignes de 5 plants chacune, soit un total de 20 plants. Les lignes étaient distantes de 1 m l'une de l'autre et sur la ligne, les plants étaient à leur tour distants de 1 m (soit une densité de plantation de 10 000 plants/ha). La mise en place était faite à plat sur un terrain labouré mécaniquement. Deux semaines après la mise en place de l'essai, il a été apporté à chaque plant 25 g d'engrais azoté (urée à 46 % N), et 50 g plant⁻¹ d'engrais complexe NPK (20-10-10) à la floraison.

La fertilisation à l'engrais complexe NPK (20-10-10) a été maintenue mensuellement à la même dose tout au long du cycle reproductif des plants, soit 5 applications au total.

CHOIX DES CARACTERES A OBSERVER

Au cours du développement des plants, 27 caractères morphologiques étaient observés et/ou mesurés. Ils étaient relatifs, d'une part, au développement végétatif des plants de piment et, d'autre part, à leurs organes reproducteurs (Tableau 1). Les caractères du développement végétatif étaient observés après la nouaison des premiers fruits : à cette phase, les organes végétatifs sont au maximum de leur développement. Les caractères quantitatifs étaient mesurés en utilisant les unités du système international (U.S.I.) telles le gramme (g), le centimètre (cm), le jour (j), etc., tandis que les caractères qualitatifs étaient évalués suivant des critères subjectifs (IPGRI *et al.*, 1995).

Tableau 1 : Caractères morphologiques observés et méthodes d'observation.

Morphological traits observed and methods of observation.

A- Caractères du développement végétatif	
1-	Le port végétatif de la plante (PV) : 3 = prostré ; 5 = compact ; 7 = érigé.
2-	La hauteur de la plante (HP), en cm.
3-	Le type de croissance végétatif (TCV) : 1 = indéterminé ; 2 = déterminé.
4-	La forme des feuilles (FF) : 1 = deltoïde ; 2 = ovale ; 3 = lancéolée.
5-	La longueur de la feuille (LoF), en cm.
6-	La largeur de la feuille (LaF), en cm.
7-	La couleur de la feuille (CF) : 1 = vert-pâle ; 2 = verte ; 3 = vert-foncée.
8-	La circonférence de la tige (CT), en mm.
9-	La hauteur de la tige du sol au premier niveau de branchement (HTB), en cm.
10-	Le nombre de branches primaires (au premier point de branchement).
11-	La largeur de la canopée (LC), en cm.
B-Caractères des organes reproducteurs	
12-	L'intervalle plantation-floraison (IPF), en jours.
13-	Le nombre de fleurs par bourgeon floral (NFB).
14-	La position de l'inflorescence à l'anthèse (PIA) : 3 = pendante ; 5 = intermédiaire ; 7 = érigée.
15-	La couleur de la corolle (CC) : 1 = blanche ; 2 = jaunâtre ; 3 = jaune-verdâtre ; 4 = violacée ; 5 = autres
16-	La forme des fruits (FFr) : 1 = effilée ; 2 = presque arrondie ; 3 = triangulaire ; 4 = campanulée ; 5 = tassée ; 6 = autres.
17-	La pigmentation des fruits avant la maturation (PFAM) : 1 = verte ; 2 = jaune ; 3 = blanche ; 4 = rouge ; 5 = pourpre ; 6 = brune ; 7 = noire ; 8 = autres
18-	La pigmentation des fruits après la maturation (PFM) : 1 = verte ; 2 = jaune ; 3 = blanche ; 4 = rouge ; 5 = pourpre ; 6 = brune ; 7 = noire ; 8 = autres.
19-	La longueur du fruit (LFr), en cm.
20-	Le diamètre du fruit (DFr), en cm.
21-	L'aspect de la surface du fruit (SFr) : 1 = lisse ; 2 = semi-ridé ; 3 = ridé.
22-	Le nombre de fruits par plante (NFP).
23-	Le poids de fruits par plante (PFP), en g.
24-	Le nombre de graines par fruit (NGF).
25-	Le poids de 1 000 graines (PMG), en g.
26-	La couleur des graines (CG) : 1 = jaune-foncé ; 2 = brune ; 3 = noire ; 4 = autres.
27-	Le cycle de floraison (CF), en jours.

ANALYSES STATISTIQUES

On a procédé aux analyses statistiques multivariées (AMV), avec le logiciel d'analyse statistique SAS : cette méthode d'analyse permet de traiter des données provenant de nombreuses observations faites sur plusieurs variables et ayant un certain degré inhérent d'interdépendance entre elles, compte-tenu du fait que les données enregistrées réunissent de nombreuses variables de typologies variées, comme c'est le cas lors de cette expérience. Les méthodes d'analyse des multivariées utilisées étaient : l'Analyse en Composantes Principales (ACP), l'Analyse Factorielle des Composantes Multiples (AFCM), et la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH).

- L'Analyse en Composantes Principales (ACP) est une méthode descriptive multidimensionnelle, qui permet d'analyser des tableaux de données quantitatives de n lignes et p colonnes dans lequel, les lignes représentent les individus (accessions) et les colonnes les variables (caractères). On a procédé par une réduction de la dimensionnalité des tableaux des données aux principaux facteurs d'interaction entre variables : dans le cas particulier de cette étude, seuls les caractères quantitatifs ayant une variance discriminatoire d'au moins 40 % étaient considérés comme représentatifs. Enfin, on a procédé à la représentation graphique des interactions afin de résumer de façon succincte l'essentiel de l'information contenue dans les données. Cette technique descriptive permet d'étudier les similarités et dissimilarités morphologiques qui existent entre les accessions afin de mieux les regrouper et mettre en évidence les dimensions organisant lesdites relations.

On a aussi procédé à une analyse de la variance (ANOVA) sur l'ensemble des caractères quantitatifs les plus représentatifs pour les 41 accessions de la collection, afin de déterminer les similarités et dissimilarités morphologiques existant entre les différentes accessions ; toutes fois que les différences étaient significatives, on a séparé les moyennes par le test de Student Newman Keuls.

