



Journal Homepage: [www.journalijar.com](http://www.journalijar.com)

## INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED RESEARCH (IJAR)

Article DOI:10.21474/IJAR01/17777

DOI URL: <http://dx.doi.org/10.21474/IJAR01/17777>



### RESEARCH ARTICLE

#### CARACTERISATION GENETIQUE DES ACCESSIONS DE POIVRON (CAPSICUM ANNUUM L.) DE LA REGION DE DIFFA, NIGER

#### GENETIC CHARACTERIZATION OF PEPPER ACCESSIONS (CAPSICUM ANNUUM L.) FROM THE DIFFA REGION, NIGER

Moussa Diagara Saley<sup>1</sup>, Harouna Issa Amadou<sup>1</sup>, Assoumane Aichatou<sup>1</sup>, Alhassane Agali<sup>2</sup>, Mamadou Chetima Maina Boukar<sup>3</sup>, Kaka Kiari Boukar Kellou<sup>3</sup> and Grema Moustapha<sup>1</sup>

1. Laboratoire de Gestion et Valorisation de la Biodiversité au Sahel, Département de Biologie, Faculté des Sciences et Techniques, Université Abdou Moumouni, BP 10662 Niamey, Niger.
2. Département Information et Recherche, Centre Régional AGRHYMET, BP : 11011, Niamey, Niger.
3. Faculté des Sciences de l'environnement, Université de Diffa, BP : 78, Diffa, Niger.

#### Manuscript Info

##### Manuscript History

Received: 28 August 2023

Final Accepted: 30 September 2023

Published: October 2023

##### Key words:-

Capsicum Annuum L., Diversité, Accessions, Morphologie, Diffa, Niger

#### Abstract

Une étude sur la variabilité des caractères génétiques d'une collection de poivron est indispensable à un programme d'amélioration génétique. L'objectif de cette étude est de tester 30 accessions de poivron suivant un dispositif de Fisher à 4 blocs, à la Station de Diffa de l'Institut National de la Recherche Agronomique du Niger (INRAN). 6 caractères qualitatifs et 16 caractères quantitatifs ont été observés et mesurés. Les caractères qui traduisent une grande variation ( $CV > 30\%$ ) sont le nombre total des fruits (83,98%), le poids des fruits (62,86%), la longueur des fruits (42,48%) et la surface foliaire (30,48%). L'accession Go-027a a été plus performante en nombre total des fruits (57 fruits) et quant aux accessions Ma-032 et Ma-033, elles ont été plus performantes pour la longueur des fruits. Une forte et positive corrélation existe entre plusieurs caractères dont phénologiques (Dat50Fl et Dat1Fr,  $p=0,80$ ), de croissance (LgFe et Srfo,  $p=0,93$ ) et de rendement (PdFr et LgFr,  $p=0,72$ ). Pour tous les paramètres, la variance phénotypique ( $\sigma^2_p$ ) était supérieure à la variance génotypique ( $\sigma^2_g$ ). La hauteur des plantes (67,66%), la largeur des fruits (65,76%) et le diamètre des fruits (64,09) présentent des valeurs d'héritabilité au sens large élevées ( $H^2 > 60\%$ ). L'analyse en composante principale (ACP) et la classification ascendante hiérarchique (CAH) ont montré la formation de 4 groupes distinctes. Le groupe G1 est tardif avec une grande hauteur associé à un faible poids en fruits, le groupe G2 est composé des accessions intermédiaires, le groupe G3 est tardif avec moins de hauteur et plus de rendement en poids des fruits. Enfin le groupe G4 est précoce, avec une grande hauteur et un bon couvert végétal associé à des fruits longs. Cette caractérisation offre un matériel génétique aux chercheurs leur permettant d'améliorer le potentiel de rendement en fruits commercialisables.

Copy Right, IJAR, 2023,. All rights reserved.

**Corresponding Author:- Harouna Issa Amadou**

Address:- Laboratoire de Gestion et Valorisation de la Biodiversité au Sahel, Département de Biologie, Faculté des Sciences et Techniques, Université Abdou Moumouni, BP 10662 Niamey, Niger.

## Introduction:-

Le poivron est une des plantes domestiques les plus anciennes du nouveau monde aussi bien chez les indiens d'Amérique Centrale que d'Amérique de Sud. Les Incas et les Mayas en utilisaient les fruits, les feuilles et les graines. Les Aztèques cultivaient une vingtaine de variétés différentes à la base du développement ultérieur (1). Selon (2), environ 89% de la superficie totale cultivée avec des poivrons dans le monde sont situés sur le continent asiatique. La deuxième région la plus importante en culture de poivron comprend les États-Unis et le Mexique avec environ 7%. Et enfin, 4% de la superficie cultivée se trouve dans les pays d'Europe, d'Afrique et du Moyen-Orient. Les plus grands producteurs de l'Afrique de l'ouest sont le Nigéria et le Ghana, respectivement classé huitième et treizième au monde (3). c'est l'une des légumes les plus importantes du monde (4). Parmi les légumes, c'est la deuxième solanacée la plus importante après la tomate au monde (5). C'est une légume commercialisable et fait partie des pratiques culinaires dans le monde entier (6). Les feuilles, les fruits et les racines sont utilisés dans la préparation des sauces. Sa poudre communément appelé paprika est un condiment largement consommé dans le monde. A cause de la saveur plus ou moins piquante des certaines variétés, le poivron (*Capsicum annum*L.) est utilisé comme condiment pour relever le goût des aliments et stimuler l'appétit (7). Le poivron est riche en antioxydants, réduit le risque de cancer et stimule efficacement le transit intestinal (8).

Au Niger, le poivron est cultivé dans toutes les régions, mais la forte production est observée dans la région de Diffa, représentant 80% de la production nationale (9). En 2014, la production de cette région a été estimée à 11 143 tonnes de poivron frais soient 655 460 sacs de poivron séché pour un revenu global de 19 663 800 000 F (10). Ces revenus montrent que le poivron est le poumon économique de la région de Diffa. En dépit de son importance dans cette région, la diversité génétique du poivron est très peu connue. Les études antérieures ont concerné uniquement l'aspect socioéconomique et à l'identification des différents morphotypes (11). L'estimation de la variabilité génétique de notre collection est indispensable à la gestion, à la conservation (*in situ* et *ex situ*) et l'utilisation efficace des ressources génétiques. L'identification génotypique et la classification des accessions sur la base de leurs performances au sein de la collection sont des étapes fondamentales à l'amélioration de l'espèce.

## Materiel et Methodes

### Site d'étude et matériel végétal

L'essai a été conduit durant la campagne maraîchère (juin 2021 à février 2022) à la Station de Diffa de l'Institut National de la Recherche Agronomique du Niger (INRAN). La station de Diffa (latitude N13°18'54" et longitude E12°35'42") est située dans la commune urbaine de Diffa.

Le matériel végétal est constitué de trente (30) accessions de poivron (*Capsicum annum*L.). Ces accessions ont été collectées dans 19 sites/villages des 5 départements de la Région de Diffa (Tableau 1).

**Tableau 1:-** Sites de provenance des accessions de poivron utilisées pour l'essai.

| N° | Région | Accessions | Départements | Sites/villages |
|----|--------|------------|--------------|----------------|
| 1  | Diffa  | Bo-001     | Bosso        | Bosso          |
| 2  | Diffa  | Bo-002     | Bosso        | Bosso          |
| 3  | Diffa  | Bo-003     | Bosso        | Bosso          |
| 4  | Diffa  | Bo-004     | Bosso        | Bosso          |
| 5  | Diffa  | Bo-006     | Bosso        | Blagan         |
| 6  | Diffa  | Bo-007     | Bosso        | Blagan         |
| 7  | Diffa  | Bo-008     | Bosso        | Gamgara1       |
| 8  | Diffa  | Bo-010     | Bosso        | Abadam         |
| 9  | Diffa  | Di-014     | Diffa        | Loumbouram     |
| 10 | Diffa  | Di-015     | Diffa        | Kourou Saleri  |
| 11 | Diffa  | Di-016     | Diffa        | Kourou Saleri  |
| 12 | Diffa  | Di-019     | Diffa        | Madouri        |
| 13 | Diffa  | Di-021     | Diffa        | Marché poivron |
| 14 | Diffa  | Di-022     | Diffa        | Marché poivron |
| 15 | Diffa  | Di-023     | Diffa        | Tourba         |
| 16 | Diffa  | Di-024     | Diffa        | Tourba         |
| 17 | Diffa  | Go-026     | Goudoumaria  | Issoufour      |

|    |       |        |             |            |
|----|-------|--------|-------------|------------|
| 18 | Diffa | Go-027 | Goudoumaria | Beysemiram |
| 19 | Diffa | Go-028 | Goudoumaria | Beysemiram |
| 20 | Diffa | Ma-029 | Mainé soroa | Baboulwa M |
| 21 | Diffa | Ma-030 | Mainé soroa | Baboulwa M |
| 22 | Diffa | Ma-031 | Mainé soroa | Tam        |
| 23 | Diffa | Ma-032 | Mainé soroa | Tam        |
| 24 | Diffa | Ma-033 | Mainé soroa | Tam        |
| 25 | Diffa | Ma-034 | Mainé soroa | Tam        |
| 26 | Diffa | Ng-036 | N'guigmi    | Nguigmi    |
| 27 | Diffa | Ng-040 | N'guigmi    | Kimé gana  |
| 28 | Diffa | Ng-043 | N'guigmi    | Kimé gana  |
| 29 | Diffa | Ng-048 | N'guigmi    | Kablewa    |
| 30 | Diffa | Ng-049 | N'guigmi    | Kablewa    |

**Bo:** Bosso, **Di:** Diffa, **Go:** Goudoumaria, **Ma:** Maine-Soroa, **Ng:**N'guigmi, **CU** Commune Urbaine de Niamey

### Dispositif expérimental

L'expérimentation a été conduite selon un dispositif de Fisher avec quatre (4) blocs. Chaque bloc comprend 34 parcelles élémentaires de 2,10 m de longueur et 0,5m de largeur. Une parcelle élémentaire est constituée de 7 plants, l'espacement entre les plants dans chaque parcelle élémentaire est de 0,3 m. La profondeur du repiquage est d'environ 5 cm, les écartements sont de 0,5 m entre les parcelles élémentaires consécutives d'une même bloc sur la longueur et 0,5 m entre les parcelles élémentaires consécutives d'un même bloc sur la largeur. Les blocs sont séparés de 1m.

### Collecte des données

Vingt-deux (22) caractères agro-morphologiques ont été collectés et évalués suivant le manuel du descripteur du poivron (12)(Tableau 2). Il s'agit de six (6) caractères qualitatifs et seize (16) caractères quantitatifs.

