

UNIVERSITE DE YAOUNDE I

\*\*\*\*\*

FACULTE DES SCIENCES

\*\*\*\*\*

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ET  
PHYSIOLOGIE VEGETALE

\*\*\*\*\*

CENTRE DE RECHERCHE ET DE  
FORMATION DOCTORALE EN SCIENCES  
DE LA VIE, SANTE ET ENVIRONNEMENT



THE UNIVERSITY OF YAOUNDE I

\*\*\*\*\*

FACULTY OF SCIENCE

\*\*\*\*\*

DEPARTMENT OF PLANT BIOLOGY

\*\*\*\*\*

POSTGRADUATE SCHOOL IN LIVE,  
HEALTH AND ENVIRONMENTAL  
SCIENCES

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE  
VEGETALES

DEPARTMENT OF PLANT BIOLOGY

EVALUATION DES PERFORMANCES  
AGRONOMIQUES ET BIOCHIMIQUES DE  
QUELQUES COLLECTIONS DE TOURNESOL  
DANS LA ZONE AGRO ECOLOGIQUE V DU  
CAMEROUN

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master académique en Biologie des  
Organismes Végétaux.

Option : Biotechnologies Végétales

Par :

**ZOA OMBOUA Joachim**

Matricule : 17A2083

*Licencié ès sciences*

Sous la codirection de :

**ALADJI ABACHOUA Madi Madi Ibram**

*Chargé de Cours*

Université d'Ebolowa

**LIKENG-LI-NGUE Benoit-Constant**

*Chargé de Cours*

Université de Yaoundé 1



Année académique : 2023-2024

## **DÉDICACE**

À

*Mes parents M. ETABA Simon Gaspard et madame NKOLO Perpétue Hortense.*

## REMERCIEMENTS

Je souhaiterais exprimer ma profonde gratitude a :

- Dr. LIKENG-LI-NGUE Benoit Constant, Directeur de ce mémoire, pour son dévouement, sa disponibilité et sa passion qui ont contribué à l'aboutissement de ces travaux ;
- Dr. ALADJI ABACTCHOUA MADI Madi Ibram, co-Directeur de ce mémoire, pour son abnégation, son expertise et son accompagnement qui ont contribué à l'aboutissement de ces travaux ;
- Pr. AMBANG Zachée, Chef du Département de biologie et physiologie végétales pour sa disponibilité et ses multiples suggestions ;
- Dr MANZ, Unité de Biochimie à l'université de Douala, pour son aide en laboratoire ;
- Dr. MBO NKOULOU, pour son regard attentif et ses multiples aide et conseils
- Mr. MOLO Thierry, pour ses multiples conseils ;
- Mr. ZOA florent, Mr LIMALA, Mr MEBOMA ; pour leurs multiples conseils
- L'Unité de Génétique et Amélioration des Plantes (UGAP) pour les multiples aides, encouragements et évaluations ;
- Au CRAPAC pour son soutien et son accompagnement dans l'obtention des semences
- À la station IRAD LA DIBAMBA ; pour les extractions d'huile de tournesol,

Mes sincères remerciements vont aussi :

- La Famille paternelle pour leurs amours et leur encouragement,
- Ma famille maternelle pour leur encouragement,
- MENANGA NGONO phillipe, MAKON cecile pour leurs accompagnements lors des phases pratiques, et analyse en laboratoire.
- YENE MADENG, NDONG NDZANA des amis qui me sont cher pour leur critique ;
- ZONGO EKATAA john, MANGA ANGO edgard ricktus, PRISO MINDJEMBE chamberlain, pour leurs soutiens ;
- Tous ceux dont les noms ne figurent pas dans ce travail et qui ont de près ou de loin contribué à l'amélioration de ce travail ;

## SOMMAIRE

DÉDICACE.....	i
REMERCIEMENTS .....	ii
SOMMAIRE .....	iii
LISTE DES FIGURES .....	v
LISTE DES TABLEAUX .....	vi
LISTE DES ABRÉVIATIONS .....	vii
LISTE DES ANNEXES .....	viii
RÉSUMÉ.....	ix
ABSTRACT .....	x
CHAPITRE I. GÉNÉRALITÉS .....	1
I.1. Introduction.....	2
I.2. Revue de la littérature .....	4
I.2.1. Historique, origine et distribution géographique .....	4
I.2.2. Taxonomie .....	4
I.2.3. Description botanique de la plante du tournesol .....	5
I.2.4. Formation et composition biochimiques des graines de tournesol .....	10
I.2.4.1. Formation de l'akène .....	10
I.2.4.2. Composition de la graine du tournesol.....	10
I.2.5. Autres constituants biochimiques .....	11
I.2.6. Utilisation du tournesol.....	12
I.2.7. Production mondiale des graines du tournesol.....	12
I.2.9. Exigences agronomiques.....	15
I.2.10. Amélioration génétique du tournesol .....	16
CHAPITRE II. MATERIEL ET METHODES .....	17
II.1. Matériel.....	18
II.1.1. Zone d'étude .....	18
II.1.2. Matériel végétal .....	19
II.2. Méthodes .....	22
II.2.2. Détermination des paramètres génétiques des performances agronomiques et des caractères biochimiques des collections de tournesol. ....	25
II.2.3. Détermination de la teneur en huile des collections .....	25
II.2.2. Détermination des paramètres génétiques des caractères évalués .....	29
II.2.3. Appréciation de l'étendue de la variabilité génétique des paramètres agronomiques des collections de tournesol.....	30

II.2.4. Analyse statistique .....	30
CHAPITRE III. RÉSULTATS ET DISCUSSION .....	31
III.1. Résultats .....	32
III.1.1. Paramètres agronomiques.....	32
III.1.2. Paramètres biochimiques.....	32
III.1.3. Détermination des paramètres génétiques des caractères agronomiques et biochimique .....	35
III.1.4. Matrice de corrélation entre les paramètres des accessions.....	39
III.1.5. Analyse en Composante Principale.....	39
III.1.6. Classification Ascendante Hiérarchique.....	41
III.2. Discussion .....	43
CHAPITRE IV. CONCLUSION ET PERSPECTIVES .....	47
IV.1. Conclusion .....	48
IV.2. Perspectives.....	48
BIBLIOGRAPHIE .....	49
ANNEXES .....	60

## **LISTE DES FIGURES**

Fig. 1 : Stade du développement du tournesol .....	7
Fig 2 : Vue globale du site expérimental. A : Plantes au stade de floraison, B : Epan dage des insecticides, C : stade de croissance des plantules du tournesol. ....	24
Fig. 3 : Analyse en composante des paramètres agronomiques et biochimiques de 12 collections du tournesol. ....	40
Fig. 4: Dendrogramme des différentes collections de tournesol. ....	41
Fig. 5 :Classification Ascendante Hiérarchique des individus .....	42

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau I : Caractéristiques des différentes collections du tournesol étudiées .....	20
Tableau II : Détermination des caractères agronomiques des 12 collections de tournesol.....	33
Tableau III : Détermination des paramètres de la qualité de l'huile des 12 collections de tournesol.....	34
Tableau IV : : Paramètres génétiques des caractères agronomiques.....	37
Tableau V : Paramètres génétiques de la qualité de l'huile .....	38

## **LISTE DES ABRÉVIATIONS**

ACP : Analyse en Composante Principale

AFNOR ; Association Française de Normalisation

CRAPAC : Centre de Recherche et d'Accompagnement des Producteurs Agropastoraux du Cameroun.

GIC : Groupement d'initiative commun

JAS : Jour Après Semis

UGAP : Unité de Génétique et Amélioration des Plantes

RAAD : Réseau des Acteurs Pour le Développement Durable

ODD : Objectif de Développement Durable

SND : Stratégie National de Développement

## LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Cadre logique.....	61
Annexe 2 : Concentrateur d'échantillon et utilisation lecture des densités optique au spectrophotometre .....	65
Annexe 3 : Récolte en champs et Mixeur pour broyage des amandes.....	66
Annexe 4 : Mise en place de l'essai, traitement et croissance des plantes.....	67
Annexe 5 : Expérimentation au laboratoire.....	68
Annexe 6 : Différentes phases d'extraction et Azote liquide.....	69

## RÉSUMÉ

La compréhension des mécanismes génétiques reste une stratégie de sélection des cultivars du tournesol (*Helianthus Annuus* L.) ayant un rendement élevé avec l'huile de bonne qualité. La présente étude consiste à sélectionner les collections de tournesol assisté par les paramètres agronomiques et biochimiques de la qualité de d'huile. Le dispositif expérimental utilisé a été celui en bloc complètement randomisé à trois répétitions dans lesquelles ont été réparties les douze collections de tournesol. Une analyse biochimique pour la détermination des teneurs en huile et des indices (acide, peroxyde, saponification et ester) a été évaluée. Les paramètres agronomiques et génétiques ont été évalués, de plus la variabilité génétique a été évaluée et les corrélations existantes entre différents paramètres mis en évidence. Les résultats obtenus montrent que le tournesol le plus performant en terme de teneur en huile est Ha-D4 et la moyenne de ce paramètre varie entre 754.4600 pour Ha-D4 et 281.9833 pour Ha-D5. Les valeurs du coefficient génotypique et phénotypique de variation sont élevées pour le nombre de feuilles (NL), la hauteur de la plante (HP), le nombre de capitule (NC) et pour le nombre de graines par capitule (NGC), ce qui suggère la prédominance de la variance génétique. Les valeurs de l'héritabilité au sens large ( $H^2$ ) se situent entre 1% et 93,98%, elles sont élevées pour la hauteur de la plante (NL) et le nombre de graines par capitule (NS). Elles sont moyennement élevées pour l'indice de saponification (IS), l'indice de peroxyde (IP) et l'indice d'ester (IE). Les valeurs du gain de sélection (GA) sont comprises entre 0,001 et 119,96. Pour ce paramètre génétique, la valeur du GA est élevée pour la PS, IS, IP et IE. Les valeurs  $h^2$  et celles du GA suggèrent que les caractères étudiés sont contrôlés par les gènes à effets additifs. Une corrélation positive et hautement a été observée entre IA et TI ( $r= 0,80, p<0,01$ ). Les collections HA-MT, HA-D6, HA-D3 (rendement), HA-D4, HA-NO, HA-D7 (qualité de l'huile), et HA-D5 (précocité) pourraient être utiles et seraient prometteuses pour une amélioration génétique du tournesol.