- L'Analyse Factorielle des Composantes Multiples (AFCM) est une méthode statistique d'analyse des données qui permet d'analyser et de décrire graphiquement les données catégorielles présentées sous forme d'un tableau de contingence. Un tableau de contingence étant un tableau à deux dimensions constitué par le

croisement de deux variables qualitatives à catégories nominales (pigmentation des fruits avant la maturité, etc.) ou ordinale (forme des fruits, etc.). Dans le cas particulier de cette étude, seuls les caractères qualitatifs ayant une variance discriminatoire d'au moins 40 % étaient considérés comme représentatifs. L'AFCM est utilisée pour déterminer et hiérarchiser toutes les dépendances entre les lignes et les colonnes du tableau de contingence.

- La Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) est une méthode d'analyse qui permet de partitionner ou de repartitionner un ensemble d'individus (accessions) sur lesquels on dispose de certaines informations en classes ou catégories homogènes (clusters). Il s'agit en fait d'optimiser un critère dans le but de regrouper les individus dans des classes chacune la plus homogène possible, et entre elles les plus distinctes possible. Elle conduit à la constitution d'un arbre de classification (dendrogramme) montrant le passage des n individus au groupe total par une succession de regroupements.

RESULTATS

ANALYSE EN COMPOSANTE PRINCIPALE (ACP)

Des 16 caractères quantitatifs mesurés au cours de cette expérience, 8 d'entre eux ont été considérés comme les plus représentatifs, permettant de mieux décrire les différentes accessions de la collection de piments. Ces caractères quantitatifs les plus représentatifs avaient une variance discriminatoire d'au moins 40 % (Tableau 2). La première composante a contribué pour 36,71 % de la variance, alors que la seconde composante a contribué pour 25,00 % de la variation seulement. Les positions relatives des différents caractères quantitatifs permettant de décrire les accessions sont représentées sur la figure 1. Les caractères quantitatifs les plus représentatifs sont les plus excentrés du point d'intersection des deux axes factoriels (HP, LoF, LaF, CT, LC, LFr, DFr, NGF). Les caractères les moins représentatifs, avec une variance discriminatoire inférieure à 40 %, sont regroupés autour du point d'intersection entre les deux axes factoriels (HTB, NBP, IPF, NFB, NFP, PFP, PMG, CF). Cette représentation graphique confirme les informations données par le tableau 2 ci-dessus mentionné.

Tableau 2 : Taux d'extraction des différents caractères quantitatifs utilisés pour le regroupement des 41 accessions de piments suivant leurs affinités morphologiques.

Extraction rates of the different quantitative characters used for the clustering of 41 pepper accessions following their morphological similarities.

Caractères quantitatifs	Extraction
<i>Hauteur de la plante</i>	0,470
<i>Longueur de la feuille</i>	0,631
<i>Largeur de la feuille</i>	0,703
<i>Circonférence de la tige</i>	0,600
Hauteur de la tige du sol au premier point de branchement	0,060
Nombre de branche primaires	0,249
<i>Largeur de la canopée</i>	0,660
Intervalle plantation-floraison	0,070
Nombre de fleurs par bourgeon	0,213
<i>Longueur du fruit</i>	0,647
<i>Diamètre du fruit</i>	0,496
Nombre de fruits par plante	0,146
Poids des fruits par plante	0,012
<i>Nombre de semences par fruit</i>	0,437
Poids de 1000 graines	0,017
Cycle de floraison	0,253

NB : Les caractères quantitatifs en italique sont les plus représentatifs / NB : Quantitative characters in italic are the most representative.

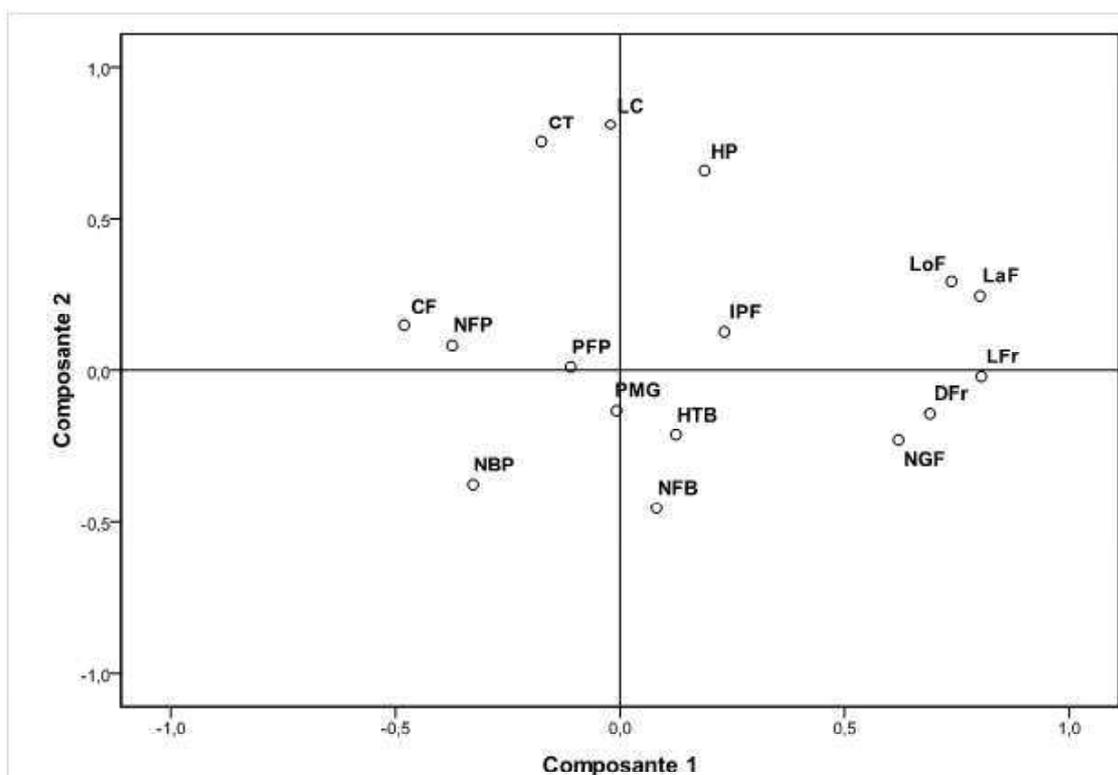


Figure 1 : Projection des caractères quantitatifs mesurés dans le plan formé par les deux premiers axes factoriels issus de l'ACP

Projection of the quantitative characters on the first and second principal components issued from PCA.