**Tableau 2:**-Caractères qualitatifs et quantitatifs des accessions de poivron observés et mesurés.

| Tableau 2: Caractères qualitatifs et quantitatifs des décisions de gestion observées et mesurées. |             |                                                                                                                                                                                                                                                                       |       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Caractères qualitatifs                                                                            | Abréviation | Description                                                                                                                                                                                                                                                           |       |
| Mode de croissance                                                                                | MC          | Observé lorsque 50% des plantes portent des fruits mûrs<br>3=prostrné ; 5=compact ; 7=érigé ; 9=autre                                                                                                                                                                 |       |
| Tallage                                                                                           | T           | 3=clairsemé ; 5=intermédiaire ; 7=dense                                                                                                                                                                                                                               |       |
| Densité de feuilles                                                                               | DFI         | Enregistré dans des plantes saines et matures. Moyenne de 10 plantes<br>3=clairsemé ; 5=intermédiaire ; 7=dense                                                                                                                                                       |       |
| Couleur des feuilles                                                                              | CFI         | Enregistré lorsque dans 50 % des plantes le premier fruit ont commencé à mûrir. Moyenne de 10 feuilles matures (provenant des branches principales de la plante)<br>1=jaune ; 2=Vert clair ; 3=Vert ; 4=Vert foncé ; 5=violet clairs ; 6=Violet ; 7=panaché ; 8=Autre |       |
| Couleur des fruits avant maturité                                                                 | CFrAM       | Enregistré sur les fruits justes avant le stade de maturation.<br>1=blanc ; 2 =jaune ; 3=Vert ; 4=oranges ; 5=violet ; 6=violet foncé ; 7=Autre                                                                                                                       |       |
| Forme des fruits                                                                                  | FFr         | Enregistré sur des fruits mûrs lors de la première récolte<br>1=allongé ; 2=Presque rond ; 3=Triangulaire ; 4=Campanulé ; 5=blocs ; 6=Autre                                                                                                                           |       |
| Caractères quantitatifs                                                                           |             | Abréviation                                                                                                                                                                                                                                                           | Unité |
| Date de la première floraison                                                                     |             | Dat1Fl                                                                                                                                                                                                                                                                | Jours |
| Date de cinquante pour cent de floraison                                                          |             | Dat50Fl                                                                                                                                                                                                                                                               | Jours |
| Date de la première fructification                                                                |             | Dat1Fr                                                                                                                                                                                                                                                                | Jours |
| Date de cinquante pour cent de fructification                                                     |             | Dat50Fr                                                                                                                                                                                                                                                               | Jours |
| Longueur des feuilles mûres                                                                       |             | LgFe                                                                                                                                                                                                                                                                  | cm    |
| Largeur des feuilles mûres                                                                        |             | WFe                                                                                                                                                                                                                                                                   | cm    |
| Largeur du canopée                                                                                |             | WCa                                                                                                                                                                                                                                                                   | cm    |
| Hauteur des plants                                                                                |             | Hpt                                                                                                                                                                                                                                                                   | cm    |
| Date de la première récolte                                                                       |             | Dat1Re                                                                                                                                                                                                                                                                | Jours |
| Nombre de récolte                                                                                 |             | NbrRe                                                                                                                                                                                                                                                                 | -     |

|                         |                    |                 |
|-------------------------|--------------------|-----------------|
| Diamètre des fruits     | D <sub>Fr</sub>    | cm              |
| Poids des fruits        | P <sub>dFr</sub>   | g               |
| Longueur des fruits     | L <sub>gFr</sub>   | cm              |
| Largeur des fruits      | W <sub>Fr</sub>    | cm              |
| Nombre total des fruits | N <sub>brTFr</sub> | -               |
| Surface foliaire        | S <sub>rfo</sub>   | cm <sup>2</sup> |

### Analyse statistique des données

Le Microsoft Office Excel a été utilisé pour traiter et analyser les données qualitatives. Les performances des différentes accessions ont été évaluées pour chaque caractère en utilisant le logiciel GenStat version 12.1. Une corrélation entre les paramètres a été réalisée, suivie d'une Classification Hiérarchique Ascendante (CAH) à travers la méthode de "Ward.D2" pour identifier les différents groupes d'accension grâce aux logiciels R et Rstudio version 4.2.2. Enfin une analyse en composante principale (ACP) a permis de caractériser les groupes identifiés sur la base des caractères quantitatifs en utilisant ces mêmes logiciels.

Les paramètres génétiques estimés ont été calculés à l'aide de ces mêmes logiciels R et Rstudio version 4.2.2. Il s'agit de la Variance Génotypiques ( $\sigma^2g$ ), de la Variance Phénotypiques ( $\sigma^2p$ ), des Coefficients de Variation Génotypiques (CVG), des Coefficients de Variation phénotypiques (CVP), le Gain Génétique attendu (GA). Ces paramètres ont été calculés selon les formules utilisées par (13)(14)(15)(16) présentés dans (Tableau 3). Quant à l'Héritabilité au sens large ( $H^2$ ), elle a été estimée à l'aide de la formule donnée par (17).

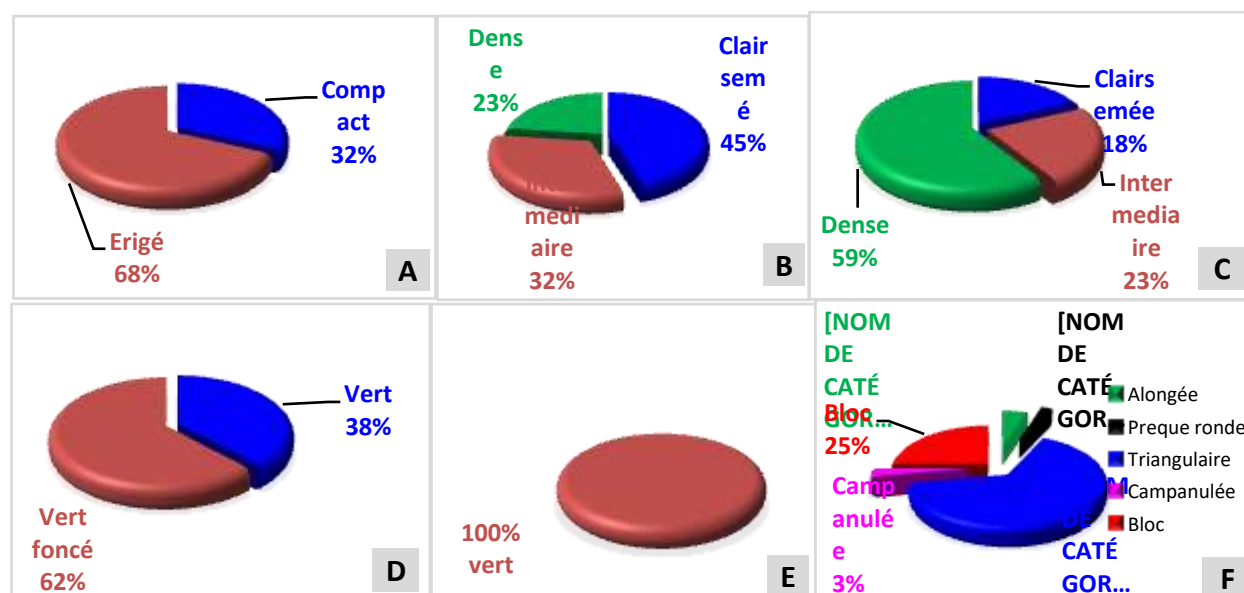
**Tableau 3:-** formules des paramètres génétiques.

| Paramètres                                            | Formules                                                                      | Sens des termes                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Variance Génotypique : <math>\sigma^2g</math></b>  | $\sigma^2g = \text{MSG} - \text{MSE}/r$                                       | <b>MSG</b> est le carré moyen génotypique, <b>MSE</b> est le carré moyen d'erreur et <b>r</b> est le nombre de réplication. <b>K</b> est la constante qui indique l'intensité de la sélection. Selon (18), le taux est de 2,06 au moment où le <b>K</b> est à 5 %. $\bar{X}$ est la grande moyenne des valeurs des traits.<br>Les valeurs <b>CVP</b> et <b>CVG</b> obtenues ont été classées selon l'indice suggéré de 0 % à 10 % pour une faible variation, 10-20 % pour une variation modérée et $\geq 20$ % pour une variation élevée (17). |
| <b>Variance phénotypique : <math>\sigma^2p</math></b> | $\sigma^2p = \sigma^2g - \text{MSE}$                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Héritabilité au sens large : <math>H^2</math></b>  | $H^2 = \sigma^2g / \sigma^2p \times 100$                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Coefficients de Variation phénotypiques : CVP</b>  | $\text{CVP} = (\sqrt{\sigma^2p} / \bar{X})$                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Coefficients de Variation Génotypiques : CVG</b>   | $\text{CVG} = (\sqrt{\sigma^2g} / \bar{X})$                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Gain Génétique attendu : GA</b>                    | $\text{GA} = K \times \frac{\sqrt{\sigma^2p}}{\bar{X}} \times h^2 \times 100$ |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

### Resultats:-

#### Variabilité des caractères qualitatifs

Sur la base des pourcentages, avec la taille de 30 accessions et d'un échantillon de 20 plantes pour chaque caractère quantitatif, on a constaté que 68% des individus des accessions ont un mode de croissance érigé contre 32% de mode compact. 33% des individus ont un tallage dense, 32% ont un tallage clairsemé et 35% sont de type intermédiaire. Les accessions qui ont des feuilles denses représentent 59% contre 18% qui ont des feuilles clairsemées et 23% intermédiaires. 62% des individus ont la couleur des feuilles vert foncé contre 38% de couleur vert. Quant à la forme des fruits, elle peut être allongée (5%), en bloc (25%), campanulée (3%), triangulaire (65%) et presque rond (2%) (Figure 1).



**Figure 1:**Fréquence relative globale des caractères qualitatifs étudiées pour la caractérisation des accessions de poivron. A=mode de croissance; B=tallage; C=densité des feuilles; D=couleur des feuilles; E=couleur des fruits avant maturité; F=forme des fruits.

### Analyse de la statistique descriptive

La statistique descriptive montre des grandes amplitudes de variation pour les caractères étudiés. A titre d'exemple la plante la plus précoce a fleuri 48 jours après semis alors que la plus tardive a fleuri 75 jours après semis soit un intervalle de temps de 30 jours. La hauteur des plantes se situe entre 2 cm et 110 cm soit un écart de 108 cm. Le fruit le plus court a mesuré 1,8 cm contre 49,1 cm pour le plus long soit un écart de 47,3 cm. Enfin la plante la moins productive en nombre de fruit a produit 1 fruit contre 107 fruits pour la plus productive. Le plus grand coefficient de variation a été observé au niveau du nombre total de fruits (83,98%) et le plus faible au niveau de la date de la première floraison (4,74%). Parmi les 16 paramètres étudiés, huit (8) de ces paramètres ont montré des coefficients de variation élevés ( $CV > 20\%$ ) (Tableau 4)

**Tableau 4:-** Analyse de variance des seize (16) caractères quantitatifs des accessions de poivron de Diffa.

| Caractères | Moy/Est     | E-t   | Var    | CV (%) | Mini   | Med    | Maxi   |
|------------|-------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Dat1Fl     | 63,12±0,68  | 7,88  | 62,16  | 12,49  | 48,00  | 64,00  | 75,00  |
| Dat50Fl    | 72,03±0,29  | 3,41  | 11,65  | 4,74   | 63,00  | 71,00  | 82,00  |
| Dat1Fr     | 74,24±0,49  | 5,65  | 31,93  | 7,61   | 54,00  | 73,00  | 86,00  |
| Dat50Fr    | 80,44±0,45  | 5,21  | 27,21  | 6,49   | 71,00  | 82,00  | 90,00  |
| Dat1Re     | 121,64±0,90 | 10,41 | 108,40 | 8,56   | 111,00 | 122,00 | 180,00 |
| LgFe       | 12,00±0,07  | 1,95  | 3,83   | 16,32  | 6,50   | 12,00  | 17,80  |
| WFe        | 3,81±0,02   | 0,66  | 0,43   | 17,35  | 2,00   | 3,80   | 5,80   |
| Srfo       | 46,66±0,55  | 14,22 | 202,25 | 30,48  | 14,60  | 46,00  | 97,90  |
| WCa        | 40,66±0,38  | 9,98  | 99,71  | 24,56  | 15,00  | 40,00  | 70,00  |
| Hpt        | 60,84±0,56  | 14,49 | 210,03 | 23,82  | 2,00   | 60,00  | 110,00 |
| PdFr       | 25,53±0,62  | 16,05 | 257,67 | 62,86  | 1,70   | 22,50  | 121,20 |
| LgFr       | 7,73±0,12   | 3,28  | 10,79  | 42,48  | 1,80   | 7,50   | 49,10  |
| WFr        | 3,418±0,03  | 0,97  | 0,94   | 28,52  | 1,10   | 3,50   | 7,00   |
| DFr        | 3,87±0,04   | 1,09  | 1,18   | 28,13  | 1,30   | 3,90   | 8,50   |
| NbTFr      | 20,64±1,51  | 17,33 | 300,32 | 83,98  | 1,00   | 16,00  | 107,00 |
| NbrRe      | 5,17±0,08   | 1,02  | 1,05   | 19,79  | 2,00   | 5,00   | 6,00   |

**Mini:** Minimum; **Moy:** Moyenne; **Maxi:** Maximum; **Est:** Erreur type de la moyenne; **E-t:** Ecart-type; **Var:** Variance; **CV:** Coefficient de variation; **Med:** Médiane; **Dat1Fl:** Date de la première floraison; **Dat50Fl:** Date de 50% de floraison; **Dat1Fr:** Date de la première fructification; **Dat50Fr:** Date de 50% fructification; **Dat1Re:** Date de la première récolte; **LgFe:** Longueur des feuilles; **WFe:** Largeur des feuilles; **Srfo:** Surface foliaire; **WCa:** Largeur

des canopées ; **Hpt** : Hauteur des plantes ; **PdFr** : poids des fruits ; **LgFr** : Longueur des fruits ; **WFr** : Largeur des fruits ; **Dfr** : Diamètre des fruits ; **NbTfr** : Nombre total des fruits ; **NbrRe** : Nombre de récolte.