Mots clés : *Helianthus annuus*, variabilité génétique, performances agronomiques et biochimiques.

## ABSTRACT

Understanding genetic mechanisms remains a strategy for selecting sunflower cultivars (*Helianthus Annuus* L.) with high yields with good quality oil. The present study consists of selecting sunflower collections assisted by agronomic and biochemical parameters of oil quality. The experimental design used was a completely randomized block with three repetitions into which the twelve sunflower collections were distributed. Biochemical analysis for the determination of oil contents and indices (acid, peroxide, saponification and ester) was evaluated. The agronomic and genetic parameters were evaluated, in addition the genetic variability was evaluated and the existing correlations between different parameters highlighted. The results obtained show that the best performing sunflower in terms of oil content is Ha-D4 and the average of this parameter varies between 754.4600 for Ha-D4 and 281.9833 for Ha-D5. The values of the genotypic and phenotypic coefficient of variation are high for the number of leaves (NL), the height of the plant (PS), the number of flower heads (NC) and for the number of seeds per flower head (NS), which suggests the predominance of genetic variance. The values of heritability in the broad sense ( $h^2$ ) are between 1% and 93.98%, they are high for the height of the plant (NL) and the number of seeds per flower head (NS). They are moderately high for the saponification index (IS), the peroxide index (PI) and the ester index (IE). Selection gain (GA) values range from 0.001 to 119.96. For this genetic parameter, the GA value is high for PS, IS, IP and IE. The  $h^2$  values and those of the GA suggest that the characters studied are controlled by genes with additive effects. The correlations are positive and highly significant between, (IS and IE), (D50%F and DBFI) ( $r= 1$ ), between IA and TI ( $r= 0.80$ ), positive and significant between IA and TI ( $r= 0.80$ ) between PS and NL ( $r= 0.90$ ) and between plant height and collar diameter ( $r= 0.80$ ). The HA-MT, HA-D6 and HA-D3 collections may be recommended for improving seed yield while the HA-D4, HA-NO and HA-D7 accessions may be proposed for improving biochemical parameters. The HA-D5 variety is recommended for precocity.

Key words: *Helianthus annuus*, genetic variability, agronomic and biochemical performance

# **CHAPITRE I. GÉNÉRALITÉS**

## **I.1. Introduction**

Le tournesol (*Helianthus annuus* L.) est un oléagineux très important et occupe la quatrième place de tous les oléagineux (Zia *et al.*, 2013). Utilisé comme plante ornementale, la tige séchée contenant du phosphore et du potassium peut être compostée et restituée au sol sous forme d'engrais ; et est également utilisé comme combustible (Harter *et al.*, 2004 ; Muller *et al.*, 2011 ; Fozia *et al.*, 2008). En outre, des utilisations médicales pour les affections pulmonaires ont été signalées. L'huile est utilisée non seulement comme vinaigrettes et pour la cuisson et dans la fabrication de margarine et de shortening (Kunduraci *et al.*, 2010) mais aussi pour la fabrication de biodiesel (Backes *et al.*, 2008). En industrie, le tournesol sert pour la fabrication de peintures et de cosmétique. Le tourteau de tournesol est une source potentielle de protéines pour la consommation humaine en raison de sa valeur nutritionnelle élevée et de l'absence de facteurs antinutritionnels (Fozia *et al.*, 2008).

Dans l'optique d'améliorer la production de tournesol, différents aspects de la recherche par sélection végétale sont menés pour obtenir des génotypes souhaitables (Messetti et Padovani, 2004). L'objectif principal pour un améliorateur, est de mettre au point des nouvelles formes variétales pour le rendement en graine et la teneur en huile. Le succès d'un programme d'amélioration dépend premièrement de la variation existante pour le rendement et les composantes du rendement aussi bien de la nature du génotype (El-nenny *et al.*, 2021). L'exploitation de la variabilité dans une population est un critère primaire pour la constitution d'un programme d'hybridation et aiderait plus précisément à exploiter les variations héréditaires pour un caractère quantitatif particulier d'une culture donnée. Comparativement à d'autres oléagineux, au Cameroun, le tournesol a été peu amélioré si bien qu'il existe au sein de cette espèce une large variabilité génétique. A priori, les plants du tournesol diffèrent évidemment selon le diamètre des capitules, la hauteur de la plante, le nombre de feuilles, le nombre de graines par capitule et le poids de 1000 graines (El-nenny *et al.*, 2021). Les travaux menés par Hassan *et al.* (2013) ont montré que, le tournesol dispose d'une large variabilité pour les paramètres du rendement en graines. L'estimation de l'héritabilité vise à déterminer la proportion de la variation héritable d'un caractère et aiderait le sélectionneur à retenir les génotypes d'élites résultant d'une population génétiquement diversifiée. Et de plus, l'héritabilité au sens large associée au gain génétique permet de prédire l'efficacité de la sélection (Sheoran *et al.*, 2019).

Cependant, le rendement est un paramètre très complexe et est contrôlé par plusieurs gènes. Hassan *et al.* (2013) ont rapporté que, il est essentiel de mesurer les interdépendances entre les composantes du rendement et de déterminer le procédé de sélection sur lequel pourrait être basé l'amélioration génétique du rendement en graines.

Les travaux menés par Hassan *et al.* (2013) ; Sheoran *et al.* (2019) et El-nenny *et al.* (2021) ont montré l'existence de la variabilité génétique et que les paramètres de croissances et du rendement en graines sont héréditaires. La sélection des collections de tournesol dépend également des paramètres génétiques.

La présente étude consiste à Evaluer les performances agronomiques et biochimiques des collections de tournesol dans la zone V afin de contribuer à la sélection des collections les plus adaptées.

Spécifiquement, il s'agit :

-analyser la variabilité des paramètres agronomiques et biochimique des collections de tournesol.

-déterminer les paramètres génétiques des performances agronomiques et des caractères biochimiques des collections de tournesol.

-apprécier l'étendue de la variabilité génétique des paramètres agronomiques des collections de tournesol.

## **I.2. Revue de la littérature**

### **I.2.1. Historique, origine et distribution géographique**

Originaire de l'Amérique du Nord. Les espèces du tournesol furent beaucoup plus répandues en Amérique du Nord non seulement en termes de distribution géographique, mais aussi en raison de l'adaptabilité liée à ces caractéristiques morphologiques, environnementales et physiologiques (Seiler, 1984). D'après les travaux de Putt (1997), le tournesol serait introduit en Europe au début des années 1500 par les Espagnols, et se serait répandu en Europe occidentale le long des routes commerciales vers l'Égypte, l'Afghanistan, l'Inde, la Chine et la Russie dans les années 1700. L'essor du tournesol résulterait des règlements de Carême de l'Église orthodoxe Russe, selon lesquels, il est interdit la consommation de nombreux aliments gras bien que le tournesol n'ait pas été spécifiquement répertorié, ainsi, les graines et l'huile sont devenues un aliment de base en Russie incitant donc à la production des variétés du tournesol considérées comme variétés russes et dont la teneur en huile a été d'environ 40% (Seiler et Jan, 2010). La réintroduction du tournesol en 1880 par les immigrants mennonites Russes en Amérique du Nord via le Canada, fait de cette espèce, une espèce à pollinisation libre (Seiler et Gulya, 2015). Au XVI<sup>ème</sup> siècle, les Amérindiens cultivèrent le tournesol en raison de sa farine, de l'huile des graines à usage cosmétique et la coque riche en anthocyanines était utilisé pour la teinture (Putt, 2015).

Le tournesol est une plante diploïde ( $2n= 34$ ) et possède naturellement les aptitudes à s'hybrider avec d'autres espèces. Le genre *Helianthus* dont la forme sauvage, est doté d'une large variabilité génétique dont l'exploitation a permis d'énormes progrès visant à procéder à la création des variétés spécifiquement à haut rendement en huile aussi bien résistantes aux maladies, insectes et à la sécheresse (Serieys, 1997). Les hybridations interspécifiques ont également permis l'identification de plusieurs sources de stérilité mâle (Leclercq, 1969 ; Serieys, 1999).

### **I.2.2. Taxonomie**

Le tournesol est une espèce allogame appartenant à la famille des Astéracées. L'espèce la plus couramment utilisée en alimentation et cultivée, est celle dont le nom scientifique est *Helianthus annuus* L. Le genre *Helianthus* renferme plusieurs espèces réparties en quatre

sections notamment : *divaricati* (30 espèces), *annui* (13 espèces), *ciliares* (6 espèces) et *fructicosi* (17 espèces) (Heiser, 1969). Et de plus, deux espèces sont exploitées à des fins alimentaires : *tuberosus* (topinambour utilisé pour ses tubercules comestibles) et *annuus* (tournesol cultivé) (Heiser, 1969).

La position systématique justifiée du tournesol se présente comme suit :

- Domaine : Eucaryota ;
- Règne : Plantae ;
- Embranchement : Spermaphyta ;
- Sous-embranchement : Angiospermale ;
- Classe : Dicotylédones ;
- Ordre : Asterales ;
- Famille : Astéraceae ;
- Genre : *Helianthus* ;
- Espèce : *annuus* .(Chadefaud et Emberger, 1960)

### **I.2.3. Description botanique de la plante du tournesol**

Les caractéristiques morphologiques et physiologiques du tournesol (taille de la plante, diamètre du capitule, durée du cycle, taille des graines et taux d'huile) dépendent beaucoup plus de la nature du sol et du climat de la zone où il est cultivé (Merrien, 1986).

#### **Système racinaire**

Le système racinaire du tournesol est du type pivotant. La racine pivotante peut atteindre 5 mètres de profondeur si les conditions sont favorables ; mais il a une réelle puissance de pénétration (Maertens et Bosc, 1981). *Helianthus annuus* développe des croissances racinaires extensives et superficielles. Si les conditions sont favorables, l'étendue de la racine des plantules peut être d'une quantité de plus de 70 kg par hectare et par jour (Maertens et Bosc, 1981). Les racines secondaires forment un chevelu racinaire dense qui occupe un volume important du sol, permettant ainsi une grande résistance à la sécheresse (Taissir, 2006).