CARACTERISTIQUES AGRONOMIQUES DES ACCESSIONS DE PIMENTS

Il existe une grande variabilité de la hauteur des plants de la collection. En effet, CPC04 et CPC13 occupent les positions extrêmes, avec des hauteurs de 120 et 40 cm respectivement (Tableau 3). La même variabilité est observée au niveau de la circonférence de la tige (CT), avec des dimensions variant entre 18 mm (CPC19) et 7,0 mm (CPC06) respectivement. La largeur de la canopée (LC) est l'un des caractères au sein desquels existe une plus grande variabilité, la plus grande largeur étant observée au niveau de l'accession CPC34 (150 cm), et la plus petite au niveau de l'accession CPC44 (82 cm) ; les autres accessions ont des positions intermédiaires. Les dimensions du fruit : la longueur (LFr) et le diamètre (DFr) sont aussi les caractères morphologiques quantitatifs les plus représentatifs qui ont montré une grande variabilité : en effet, la longueur du fruit a varié de 8,3 cm (CPC09) à 1,3 cm (CPC12), alors que le diamètre de cet organe reproductif a varié de 4,7 cm (CPC19) à 0,5 cm (CPC15). Le nombre de graines par fruit (NGF) a aussi été un caractère quantitatif qui a montré une grande variabilité pour toutes les accessions ; ce nombre a varié entre 80 graines par fruit (CPC42) et 5 graines par fruit (CPC11) : cette variabilité intéresse les firmes spécialisées dans la production et la commercialisation des semences, le nombre de graines par fruit étant le caractère quantitatif qui leur permet de maximiser leurs revenus. Enfin,

les dimensions de la feuille : la longueur (LoF) et la largeur (LaF) sont les deux caractères quantitatifs les plus représentatifs qui ont montré une grande variabilité pour toutes les accessions : en effet, la largeur de la feuille au sein des différentes accessions a varié de 11,3 cm (CPC10) à 4,6 cm (CPC27) d'une part, et la longueur de la feuille de 5,3 cm (CPC18) à 2,1 cm (CPC09).

ANALYSE DES COEFFICIENTS DE CORRÉLATION

L'analyse des coefficients de corrélation (Tableau 4) indique qu'il existe une corrélation positive et hautement significative ($P = 1\%$) entre la hauteur de la plante et la largeur de la feuille ($r = 0,335$), la longueur et la largeur de la feuille ($r = 0,766$), la circonférence de la tige et la largeur de la canopée ($r = 0,555$), le nombre et le poids de fruits par plante ($r = 0,647$), la longueur et le diamètre du fruit ($r = 0,432$), le diamètre du fruit et le nombre de semences par fruits ($r = 0,472$), et la longueur du fruit et le nombre de graines par fruit ($0,406$). Aussi, il existe une corrélation positive et significative ($P = 5\%$) entre la hauteur de la plante et la circonférence de la tige ($r = 0,349$), et entre la hauteur de la plante et la largeur de la canopée ($r = 0,383$). Ainsi donc, l'analyse des coefficients de corrélation a montré qu'il existe une corrélation forte et positive entre certains caractères morphologiques, les composantes du rendement et le rendement final.

Tableau 3 : Caractéristiques agronomiques des 41 accessions de la collection de piments.*Agronomic characteristics of 41 accessions of pepper collection.*