### Caractérisations phénologique et de croissance

L'analyse de variance (ANOVA) a montré des différences significatives entre les accessions, pour tous les paramètres phénologiques et de croissances ( $P < 0,000$ ) à l'exception de la date de la première fructification ( $p = 0,058$ ) et de la date de 50% fructification ( $p = 0,054$ ). Cependant, l'effet des répétitions a été non significatif pour tous les paramètres à l'exception de la date de 50% fructification ( $p = 0,008$ ), la hauteur des plantes ( $p = 0,003$ ) et la largeur des canopées ( $P < 0,000$ ). Pour les paramètres liés au rendement, la variance entre les accessions a été significative pour tous les paramètres analysés. Elle est également significative pour tous les paramètres entre les répétitions à l'exception du nombre total des fruits ( $p = 0,494$ ) et du nombre de récolte ( $p = 0,373$ ) qui ont montré une variation non significative.

La durée moyenne de la date de la première floraison varie entre 51 jours (chez l'accession Ng-048) et 72 jours (chez l'accession Bo-001). Toutes les accessions sont statistiquement les mêmes entre elles pour la date de la première fructification, de même que la date de 50% de fructification. La date de la première récolte varie entre 111 jours chez l'accession la plus précoce (Go-027) et 130 jours chez l'accession la plus tardive (Ma-034). Le temps moyen pour atteindre 50% de floraison a été en moyenne de 69 jours (chez les accessions Go-027, Ng-040) et 80 jours (chez l'accession Bo-002). Des variations sont également observées pour les paramètres de croissance tel que la hauteur des plantes qui se situe entre 43 cm (chez l'accession Go-026) et 82,40 cm (chez l'accession Ma-034). La largeur des canopées varie entre 29,70 cm (Go-026) et 51,50 cm (Bo-006). Quant à la longueur des feuilles, elle se situe entre 9,85 cm (chez l'accession Bo-002) et 13 cm (chez les accessions Go-026 et Ng-043). Des variations sont également observées entre la surface foliaire qui varie entre 32,27 cm<sup>2</sup> (Bo-002) et 61,38 cm<sup>2</sup> (Go-026). Et enfin la largeur des feuilles a varié de 3,17 cm pour l'accession Bo-002 à 4,45 pour l'accession Go-026. (Tableau 5).

Pour les paramètres liés au rendement, le nombre total des fruits a varié entre 7 fruits (chez l'accession Go-026) et 57 fruits (chez l'accession Go-027). Le nombre de récolte a fluctué entre 4 récoltes chez les accessions Bo-006, Di-016, Go-026, Ma-032 et 6 récoltes chez les accessions Bo-004, Di-021, Di-024, Go-027, Ma-030, Ma-033, Ma-034, Ng-036, Ng-040, et Ng-049. Une différence significative a été observée aussi entre les diamètres des fruits qui ont varié de 2,19 cm (chez l'accession Bo-007) à 5,19 cm (chez l'accession Go-026). Quant à la longueur des fruits, elle se situait entre 4,48 cm (chez les accessions Go-026) et 11 cm (chez les accessions Ma-032 et Ma-033). Le poids des fruits a varié entre 6,60g (Bo-006 et Bo-007) et 42,83g (Ma-032). Et enfin une variation a été observée également entre la largeur des fruits qui était de 1,8 cm chez les accessions Bo-006 et Bo-007 à 4,65 cm chez l'accession Go-026.

**Tableau 5:** Moyenne des 10 caractères quantitatifs phénologique et de croissances des accessions de poivron de la région de Diffa.

| Accessions    | Dat1Fl   | Dat1Fr  | Dat1Re   | Dat50 Fl  | Dat50Fr | Hpt           | WCa           | LgFe           | Srfo           | Wfe        |
|---------------|----------|---------|----------|-----------|---------|---------------|---------------|----------------|----------------|------------|
| <b>Bo-001</b> | 72.52 a  | 80.25 a | 121.8 bc | 77.50 ab  | 83.76 a | 70.35 abcd    | 41.80 abcd    | 11.41 abcde fg | 39.46 defghi   | 3.430 defg |
| <b>Bo-002</b> | 70.27 ab | 80.75 a | 126.8 bc | 80.00 a   | 85.01 a | 59.55 cdefg h | 40.85 abcde f | 9.85 g         | 32.27 i        | 3.170 g    |
| <b>Bo-003</b> | 68.27 ab | 78.25 a | 118.0 bc | 70.50 b c | 80.51 a | 55.10 efghij  | 38.25 bcdef   | 10.71 defg     | 37.00 ghi      | 3.395 efg  |
| <b>Bo-004</b> | 69.02 ab | 74.00 a | 126.8 bc | 72.00 abc | 80.51 a | 58.20 defghi  | 43.25 abc     | 12.55 abcde    | 52.68 abcdefg  | 4.190 abc  |
| <b>Bo-006</b> | 65.52 ab | 71.50 a | 117.0 bc | 71.00 bc  | 76.76 a | 76.55 ab      | 51.50 a       | 10.42 efg      | 34.63 hi       | 3.300 fg   |
| <b>Bo-007</b> | 63.02 ab | 73.50 a | 113.0 bc | 71.50 bc  | 80.26 a | 60.05 cdefg h | 46.35 ab      | 12.01 abcde fg | 41.75 bcdefghi | 3.415 efg  |
| <b>Bo-008</b> | 69.02 ab | 75.50 a | 115.8    | 71.50     | 82.76   | 64.90         | 44.20         | 12.43          | 48.67          | 3.905      |

|               |          |         |              |              |            |                      |                     |                      |                    |                      |
|---------------|----------|---------|--------------|--------------|------------|----------------------|---------------------|----------------------|--------------------|----------------------|
|               |          |         | bc           | bc           | a          | bcdef                | abc                 | abcde                | abcdefgh           | abcde<br>f           |
| <b>Bo-010</b> | 64.77 ab | 74.75 a | 117.0<br>bc  | 70.50<br>bc  | 79.76<br>a | 60.55<br>cdefg       | 40.40<br>abcde<br>f | 11.97<br>abcde<br>fg | 48.50<br>abcdefgh  | 4.025<br>abcde<br>f  |
| <b>Di-014</b> | 59.52 ab | 72.50 a | 117.8<br>bc  | 71.50<br>bc  | 79.26<br>a | 67.00<br>bcdef       | 42.45<br>abcd       | 12.15<br>abcde<br>f  | 44.49<br>bcdefghi  | 3.655<br>bcdef<br>g  |
| <b>Di-015</b> | 67.27 ab | 77.50 a | 126.3<br>bc  | 75.00<br>abc | 84.51<br>a | 59.65<br>cdefg<br>h  | 37.65<br>bcdef      | 11.96<br>abcde<br>fg | 45.59<br>bcdefghi  | 3.790<br>abcde<br>fg |
| <b>Di-016</b> | 59.02 ab | 67.25 a | 118.8<br>bc  | 70.00<br>bc  | 80.76<br>a | 62.50<br>bcdef       | 31.70<br>def        | 12.74<br>abcd        | 53.33<br>abcdef    | 4.155<br>abcd        |
| <b>Di-019</b> | 70.52 a  | 81.00 a | 123.5<br>bc  | 76.75a<br>bc | 85.76<br>a | 44.50<br>ij          | 30.40<br>ef         | 10.00<br>fg          | 34.74 hi           | 3.355<br>efg         |
| <b>Di-021</b> | 60.77 ab | 71.00 a | 121.8<br>bc  | 71.75<br>abc | 83.26<br>a | 58.70<br>cdefg<br>hi | 43.30<br>abc        | 11.11<br>bcdef<br>g  | 37.98 fghi         | 3.305<br>fg          |
| <b>Di-022</b> | 57.77 ab | 75.25 a | 124.0<br>bc  | 72.00<br>abc | 81.01<br>a | 62.30<br>bcdef       | 40.25<br>bcdef      | 12.94<br>abc         | 48.61<br>abcdefgh  | 3.740<br>abcde<br>fg |
| <b>Di-023</b> | 59.02ab  | 68.50 a | 113.8<br>bc  | 70.00<br>bc  | 75.76<br>a | 70.15<br>abcd        | 43.30<br>abc        | 11.69<br>abcde<br>fg | 47.07abcd<br>efghi | 4.010<br>abcde<br>f  |
| <b>Di-024</b> | 56.27 ab | 73.00 a | 113.8<br>bc  | 70.50b<br>c  | 76.26<br>a | 62.45<br>bcdef       | 40.80<br>abcde<br>f | 11.48<br>abcde<br>fg | 46.56<br>abcdefghi | 4.005<br>abcde<br>f  |
| <b>Go-026</b> | 65.27 ab | 78.50 a | 123.0<br>bc  | 73.00<br>abc | 83.51<br>a | 43.00<br>j           | 29.70<br>f          | 13.47<br>a           | 61.38 a            | 4.455<br>a           |
| <b>Go-027</b> | 62.27ab  | 71.00 a | 111.0 c      | 69.00<br>c   | 73.51<br>a | 56.95<br>defghi<br>j | 40.40<br>abcde<br>f | 13.12<br>ab          | 53.29<br>abcdef    | 4.060<br>abcde       |
| <b>Go-028</b> | 59.02 ab | 70.50 a | 121.0<br>bc  | 71.00<br>bc  | 80.01<br>a | 61.15<br>cdef        | 44.50<br>abc        | 11.19<br>bcdef<br>g  | 41.00<br>cdefghi   | 3.615<br>bcdef<br>g  |
| <b>Ma-029</b> | 67.27 ab | 74.75 a | 123.3<br>bc  | 71.50b<br>c  | 82.01<br>a | 62.90<br>bcdef       | 39.50<br>bcdef      | 12.62<br>abcd        | 45.24<br>bcdefghi  | 3.580<br>bcdef<br>g  |
| <b>Ma-030</b> | 63.52 ab | 71.25 a | 117.0<br>bc  | 72.50a<br>bc | 80.26<br>a | 66.60<br>bcdef       | 44.50<br>abc        | 11.84<br>abcde<br>fg | 44.06<br>bcdefghi  | 3.695<br>bcdef<br>g  |
| <b>Ma-031</b> | 67.27 ab | 73.50 a | 126.8<br>abc | 72.00a<br>bc | 82.51<br>a | 68.50<br>abcde       | 39.25<br>bcdef      | 12.59<br>abcde       | 54.63<br>abcd      | 4.275<br>ab          |
| <b>Ma-032</b> | 62.77 ab | 76.25 a | 127.8<br>abc | 72.00<br>abc | 81.01<br>a | 68.80<br>abcde       | 38.80<br>bcdef      | 12.29<br>abcde       | 45.12<br>bcdefghi  | 3.655<br>bcdef<br>g  |
| <b>Ma-033</b> | 61.27 ab | 74.50 a | 132.3<br>abc | 73.00<br>abc | 82.51<br>a | 72.80<br>abc         | 40.70<br>abcde<br>f | 12.94<br>abc         | 52.31<br>abcdefg   | 4.000<br>abcde<br>f  |
| <b>Ma-034</b> | 66.29 ab | 73.02 a | 130.3<br>abc | 70.97<br>bc  | 74.54<br>a | 82.40<br>a           | 46.40<br>ab         | 11.66<br>abcde<br>fg | 44.01<br>bcdefghi  | 3.700<br>bcdef<br>g  |
| <b>Ng-036</b> | 60.02 ab | 72.00 a | 113.8<br>bc  | 70.50<br>bc  | 79.76<br>a | 63.55<br>bcdef       | 43.35<br>abc        | 11.29<br>abcde       | 41.10<br>cdefghi   | 3.585<br>bcdef       |

|                                    |                           |                           |                           |                           |                           |                 |                 |                                      |                           |                                      |
|------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------|-----------------|--------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|
|                                    |                           |                           |                           |                           |                           |                 |                 | fg                                   |                           | g                                    |
| <b>Ng-040</b>                      | 56.52 ab                  | 74.00 a                   | 124.0 bc                  | 69.50 bc                  | 81.26 a                   | 71.05 abcd      | 40.75 abcde f   | 12.70 abcd                           | 49.77 abcdefgh            | 3.880 abcde fg                       |
| <b>Ng-043</b>                      | 53.52 ab                  | 71.50 a                   | 124.3 bc                  | 73.00 abc                 | 80.01 a                   | 66.40 bcdef     | 46.05 ab        | 13.39 a                              | 55.08 abcd                | 4.065 abcde                          |
| <b>Ng-048</b>                      | 51.27 b                   | 75.75 a                   | 117.0 bc                  | 70.50 bc                  | 75.26 a                   | 52.60 fghij     | 41.10 abcde     | 11.70 abcde fg                       | 46.12 abcdefghi           | 3.865 abcde fg                       |
| <b>Ng-049</b>                      | 56.52 ab                  | 73.75 a                   | 117.0 bc                  | 71.00 bc                  | 79.76 a                   | 57.85 defghi    | 41.25 abcde     | 10.82 cdefg                          | 38.59 efghi               | 3.520 cdefg                          |
| <b>Variation entre accessions</b>  | <b>&lt;0,000**</b><br>*   | <b>0,058<sup>ns</sup></b> | <b>0,001**</b>            | <b>&lt;0,000***</b>       | <b>0,054<sup>ns</sup></b> | <b>0,000***</b> | <b>0,000***</b> | <b>0,000***</b>                      | <b>0,000***</b>           | <b>0,000***</b>                      |
| <b>Variation entre répétitions</b> | <b>0,106<sup>ns</sup></b> | <b>0,645<sup>ns</sup></b> | <b>0,015<sup>ns</sup></b> | <b>0,587<sup>ns</sup></b> | <b>0,008**</b>            | <b>0,003**</b>  | <b>0,000***</b> | <b>0,531<sup>n</sup><sub>s</sub></b> | <b>0,929<sup>ns</sup></b> | <b>0,986<sup>n</sup><sub>s</sub></b> |