#### **Cycle végétatif**

Le cycle de développement du tournesol varie de 80 à plus de 170 jours selon les génotypes, les conditions climatiques et culturales (Merrien, 1992). La forme cultivée du tournesol diffère de celle sauvage par l'unique inflorescence (excepté les lignées pures cultivées en raison de leur production en graines) (Bonjean, 1993). La tige possède le capitule qui, dans la plupart des cas, est large. La germination est épigée (Seiler, 1997). La taille des plantes se situe entre 0,5 et 5 mètres, et peut atteindre habituellement 1,6 mètre. Le diamètre de la tige des plantes développées varie entre 0,5 et 10 centimètres. La tige est cylindrique et plus ou moins pubescente selon les génotypes (Taissir, 2006). La courbe de la tige serait sous l'effet du contrôle des facteurs génétiques (Bonjean, 1993 ; Seiler, 1997). Les feuilles les plus grandes sont à une hauteur intermédiaire et jouent un rôle important dans la formation et l'accumulation des réserves lipidiques (Taissir, 2006). Selon les lignées pures, le nombre de feuilles se situe entre 12 et 40 tandis que celui des hybrides fréquemment cultivés varie de 20 à 40 (Bonjean, 1993). Au stade de floraison, la surface foliaire atteint 75% du stade de développement (Merrien, 1986).

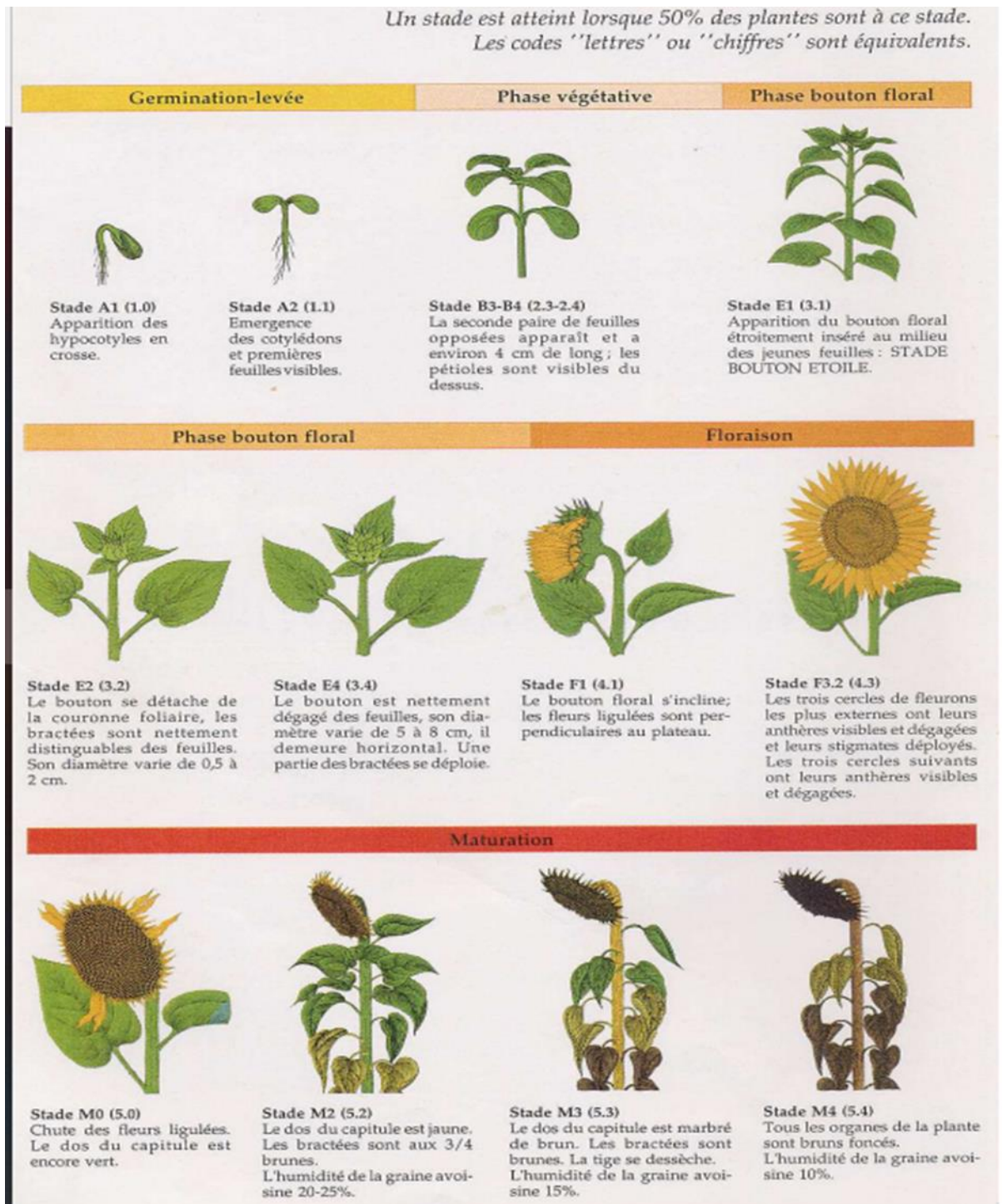


Fig. 1 : Stade du développement du tournesol (CETIOM, 2002)

### Système reproducteur

A maturité, le diamètre du capitule varie entre 5 et 50 cm. Au niveau de la périphérie, se trouvent des fleurs ligulées, stériles, de couleur jaune qui jouent un rôle principal à l'effet d'attirer les insectes (Arnaud, 1986). Selon cet auteur, au centre, des fleurs tubulées et hermaphrodites assurent la reproduction. Les travaux de Taissir (2006) ont révélé que, après la

formation des boutons floraux, les fleurons ont : une corolle courte, 2 sépales rudimentaires, 5 étamines à filets libres et à anthères soudés, un ovaire et un style. Ils sont disposés en hélice qui converge vers le centre du capitule. Le capitule porte 50 à 3000 fleurs qui flétrissent rapidement (Taissir, 2006). La floraison est centripète et s'effectue entre 10 et 15 jours. Bien que le régime de reproduction soit l'allogamie, le tournesol manifeste une incompatibilité pollinique ; les possibilités des fécondations croisées sont possibles (Taissir, 2006). L'on peut également induire l'autopollinisation par ensachage. La pollinisation peut être anémophile ou entomophile (Arnaud, 1986). Après la fécondation, la graine ou akène se développe et constitue ses réserves protéiques (15 à 21%) puis lipidiques (50 à 54%), le reste correspondant à la coque. Le poids de 1000 grains peut varier de 40 à 200g (Villalobos *et al.*, 1994).

### **Floraison**

La durée moyenne de la floraison d'une plante de tournesol oscille entre 9 et 15 jours. La durée précise varie avec la taille du capitule et les conditions atmosphériques (Merrien, 1986). Les fleurs sont orientées de manière centripète de la périphérie du capitule vers le centre (Marc et Palmer, 1978). La floraison commence avec les fleurs ligulées qui exposent immédiatement leur unique pétale après l'ouverture du capitule et demeure en floraison jusqu'à ce que les fleurs aient atteint leur phase finale de floraison (fleurs tubulées) (Arnaud, 1986). Les fleurs complètent leur phase de floraison entre 3 et 4 jours quotidiennement impliquant un ou deux rangées concentriques (Bonjean, 1993). La floraison commence avec l'ouverture de la fleur initiale, projetant ses anthères au-dessus de la corolle avec une extension des filaments (Arnaud, 1986). Les anthères sont déhiscentes et les pollens sont renversés à l'intérieur de la fleur ; ceci est le stade mâle. Le stigmate peut demeurer réceptif de 15 à 20 jours (Arnaud, 1986 Bonjean, 1993).

### **Pollinisation**

Le tournesol est une espèce allogame ayant un système complexe plus précisément sporophytique-androstérilité. Néanmoins, le degré de l'auto-incompatibilité du pollen varie largement et l'autopollinisation demeure une possibilité spécialement pour les formes cultivées (Bonjean, 1993). Le grain de pollen est relativement large (25  $\mu\text{m}$  à 35  $\mu\text{m}$ ). Chaque pollen est compris entre la couche extérieure dans les épines pointues et la cire visqueuse. Sur le tournesol, les abeilles domestiques sont les insectes floricoles les plus nombreux (Carvalho *et al.*, 2011), et elles sont aussi considérées comme le principal agent pollinisateur de cette culture dans le monde entier (Krishna *et al.*, 2014). Cependant, il semble que l'efficacité de la pollinisation

entomophile soit conditionnée par la diversité morphologique et comportementale des abeilles sauvages et domestiques présentes, avec une possible complémentarité entre les espèces (Carvalho *et al.*, 2011). Le taux d'autofertilité des variétés de tournesol est variable, de sorte qu'une meilleure pollinisation, notamment par un recours à l'activité pollinisatrice d'abeilles, a été proposée depuis longtemps comme un moyen de déplaçonner le rendement (Taséi, 1984). En raison de ses caractéristiques morphologiques, le pollen tend à former une masse de « gâteau ». Cela est une conséquence de l'action fréquente entreprise par des insectes (Bonjean et Pham-Delegue, 1986). Les abeilles sont les principaux insectes pollinisateurs des fleurs du tournesol (Leclercq, 1982).

### **Fructification**

Les graines sont appelées « akènes » constituées du noyau et du péricarpe. Le noyau est pourvu de l'embryon, l'endosperme et du tégument. Le péricarpe est constitué de plusieurs couches : cuticule, épiderme, hypoderme, couche de phytomélanine, tissus freux et couches parenchymales adjacentes du noyau (Vranceanu, 1977). La couleur du péricarpe est déterminée par la pigmentation de l'épiderme, l'hypoderme et les couches de phytomélanine (Mosjidis, 1982). L'épiderme est uniformément non pigmenté ou a des rayures noires ou brunes qui varient selon l'épaisseur. L'hypoderme est en dessous de l'épiderme et peut être aussi complètement non pigmenté ou pigmenté (blanc ou pourpre). La couche de phytomélanine est uniforme dont les pigments varient de noir-brun à blanc (Putt, 1944).