Accession	HP (cm)	CT (mm)	LC (cm)	LFr (cm)	DFr (cm)	NGF	LoF	LaF
CPC44	60 _{dc}	8,0 _b	82 _g	4,9 _{abcdef}	2,9 _{defghi}	27 _{bcd}	4,9 _c	3,2 _{bc}
CPC11	110 _{ab}	12,0 _{ab}	130 _{abcdef}	1,4 _f	0,8 _{mn}	5 _d	5,3 _{bc}	2,2 _c
CPC12	95 _{abcd}	15,0 _{ab}	142 _{abc}	1,3 _f	0,5 _n	7 _{cd}	4,9 _c	2,8 _c
CPC43	90 _{abcd}	9,5 _{ab}	107 _{abcdefg}	7,8 _{ab}	3,2 _{bcdefghi}	29 _{bcd}	6,4 _{bc}	3,6 _{bc}
CPC41	95 _{abcd}	9,5 _{ab}	110 _{abcdefg}	4,4 _{abcdef}	3,6 _{abcdefg}	79 _a	6,5 _{bc}	3,5 _{bc}
CPC15	80 _{bcd}	11,0 _{ab}	145 _{ab}	212 _{ef}	0,5 _n	24 _{bcd}	5,1 _{bc}	3,0 _{bc}
CPC10	100 _{abc}	12,0 _{ab}	146 _{ab}	8,1 _a	2,9 _{defghi}	39 _{abcd}	11,3 _a	5,2 _a
CPC42	100 _{abc}	14,0 _{ab}	106 _{abcdefg}	2,7 _{def}	1,3 _{klmn}	80 _a	4,2 _c	2,2 _c
CPC39	105 _{ab}	9,0 _{ab}	112 _{abcdefg}	6,2 _{abcde}	2,6 _{ghijkl}	50 _{abc}	6,9 _{bc}	4,0 _{ab}
CPC38	100 _{abc}	10,0 _{ab}	121 _{abcdefg}	7,6 _{ab}	2,7 _{efghijk}	37 _{abcd}	6,8 _{bc}	3,9 _{bc}
CPC24	80 _{bcd}	8,5 _{ab}	100 _{bcdefg}	5,6 _{abcdef}	4,2 _{abcd}	38 _{abcd}	5,6 _{bc}	3,2 _{bc}
CPC46	95 _{abcd}	9,0 _{ab}	132 _{abcdef}	4,5 _{abcdef}	4,3 _{abc}	23 _{bcd}	6,7 _{bc}	4,1 _{ab}
CPC06	105 _{ab}	7,0 _b	93 _{defg}	4,0 _{abcdef}	1,9 _{ijklmn}	32 _{bcd}	6,9 _{bc}	4,8 _{ab}
CPC18	105 _{ab}	10,0 _{ab}	122 _{abcdefg}	7,5 _{abc}	3,3 _{bcdefghi}	31 _{bcd}	10,2 _{ab}	5,3 _a
CPC09	95 _{abcd}	9,5 _{ab}	112 _{abcdefg}	8,3 _a	2,8 _{defghij}	49 _{abc}	4,7 _c	2,1 _c
CPC08	100 _{abc}	9,5 _{ab}	109 _{abcdefg}	6,4 _{abcde}	3,2 _{bcdefghi}	52 _{ab}	7,3 _b	3,5 _{bc}
CPC25	85 _{abcd}	8,5 _{ab}	86 _{efg}	3,9 _{abcdef}	3,6 _{abcdefg}	25 _{bcd}	4,7 _c	2,9 _{bc}
CPC19	105 _{ab}	18,0 _a	122 _{abcdefg}	5,2 _{abcdef}	4,7 _a	45 _{abcd}	7,0 _b	3,6 _{bc}
CPC04	120 _a	11,5 _{ab}	124 _{abcdefg}	2,8 _{def}	2,4 _{ghijkl}	34 _{bcd}	5,0 _{bc}	2,3 _c
CPC45	110 _{ab}	10,0 _{ab}	116 _{abcdefg}	4,3 _{abcdef}	4,0 _{abcdef}	41 _{abcd}	7,0 _b	3,9 _{bc}
CPC36	83 _{abcd}	9,5 _{ab}	96 _{cdefg}	6,1 _{abcde}	3,4 _{bcdefgh}	42 _{abcd}	6,5 _{bc}	3,8 _{bc}
CPC47	95 _{abcd}	8,5 _{ab}	107 _{abcdefg}	5,1 _{abcdef}	3,9 _{abcdef}	47 _{abcd}	8,0 _b	3,2 _{bc}
CPC17	100 _{abc}	12,0 _{ab}	133 _{abcde}	6,8 _{abcd}	3,5 _{bcdefg}	38 _{abcd}	7,8 _b	3,7 _{bc}
CPC02	85 _{abcd}	12,0 _{ab}	117 _{abcdefg}	3,0 _{cdef}	2,6 _{ghijkl}	50 _{abc}	7,0 _b	2,6 _c
CPC13	40 _e	8,5 _{ab}	85 _{fg}	5,8 _{abcdef}	1,4 _{ijklmn}	28 _{bcd}	5,4 _{bc}	2,0 _c
CPC31	105 _{ab}	9,0 _{ab}	91 _{defg}	5,6 _{abcdef}	3,3 _{ghijkl}	30 _{bcd}	7,1 _b	3,4 _{bc}
CPC22	90 _{abcd}	12,0 _{ab}	126 _{abcdefg}	6,4 _{abcde}	3,7 _{bcdefg}	50 _{abc}	5,0 _{bc}	3,1 _{bc}
CPC37	90 _{abcd}	12,5 _{ab}	130 _{abcdef}	4,0 _{abcdef}	2,7 _{efghijk}	27 _{bcd}	7,6 _b	4,4 _{ab}
CPC34	95 _{abcd}	11,0 _{ab}	150 _a	7,7 _a	2,7 _{efghijk}	27 _{bcd}	9,0 _{ab}	3,6 _{bc}
CPC30	80 _{bcd}	9,0 _{ab}	91 _{defg}	3,4 _{bcd}	4,1 _{abcde}	17 _{bcd}	8,1 _b	3,8 _{bc}
CPC23	75 _{bcd}	10,0 _{ab}	125 _{abcdefg}	4,2 _{abcdef}	4,5 _{ab}	43 _{abcd}	6,3 _{bc}	3,2 _{bc}
CPC32	105 _{ab}	10,7 _{ab}	122 _{abcdefg}	7,5 _{abc}	3,3 _{bcdefghi}	31 _{bcd}	7,2 _b	3,8 _{bc}
CPC03	100 _{abc}	12,0 _{ab}	122 _{abcdefg}	4,8 _{abcdef}	2,9 _{defghi}	31 _{bcd}	6,7 _{bc}	3,1 _{bc}
CPC28	106 _{ab}	11,0 _{ab}	126 _{abcdefg}	5,8 _{abcdef}	3,4 _{bcdefgh}	33 _{bcd}	7,5 _b	4,9 _{ab}
CPC35	100 _{abc}	10,0 _{ab}	108 _{abcdefg}	5,1 _{abcdef}	3,2 _{bcdefghi}	32 _{bcd}	9,0 _{ab}	4,0 _{ab}
CPC27	65 _{cde}	9,0 _{ab}	96 _{cdefg}	5,3 _{abcdef}	3,1 _{bcdefghi}	32 _{bcd}	4,6 _c	2,3 _c
CPC26	105 _{ab}	11,0 _{ab}	113 _{abcdefg}	4,6 _{abcdef}	4,2 _{abcd}	35 _{bcd}	6,1 _{bc}	3,7 _{bc}
CPC33	90 _{abcd}	12,0 _{ab}	134 _{abcd}	4,8 _{abcdef}	3,7 _{abcdefg}	17 _{bcd}	6,5 _{bc}	3,0 _{bc}
CPC40	95 _{abcd}	9,0 _{ab}	110 _{abcdefg}	4,3 _{abcdef}	2,0 _{hijklm}	24 _{bcd}	7,0 _b	3,0 _{bc}
CPC29	103 _{abc}	13,0 _{ab}	116 _{abcdefg}	5,4 _{abcdef}	2,6 _{ghijkl}	28 _{bcd}	7,8 _b	3,2 _{bc}
CPC14	90 _{abcd}	10,0 _{ab}	120 _{abcdefg}	3,4 _{bcd}	1,2 _{lmn}	18 _{bcd}	5,8 _{bc}	1,8 _{cd}
Moyenne	92,88	10,51	115,56	4,96	2,95	33,15	6,67	3,31
Dév. std.*	14,75	2,09	17,13	1,73	1,07	14,28	2,13	1,04

Dans la colonne, les valeurs suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité P = 5 % / In the column, values followed by the same letter are not significantly different at the probability P = 5 %.