\*\*\*: hautement significatif;ns:non significatif;**Dat1Fl**: Date de la première floraison; **Dat50Fl**: Date de 50% de floraison; **Dat1Fr**: Date de la première fructification; **Dat50Fr**: Date de 50% fructification; **Dat1Re**: Date de la première récolte; **LgFe**: Longueur des feuilles; **WFe**: Largeur des feuilles; **Srfo**: Surface foliaire; **WCa**: Largeur des canopées; **Hpt**: Hauteur des plantes.

**Tableau 6:**-Moyenne des 6 caractères quantitatifs liés au rendement des accessions de poivron de la région de Diffa.

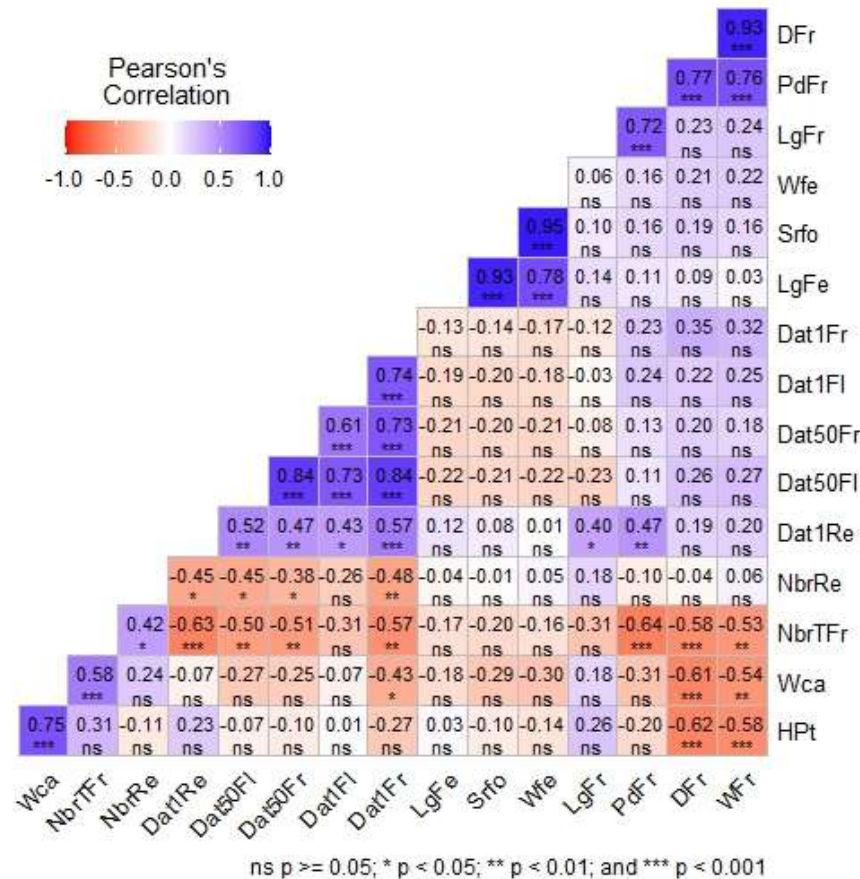
| Accessions    | NbrTFR    | NbrRe    | DFr        | LgFr            | PdFr          | WFr        |
|---------------|-----------|----------|------------|-----------------|---------------|------------|
| <b>Bo-001</b> | 10.75 bc  | 5.250 ab | 3.915 def  | 5.710 hij       | 17.20 fghi    | 3.285 cde  |
| <b>Bo-002</b> | 15.25 abc | 4.750 ab | 3.505 efg  | 7.755 bcdefghij | 21.37 defghi  | 3.205 ef   |
| <b>Bo-003</b> | 18.75 abc | 5.500 a  | 4.415 bcde | 10.150 abc      | 34.84 abcd    | 3.575 cde  |
| <b>Bo-004</b> | 17.00 abc | 6.000 a  | 3.845 def  | 8.995 abcdefgh  | 26.79 cdefgh  | 3.350 cde  |
| <b>Bo-006</b> | 23.25 abc | 4.000 ab | 2.230 h    | 5.810 ghij      | 6.63 i        | 1.840 g    |
| <b>Bo-007</b> | 17.50 abc | 5.000 ab | 2.190 h    | 5.235 ij        | 6.75 i        | 1.870 g    |
| <b>Bo-008</b> | 30.75 abc | 5.500 a  | 4.055 cdef | 8.870 abcdefgh  | 30.53 abcdefg | 3.510 cde  |
| <b>Bo-010</b> | 21.75 abc | 5.250 ab | 3.970 def  | 9.930 abcd      | 33.29 abcde   | 3.530 cde  |
| <b>Di-014</b> | 25.75 abc | 5.500 a  | 3.875 def  | 9.170 abcdef    | 27.85 bcdefgh | 3.380 cde  |
| <b>Di-015</b> | 9.25 bc   | 4.500 ab | 3.380 fg   | 5.900 fghij     | 15.64 ghi     | 3.240 e    |
| <b>Di-016</b> | 10.25 bc  | 4.250 ab | 4.165 cdef | 7.760 bcdefghij | 27.82 bcdefgh | 3.540 cde  |
| <b>Di-019</b> | 9.75 bc   | 4.500 ab | 4.985 abc  | 4.915 ij        | 32.70 abcdef  | 4.135 abcd |
| <b>Di-021</b> | 21.25 abc | 5.750 a  | 3.605 ef   | 7.585 bcdefghij | 23.82 cdefgh  | 3.070 ef   |
| <b>Di-022</b> | 18.25 abc | 4.750 ab | 4.050 cdef | 10.240 abc      | 30.76 abcdefg | 3.625 cde  |
| <b>Di-023</b> | 48.50 ab  | 5.250 ab | 2.570 gh   | 4.525 j         | 7.00 i        | 2.350 fg   |
| <b>Di-024</b> | 36.00 abc | 6.000 a  | 3.645 ef   | 7.670 bcdefghij | 20.39 defghi  | 3.245 e    |
| <b>Go-026</b> | 6.75 bc   | 4.250 ab | 5.190 ab   | 4.485 j         | 30.36 abcdefg | 4.650 ab   |
| <b>Go-027</b> | 57.25 a   | 6.000 a  | 3.695 def  | 6.710 defghij   | 17.54 efghi   | 3.535 cde  |
| <b>Go-028</b> | 17.00 abc | 5.250 ab | 3.585 ef   | 7.575 bcdefghij | 19.83 defghi  | 3.395 cde  |
| <b>Ma-029</b> | 18.25abc  | 5.500 a  | 3.610 ef   | 6.610 efghij    | 19.60 defghi  | 3.205 ef   |

|                                    |                           |                           |                     |                     |                     |                     |
|------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| <b>Ma-030</b>                      | 25.00 abc                 | 5.750 a                   | 4.090<br>cdef       | 8.060<br>abcdefghi  | 26.84 cdefgh        | 3.655 cde           |
| <b>Ma-031</b>                      | 13.25 bc                  | 5.500 a                   | 3.735 def           | 9.315 abcde         | 31.08<br>abcdefg    | 3.185ef             |
| <b>Ma-032</b>                      | 10.50 bc                  | 4.000 ab                  | 4.330<br>bcdef      | 11.065 a            | 42.83 ab            | 3.660 cde           |
| <b>Ma-033</b>                      | 16.48 abc                 | 5.750 a                   | 3.895 def           | 11.125 a            | 37.68 abc           | 3.395 cde           |
| <b>Ma-034</b>                      | 18.01 abc                 | 5.989 a                   | 3.940 def           | 10.560 ab           | 33.88 abcd          | 3.300 cde           |
| <b>Ng-036</b>                      | 40.25 abc                 | 5.750 a                   | 4.035<br>cdef       | 9.490 abcde         | 33.84 abcd          | 3.675 cde           |
| <b>Ng-040</b>                      | 19.25 abc                 | 5.500 a                   | 2.370 h             | 9.350 abcde         | 14.13 hi            | 2.045 g             |
| <b>Ng-043</b>                      | 12.25 bc                  | 5.500 a                   | 3.880 def           | 10.175 abc          | 32.21 abcdef        | 3.310 cde           |
| <b>Ng-048</b>                      | 27.50 abc                 | 5.500 a                   | 4.210<br>cdef       | 7.105 cdefghij      | 24.36 cdefgh        | 3.800<br>bcde       |
| <b>Ng-049</b>                      | 26.50 abc                 | 6.000 a                   | 3.660 def           | 7.490<br>bcdefghij  | 20.86 defghi        | 3.270 de            |
| <b>Variation entre accessions</b>  | <b>0,001**</b>            | <b>0,040*</b>             | <b>&lt;0,000***</b> | <b>&lt;0,000***</b> | <b>&lt;0,000***</b> | <b>&lt;0,000***</b> |
| <b>Variation entre répétitions</b> | <b>0,494<sup>ns</sup></b> | <b>0,373<sup>ns</sup></b> | <b>0,002**</b>      | <b>0,008**</b>      | <b>0,000***</b>     | <b>&lt;0,000***</b> |

\*\*\*: hautement significatif ; ns : non significatif ; **PdFr**: poids des fruits ; **LgFr**: Longueur des fruits ; **WFr** : Largeur des fruits; **Dfr** : Diamètre des fruits ; **NbTFr**: Nombre total des fruits ; **NbrRe** : Nombre de récolte.

### Relations entre les caractères

La matrice de corrélation a été réalisée pour analyser les éventuelles relations entre les seize (16) caractères étudiés. Elle a ainsi révélé des corrélations positives et négatives (Figure 2). Le diamètre des fruits est fortement et positivement corrélé avec le poids des fruits (0,80) et la largeur des fruits (0,97) d'une part, est fortement et négativement corrélé avec la hauteur des plantes (-0,46) et la largeur des canopées (-0,60) d'autre part. La date de la première floraison est fortement et positivement corrélée avec la date de la première fructification (0,56) ainsi qu'avec la date de 50% floraison (0,54) et la date de 50% fructification (0,51). Des corrélations fortes et positives existent aussi entre la date de la première fructification et la date 50% de floraison (0,71) ainsi qu'avec la date de 50% de fructification (0,59). La date de la première récolte est fortement et positivement corrélée avec la date de 50% de fructification (0,50) d'une part, est fortement et négativement corrélée avec le nombre total des fruits (-0,50) d'autre part. Une forte corrélation positive existe entre la date de 50% floraison et la date de 50% de fructification (0,70) ainsi qu'avec la date de la première floraison (0,54) et la date de la première fructification (0,71). Les résultats indiquent d'une part une corrélation négative entre la date de 50% de fructification et la largeur des canopées (-0,44) ainsi qu'avec le nombre total des fruits (-0,52), et d'autre part une corrélation positive avec la date de la première floraison (0,51). La hauteur des plantes est fortement et positivement corrélée avec la largeur des canopées (0,66) et la longueur des fruits (0,44) d'une part, est négativement corrélée avec la largeur des fruits (-0,50) et le diamètre des fruits (-0,46). Quant à la largeur des canopées, elle est fortement et négativement corrélée avec le diamètre des fruits (-0,60) et la largeur des fruits (-0,59). Les résultats indiquent également une forte corrélation positive entre la longueur des feuilles et la largeur des feuilles (0,78) ainsi qu'avec la surface foliaire (0,93). La longueur des fruits indique une forte corrélation positive avec le poids des fruits (0,71). Le poids des fruits est fortement et positivement corrélé avec la largeur des fruits (0,73) ainsi qu'avec le diamètre des fruits (0,80) et la longueur des fruits (0,71). Une corrélation forte et positive existe aussi entre la largeur des feuilles et la surface foliaire (0,93).