### **Physiologie du tournesol**

. *Helianthus annuus* se développe dans un environnement dont la température peut atteindre 1500 °C et voire plus de 1700 °C (Merrien, 1986). *H. annuus* se cultive préférentiellement sur des sols légèrement acides à neutres, drainés que aérés et nécessite d'importantes quantités de bore. Taissir (2006) a montré que, une bonne aération permet une germination rapide des graines ainsi qu'une croissance régulière et l'enracinement de la racine pivotante. Cet organe favorise l'absorption des minéraux, d'eau et d'azote propices à l'obtention d'un meilleur rendement. Le désherbage est recommandé car *H. annuus* est sensible à la concurrence des mauvaises herbes (Taissir, 2006). La floraison commence entre 65 et 70 jours après la levée de la graine et ne peut advenir si la température maximale est de 850 °C et que la température minimale de croissance des plantes est de 6°C (Merrien, 1986). Les variations observées seraient liées à la nature génotypique et ainsi que l'environnement où l'expérimentation a été

réalisée (Merrien, 1986). La figure 1 illustre le stade de développement de la plante de *Helianthus annuus*.

## **I.2.4. Formation et composition biochimiques des graines de tournesol**

### **I.2.4.1. Formation de l'akène**

Le tournesol développe ses graines dans une structure appelée capitule, qui est composée de plusieurs fleurs regroupées en cercles ou en spirales. Chaque fleur donne naissance à un akène, qui est en réalité un fruit sec. Au début de la floraison, les fleurs mâles se forment à l'extérieur du capitule et progressent lentement vers l'intérieur, avec environ 4 rangs se développant chaque jour. Ce processus de floraison dure environ 10 jours. Les graines de tournesol atteignent leur maturité physiologique environ un mois après le début de la floraison du premier cercle de fleurs. Il est intéressant de noter que les akènes situés sur les bords du capitule ont tendance à être plus remplis que ceux situés au centre (Connor et Hall, 1997 ; Villalobos *et al.*, 1994).

### **I.2.4.2. Composition de la graine du tournesol**

#### **➤ Constituants de la coque**

La coque des graines est composée de fibres de cellulose et de lignine, qui représentent entre 50 et 73% de la matière sèche, et d'hémicellulose, qui constitue environ 20%. (Connor et Hall, 1997). Elle est également constituée des lipides (0,9 à 7,1%), protéines (2,8 à 7,1%) et de l'hémicellulose (20 à 21%) (Bau *et al.*, 1983 ; Berot et Briffaud, 1983). Les variations notées en termes de composition biochimique seraient liées au tégument riche en huile entre la coque et l'amande, ainsi qu'au processus de stockage des graines (Laisney, 1984). Les travaux de Cancalon (1971) ont révélé que, la coque contient des proportions variables des acides aminés.

#### **➤ Principaux constituants de l'amande**

L'amande d'une graine de tournesol est le lieu de stockage des réserves nécessaires au développement de l'embryon. Dans la graine de tournesol, l'on retrouve principalement deux types de réserves : les protéines et les lipides qui représentent environ 20 % et 50 % respectivement. Ces variations sont fonctions du génotype et des conditions de culture. 38 % des constituants représentent les glucides et les minéraux (14 %), l'eau (9 %) et la cellulose (15 %) (Roche, 2005).

### ➤ **Protéines de réserve**

Pendant la croissance de la graine, les protéines stockées fournissent à l'embryon en développement l'azote, les acides aminés et l'énergie nécessaires pour la germination. Ces protéines sont constituées d'oligomères et de divers peptides présentant des niveaux de solubilité variés (Osborne, 1924). L'on distingue 4 groupes des fractions protéiques qui diffèrent par leur solubilité (Guégen, 1992) :

- albumines (solubles dans l'eau et les tampons dilués à pH neutre) ;
- globulines (solubles dans des tampons à fort pouvoir ionisant) ;
- prolamines (solubles dans des solutions alcooliques) ;
- et gluténines (solubles dans des milieux acide et basique).

Dans les graines matures de tournesol, les globulines représentent environ 55-60% des protéines de réserve soit : albumines 17-23%, les glutélines 11-17% et les prolamines 1-4% (Bauchot et Merrien, 1988).

### ➤ **Lipides de réserve**

Dans les graines du *Helianthus annuus*, les triglycérides ou triacylglycérols sont les acides gras les plus représentés (95 à 99%). Les autres sont les composés dites « mineurs » qui sont en quantités faibles (1 à 5%) (Prevost, 1987).

Les acides oléique (C18:1) et linoléique (C18:2) sont les acides gras dont les quantités sont élevées. Ces acides gras sont respectivement des acides gras mono-insaturés et polyinsaturés. (Gracés et *al.*, 2009).

## **I.2.5. Autres constituants biochimiques**

### • **Protéines**

Les graines de tournesol contiennent également des protéines en quantités variables. Ces protéines sont riches en acides aminés essentiels tels que la méthionine, la thréonine et l'arginine. (Driskell, 2009).

### • **Phytostérols**

Le tournesol contient des phytostérols qui contribuent à réduire le cholestérol sanguin et à soutenir la santé cardiovasculaire (Piironen et *al.*, 2000).

### • **Fibres alimentaires**

Les graines de tournesol contiennent des fibres alimentaires solubles et insolubles. Ces fibres assurent le maintien de la santé digestive et vise à réguler le transit intestinal (Anderson et *al.*, 2009).

- **Vitamines et minéraux**

Le tournesol contient également plusieurs vitamines et minéraux essentiels tels que la vitamine E, le magnésium, le phosphore et le cuivre (Messina et *al.*, 2022).

### **I.2.6. Utilisation du tournesol**

Les travaux menés par Alignan (2006) ont montré que, l'huile extraite des graines, qui représente en moyenne 45% de leur poids, est très appréciée pour sa qualité culinaire et ses bienfaits diététiques. Les tourteaux qui restent de l'extraction de l'huile, contiennent jusqu'à 35% de protéines et sont utilisés comme aliment pour les animaux d'élevage. De plus, l'huile de tournesol peut être utilisée comme biocarburant dans les moteurs diesel ou transformée en ester méthylique et également utilisé dans le cadre de la fabrication des savons, détergents et des produits cosmétiques (Alignan, 2006). L'huile de tournesol est largement utilisée dans la fabrication des peintures (Berger et *al.*, 2010). Elles remplacent souvent les huiles minérales en tant que bio-solvants dans 50% des cas dans le secteur de l'emballage et de l'édition «offset sheetfed» (Anonyme 1, 2010). Les tiges du tournesol sont utilisées comme une source de combustible ; elles servent également pour l'aviculture et sont utilisées en ensilage (Heiser, 1976). Les graines du tournesol sont aussi riches en fibres (Boyles et Johnson, 1988). Il est également constitué des flavonoïdes et des acides phénoliques (Gou et *al.*, 2017). Le tournesol possède diverses propriétés biologiques telles que les effets anti-inflammatoires, anti-diabétiques, anti-microbiennes et anti-hypertension (Gou et *al.*, 2017).

### **I.2.7. Production mondiale des graines du tournesol**

La production et la commercialisation des graines du tournesol ont connu des changements notoires et élevés dans le monde entre 2015 et 2020. Les statistiques fournies par (Anonyme 2,2022) ont révélée qu'en 2020, dans le monde, les plus grandes surfaces cultivées sont estimées à raison de 27874284 ha. En 2015, 67 % des surfaces cultivées sont celles utilisées en Europe. Les faibles surfaces cultivées (25390 ha) au niveau continental, sont celles utilisées en Océanie (Anonyme 2, 2022). En 2020, les continents par excellence en termes d'utilisation des surfaces cultivées sont respectivement l'Europe (71,49%), l'Asie (11.49 %), l'Amérique (8.90%), l'Afrique (8,07%) et l'Océanie avec des surfaces cultivées estimées à 8536 hectares (Anonyme 2, 2022). La production en graines du tournesol varie en fonction des surfaces

cultivées et de la moyenne du rendement en graines par hectare. Ainsi, entre 2015 et 2020, les statistiques ont révélées que, la production la plus élevée est celle enregistrée en 2019 et a été estimée à raison de 56020665 tonnes (Anonyme 2, 2022). Selon Soare *et al.* (2022), au niveau continental, la production en graines du tournesol augmente par unité de surface et varie d'une région à une autre. En 2018, l'Afrique est le quatrième pays producteur du tournesol avec une production annuelle de l'ordre de 2475529 ; et cette production a augmenté de 9,83 % en 2020 (Anonyme 2, 2022).

## **I.2.8. Facteurs abiotiques et biotiques qui affectent la production en graines du tournesol**

### **Facteurs abiotiques**

Plusieurs espèces de *Helianthus* sont originaires d'habitats affectés par le sel et peuvent posséder des gènes de tolérance bien que *H. paradoxus* est particulièrement bien adapté aux sols salins (Seiler *et al.*, 1981).

### **Facteurs biotiques**

*Alternaria* spp se traduit par la défoliation et réduit considérablement le rendement (Sackston, 1981). L'oïdium est une maladie foliaire courante sur les feuilles sénescents du tournesol cultivé. Les régions chaudes du monde sont par excellence pour la propagation de cette maladie (Gulya *et al.*, 1997). Selon ces auteurs, elle est beaucoup plus manifeste dans les zones tropicales, entraînant ainsi les pertes significatives en termes de rendement. La résistance à l'oïdium peut être de nature génétique (Christov, 2008). Cet auteur a indiqué qu'il existe deux types de résistance :

- ❖ L'un est monogénétique et est contrôlé par un gène dominant de la plante vivace *H. decapetalus* ;
- ❖ et le second est polygénétique et contrôlé par plusieurs gènes trouvés chez la plante vivace *Helianthus glaucophyllus* DM Smith, *H. ciliaris*, *Helianthus laevigatus* T. & G., *H. tuberosus* et *H. resinosus* et annuelle *H. debilis*.

La verticilliose infecte les racines du tournesol, provoquant le flétrissement et la marbrure des feuilles du tournesol. Putt (1964) a découvert une source de résistance à *V. dahliae* de la lignée CM144, dérivée d'un hybride interspécifique de *H. annuus sauvage*. *Helianthus annuus*, *H. petiolaris* et *H. praecox* étaient les principales sources du gène *V-1* pour la résistance à la verticilliose (Hoes *et al.*, 1973).

Les travaux de Škorić (2016) ont révélé que, le chancre brun de la tige (phomopsis) cause des dégâts sur feuilles et tiges. La méthode visant à amoindrir l'expansion se fait par enfouissement des débris de récolte et par utilisation de variétés tolérantes ; bien que l'on puisse avoir recours aux fongicides en complément.