HP : Hauteur de la plante ; CT : Circonférence de la tige ; LC : Largeur de la canopée ; LFr : Longueur du fruit ; DFr : Diamètre du fruit ; NGF : Nombre de graines par fruit ; LoF : Longueur de la feuille ; LaF : Largeur de la feuille / HP : Plant height; CT : Stem circumference; LC : Canopy width; LFr : Fruit length; DFr : Fruit diameter; NGF : Number of grains per fruit; LoF : Leaf length; LaF : Leaf width.

*: Déviation standard / *: Standard deviation.

Tableau 4 : Coefficients de corrélation entre le rendement en fruits et quelques caractères des composantes du rendement et du développement végétatif.*Correlation coefficients between fruit yield and some growth and yield component characters.*

Caractères observés	HP	LoF	LaF	CT	LC	LFr	DFr	NFP	PFP	NGF
HP	1,000	0,307	0,335**	0,349*	0,383*	0,026	0,022	0,003	0,015	0,032
LoF		1,000	0,766**	-0,005	0,198	0,589**	0,255	-0,051	0,124	0,253
LaF			1,000	-0,041	0,153	0,612**	0,416**	-0,245	-0,139	0,278
CT				1,000	0,555**	-0,151	-0,086	0,082	0,021	-0,207
LC					1,000	0,048	-0,108	0,065	0,019	-0,099
LFr						1,000	0,432**	-0,261	0,019	0,406**
DFr							1,000	-0,267	0,091	0,472**
NFP								1,000	0,647**	-0,197
PFP									1,000	-0,175
NGF										1,000

*: Corrélation significative au seuil de probabilité P = 5 %.

**: Corrélation hautement significative au seuil de probabilité P = 1 %.

HP : Hauteur de la plante ; LoF : Longueur de la feuille ; LaF : Largeur de la feuille ; CT : Circonférence de la tige ; LC : Largeur de la canopée ; LFr : Longueur du fruit ; DFr : Diamètre du fruit ; NFP : Nombre de fruits par plante ; PFP : Poids de fruits par plante ; NGF : Nombre de graines par fruit.

*: Correlation significant at the probability P = 5 %.

**: Correlation highly significant at the probability P = 1 %.

HP: Plant height; LoF: Leaf length; LaF: Leaf width; CT: Stem circumference; LC: Canopy width; LFr: Fruit length; DFr: Fruit Diameter; NFP: Number of fruits per plant; PFP: Fruit weight per plant; NGF: Number of grains per fruit.

ANALYSE FACTORIELLE DES COMPOSANTES MULTIPLES (AFCM)

Des 11 caractères qualitatifs observés au cours de cette expérience, 5 d'entre eux ont été considérés comme les plus représentatifs, permettant de mieux décrire les différentes accessions de la collection de piments. Ces caractères qualitatifs les plus représentatifs ont une variance discriminatoire d'au moins 40 % sur la première composante factorielle (Tableau 5). Cette première composante a contribué pour 39,25 % de la variation, alors que la seconde composante a contribué pour 20,56 % de la variation seulement. Les positions relatives des différents caractères qualitatifs permettant de décrire les différents groupes accessions sont représentées sur la figure 2. Les caractères qualitatifs les plus représentatifs (TCV, PIA, FFr, PFAM, SFr) permettent de distinguer quatre classes (clusters) morphologiques différentes suivant leurs affinités morphologiques. Ces caractères qualitatifs les plus représentatifs sont suffisamment excentrés du point d'intersection des deux composantes factorielles, ce qui laisse suggérer qu'elles ont des variances discriminatoires suffisamment élevées pour contribuer de façon significative au regroupement des différentes accessions de la

collection en 4 classes (clusters) morphologiquement différentes. Les caractères qualitatifs les moins représentatifs (FF, CC, PFM, CG, PV, CF) ont une variance discriminatoire inférieure à 40 %, supposée insuffisante pour contribuer de façon significative au regroupement des différentes accessions en classes morphologiquement différentes.

CLASSIFICATION ASCENDANTE HIÉRARCHIQUE DES 41 ACCESSIONS DE LA COLLECTION DE PIMENTS

La répartition des 41 accessions de la collection de piments a permis d'obtenir 4 classes morphologiquement différentes, confirmant ainsi les informations données par l'AFCM. La spécification des combinaisons linéaires entre les différentes accessions au sein de chaque classe morphologique est représentée sur le dendrogramme (Figure 3).

- la classe I contient 30 accessions (CPC41 à CPC19), et est principalement caractérisée par des plants de piment qui ont une grande hauteur, une longueur et une largeur moyennes de la feuille, une circonférence de la tige moyenne, une grande largeur de la canopée, des fruits de longueur moyenne mais de grand diamètre, et

un nombre élevé de graines par fruit ; En plus, les accessions appartenant à cette classe ont une croissance végétative de type indéterminé, et la position de l'inflorescence à l'anthèse est pendante; les fruits sont de forme campanulée et leur surface est d'aspect ridé.

- la classe II contient seulement deux accessions (CPC10 et CPC18). Cette classe est principalement caractérisée par des plants de grande hauteur, une grande longueur et largeur de la feuille, une circonférence de la tige moyenne, une grande largeur de la canopée, des fruits de dimensions (longueur et diamètre) élevées, et un nombre élevé de graines par fruit. En plus, les accessions appartenant à cette classe ont une position de l'inflorescence à l'anthèse intermédiaire, des fruits de forme triangulaire et de couleur blanche avant la maturité.