**Figure 2:-** Corrélations entre les variables étudiées pour la caractérisation des accessions de poivron. (-) : négativement corrélés ; **Dat1Fl**: Date de la première floraison ; **Dat50Fl** : Date de 50% de floraison ; **Dat1Fr** : Date de la première fructification ; **Dat50Fr** : Date de 50% fructification ; **Dat1Re** : Date de la première récolte ; **LgFe** : Longueur des feuilles ; **WFe** : Largeur des feuilles ; **Srfo** : Surface foliaire ; **WCa** : Largeur des canopées ; **Hpt** : Hauteur des plantes ; **PdFr** : poids des fruits ; **LgFr** : Longueur des fruits ; **WFr** : Largeur des fruits ; **DFr** : Diamètre des fruits ; **NbTfr** : Nombre total des fruits ; **NbrRe** : Nombre de récolte.

### Paramètres génétiques

#### Variances phénotypiques et génotypiques

Pour tous les paramètres, la variance phénotypique ( $\sigma^2_p$ ) a été supérieure à la variance génotypique ( $\sigma^2_g$ ) (Tableau 7). La variance phénotypique a varié de 0,19 à 295,04 tandis que la variance génotypique ( $\sigma^2_g$ ) a varié de 0,08 à 84,27. Le nombre total des fruits avait la plus grande variance phénotypique (295,04) et la largeur des feuilles avait la plus petite (0,19). Les caractères comprenant le nombre total des fruits (295,04), le poids des fruits (148,76), la hauteur des plantes (115,02), la date de la première récolte (104,59), la surface foliaire (94,43), la date de la première floraison (59,74), la largeur des canopées (42,77), la date de la première fructification (31,60) et la date de 50% fructification (25,13) ont montré des variances phénotypiques élevées ( $\sigma^2_p > 20$ ) et modérées pour la date de 50% de floraison ( $10 < \sigma^2_p < 20$ ).

Les variances génotypiques les plus élevées ( $\sigma^2_g > 20$ ) ont été observées au niveau d'un nombre total des fruits (84,50) suivi de la hauteur des plantes (77,83) et du poids des fruits (76,29). Par contre la date de la première floraison (16,39) et la largeur des canopées (12,81) présentaient des variances génotypiques modérées ( $10 < \sigma^2_g < 20$ ).

#### Coefficients de variation phénotypique et génotypique

Pour tous les caractères, le coefficient de variation phénotypique (CVP) est supérieur au coefficient de variation génotypique (CVG) (Tableau 7). Les valeurs de CVP et de CVG les plus élevées ont été obtenues avec le nombre total des fruits de 83,82 % et 44,80 %, respectivement. Les valeurs les plus faibles ont été observées avec la date de 50% de fructification pour le CVP (6,24%) et la date de la première fructification pour le CVG (2,47%). Des valeurs de CVP et CVG élevées ont été enregistrées pour des caractères tels que le nombre total des fruits (CVP = 83,82 % et

CVG = 44,80 %), le poids des fruits (CVP = 47,41 % et CVG = 33,95 %), et la longueur des fruits (CVP = 30,89 % et CVG = 23,80 %). La hauteur des plantes a montré des coefficients phénotypique et génotypique modérés. Les coefficients de variation phénotypiques et génotypiques les plus faibles ont été observés pour la date à 50 % de floraison, la date de la première fructification, la date de 50% fructification et la date de la première récolte.

### Héritabilité au Sens large

L'héritabilité au sens large ( $H^2$ ) a varié entre 10,36 % (date de la première fructification) et 67,66 % (Hauteur des plantes) (Tableau 7). Les caractères tels que la hauteur des plantes (67,66%), la largeur des fruits (65,76%) et le diamètre des fruits (64,09) présentent des valeurs d'héritabilité au sens large élevées ( $H^2 > 60$  %). La longueur des fruits (59,36 %), le poids des fruits (51,28 %), la largeur des feuilles (44,55 %) la date de la première récolte (41,89 %) et la surface foliaire (39,56 %) ont montré des valeurs d'héritabilité au sens large modérées ( $30 \% < H^2 < 60$  %), par contre le reste des paramètres ont affiché de faibles valeurs d'héritabilité au sens large ( $H^2 < 30$  %).

### Gain génétique (en % de la moyenne)

Les résultats montrent un gain génétique variant de 1,61 % (date de la première fructification) à 50,09 % (poids des fruits) (Tableau 7). Les variables telles que le poids des fruits (50,09%), le nombre total des fruits (49,31%), la longueur des fruits (37,77%), la largeur des fruits (31,20%), le diamètre des fruits (30,80%) et la hauteur des plantes (24,37%) ont montré des gains génétiques élevés ( $GA \geq 20\%$ ) contre des valeurs modérées ( $10\% < GA < 20\%$ ) pour la largeur des feuilles (10,67 %) et la surface foliaire (16,99 %).

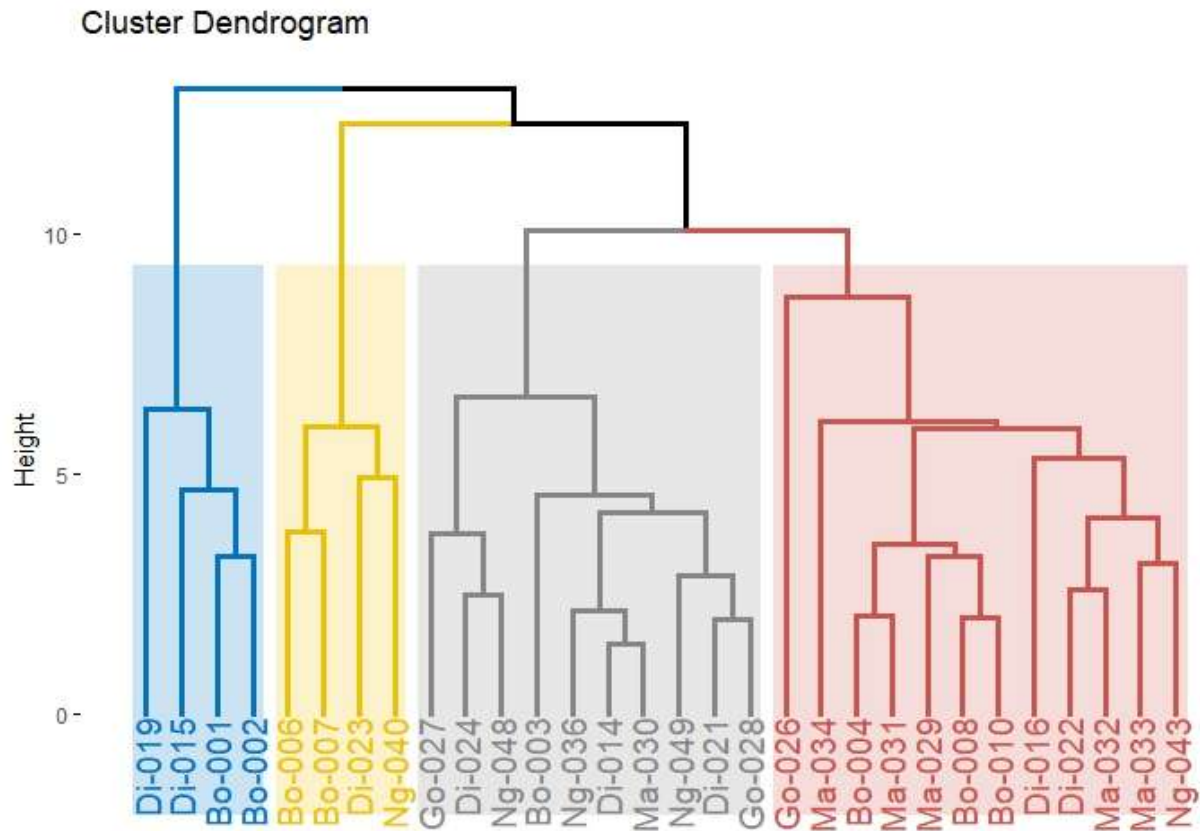
**Tableau 7:-** Paramètres génétique calculés pour la caractérisation des accessions de poivron.

| Paramètres     | Moy    | $\sigma^2 g$ | $\sigma^2 p$ | $\sigma^2 e$ | CVE(%) | CVP(%) | CVG(%) | $H^2$ (%) | GA (%) |
|----------------|--------|--------------|--------------|--------------|--------|--------|--------|-----------|--------|
| <b>Dfr</b>     | 3,87   | 0,52         | 0,82         | 0,29         | 13,98  | 23,33  | 18,68  | 64,09     | 30,80  |
| <b>Hpt</b>     | 61,32  | 77,83        | 115,02       | 37,19        | 9,94   | 17,49  | 14,39  | 67,66     | 24,37  |
| <b>LgCa</b>    | 40,79  | 12,81        | 42,77        | 29,95        | 13,42  | 16,03  | 8,78   | 29,96     | 9,89   |
| <b>LgFe</b>    | 11,99  | 0,65         | 1,68         | 1,03         | 8,46   | 10,80  | 6,72   | 38,69     | 8,61   |
| <b>LgFr</b>    | 7,79   | 3,44         | 5,80         | 2,35         | 19,69  | 30,89  | 23,80  | 59,36     | 37,77  |
| <b>PdFr</b>    | 25,72  | 76,29        | 148,76       | 72,47        | 33,09  | 47,41  | 33,95  | 51,28     | 50,09  |
| <b>Srfo</b>    | 46,60  | 37,35        | 94,43        | 57,07        | 16,21  | 20,85  | 13,11  | 39,56     | 16,99  |
| <b>WFe</b>     | 3,81   | 0,08         | 0,19         | 0,10         | 8,66   | 11,63  | 7,76   | 44,55     | 10,67  |
| <b>WFr</b>     | 3,40   | 0,40         | 0,61         | 0,21         | 13,47  | 23,04  | 18,68  | 65,76     | 31,20  |
| <b>Dat1Fl</b>  | 63,20  | 16,39        | 59,74        | 43,35        | 10,42  | 12,22  | 6,40   | 27,44     | 6,91   |
| <b>Dat50Fl</b> | 72,00  | 3,35         | 11,53        | 8,18         | 3,97   | 4,72   | 2,54   | 29,08     | 2,82   |
| <b>Dat1Fr</b>  | 74,22  | 3,27         | 31,60        | 28,32        | 7,17   | 7,57   | 2,47   | 10,36     | 1,61   |
| <b>Dat50Fr</b> | 80,32  | 4,87         | 25,13        | 20,25        | 5,60   | 6,24   | 2,75   | 19,39     | 2,49   |
| <b>Dat1Re</b>  | 121,84 | 43,81        | 104,59       | 60,78        | 6,39   | 8,39   | 5,43   | 41,89     | 7,24   |
| <b>NbrTfr</b>  | 20,49  | 84,27        | 295,04       | 210,77       | 70,84  | 83,82  | 44,80  | 28,56     | 49,31  |
| <b>NbrRe</b>   | 5,21   | 0,12         | 1,22         | 1,10         | 18,13  | 19,32  | 6,70   | 12,02     | 4,78   |

**Moy** : moyenne ;  $\sigma^2 g$  : Variance Génotypique ;  $\sigma^2 p$  : Variance phénotypique ;  $\sigma^2 e$  : variance environnementale ; **CVE** : coefficient de variation environnemental ; **CVP** : coefficient de variation phénotypique ; **CVG** : Coefficients de Variation Génotypiques ;  $H^2$  : Héritabilité au sens large ; **GA** : Gain Génétique attendu (en % de la moyenne) ; **Dat1Fl** : Date de la première floraison ; **Dat50Fl** : Date de 50% de floraison ; **Dat1Fr** : Date de la première fructification ; **Dat50Fr** : Date de 50% fructification ; **Dat1Re** : Date de la première récolte ; **LgFe** : Longueur des feuilles ; **WFe** : Largeur des feuilles ; **Srfo** : Surface foliaire ; **WCa** : Largeur des canopées ; **Hpt** : Hauteur des plantes ; **PdFr** : poids des fruits ; **LgFr** : Longueur des fruits ; **WFr** : Largeur des fruits ; **Dfr** : Diamètre des fruits ; **NbTfr** : Nombre total des fruits ; **NbrRe** : Nombre de récolte.