Quant à la rouille du tournesol, une maladie foliaire, des nouvelles races virulentes ont été identifiées et sont néfastes à la culture du tournesol (Putt, 1963). Les gènes de résistance à la rouille du CWR sont à effets dominants et spécifiquement uniques à une race. La commercialisation des hybrides est affectée par la virulence de ces nouvelles races (Putt, 1963). Les espèces sauvages apparentées aux cultures constituent une source importante de gènes de résistance à la rouille du tournesol. Les gènes de résistance  $R_1$  et  $R_2$  ont été largement utilisés dans les programmes de sélection et proviennent des croisements avec le CWR et sont considérés comme les premiers gènes de résistance à contrôler génétiquement un agent pathogène du tournesol (Putt, 1963).

Le mildiou affecte également le tournesol. Quarante pathotypes (races) de *P. halstedii* ont été décrits, dont cinq (330, 330, 710, 730 et 770) sont universellement distribués (Viranyi et al., 2015).

*Sclerotinia sclerotiorum* et *Rhizoctonia solani* sont les agents pathogènes responsables de la pourriture racinaire et qui se manifestent par le flétrissement des plantes, un dépérissement des racines et des lésions sur la tige. Liu et coll (2009) ont signalé l'utilisation de l'hybridation génomique *in situ* (GISH) pour suivre les chromosomes dans les descendances interspécifiques et rétrocroisées développées pour le dépistage de la résistance à *Sclerotinia* impliquant quatre espèces sauvages pérennes : *H. californicus* ( $2n=102$ ), *Helianthus angustifolius* L. ( $2n=34$ ), *H. nuttallii* ( $2n=34$ ) et *H. maximiliani* ( $2n=34$ ).

Plusieurs virus provenant de différents continents infectent naturellement le tournesol (Giolitti et Lenardon, 2016).

Les insectes nuisibles constituent un problème aigu aux États-Unis mais causent des dégâts très limités dans d'autres pays. Dans les principales zones de production, il existe 15 principaux insectes nuisibles, et sur ce total, environ six sont considérés comme économiquement importants d'une année à l'autre (Charlet et Brewer, 1997 ; Knodel et al., 2015). Cependant, les méthodes biotechnologiques susceptibles d'identifier le gène de résistance aux insectes à partir d'espèces sauvages ont été beaucoup moins réussies que le transfert de gènes de résistance aux maladies (Seiler, 2012).

### **I.2.9. Exigences agronomiques**

Le tournesol est une culture dont les besoins en potasse sont importants et un complément d'environ 50 kg/ha de  $K_2O$  peut s'avérer utile si les sols sont pauvres en potasse. La culture est peu exigeante en phosphore et les épandages de compost ou les apports réguliers en matière organique suffisent à apporter la quantité nécessaire de  $P_2O_5$  à la culture (Steer et *al.*, 1990). Les travaux réalisés par Lecomte et *al.* (2011) ont démontré que, le tournesol est capable de puiser dans le sol les reliquats d'azote des couches de sol les plus profondes grâce à son système racinaire efficace et profond. La dose optimale ne doit généralement pas dépassée 80 kg d'azote par hectare afin d'éviter l'exubérance foliaire qui peut provoquer une accélération de la sénescence des feuilles (Lecomte et *al.*, 2011). Le bore est important aux stades de «5 paires de feuilles » et aux stades d'apparition des boutons floraux. Une carence en bore s'exprime par un gaufrage, une décoloration et une grillure de la base du limbe (Ozer et *al.*, 2004). Selon ces auteurs, un apport de 300 à 500 g/ha est donc conseillé ; les risques de carences en bore sont accrus dans les sols calcaires et dans les sols superficiels.

L'écartement minimum à prévoir entre les rangs est de 60 cm pour pouvoir effectuer un binage. 2 à 3 cm pour le sol battant, 4 à 5 cm pour le sol argileux (propice au maintien de l'humidité). La densité de semis classique préconisée est de 60 000 à 70 000 grains/ha afin d'obtenir 50 000 à 60 000 pieds par hectare (Gnis, 2008).

La période appropriée à la récolte est lorsque les pétales du tournesol virent du jaune au brun, les graines se détachent d'elles-mêmes et que la tige perd sa couleur verte pour devenir beige clair (Anonyme 3, 2002). Une récolte trop tardive peut également entraîner une perte de poids des graines (Anonyme 3, 2002). L'on peut également récolter les tournesols avant leur maturation complète pour prévenir les maladies des capitules menaçant la récolte, en utilisant par exemple la défoliation chimique pour faciliter le processus de moisson (Anonyme 3, 2002). Une récolte trop hâtive (au-dessus de 15% d'humidité) augmente le taux d'impuretés et génère des coûts supplémentaires de séchage. De plus, elle peut provoquer un battage inefficace entraînant la destruction d'une quantité importante de coques et peut rendre inefficace la préservation des graines dues à l'acidification des corps gras (Anonyme 3, 2002). La ventilation et le refroidissement des graines dans un environnement adéquat au bon stockage tout en contrôlant l'humidité et l'invasion des insectes, sont également fondamentaux pour assurer leur conservation à long terme (Dauguet, 2019).

### **I.2.10. Amélioration génétique du tournesol**

L'amélioration génétique du tournesol se traduit par la sélection phénotypique basée sur le choix des capitules en fonction de critères spécifiques. Cependant, en raison de la nature allogame de cette espèce, la pollinisation n'était pas contrôlée. En URSS dans les années 1920, une méthode plus efficace appelée "des réserves" a été développée par Pustovoit (1964) qui visait à évaluer des graines prélevées sur divers capitules pendant deux ans dans une pépinière, ensuite, l'on procède à une pollinisation contrôlée afin de rehausser considérablement la teneur en huile des graines du tournesol. Ensuite, les plantes du tournesol sont laissées en autofécondation. C'est au cours des décennies 1940 et 1950 que les premiers hybrides obtenus ont été développés pour la commercialisation bien que la proportion d'hybrides soit relativement faible. Ces hybrides résultaient du croisement entre une lignée femelle fortement auto-incompatible et une lignée mâle fortement auto-compatible (Cardon, 1922 ; Pustovoit 1964).

L'utilisation de la stérilité mâle cytoplasmique a ouvert de nouvelles perspectives pour l'amélioration génétique du tournesol (Leclercq, 1969). L'identification des gènes restaurateurs de la fertilité a permis d'exploiter pleinement l'effet d'hétérosis. Ainsi, il était désormais possible de produire des graines à 100 % d'hybrides. Les sélectionneurs ont rapidement adopté cette nouvelle technique vers la fin des années 1960 pour l'inclure dans leurs programmes d'amélioration génétique du tournesol (Leclercq, 1969).

## **CHAPITRE II. MATERIEL ET METHODES**

## II.1. Matériel

### II.1.1. Zone d'étude

L'essai s'est déroulé au sein du campus de l'Université de Yaoundé 1 (Région du centre, Cameroun) (Fig 2). Les travaux de Olivry (1986) ont révélé que, la zone d'étude s'étend entre 3°42' à 4°05'N et 11°17' à 11°35' E avec une altitude moyenne de 750 m. Le climat est de type guinéen à tendance tropical, caractérisé par l'alternance de deux saisons : une saison sèche et une saison des pluies. La température moyenne annuelle oscille entre 23,1°C et 25,4°C (Olivry 1986 ; Lienou *et al.*, 2008). Les précipitations s'élèvent à 1670 mm (Suchel, 1972). Les sols sont de types ferrallitiques rouges ou jaune et hydromorphes dans les bas-fonds (Vallerie, 1995). La région de Yaoundé est caractérisée par une forêt secondarisée. L'on observe partout une végétation de forêt dégradée par les défrichements avec jachère forestière à tous les stades de reconstitution. Les espèces les plus courantes sont: *Albizia Zygia*, *Ceiba Pentandra*, *Terminalia Altissima* et *Peptadenia Africana* (Pellier, 1969).