- la classe III contient 4 accessions (CPC25, CPC27, CPC44 et CPC13). Elle est principalement caractérisée par des plants de grande

hauteur, des feuilles de très petites dimensions, une circonférence de la tige et une largeur de la canopée élevées, des fruits de très petites dimensions et un nombre de graines par fruit très faible. Les accessions appartenant à cette classe ont une croissance végétative de type déterminée, et un port végétatif érigé ; les fruits ont une surface lisse et une forme effilée. Les semences issues de ces fruits sont de couleur noire.

- la classe IV contient 5 accessions (CPC11, CPC12, CPC15, CPC42 et CPC14). Cette classe est principalement caractérisée par des plants de faible hauteur, des feuilles de petites dimensions, une circonférence de la tige et une largeur de la canopée faibles, des fruits de longueur moyenne, un diamètre du fruit et un nombre de graines par fruit élevés. Ces fruits sont de forme tassée ou presque arrondie, une surface d'aspect semi-ridée, et de couleur pourpre avant la maturité.

Tableau 5 : Tableau de contingence des différents caractères qualitatifs utilisés pour le regroupement des 41 accessions de piments en classes suivants leurs affinités morphologiques de l'AFCM.

Contingence table of the different qualitative characters used for the clustering of 41 pepper accessions following their morphological similarities.

Caractères qualitatifs	Dimension		Moyenne
	1	2	
<i>Type de Croissance végétative</i>	0,796	0,001	0,398
Forme des feuilles	0,294	0,072	0,183
<i>Position de l'inflorescence à l'anthèse</i>	0,704	0,018	0,361
Couleur de la corolle	0,068	0,101	0,084
<i>Forme des fruits</i>	0,597	0,679	0,638
<i>Pigmentation des fruits avant la maturité</i>	0,454	0,639	0,546
Pigmentation des fruits après la maturité	0,124	0,021	0,072
<i>Aspect de la surface du fruit</i>	0,689	0,272	0,480
Couleur des semences	0,356	0,165	0,261
Port végétatif des plants.	0,223	0,110	0,167
Couleur de la feuille	0,012	0,183	0,098
Total	4,316	2,262	3,289
Variance (%)	39,239	20,561	29,900

NB : Les caractères qualitatifs en italique sont les plus représentatifs / Qualitative characters in italic are the most representative.

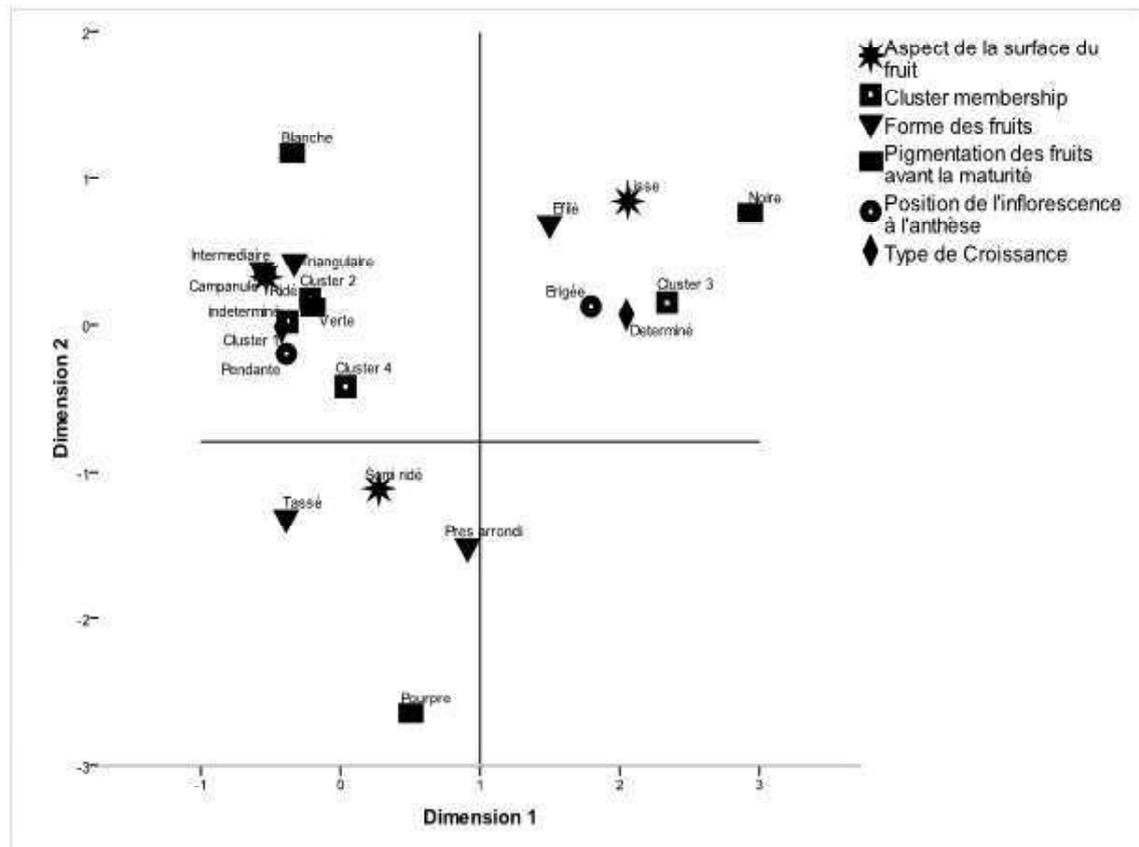


Figure 2 : Représentation graphique des 41 accessions de la collection de piments regroupés en 4 clusters en fonction de leurs caractères qualitatifs les plus discriminatoires, dans les deux premiers axes de l'AFCM.

Graphic representation of 41 accessions of pepper germplasm collection grouped in 4 clusters with regard to the most discriminant qualitative characters on the 1st and 2nd factorial axes issued from the multiple components factorial analysis.