### Structuration de la Variabilité

Le résultat de la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) réalisée à partir des moyennes des différents caractères étudiés produit un Dendrogramme qui fait ressortir quatre groupes (Figure 3). Le groupe G1 est composé de 4 accessions qui sont Bo-001; Bo-002; Di-015; Di-019. Il regroupe les accessions de 2 Départements. Le groupe G2 comporte 10 accessions qui sont Go-27; Di-024; Ng-048; Bo-003; Ng-036; Di-014; Ma-030; Ng-049; Di-021; Go-028 issu des 5 Départements. Quant au groupe G3, il est composé de 12 accessions qui sont Go-026 ; Ma-034 ; Bo-004 ; Ma-031 ; Ma-029 ; Bo-008 ; Bo-010 ; Di-016 ; Di-022 ; Ma-032 ; Ma-033 ; Ng-043. Et enfin un quatrième groupe G4 composé de 4 accessions qui sont Bo-006; Bo-007; Di-023; Ng-040. La répartition des accessions dans les différents groupes montre que la diversité est structurée sans distinction d'origine. C'est ainsi que des accessions de la même région se répartissent dans des groupes différents.



**Figure 3:-** Dendrogramme issu de la classification ascendante hiérarchique (CAH) des accessions de poivron étudiées.

#### Caractéristiques des groupes d'accessions.

Les résultats de l'analyse en composante principale des paramètres étudiés dans le cadre de la caractérisation génétique des différentes accessions de poivron révèlent 2 axes, dont le premier représente 32,43% des informations et le deuxième 23,42%, soit 55,85% des informations retenues par les deux axes (Tableau 8).

**Tableau 8:-** Valeurs propres et contribution des variables (caractères) aux axes de l'ACP.

| Axes  | Valeurs propres | Contribution des axes (%) | Cumule des contributions (%) |
|-------|-----------------|---------------------------|------------------------------|
| Axe 1 | 5,18            | 32,43                     | 32,43                        |
| Axe 2 | 3,74            | 23,42                     | 55,85                        |
| Axe 3 | 1,93 12,09      | 67,95                     |                              |

Les coefficients de corrélation entre les variables de départ et chacune des 2 premiers principaux axes dégagés par l'ACP sont consignés dans le tableau 9. Les corrélations entre les variables initiales et le premier axe discriminant (Ax1) montrent des valeurs élevées pour le diamètre des fruits (0,84), la date de la première fructification (0,58), la date de la première récolte (0,56), la date de 50% de fructification (0,60), le poids des fruits (0,56) et la largeur des fruits (0,82) qui sont associées à des faibles valeurs pour la hauteur des plantes (-0,66), la largeur des canopées (-0,77), le nombre total des fruits (-0,66) et le nombre de récolte (-0,44). Quant au deuxième axe (Ax2), il révèle qu'il y a des valeurs élevées pour la longueur des feuilles (0,82), la largeur des feuilles (0,80) et la surface foliaire (0,84) qui sont associées à des faibles valeurs de la date de première floraison (-0,47), la date de première fructification (-0,54), la date de 50% de floraison (-0,70) et la date de 50% de fructification (-0,52).

**Tableau 9:-** Corrélations entre les variables de départ et chacune des deux premiers axes dégagés par les ACP.

| Caractères                 | Corrélations entre les variables (%) |              |
|----------------------------|--------------------------------------|--------------|
|                            | Axe 1                                | Axe 2        |
| DFr                        | <b>0,84</b>                          | 0,24         |
| Dat1Fl                     | 0,43                                 | <b>-0,47</b> |
| Dat1Fr                     | <b>0,58</b>                          | <b>-0,54</b> |
| Dat1Re                     | <b>0,56</b>                          | -0,11        |
| Dat50Fl                    | 0,47                                 | <b>-0,70</b> |
| Dat50Fr                    | <b>0,60</b>                          | <b>-0,52</b> |
| Hpt                        | <b>-0,66</b>                         | -0,08        |
| WCa                        | <b>-0,77</b>                         | -0,09        |
| LgFe                       | 0,17                                 | <b>0,82</b>  |
| LgFr                       | -0,20                                | 0,24         |
| NbrTFR                     | <b>-0,66</b>                         | 0,12         |
| NbrRe                      | <b>-0,44</b>                         | 0,23         |
| PdFr                       | <b>0,56</b>                          | 0,31         |
| WFe                        | 0,36                                 | <b>0,80</b>  |
| WFr                        | <b>0,82</b>                          | 0,30         |
| Srfo                       | 0,35                                 | <b>0,84</b>  |
| <b>Corrélation moyenne</b> | <b>0,50</b>                          | <b>0,50</b>  |

**Dat1Fl**: Date de la première floraison ; **Dat50Fl** : Date de 50% de floraison ; **Dat1Fr** : Date de la première fructification; **Dat50Fr** : Date de 50% fructification ; **Dat1Re** : Date de la première récolte; **LgFe** : Longueur des feuilles ; **WFe** : Largeur des feuilles ; **Srfo** : Surface foliaire ; **WCa** : Largeur des canopées ; **Hpt** : Hauteur des plantes ; **PdFr** : poids des fruits ; **LgFr** : Longueur des fruits ; **WFr** : Largeur des fruits ; **DFr** : Diamètre des fruits ; **NbTFR** : Nombre total des fruits ; **NbrRe** : Nombre de récolte.

L'analyse du biplot (Figure 4) suite à la projection des 4 groupes et des variables sur le système d'axes 1 et 2 indique que les deux axes permettent bien de discriminer les différents groupes. Ainsi les accessions du groupe G1 sont tardifs avec une grande hauteur, un bon couvert végétal, donnant moins de rendement en termes de nombre total des fruits et ont un faible poids des fruits. Le groupe G3 est composé d'accessions tardifs avec moins de hauteur et plus de rendement en terme du poids, de la largeur des fruits et des feuilles de grande dimension. Les accessions du groupe G4 sont précoces et hautes de taille avec un bon couvert végétal. Elles ont un rendement élevé en terme de nombre total de fruit. Les fruits de ce groupe ont des tailles longues, des faibles poids associée avec au faible diamètre. Quant au groupe G2, il est constitué d'accessions à caractères intermédiaires des G1 et G3 à l'exception de leurs nombre de récolte et de nombre total des fruits.

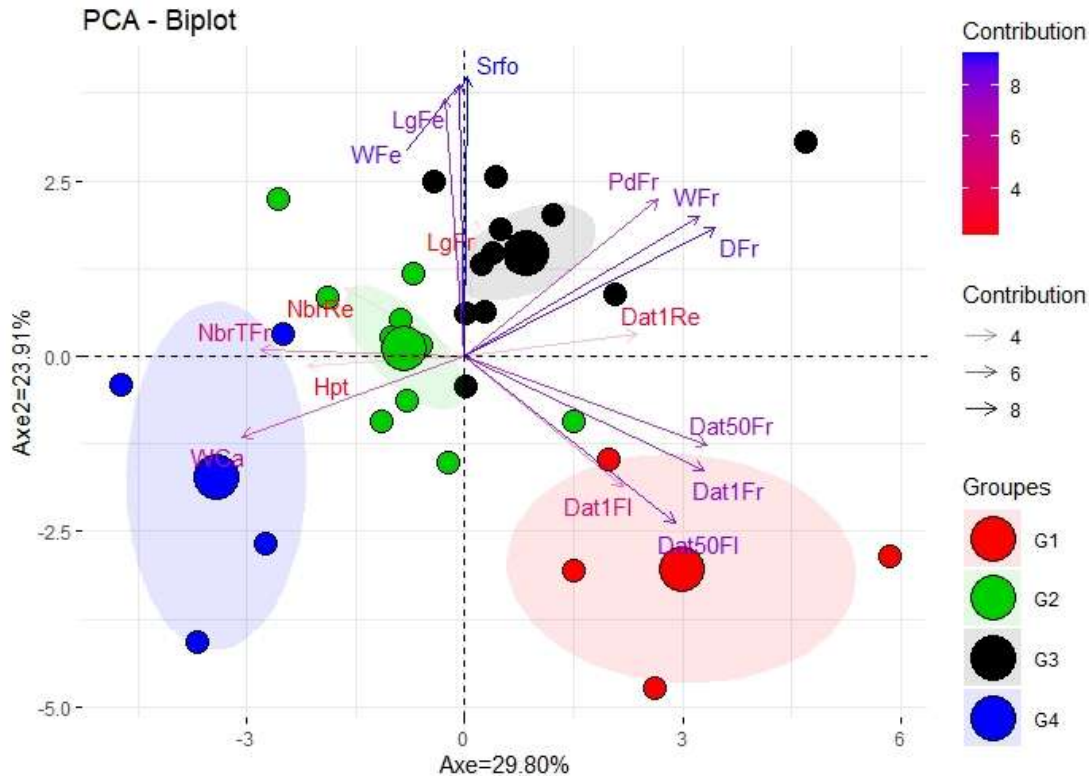


Figure 4:- Représentation des accessions de poivron dans quatre groupes sur les deux premiers axes.

## Discussion:-

### Variabilité qualitative

La prise en compte des paramètres qualitatifs est très importante dans une étude de caractérisation agromorphologique (19). L'existence d'un écart qualitatif significatif a été observé dans cette étude pour l'ensemble des caractères sauf pour la couleur des fruits avant la maturité. Cette variabilité observée pourrait s'expliquer, en partie, par l'expression d'un ou plusieurs gènes qui gouvernent ces caractères (20). Par contre, d'autres auteurs tels que (21) ont trouvé une transition de couleur du fruit commençant par le vert clair, suivi du jaune, de l'orange et du rouge clair au rouge. Le résultat montre qu'en générale le mode de croissance des plantes de poivron est érigé (68%). Cette observation est similaire à celle de (22) qui affirme que le piment est généralement une plante ayant un port végétatif érigé.

### Variabilité quantitative

Tout programme d'amélioration s'appuie nécessairement sur la variabilité agromorphologique (23). L'existence d'une variabilité pour les caractères observés facilitera l'amélioration génétique de poivron pour une meilleure productivité. Les coefficients de variation élevés traduisent la variabilité qui existe dans la collection des accessions étudiées. Les valeurs de CV inférieures à 30 % sont considérées comme faibles (24). Les caractères qui traduisent une grande variation (CV > 30 %) entre les accessions de poivron sont en grande partie ceux du rendement, il s'agit du nombre total des fruits (83,98%), le poids des fruits (62,86%), la longueur des fruits (42,48%) et la surface foliaire (30,48%). Ce résultat corrobore à celui de (25), qui ont trouvé un CV élevé pour les caractères liés aux fruits. D'autres auteurs ont également rapporté divers caractéristiques avec une forte variation de génotypes du *Capsicum annum*, par exemple le rendement en fruits par plante (26), nombre de fruits par plante (27) et la hauteur des plantes (28). Nos résultats montrent des différences significatives entre les caractères évalués et cela confirme la diversité génétique entre des accessions de poivron (29).