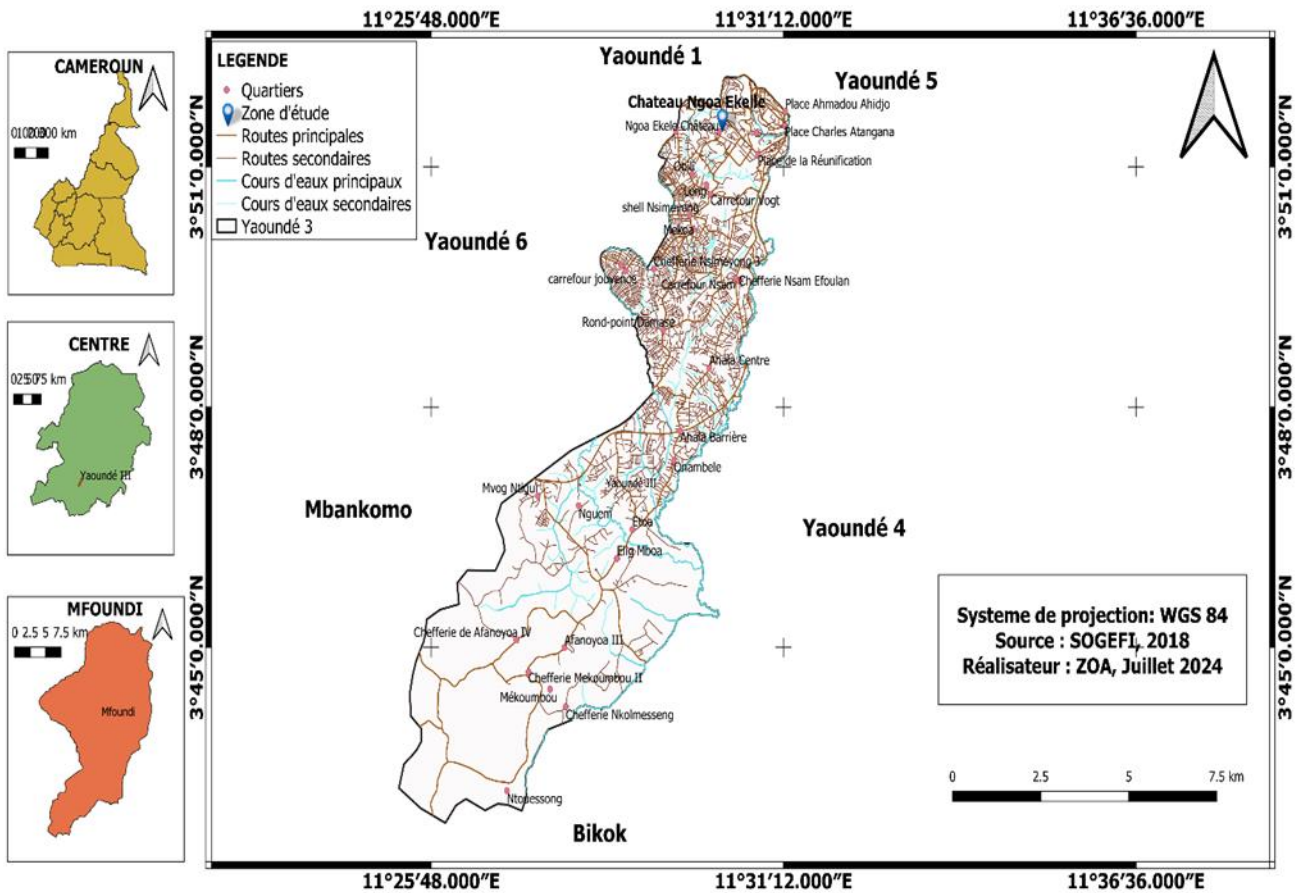







Fig.2 : Localisation du site expérimental

### II.1.2. Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué de 12 collections de tournesol (*Helianthus annuus*) fournies par le GIC «pépinière semences d'avenir» (Région de l'Ouest, Dcshang), le RADD (Reseau des Acteurs pour le Developpement Durable) (Région du centre, Cameroun) et collectées à la FOIRE D'ESSE (Région du centre, Cameroun). Elles ont été plébiscitées sur la base de leur disponibilité. Les caractéristiques des différentes graines de tournesol sont mentionnées dans le tableau I.

Tableau I : Caractéristiques des différentes collections du tournesol étudiées

Site de collecte	Code	Origine	Zone Agroécologique	Couleur	Image
<b>Mayo Tsanaga</b>	HA-MT	Nord	Zone Des Hautes Savanes Guinéennes	Noir Foncé	
<b>Dschang 4</b>	HA-D4	Ouest	Zone Des Hauts Plateaux	Noir Foncé	
<b>Nomayos</b>	HA-NO	Centre	Zone Forestière Bimodal	Noir Foncé	
<b>Dschang 6</b>	HA-D6	Ouest	Zone Des Hauts Plateaux	Blanc	
<b>Ombessa</b>	HA-OM	Centre	Zone Forestière Bimodal	Noir Clair Raillé De Blanc	
<b>Dschang 5</b>	HA-D5	Ouest	Zone Des Hauts Plateaux	Noir Clair	
<b>Dschang 1</b>	HA-D1	Ouest	Zone Des Hauts Plateaux	Blanc Raillé De Noir	

<b>Dschang 7</b>	HA-D7	Ouest	Zone Des Hauts Plateaux	Marron	
<b>Dschang 2</b>	HA-D2	Ouest	Zone Des Hauts Plateaux	Noir Raillé De Blanc	
<b>Dschang 3</b>	HA-D3	Ouest	Zone Des Hauts Plateaux	Noir Raillé De Marron	
<b>Bafoussam</b>	HA-BA	Ouest	Zone Des Hauts Plateaux	Noir Raillé De Blanc	
<b>Lékié</b>	HA-LA	Centre	Zone Forestière Bimodal	Noir Raillé De Blanc	

## **II.2. Méthodes**

### **II.2.1. Analyse de la variabilité des paramètres agronomiques et biochimique des collections de tournesol.**

#### **– Dispositif expérimental**

Le dispositif expérimental utilisé a été celui en bloc complètement randomisé à trois répétitions dans lesquelles ont été réparties les douze collections du tournesol (Fig.3). La superficie de la parcelle où l'expérimentation a été réalisée est de 149,6 m<sup>2</sup>. La surface de l'unité expérimentale est de 1,5 m de longueur et 0,70 m de largeur séparées entre elles de 0,4 m. Les distances entre les lignes et poquets sont respectivement 60cm et 25cm (Wey *et al.*, 2009). Cinq à dix graines ont été semées par poquet, suivi du démariage qui a été fait quatorze jours après semis et deux plantules ont été retenues par poquets. L'amendement chimique (engrais N-P-K) a été administré deux semaines après semis à l'effet de favoriser la croissance et la production en graines, la dose était de 5,6T/ha soit 0,17kg par poquet (Yerima *et al.*, 2014).. Afin d'amoindrir l'invasion des insectes de nature à affecter le rendement en graines, l'insecticide a été pulvérisé sur les plantes en croissance une fois par semaine pendant trois semaines en prélude à la floraison. Deux sarclages et un sarclo-buttage ont été effectués. Le premier sarclage a été fait 14 jours après le semis (JAS) et le second quant a été effectué 24 JAS.



- **Date de 50 % de floraison (D50.F) :** la date de 50 % de floraison correspond au nombre de jours entre l'émergence et la floraison de la moitié des individus de chaque collection. Ceci a été évalué sur trois plants retenus par unité expérimentale et la moyenne a été estimée.

- **Diamètre capitulaire :** il a été déterminé à l'aide d'une règle graduée en centimètre sur les 3 plantes précédentes ayant permis d'évaluées les paramètres de croissances.

- **Nombre de capitules :** ce paramètre a été déterminé par comptage manuel. Pour ce faire, trois plants ont été sélectionnés par répétition et la moyenne a été calculée.

- **Nombre de graines par capitule :** sur trois plants choisis par répétition, le nombre de graines a été évalué par comptage manuel. .

- **Rendement en graines :** les graines produites sur les plantes au centre des unités expérimentales ont été séchées à l'étuve à une température normale jusqu'à l'obtention d'un poids constant. Les rendements en graines sèche ont été calculés et déduits à l'hectare selon la formule décrite par Guibert et *al.* ( 2016) :

- **Rdt (kg/ha) =  $(10000m^2 \div S m^2) \times PSG$**  Où :

- Rdt : rendement ; PSG : poids sec des grains collectés par unité expérimentale ;  
S : surface en m<sup>2</sup>, occupée par les plants échantillonnés de l'unité expérimentale.

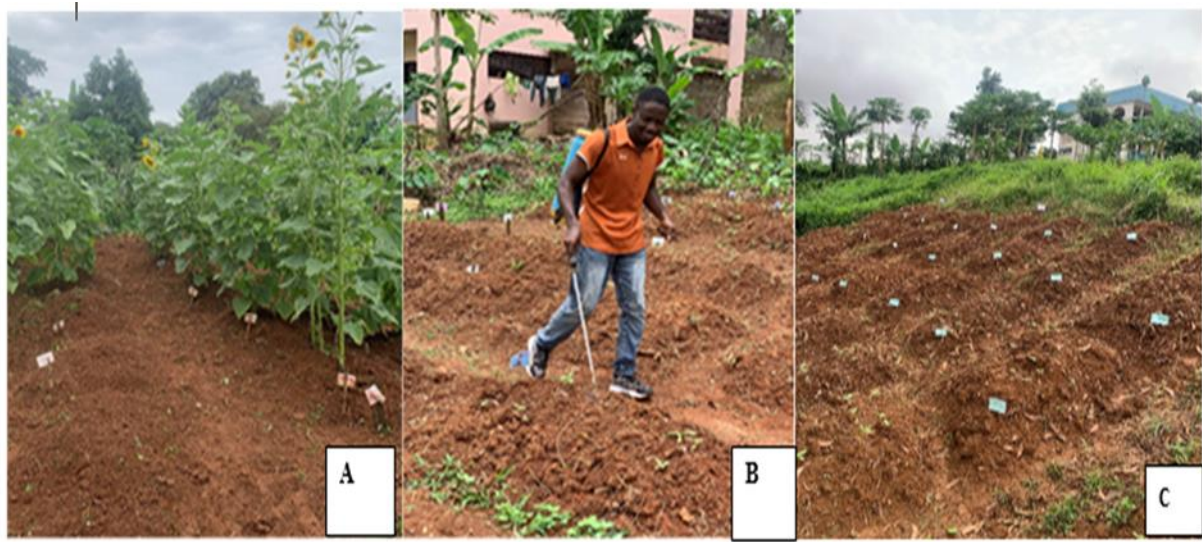


Fig 2 : Vue globale du site expérimental. A : Plantes au stade de floraison, B : Epannage des insecticides, C : stade de croissance des plantules du tournesol.

## **II.2.2. Détermination des paramètres génétiques des performances agronomiques et des caractères biochimiques des collections de tournesol.**

A maturité, les graines ont été séchées et conservées à une température ambiante 70 C en vue des analyses biochimiques.

## **II.2.3. Détermination de la teneur en huile des collections**

Les lipides sont insolubles dans l'eau et très solubles dans les solvants organiques, tels que l'éther éthylique et l'hexane. La méthode au concentrateur d'échantillons est une méthode de référence utilisée pour la détermination de la matière grasse dans les aliments solides déshydratés. C'est une méthode gravimétrique, puisqu'on pèse l'échantillon au début et la matière grasse à la fin de l'extraction (Salghi, 2005). Le procédé est basé sur la solubilité différentielle des lipides dans un solvant organique (hexane) à chaud.

### **➤ Extraction d'huile de tournesol**

#### **– Préparation de la solution de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>**

19,5g de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (M= 142,05g/mol) ont été pesés à l'aide d'une balance analytique. Dans une fiole jaugée de 500 mL, 300 mL d'eau distillée ont été additionnés, dont l'ensemble a été agité à l'aide d'un agitateur magnétique pendant 5 min pour assurer la dissolution.