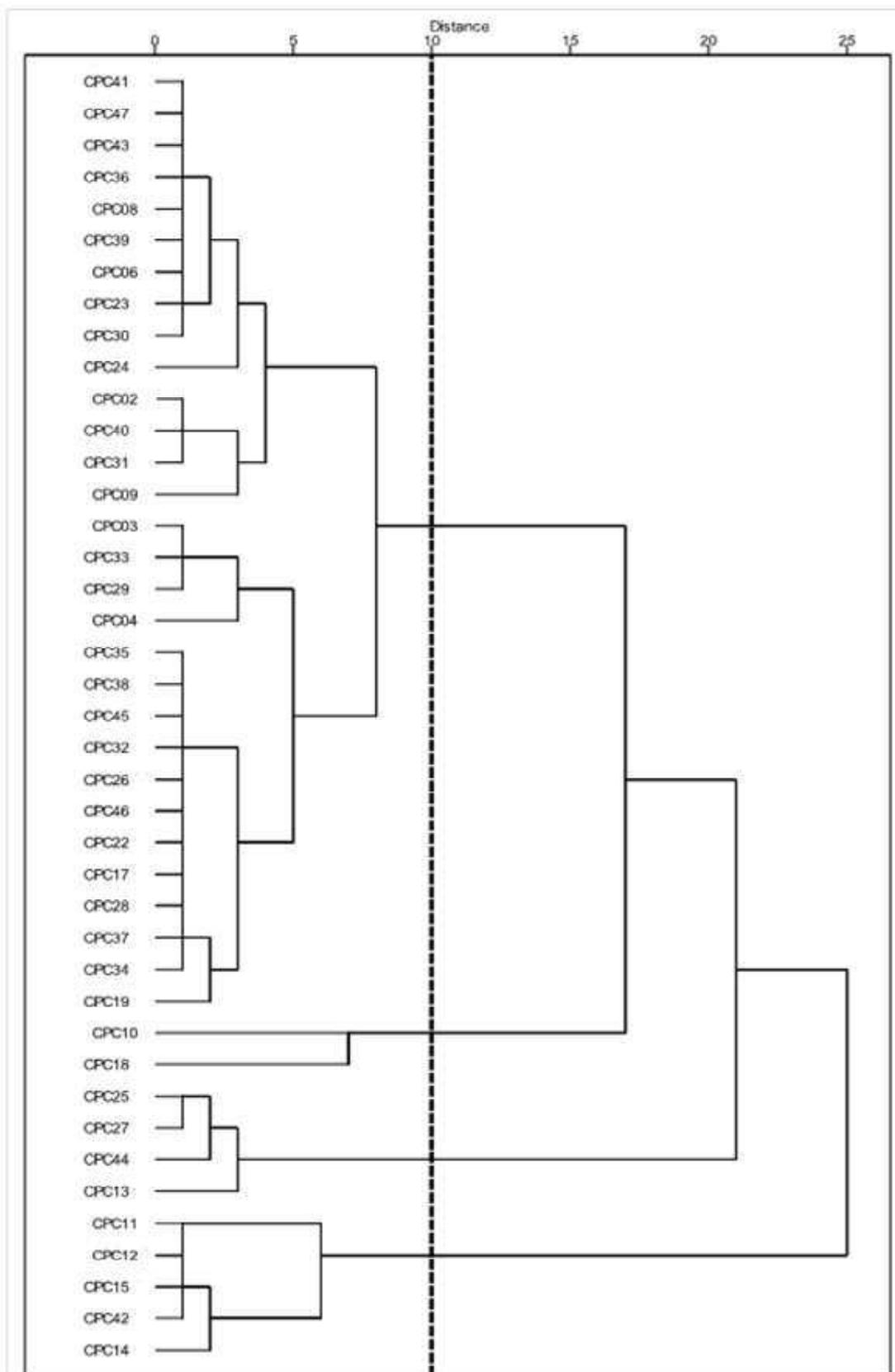


Figure 3 : Dendrogramme des classes ascendantes hiérarchiques des 41 accessions de la collection de piments suivant leurs affinités morphologiques.

Dendrogram of hierarchical ascending classes of 41 accessions of pepper germplasm collection following their morphological similarities.

DISCUSSION

Une grande variabilité entre les différents caractères morphologiques chez toutes les accessions de la collection a été observée. En effet, la culture du piment s'adapte à la presque totalité des zones agro-écologiques du Cameroun, comprises de 0 m (niveau de la mer) à plus de 2 000 m d'altitude, et des zones les plus arides jusqu'aux plus humides. Cette hétérogénéité des conditions aussi bien pédologiques que climatiques a favorisé la présence de plusieurs génotypes locaux morphologiquement très différents. Par ailleurs, le développement du commerce du piment aux niveaux local, sous-régional Afrique Central et même international a engendré l'introduction au Cameroun de ressources génétiques très diversifiées, en vue de répondre aux exigences d'une clientèle très variée de cette denrée à usages multiples (industries alimentaire, pharmaceutique, cosmétique, etc.). Aussi, les deux modes d'auto-pollinisation et de pollinisation croisée sont rencontrés naturellement chez le genre *Capsicum* : étant donné que le piment se multiplie essentiellement par voie générative, les matériels génétiques local et introduit se croisent au fil du temps pour donner plusieurs génotypes intermédiaires dans les jardins horticoles et qui pourraient être à l'origine de la grande variabilité morphologique observée au sein des différentes accessions de cette collection. Des observations similaires avaient déjà été faites par d'autres auteurs (Zewdie et Zeven, 1997 ; Bozokalfa et Esiyok, 2011).