Certaines accessions ont été plus précoces que d'autres. La durée moyenne de la date de la première floraison varie entre 51 jours (chez l'accension Ng-048) et 72 jours (chez l'accension Bo-001), soit un intervalle de temps de 21 jours. Ce résultat est inférieur à celui obtenu par (30) sur des lignées de piment avec un délai de 60 à 90 jours. Cette différence de précocité de floraison peut être prise en compte dans un programme de sélection. Le temps moyen pour atteindre 50% de floraison a été en moyenne de 69 jours (Go-027, Ng-040) et 80 jours (Bo-002). Entre les accessions les plus précoces et les plus tardives un intervalle de temps de 19 jours a été observé pour la date de la

première récolte. (21) affirment que les différences significatives observées entre les lignées de piment pour le délai de 50% floraison, de la première et de la dernière récolte seraient aussi de nature génétique. (31) ont aussi établi des différences significatives entre différentes variétés de piment par rapport au délai floraison et relevé l'importance du caractère de la précocité dans la sélection des variétés de piment. La hauteur des plantes a varié entre 43 cm (chez l'accension Go-026) et 82,40 cm (chez l'accension Ma-034), soit une différence de 39,4 cm. Ce résultat est différent de celui de (32) qui ont trouvé des hauteurs des plantes de poivron comprises 50-150 cm. Ce développement végétatif moins abondant pourrait s'expliquer d'une part par les conditions pédoclimatiques imposées par la période. (33) affirme que la différence significative observée entre les lignées de piment par rapport au développement végétatif résulterait de la différence dans leur capacité d'adaptation au milieu. Plus le milieu de culture est favorable aux plantes plus elles se développent. En outre, le développement végétatif peut être aussi de nature génétique. (34) ont établi en Tunisie des différences significatives entre le développement végétatif de diverses accessions de piment et expliqué que ces différences seraient liées aux génotypes et à l'environnement qui peuvent influencer l'expression des paramètres végétatifs. La longueur des fruits s'est située entre 4,50 cm (chez les accessions Di-023 et Go-026) et 11 cm (chez les accessions Ma-032 et Ma-033), soit un intervalle de 6,5 cm. Ce résultat corrobore les travaux de (35), sur cinq variétés de piments dont, la longueur des fruits est comprise entre 5,88 et 9,95 cm. Le poids des fruits a varié entre 6,60g (Bo-006 et Bo-007) à 42,83g (Ma-032). Ce résultat est supérieur à celui de (35) qui ont trouvé un poids entre 3,08 et 6,93 g. A ce propos, (36) affirment que les températures élevées, après anthèse, ont des effets directs négatifs sur le poids des fruits de piment. (37) ont montré que les températures élevées diminuent la taille et le poids des fruits. Enfin une variation est observée entre la largeur des fruits qui se situe entre 1,8 cm chez les accessions Bo-006 et Bo-007 et 4,65 cm chez l'accension Go-026. Ce résultat est nettement supérieur à celui de (37) qui ont trouvé une largeur entre 1,45 cm et 1,92 cm. (38) et (39) ont trouvé une variabilité génétique parmi les accessions de *Capsicum baccatum* à des caractères quantitatifs liés à la plante, à la fleur et aux fruits

#### Relations entre les caractères mesurés

En sélection végétale, la matrice de corrélation est un outil important pour déterminer le degré d'association entre deux variables ou plus (40), soutenu par (20). Ainsi les accessions qui ont des feuilles larges ont aussi souvent des fruits larges ( $r = 0,420$ ). Ce résultat corrobore les travaux (22) qui ont trouvé une corrélation positive entre les dimensions de la feuille (longueur et largeur) et certaines composantes du rendement en fruits. Les accessions ayant un nombre élevé de fruits sont aussi ceux qui ont souvent un meilleur couvert végétal ( $r = 0,432$ ). Ce résultat corrobore avec les travaux de (41)(42) (43) qui ont trouvé des corrélations positives entre le développement végétatif et le nombre de fruits chez le piment. Les accessions qui ont moins de hauteur ont un faible diamètre en fruits ( $-0,609$ ). Les accessions les plus précoces sont celles qui enregistrent moins de rendement en nombre de fruits ( $-0,482$ ) et en nombre de récolte par cycle ( $-0,431$ ). Les accessions qui donnent des longs fruits sont celles qui ont des hauteurs élevées ( $0,531$ ) et un bon couvert végétal ( $0,672$ ). Une corrélation positive est également observée entre les accessions qui ont un poids de fruits élevé et celles qui ont des fruits de dimension large.

#### Paramètres génétiques

Pour tous les traits étudiés, la variance génotypique était significativement inférieure à la variance phénotypique. Ce résultat rejoint celui de (44, 17, 45, 46). Cette différence significative reflète un fort impact des facteurs environnementaux sur l'expression de ces caractères. Le coefficient de variation phénotypique (PCV) était supérieur au coefficient de variation génotypique (GCV) pour tous les caractères. Ce résultat corrobore ceux de (44). La plus grande divergence entre coefficient de variation génotypique (GCV) et coefficient de variation phénotypique (PCV) est l'indication d'effets élevés de l'environnement à un certain trait alors que la plus petite divergence est l'indication d'un fort résultat de l'expression des gènes (47).

Les caractères tels que la hauteur des plantes (67,66%), la largeur des fruits (65,76%) et le diamètre des fruits (64,09) ont montré des valeurs d'héritabilité élevées. Cela implique un faible impact de l'environnement sur l'expression de ces caractères (48). Ces résultats sont plus ou moins similaires à ceux de (17) qui ont rapporté des valeurs d'héritabilité élevées pour les caractères liés au rendement. Selon (49), une héritabilité élevée joue un rôle crucial dans la sélection des caractères. La longueur des fruits (59,36 %), le poids des fruits (51,28 %), la largeur des feuilles (44,55 %) la date de la première récolte (41,89 %) et la surface foliaire (39,56 %) ont montré des valeurs d'héritabilité au sens large modérées. L'efficacité de la sélection dépend du gain génétique du caractère sélectionné avec héritabilité. L'étude a révélé un niveau élevé d'héritabilité couplée à un gain génétique élevé pour plusieurs caractères dont le diamètre des fruits ( $H^2 = 64,09\%$ ,  $GA = 30,80\%$ ), la hauteur des plantes ( $H^2 = 67,66\%$ ,  $GA = 24,37\%$ ), la longueur de fruits ( $H^2 = 59,36\%$ ,  $GA = 37,77\%$ ), le poids des fruits ( $H^2 = 51,28\%$ ,  $GA = 50,09\%$ ) et la largeur des fruits ( $H^2 = 65,76\%$ ,  $GA = 31,20\%$ ). Ces caractères ont été contrôlés par les gènes additifs avec une réponse limitée à l'environnement. Ce résultat est similaire à celui de (50) qui ont observé une héritabilité et un

gain génétique élevés pour plusieurs caractères liés au rendement chez le piment (*Capsicum annum*L.). Des valeurs d'héritabilité et de gain génétique faibles à modérées peuvent entraver l'amélioration génétique du caractère en raison de forts effets environnementaux (51). Selon (49), l'héritabilité seule ne prédit pas si la sélection entraînera une amélioration significative. Par conséquent, l'estimation conjointe de l'héritabilité et du gain génétique attendu peut fournir des informations plus fiables (52).

### Regroupement des accessions

L'analyse des résultats de l'ACH montre que les 30 accessions de poivron étudiées se répartissent en quatre groupes significativement différents. Ces résultats corroborent ceux de (22) qui ont rapporté 4 classes différentes sur une étude de caractérisation de 41 accessions de piments (53), ont rapporté que les génotypes regroupés dans un même cluster divergent vraisemblablement très peu les uns des autres. (54) ont rapporté huit clusters avec 40 génotypes de poivron. (27) ont signalé six groupes avec 32 accessions. (55) ont rapporté six clusters avec 20 divers génotypes de piment et (56) ont rapporté huit groupes distincts avec 50 accessions de piment. Toutes ces recherches ont démontré l'existence d'une variabilité entre les génotypes de poivron. (57) affirme que c'est possible que ça soit la domestication qui aurait pu produire des différences entre les groupes de poivrons.

### Caractéristique des groupes

L'étude des accessions de poivron de la région de Diffa a fait ressortir 4 groupes bien distincts basées sur leurs affinités morphologiques. Les 2 axes permettent de bien caractériser les 4 groupes. Il faut noter alors que cette analyse a montré que les accessions du groupe G1 sont tardives avec une grande hauteur, un bon couvert végétal, et donnent moins de rendement en nombre total des fruits. Les caractéristiques de ce groupe sont similaires à celui d'un groupe obtenu par (22) sur une étude du rendement chez le piment. Quant aux accessions du groupe G3, ils sont tardifs avec moins de hauteur et plus de rendement en poids et de la largeur des fruits, avec des feuilles longues et larges. Ces observations sont différentes de celles de (22), qui a rapporté que les plants de grande hauteur ont des feuilles de petites dimensions et donne des fruits de très petites tailles. Les accessions du groupe G4 sont précoces avec un bon rendement en nombre et en longueur des fruits, ont une grande hauteur et un bon couvert végétal. Et enfin les accessions du groupe G2 concentrées au centre, sont intermédiaires aux 3 autres groupes avec des faibles caractéristiques. Les caractéristiques de ce groupe sont similaires à ceux d'un groupe observé par (58) sur une étude de la diversité locale de *Capsicum annum*L. en Tunisie. (59) affirment que les dissemblances morphologiques et phénologiques observées entre les différents groupes suggèrent que les accessions sont maintenues sous des processus évolutifs très différents dans leurs agroécosystèmes respectifs, de même que les pressions anthropiques (60).

### Conclusion

L'étude a permis de mettre en évidence une grande diversité des ressources génétiques du poivron de la Région de Diffa. Cette diversité a été structurée en quatre groupes dont le groupe G1, qui est tardif avec une grande hauteur, un bon couvert végétal, donnant faible poids des fruits, le groupe G3 tardif avec moins de hauteur et plus de rendement en poids et enfin le groupe G4, qui est précoce et haute de taille avec un bon couvert végétal. Les fruits de ce groupe ont des tailles longues. Quand au groupe G2, il est constitué d'accessions à caractères intermédiaires des G1 et G3. Cette diversité des accessions de poivron révélée contribuera à une meilleure valorisation de la culture de cette espèce dans la Région de Diffa et éventuellement au Niger et sera source de pool de gènes qui ouvre de nouvelles perspectives aux programmes d'amélioration génétique du poivron au Niger.

### Remerciements:-

Nous remercions très sincèrement les autorités rectores de l'Université de Diffa (UDA), le Programme de Développement de l'Agriculture Familiale (ProDAF) de Diffa pour le financement de l'essai. Le Directeur de la Station de l'Institut National de la Recherche Agronomique du Niger (INRAN) de Diffa pour son appui inestimable depuis la mise en place de l'essai jusqu'à la récolte.

### Références Bibliographiques:-

1. Sofiane O (2019) : Enquête sur la culture du piment dans la région de Biskra : conduite et biodiversité, Mémoire de Master en science agronomique, Université Mohamed Khider Biskra, 49p
2. Rufino JLS, Penteado DCS (2006): Importância econômica, perspectivas e potencialidades do mercado para pimenta. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 27:7–15.
3. FAO (Food and Agriculture Organization) (2016): Database, Roma, Italy, Available online at URL: [www.fao.org](http://www.fao.org)