#### **– Mode opératoire d'extraction**

Pour extraire l'huile à partir des amandes de tournesol, la méthode à laquelle l'on a eu recours est celle du concentrateur d'échantillon qui nécessite l'utilisation de l'azote, hexane et de la solution de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Ainsi, 5g d'amande préalablement séchées à l'étuve à une température de 105°C broyées à l'aide d'un mixeur (annexe 5), ont été pesées avec une balance à l'effet d'obtenir la poudre fine (annexe 5). Ensuite, 15mL d'hexane a été ajoutée à la poudre d'amande introduite dans un flacon en verre et afin de recouvrir la poudre. Afin d'éliminer toute trace d'eau éventuellement présente dans la poudre, 7,5 mL d'une solution de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ont été ajoutées visant à séparer les constituants. Après 10 min, une quantité du mélange (hexane + huile miscible) a été introduite dans les tubes spécifiques placés à 80°C dans le concentrateur d'échantillons (annexe 2). Au mélange, de l'azote liquide susceptible de concentrer l'échantillon a été additionné en soufflant de l'azote sur la solution d'hexane plus huile. Cela permettra d'accélérer le processus d'extraction en évaporant l'hexane. Après avoir concentré l'échantillon, à l'aide d'une pipette, une quantité d'huile a été prélevée et a été introduite dans les flacons de 10 mL.

### – Rendement d'extraction

Le rendement signifie la masse de l'extrait obtenu après évaporation du solvant par rapport à la masse initiale de la graine soumise à l'extraction. Le pourcentage en huile fixe a été calculé par la formule suivante (Carré, 1953).

$$R (\%) = M / M_0 \times 100$$

**R (%)** : Rendement exprimé en % ;

**M** : Masse en gramme de l'extrait sec résultant ;

**M<sub>0</sub>** : masse d'huile

### ➤ Détermination des indices de qualité de l'huile des collections

#### – Détermination de l'indice d'acide ou de l'acidité de l'huile des collections

L'indice d'acide d'un corps gras est la quantité de potasse en mg nécessaire pour neutraliser son acidité libre. La teneur en acides libres des corps gras augmente avec le temps, l'indice d'acide permet donc de juger de leur état de détérioration.

#### - Principe :

Neutraliser les acides libres dans la matière première par une solution standard de KOH

- **Solution d'hydroxyde de potassium (KOH) éthanolique**

Pour ce faire, 0,56 g d'hydroxyde de potassium (KOH) (M= 56,11 g /mol) a été pesé à l'aide d'une balance analytique. Ensuite, 100 ml d'éthanol introduits dans une éprouvette ont été ajoutés à la quantité d'hydroxyde de potassium préalablement pesé et dont le mélange a été agité pendant 5 min pour assurer la dissolution (Anonyme 3, 2012).

- **Solution de phénolphaléine (C<sub>20</sub> H<sub>14</sub>O<sub>4</sub>) de 1%**

1g de phénolphaléine (M= 318,33 g/mol) a été dissous dans 100 ml d'éthanol. L'ensemble a été agité pendant environ 5 min pour assurer la dissolution (Anonyme 4, 2012).

L'indice d'acide (Ia) des différentes huiles a été déterminé selon la norme NFT60-204 de l'Association Française de Normalisation (Anonyme 5, 1981).

1 g d'huile a été introduit dans un bécher de 250 ml contenant 100 ml d'éthanol 95°C. Deux gouttes de solution de phénolphaléine 1% ont été ajoutées au mélange à l'effet de procéder à la

titration à l'aide d'une solution d'hydroxyde de potassium 0,1 N. Le volume  $V_1$  de solution de KOH utilisé pour atteindre le virage de l'indicateur (coloration rose de la phénolphaléine, persistant pendant 10 secondes) a été noté. Cette titration est également faite avec l'essai à blanc et le volume  $V_0$  de KOH utilisé a été noté.

L'indice d'acide a été déduit selon la formule suivante :

$$I_a = [(V_1 - V_0) / m] \times 56,1 \times T$$

$I_a$  : Indice d'acide ;  $V_0$  (ml) : Volume de la solution de KOH pour le blanc ;  $V_1$  (ml) : Volume de la solution de KOH pour l'échantillon ;  $T$  (N) : Titre de la solution de KOH éthanolique utilisée (0,1N);  $m$  (g) : Masse de la prise d'essai (1g).

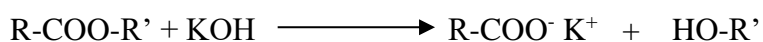
L'acidité en pourcentage d'acide oléique a été calculée selon la formule :

$$I_a (\% \text{ d'acide oléique}) = (I_a \times 282 \times 100) / (56,1 \times 1000)$$

### ➤ Détermination de l'indice de saponification de l'huile des collections.

#### Principe

Le principe d'indice de saponification se présente comme suit :



#### - Mode opératoire

- **Préparation de la solution de potasse alcoolique (KOH)**

Elle consiste à dissoudre 28,05 g de potasse hydroxyle dans 1L d'éthanol à 96° C. Puis le mélange a été agité à l'aide d'un agitateur magnétique et laissé décanter pendant 3 jours au plus pour permettre au carbonate de potassium de se déposer (Anonyme 4, 2011).

- **Solution de phénolphaléine ( $C_{20}H_{14}O_4$ ) de 1%**

1g de phénolphaléine ( $M= 318,33$  g/mol) a été dissout dans 100 ml d'éthanol et le mélange a été agité (Anonyme 4, 2011).

- **Solution d'acide chlorhydrique à 0,5N**

Dans une éprouvette, 500 mL d'eau distillée ont été introduits auxquels 50 ml de HCL ont été additionnés tout en tenant compte du facteur de dilution de l'acide préalablement déterminé. Ensuite, le mélange a été complété avec 500 mL d'eau distillée et dont le mélange a été agité délicatement pour homogénéisation.

- **Mode opératoire**

A priori, 0,46 g d'huile a été pesé et introduit dans un ballon à fond rond. Ensuite, 12,5 mL d'une solution de potasse alcoolique (KOH) 0,5 N ont été ajoutés. Le mélange est porté à ébullition sous réfrigérant à reflux (avec un régulateur d'ébullition), pendant une heure, en agitant spontanément. Après refroidissement, 0,5 mL de phénolphtaléine (indicateur coloré) a été ajouté au mélange afin de procéder à la titration de la solution de l'acide chlorhydrique HCl 0,5 N jusqu'au passage de la couleur rose à la couleur initiale du mélange (transparente). La chute du volume de HCl a été notée. Un essai à blanc a été préparé en suivant le même mode opératoire.

L'indice de saponification (IS) est évalué selon l'équation suivante :

$$IS = [(V_0 - V_1) / m] \times 56,1 \times T$$

$V_0$  (mL) : volume d'acide chlorhydrique nécessaire pour titrer le blanc,  $V_1$  (mL) : volume d'acide chlorhydrique nécessaire pour titrer l'essai ; T (N) : Titre de la solution d'acide chlorhydrique utilisée (0,5N); m (g) : Masse de la prise d'essai.

➤ **Détermination de l'indice d'ester de l'huile des collections**

L'indice d'ester (IE) permet de déterminer la masse molaire des glycérides. Il est égal à l'indice de saponification pour les glycérides purs. Cet indice n'est pas mesuré, il est calculé :

**Indice d'ester** = indice de saponification - indice d'acide.

➤ **Détermination de l'indice de peroxyde de l'huile des collections (Anonyme5, 1981)**

**Principe**

Cette méthode est basée sur la détermination spectrophotométrique des ions ferriques ( $Fe^{3+}$ ) formés suite à l'oxydation de l'ion ferreux ( $Fe^{2+}$ ) par les hydro-peroxydes en présence du Thio cyanate d'ammonium (Anonyme 5, 1981). Les ions Thio cyanate réagissent avec les ions

ferriques pour former un complexe de couleur rouge qui absorbe fortement aux environs de 500 nm.

### **Mode opératoire**

Dans un tube à essai en verre de 10 ml de volume contenant environ 100 mg d'échantillon d'huile, 9,8 ml d'un mélange chloroforme-méthanol (7 :3) a été ajouté, et le mélange a été agité au vortex pendant 2-4 secondes. Ensuite, 50 µl d'une solution aqueuse de Thio cyanate d'ammonium 30% ont été additionnés et le mélange à nouveau a été agité au vortex pendant 2-4 secondes, suivi de l'ajout de 50µl d'une solution aqueuse de chlorure de fer II. L'ensemble a été à nouveau agité au vortex pendant 2-4 secondes. Après 5 minutes d'incubation à la température ambiante, l'absorbance du mélange réactionnel a été lue à 500 nm à l'aide d'un spectrophotomètre (PERKIN ELMER, LAMBDA 35) en se référant au blanc.

La manipulation s'est déroulée dans une enceinte peu éclairée et s'est accomplie dans un délai maximum de 8 minutes par essai. Les échantillons ont été dosés en triplicata. L'indice de peroxyde exprimé a été calculé à partir de la courbe d'étalonnage du Fe III selon la formule suivante :

$$\text{IP} = [(A_s - A_b) \times k] / (55,84 \times m)$$

IP = Indice de peroxyde ; k = Pente, obtenue de la courbe d'étalonnage ; A<sub>s</sub> = Absorbance de l'échantillon ; m= masse de l'échantillon en g; A<sub>b</sub> = Absorbance du blanc ; 55,84 = Masse molaire du fer

#### **➤ Détermination du Taux d'impuretés de l'huile des collections (Barka,2016)**

L'altération des corps gras peut être estimée par le calcul du pourcentage d'impuretés.

$$\% \text{ d'impuretés} = IA \times 100 / IS$$

### **II.2.2. Détermination des paramètres génétiques des caractères évalués**

Les paramètres suivants ont été calculés pour les paramètres génétiques : moyenne générale, variance environnementale (VE), variance génotypique (VG), variance phénotypique (VP), coefficient de variation environnemental (CVE), coefficient de variation génotypique (CVG), coefficient de variation phénotypique (CVP), héritabilité (au sens large), gain génétique (GA) et le gain génétique en pourcentage de la moyenne (GAM).

- Héritabilité. Qui est :  $H^2 = \frac{\sigma^2_g}{\sigma^2_p} \times 100$  (Allard,1960) Avec  $\sigma^2_g$  la variance génotypique et  $\sigma^2_p$  la variance phénotypique.

- CVP et CVG Calculer à partir les formules de Kearsey et al., (1996) qui sont :

$$\text{CVP} = \sqrt{\sigma^2_p} \times 100 \text{ et } \text{CVG} = \sqrt{\sigma^2_g} \times 100$$

- Le GA et le GAM. Calculé à partir les formules de Johnson et al., (1955) qui sont :

$$\text{GA} = K \times \sigma^2_p \times h^2 \text{ et } \text{GAM} = \text{GA} \times 100$$

K= coefficient de sélection différentiel (K=2,06) au seuil 5 %.