Les corrélations entre les caractères morphologiques quantitatifs les plus représentatifs, les composantes du rendement et le rendement final en fruits ont été faites. Le piment est généralement une plante ayant un type de croissance végétative indéterminé et un port végétatif érigé ; ainsi, le développement de certains caractères morphologiques tels la hauteur de la plante ou la largeur de la canopée fournirait plus d'organes végétatifs pour la production d'assimilats photosynthétiques en vue d'accroître les rendements en fruits. De même, la corrélation entre les dimensions de la feuille (longueur et largeur) et certaines composantes du rendement en fruits était positive et hautement significative. Le développement des dimensions foliaires implique l'augmentation de l'interception des radiations

solaires et par voie de conséquence, de l'augmentation de la capacité photosynthétique par unité de la surface du sol. Au terme de cette expérience, il apparaît donc qu'il existe une association positive entre les caractères morphologiques, les composantes du rendement et le rendement final : cette assertion suggère que le développement de ces caractères morphologiques résulterait directement ou indirectement en l'augmentation du rendement en fruits. D'autres auteurs avaient déjà rapporté des résultats similaires (Aliyu *et al.*, 2000 ; Singh *et al.*, 2009). Aussi, la sélection basée sur des caractères morphologiques hautement liés au rendement à un stade précoce permet de développer un cultivar ayant un haut potentiel de rendement en un temps plus court. Les résultats obtenus sont semblables à ceux rapportés par d'autres auteurs (Bousslama *et al.*, 2001 ; Sood *et al.*, 2009).

Les méthodes d'analyses multivariées utilisées au cours de cette expérience ont permis d'obtenir 4 classes différentes, basées sur leurs affinités morphologiques. La classification ascendante hiérarchique a formé des groupes semblables à ceux formés par l'AFCM. En plus, elle a montré comment les accessions individuelles et les classes sont morphologiquement liées les unes aux autres, ce que l'AFCM n'a pas pu montrer. La classification ascendante hiérarchique a donc montré une représentation graphique plus précise de la manière dont les accessions morphologiquement similaires sont liées. Des résultats similaires avaient déjà été rapportés par d'autres auteurs (Sood et Kumar, 2011). En effet, deux accessions très rapprochées dans le dendrogramme ne sont pas significativement différentes sur le plan morphologique ; plus elles sont éloignées l'une de l'autre, plus elles sont morphologiquement différentes, et de ce fait peuvent être compatibles lors des croisements intra-spécifiques contrôlés en vue de produire des hybrides vigoureux ayant un haut potentiel de rendement en fruits commercialisables. Des observations similaires avaient déjà été rapportées par d'autres auteurs (Uzo, 1984 ; Meshram et Mukewar, 1986).

CONCLUSION

L'analyse en composantes principales (ACP) a permis de choisir 8 des 16 caractères quantitatifs considérés plus représentatifs,

permettant de mieux décrire les accessions de piments. Aussi, l'analyse de la variance (ANOVA) faites sur les variables quantitatives les plus représentatives a montré une grande variabilité morphologique d'une accession à l'autre. L'analyse des coefficients de corrélation a montré qu'il existe une corrélation positive et hautement significative entre certains caractères morphologiques, les composantes du rendement et le rendement final. L'analyse factorielle des composantes multiples (AFCM) a permis de choisir 5 des 11 caractères qualificatifs les plus représentatifs, permettant de mieux décrire les accessions de la collection regroupées en 4 classes (clusters) morphologiquement différentes. La classification ascendante hiérarchique a permis de regrouper les 41 accessions de la collection en 4 classes morphologiquement différentes, en précisant la manière dont les accessions sont liées entre elles. La grande variabilité observée au sein des différentes accessions de piments au cours de cette expérience ouvre de nouvelles perspectives aux programmes d'amélioration génétique, en mettant à la disposition des sélectionneurs un pool de gènes très diversifié, en vue de produire des hybrides ayant un haut potentiel de rendement en fruits commercialisables, adaptés aux différentes zones agro-écologiques du Cameroun et répondant à la demande du marché local, sous-régional et international.

REFERENCE

- Aliyu L., M. K. Ahmed and M. D. Magaji. 2000. Correlation and multiple regression analysis between morphological characters and components of yield in pepper (*Capsicum annuum* L.). *Crop Res.* 19 (2) : 318 - 323.
- Bousslama M., M. Mathlouthi, M. Denden, K. Ben Barek and Z. Arfaoui. 2001. Analyse de composantes de rendement chez le piment (*Capsicum annuum* L.). *Cah. Agric.* 10 : 199 - 203.
- Bozokalfa M. and D. Esiyok. 2011. Evaluation of morphological and agronomic characteristics of Turkish pepper accessions. *Intern. Journ. Of Veg. Sci.* 17 : 115 - 135.
- IPGRI, AVRDC, CATIE. 1995. Descriptors for *Capsicum* (*Capsicum* spp). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy ; the Asian Vegetable Research and Development Center, Taipei, Taiwan, and the Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica. 47 p.
- Meshram L. and A. M. Mukewar. 1986. Heterosis studies in chilli (*Capsicum annuum* L.). *Scient. Hortic.* 28 (3) : 219 - 225.
- Paran T., E. Aftergoot and C. Shiffriss. 1998. Variation in *Capsicum annuum* revealed by RAPD and AFLP markers. *Euphyt.* 99 : 167 - 173.
- PDEA. 2000. Programme de Diversification des Exportations Agricoles. Programme prioritaire de promotion des Petites et Moyennes Entreprises (PME) en vue de l'élaboration d'une nouvelle politique nationale de promotion des exportations au Cameroun. 129 p.
- Singh Y., M. Sharma and A. Sharma. 2009. Genetic variation, association of characters, and their direct and indirect contributions for improvement in chilli peppers. *Intern. Journ. of Veg. Sci.* 15 : 340 - 368.
- Sood S. and N. Kumar. 2001. Morphological studies of bell pepper germplasm. *Intern. Journ. of Veg. Sci.* 17 : 144 - 156.
- Sood S., R. Sood, V. Sagar and K. C. Sharma. 2009. Genetic variation and association analysis for fruit yield, agronomic and quality characters in Bell pepper. *Intern. Journ. of Veg. Sci.* 15 : 272 - 284.
- Temple L. 2001. Quantification des productions et des échanges de fruits et légumes au Cameroun. *Cah. Agric.* 10 : 87 - 94.
- Uzo J. O. 1984. Hybrid vigour and gene action of two qualitative traits of flavour peppers in Nigeria. *Scient. Hortic.* 22(4) : 321 - 326.
- Zewdie Y. and A. C. Zeven. 1997. Variation in Yugoslavian hot pepper (*Capsicum annuum* L.) accessions. *Euphyt.* 97 : 81 - 89.