4. Velázquez-Ventura JC, César M, Efraín C, Rodolfo O, Pablo P(2018) : Morphological variation of wild peppers (*Capsicum* spp.) from the state of Tabasco, Mexico. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 30(2): 115-121. Doi: <https://doi.org/10.9755/ejfa.2018.v30.i2.1603>
5. Hasan MJ, Kulsum MU, Ullah MZ, Manzur MH, Eleyash MM(2014): Genetic diversity of some chili (*Capsicum annum* L.) genotypes. *Int. J. Agril. Res. Innov. & Tech.*, 4 (1): 32-35.
6. Rybak K, Wiktor A, Witrowa-Rajchert D, Parniak O, Nowacka M (2021): The Quality of Red Bell Pepper Subjected to Freeze-Drying Preceded by Traditional and Novel Pretreatment. *Foods*, 10 226.
7. Loizzo MR, Pugliese A, Bones M, Menichini F, Tundis R (2015): Evaluation of chemical profile and antioxidant activity of twenty cultivars from *Capsicum annum*, *Capsicum baccuum*, *Capsicum chacoense* and *Capsicum chinense*: A comparison between fresh and processed peppers. *Food Sci Technol.*, 64: 623-631.
8. Legba EC, Lys AA, Carlos A, Houdégbé, Rachidi A, Francisco. (2020): Fiche technique synthétique pour la production du poivron (*Capsicum annum* L.). DOI:<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.17104.74246>. ISBN 978-99919-76-73-0
9. RECA (Réseau National des Chambres d'Agriculture du Niger) (2005): Etude de l'impact de la production et de la commercialisation du poivron dans la région de Diffa au Niger. 44p.
10. CRA/D (Chambre Régionale D'agriculture de Diffa) (2016): Le poivron rouge de Diffa, éléments techniques et économiques pour la culture. Fiche technique et économique. Niger. 3p.
11. Saley MS, Amadou HI, Kéllou KKB, Boubacar MM, Moustapha G, Ali M(2023) : Prospection, Enquête et Collectes des Accessions de Poivron (*Capsicum annum* L.) Cultivés dans la Région de Diffa, Niger. *European Scientific Journal*, 19(3): 189-208, DOI:<https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n3p189>.
12. IPGRI (International Plant Genetic Resources Institute) (1995): Descriptors for *Capsicum* (*Capsicum* spp.). ISBN 92-9043-216-0
13. Johnson HW, Robinson HF, Comstock RE (1955): Estimates of genetic and environmental variability in soybeans 1. *Agronomy journal*, 47(7):314-318.
14. Assefa K, Tefera H, Merker A, Kefyalew T, Hundera F (2001): Variability, heritability and genetic advance in pheno-morphic and agronomic traits of Tef [*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter] germplasm from eight regions of Ethiopia. *Hereditas*, 134(2):103-113.
15. Hosseini SJ, Sarvestani ZT, Pirdashti H, Afkhami A, Hazrati S (2012): Estimation of heritability and genetic advance for screening some rice genotypes at salt stress conditions. *International journal of Agronomy and Plant Production*, 3(11): 475-482.
16. Mahmudul HK, Rafii YM, Shairul IR, Mashitah J, Al Mamun M (2021): Genetic analysis and selection of Bambara groundnut (*Vigna subterranea* [L.] Verdc.) landraces for high yield revealed by qualitative and quantitative traits. *Scientific Reports*, 11:75-97 DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-87039-8>
17. Khan MMH, Rafii MY, Ramlee SI, Jusoh M, Mamun A (2020): Genetic variability, heritability, and clustering pattern exploration of Bambara groundnut (*Vigna subterranea* L. Verdc) accessions for the perfection of yield and yield-related traits. *BioMed research international*.
18. Adewale BD, Kehinde OB, Aremu CO, Popoola JO, Dumet DJ(2010): Seed metrics for genetic and shape determinations in African yam bean [*Fabaceae*](*Sphenostylis stenocarpa* Hochst. Ex. A. Rich.) harms. *African Journal of Plant Science*, 4 : 107-115.
19. Do M, N'da HA, Akanvou L, Sokouri DP (2020): Caractérisation agro-morphologique des accessions de fonio (*digitaria exilis*) collectées au nord de la Cote d'Ivoire. *Agronomie africaine*, 32 (2) : 169 - 182
20. Mohammed MS (2014): Pre-Breeding of Bambara Groundnut (*Vigna subterranea* [L.] Verdc.) (Doctoral dissertation). University of KwaZulu-Natal.
21. Carvalho SIC, Bianchetti LB, Ragassi CF, Ribeiro CSC, Reifschneider FJB, Buso GSC, Faleiro FG (2017): Genetic variability of a Brazilian *Capsicum frutescens* germplasm collection using morphological characteristics and SSR markers. *Genetics and Molecular Research*, 16 (3). DOI <http://dx.doi.org/10.4238/gmr16039689>
22. Segnou (2012): Variabilité des caractères morphologiques et analyse des composantes du rendement chez le piment (*Capsicum annum* L.). *Agronomie Africaine*, 24 (3) : 183 – 195
23. Smith SE, Durmuller N, Meldrum BS (1991): The non-N-methyl-D-aspartate receptor antagonists, GYKI 52466 and NBQX are anticonvulsant in two animal models of reflex epilepsy. *Eur. J. Pharmacol*, 201: 179–183.
24. Gomes FP, Garcia CH (2002): Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para USO de aplicativos. Piracicaba: FEALQ. 309p.
25. Sudré CP, Goncalves LSA, Rodrigues R, Do Amaral Júnior AT, Riva-Souza EM, Dos Bento CS (2010): Genetic variability in domesticated *Capsicum* spp. As assessed by morphological and agronomic data in mixed statistical analysis. *Genetic and Molecular Research*, 9:283-294

26. Ukkund KC, Madalageri MB, Patil MP, Mulage R, Kotikal YK (2007): Variability studies in green chilli (*Capsicum annuum* L.) Karnataka Journal of Agricultural Science, 20:102-104.
27. Sreelathakumary I, Manju PR (2002): Genetic variability, heritability and genetic advance in hot chilli (*Capsicum chinense* Jacq.). Journal of Tropical Agriculture, 40 : 4-6
28. Ibrahim M, Ganiger VM, Yenjerappa ST (2001): Genetic variability, heritability, genetic advance and correlation studies in chilli. Karnataka Journal of Agricultural Science, 14:784-787.
29. Dos Santos PAM, Elizanilda RR, Carvalho MG, Pereira dos Santos AC, Monteiro do Rêgo M (2018): Genetic diversity among accessions of *Capsicum annuum* L. through morphoagronomic characters. Genetics and Molecular Research, 17 (1) : DOI : <http://dx.doi.org/10.4238/gmr16039883>
30. Grubben GJH, El Tahir IM (2004) : *Capsicum annuum* L, In: Grubben G, J, H, & Denton O, A, (Editeurs), PROTA 2/ Vegetables/Légumes, PROTA, Wageningen, Pays-Bas, 19 p.
31. Ben Mansour-Gueddes S, Tarchoun N, Teixeira da Silva JM, Saguem S (2010): Agronomic and chemical evaluation of seven hot pepper (*Capsicum annuum* L.) populations grown in an open field. Fruit, Vegetable and Cereal Sci. Biotechnol., 4: 93-97.
32. Chaux C, Four C (1994): Productions légumières. Tome 3: Légumineuses potagères. Légumes fruits.
33. Fondio L, Jean-Claude N, Kobenan K (2015): Comportement agronomique et sanitaire de nouvelles lignées de piment (*Capsicum* sp) dans le Sud de la Côte d'Ivoire. Journal of Applied Biosciences, 92 : 8594 – 8609
34. Zhani K, Hamdi W, Sedraoui S, Fendri R, Lajimi O, Hannachi C (2015): Agronomic evaluation of Tunisian accessions of chili pepper (*Capsicum frutescens* L.). Int. Res. J. Eng. Technol., Volume: 02 Issue: 04 (IRJET) e-ISSN: 2395-0056. [www.irjet.net](http://www.irjet.net).
35. Garané A, Somé K, Nikiema J, Traoré M, Sawadogo M (2018) : Évaluation agro-morphologique de quelques variétés de poivron ou piment doux (*Capsicum annuum* L) au nord du Burkina Faso. Journal of Applied Biosciences, 130 : 13245 – 13257
36. Pagamas P, Nawata E (2008): Sensitive stages of fruit and seed development of chili pepper (*Capsicum annuum* L. var. Shishito) exposed to high-temperature stress. Scientia Horticulturae, 117: 21–25.
37. Saha SR, Hossain MM, Rahman MM, Kuo CG, Abdullah S (2010): Effect of high temperature stress on the performance of twelve sweet pepper genotypes. Bangladesh J. Agril. Res, 35(3) : 525-534
38. Leite PSS, Rodrigues R, Silva RNO, Pimenta S (2016): Molecular and agronomic analysis of intraspecific variability in *Capsicum baccatum* var. *pendulum* accessions. Genetics and Molecular Research, 15: 1-16. <https://doi.org/10.4238/gmr.15048482>
39. Martinez ALA, Araújo JSP, Ragassi CF, Buso GSC (2017) : Variability among *Capsicum baccatum* accessions from Goiás, Brazil, assessed by morphological traits and molecular markers. 16 : 1-13. <https://doi.org/10.4238/gmr16039074>
40. Khan MMH, Rafii MY, Ramlee SI, Jusoh M, Al Mamun M (2021): Genetic analysis and selection of Bambara groundnut (*Vigna subterranea* [L.] Verdc.) landraces for high yield revealed by qualitative and quantitative traits. Scientific Reports, 11(1): 1-21.
41. Lannes SD, Finger FL, Schuelter AR, Casali VWD. (2007): Growth and quality of Brazilian accessions of *Capsicum chinense* fruits. Sci. Hortic., 112: 266-270.
42. Moreno MM, Moreno C, Villena J, Mancebo I. (2010): Agro-morphological characterization of 16 traditional pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivars from Castilla-La Mancha (central Spain). III International Symposium on Plant Genetic Resources, 2: 551-557.
43. Seleshi D (2011): Evaluation of Elite Hot Pepper Varieties (*Capsicum* species) for growth, dry pod yield and quality under Jimma condition, South West Ethiopia. Master's thesis of Science in Horticulture (Vegetable Science). School of Graduate Studies, College of Agriculture and Veterinary Medicine: Jimma University.
44. Abdou Zakary YI, Harouna IA, Agali A (2022): Assessment of Genetic Diversity of Bambara Groundnut Accessions [*Vigna subterranea* (L) Verdcourt] in Sahelian Zone of Niger. Scholars Academic Journal of Biosciences, 10(9) : 218-229
45. Danbe N, Yakouba O, Sobda G, Basga SD, Lendzemo V, Kaouvon P, Kaboui A (2018) : Caractérisation de la diversité phénotypique et génotypique du Sorgho pluvial dans la zone soudano sahélienne du Cameroun. Journal of Applied Biosciences, 129: 12973-12981.
46. Malek MA, Rafii MY, Afroz SS, Nath UK, Mondal M (2014): Morphological characterization and assessment of genetic variability, character association, and divergence in soybean mutants. Sci World J, DOI: <https://doi.org/10.1155/2014/968796>.
47. Usman MG, Rafii MY, Ismail MR, Malek MA, and Abdul LM (2014): Heritability and genetic advance among chili pepper genotypes for heat tolerance and morphophysiological characteristics. Sci. World J., 1–14
48. Visscher PM, Hill WG, Wray NR (2008): Heritability in the genomics era-concepts and misconceptions. Nat Rev Genet., 9: 255-266.

49. Nerbéwendé S, Romaric KN, Pauline BK, Renan ET, Baloua N, Djakaridia T, Mahamadou S, Jean Didier Z (2014): Évaluation de la diversité génétique des sorghos à grains sucrés (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) du Nord du Burkina Faso. *Journal of Applied Biosciences*, 84:7654-7664.
50. Jabeen N, Ahmad N, Tanki MI (1998): Genetic variability in hot pepper (*Capsicum annuum* L.). *Agric. Sci. Digest.*, 18 : 23-26
51. Ridzuan R, Rafii MY, Mohammad Yusoff M, Ismail SI, Miah G, Usman M (2019): Genetic diversity analysis of selected *Capsicum annuum* genotypes based on morphophysiological, yield characteristics and their biochemical properties. *J. Sci. Food Agric.*, 99(1) : 269–280
52. Govindaraj M, Selvi B, Rajarathinam S, Sumathi P (2011): Genetic Variability and Heritability of Grain Yield Components and Grain Mineral Concentration in India's Pearl Millet (*Pennisetum Glaucum* (L) R. Br.) Accessions. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 11(3).
53. Tasso Y, Rakesh KD, Vikas S, Garima U (2014): Genetic diversity of chilli (*Capsicum annuum* L.) genotypes of India based on morpho-chemical traits. *Australian journal of crops science* 8(1): 97-102
54. Karad SR, Raikar GR, Navale PA. Genetic divergence in chilli. *J. Maharashtra Agril. Univ.* 2002; 27 (2) : 143-145.
55. Senapati BK, Sahu FK, Sarkar G (2003): Genetic divergence in chilli. *Crop Res. Hisar*. 26 (2): 314-317.
56. Amarul Junior AT, Rodrigues R, Sudre CP, Riva EM, Karasawa M (2005): Genetic divergence between 'chilli' and sweet pepper accessions using multivariate techniques. *Horticultura Brasileira*, 23 (1): 22-27.
57. Castañón-Nájera G, Latournerie-Moreno L, Mendoza-Elos M, Vargas-López A, Cárdenas-Morales HY (2008) : Colección y caracterización de chile (*Capsicum* spp.) en Tabasco, México. *Phyton International Journal of Experimental Botany*, 77:189-202.
58. Elbaz M (2016): Towards increasing diversity of local chili pepper (*Capsicum annuum* L.) gene pool in Tunisia: agronomic evaluation of a newly acquired gene collection. *Journal of new sciences, Agriculture and Biotechnology*, 31(4) : 1751-1757
59. Sévérin B, Yao D (2011) : Variabilité morphologique et agronomique des variétés traditionnelles de voandzou (*Vigna subterranea* L. verdc.) de Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 41: 2820-2835.
60. Robert T, Luxereau A, Mariac C, Ali K, Allinne C, Bani J, Beidari Y, Bezançon G, Gayeux S, Couturon E, Dedieu V, Sadou M, Seydou M, Seyni O, Tidjani M, Sarr A (2004): Gestion de la diversité en milieu paysan: influence de facteurs anthropiques et des flux de gènes sur la variabilité génétique des formes cultivées et spontanées du mil (*Pennisetum glaucum* ssp. *glaucum*) dans deux localités du Niger, Actes du 4e colloque national. Le patrimoine génétique: la diversité et la ressource. La Châtre, 14-16 octobre 2002.