### **II.2.3. Appréciation de l'étendue de la variabilité génétique des paramètres agronomiques des collections de tournesol.**

A l'aide du logiciel R, la classification ascendante hiérarchique (CAH) a permis de classer les différentes variétés et le biplot issu de l'analyse en composante principale (ACP) a servi à regrouper sur un même graphique les variétés et les variables qui sont les paramètres évalués. La corrélation de Pearson a été évaluée entre les paramètres étudiés.

### **II.2.4. Analyse statistique**

Les données collectées ont été saisies dans Microsoft Excel 2019 pour produire les Graphiques. Les données obtenues ont été soumises à une analyse de variance (ANOVA) à l'aide du logiciel R version 3.5.1. Pour la comparaison multiple des moyennes et leur classement, le test LSD (plus petite différence significative) au seuil de 5 % a été utilisé.

## **CHAPITRE III. RÉSULTATS ET DISCUSSION**

### **III.1. Résultats**

#### **III.1.1. Paramètres agronomiques**

Pour les paramètres de croissances la collection HA-D6 présente des valeurs les plus importantes en DFBI ( $60.55 \pm 3.24$ ), D50F ( $77.88 \pm 2.42$ ), DC ( $2.28 \pm 0.31$ ), NL ( $32.44 \pm 3.20$ ) et PS ( $249.77 \pm 28.00$ ) or présente des valeurs faibles pour les paramètres de rendement ( $11.50 \pm 2.31$ ) pour FHD et ( $300.00 \pm 108.97$ ) pour NS (tableau II). Par contre, pour la collection HA-D5 on note les valeurs les plus faible concernant DFBI ( $45.44 \pm 1.58$ ), D50F ( $58.77 \pm 3.03$ ), DC ( $1.78 \pm 0.30$ ), NL ( $18.44 \pm 2.60$ ), PS ( $135.00 \pm 18.29$ ) (tableau II), or présente des valeurs élevées pour les paramètres de rendement  $13.33 \pm 2.66$  pour FHD et  $450.00 \pm 191.63$  pour NS (tableau II).

#### **III.1.2. Paramètres biochimiques**

Concernant les paramètres biochimiques, La teneur en huile se situe entre 281,98g et 754,46%. L'accession HA-D4 à la valeur la plus élevée ( $754.46 \pm 398.13$ ) en huile. IA des collections oscille entre 9,06 (HA-NO) et 18,84 mg KOH/g (HA-D4), permettant de caractérisé la pureté et la stabilité de l'huile. IS des accessions se situent entre 472,06 à 657,39 mg KOH/g, permettant de renseigné sur la longueur moyenne des chaines d'acide gras constitutif. Contrairement au cultivar HA-OM, l'accession HA-D7 a un indice élevé. L'indice de peroxyde des accessions oscille entre 1,71 (HA-D4) et 2,79 meqO<sub>2</sub>/g (HA-LE), ce dernier donne une idée sur l'altération des huiles par l'oxygène. L'accession HA-D4 possède l'indice le plus faible. Les valeurs moyennes IE des accessions varient de 462,2 à 641,5 mg KOH/g. HA-D7 est le cultivar dont l'indice est plus élevé. Dans l'ensemble, les différences sont significatives entre les collections testées. Les valeurs moyennes du taux d'impureté des accessions varient entre 1,89 à 3,71%. HA-NO est le cultivar dont le taux d'impureté est plus petit contrairement au cultivar HA-D4. Aucune différence significative n'a été notée pour toutes les collections du tournesol.

Tableau II :Détermination des caractères agronomiques des 12 collections de tournesol..

	Paramètres de croissance					Paramètres de rendement		
	DFBI	D50F	DC	NL	PS	NC	FHD	NS
HA-BA	56.66±3.90 <sup>bc</sup>	71.66±2.50 <sup>bc</sup>	2.05±0.27 <sup>abc</sup>	23.55±4.90 <sup>c</sup>	192.88±26.25 <sup>d</sup>	1.66±1.65 <sup>cd</sup>	10.55±3.04 <sup>bc</sup>	233.88±91.98 <sup>a</sup>
HA-D1	54.66±2.87 <sup>c</sup>	72.44±0.72 <sup>bc</sup>	1.94±0.26 <sup>bcd</sup>	24.88±3.55 <sup>bc</sup>	193.55±23.26 <sup>d</sup>	1.00±0.00 <sup>d</sup>	11.25±3.30 <sup>bc</sup>	263.33±141.333 <sup>ab</sup>
HA-D2	50.88±2.47 <sup>de</sup>	66.33±1.87 <sup>de</sup>	1.97±0.21 <sup>abcd</sup>	24.77±4.65 <sup>bc</sup>	196.11±15.04 <sup>d</sup>	1.77±2.33 <sup>cd</sup>	12.61±2.07 <sup>ab</sup>	342.22±129.30 <sup>ab</sup>
HA-D3	50.77±2.94 <sup>de</sup>	65.88±1.45 <sup>de</sup>	2.10±0.34 <sup>abc</sup>	25.66±4.50 <sup>bc</sup>	207.55±24.21 <sup>cd</sup>	1.00±0.00 <sup>d</sup>	13.41±2.78 <sup>a</sup>	400.00±147.22 <sup>ab</sup>
HA-D4	55.11±3.82 <sup>bc</sup>	70.66±3.12 <sup>c</sup>	1.91±0.17 <sup>cd</sup>	26.55±3.90 <sup>bc</sup>	221.55±22.00 <sup>abc</sup>	4.55±5.31 <sup>b</sup>	10.72±2.23 <sup>bc</sup>	272.77±76.61 <sup>ab</sup>
HA-D5	45.44±1.58 <sup>f</sup>	58.77±3.03 <sup>f</sup>	1.78±0.30 <sup>d</sup>	18.44±2.60 <sup>d</sup>	135.00±18.29 <sup>e</sup>	1.00±0.00 <sup>d</sup>	13.33±2.66 <sup>a</sup>	450.00±191.63 <sup>b</sup>
HA-D6	60.55±3.24 <sup>a</sup>	77.88±2.42 <sup>a</sup>	2.28±0.31 <sup>a</sup>	32.44±3.20 <sup>a</sup>	249.77±28.00 <sup>a</sup>	3.00±3.12 <sup>bc</sup>	11.50±2.31 <sup>abc</sup>	300.00±108.97 <sup>ab</sup>
HA-D7	48.77±2.68 <sup>e</sup>	63.88±3.85 <sup>e</sup>	1.98±0.22 <sup>bcd</sup>	29.00±4.66 <sup>ab</sup>	203.55±29.04 <sup>cd</sup>	1.00±0.00 <sup>d</sup>	13.22±3.30 <sup>ab</sup>	371.66±129.85 <sup>ab</sup>
HA-LE	50.66±1.32 <sup>de</sup>	67.33±2.17 <sup>d</sup>	2.02±0.30 <sup>bcd</sup>	26.11±3.21 <sup>bc</sup>	210.00±14.15 <sup>bcd</sup>	1.00±0.00 <sup>d</sup>	11.77±2.80 <sup>abc</sup>	394.44±129.43 <sup>ab</sup>
HA-MT	57.33±0.50 <sup>ab</sup>	74.33±3.90 <sup>b</sup>	2.18±0.23 <sup>ab</sup>	25.77±4.86 <sup>bc</sup>	234.66±15.09 <sup>a</sup>	6.00±1.80 <sup>a</sup>	12.50±1.69 <sup>ab</sup>	455.55±168.53 <sup>b</sup>
HA-NO	57.00±0.00 <sup>b</sup>	74.66±4.35 <sup>b</sup>	2.04±0.28 <sup>abcd</sup>	27.55±5.36 <sup>b</sup>	230.66±30.56 <sup>ab</sup>	6.00±2.82 <sup>a</sup>	9.50±2.13 <sup>c</sup>	305.55±140.18 <sup>ab</sup>
HA-OM	52.00±1.50 <sup>d</sup>	70.33±3.04 <sup>c</sup>	2.01±0.29 <sup>abcd</sup>	26.22±3.19 <sup>bc</sup>	198.55±14.41 <sup>d</sup>	1.00±0.00 <sup>d</sup>	11.38±1.74 <sup>abc</sup>	322.22±120.18 <sup>ab</sup>

Tableau III : Détermination des paramètres de la qualité de l'huile des 12 collections de tournesol.

	<b>TH</b>	<b>IA</b>	<b>IS</b>	<b>IP</b>	<b>IE</b>	<b>TI</b>
HA-BA	290.51±152.94 <sup>b</sup>	22.72±14.24 <sup>abc</sup>	609.01±72.39 <sup>abc</sup>	2.35±0.65 <sup>b</sup>	593.24±78.34 <sup>abc</sup>	3.82±2.49 <sup>a</sup>
HA-D1	507.53±147.78 <sup>ab</sup>	23.46±8.14 <sup>abc</sup>	566.39±45.00 <sup>cd</sup>	2.48±0.22 <sup>ab</sup>	550.98±47.24 <sup>cd</sup>	4.17±1.50 <sup>a</sup>
HA-D2	475.04±185.19 <sup>ab</sup>	18.25±8.75 <sup>abc</sup>	511.86±72.25 <sup>de</sup>	1.82±0.37 <sup>cd</sup>	500.73±73.49 <sup>de</sup>	3.61±1.84 <sup>a</sup>
HA-D3	464.45±254.18 <sup>ab</sup>	25.73±9.87 <sup>ab</sup>	595.78±54.05 <sup>abc</sup>	2.16±0.37 <sup>bc</sup>	578.24±56.23 <sup>abc</sup>	4.36±1.81 <sup>a</sup>
HA-D4	754.46±398.13 <sup>a</sup>	26.40±14.95 <sup>abc</sup>	534.22±57.23 <sup>cde</sup>	1.71±0.25 <sup>d</sup>	515.38±67.75 <sup>cde</sup>	5.14±3.35 <sup>a</sup>
HA-D5	281.98±137.73 <sup>b</sup>	27.60±9.01 <sup>a</sup>	603.24±147.78 <sup>bcd</sup>	1.83±0.24 <sup>cd</sup>	583.71±148.62 <sup>cd</sup>	4.74±1.72 <sup>a</sup>
HA-D6	614.13±204.86 <sup>a</sup>	23.28±4.35 <sup>ab</sup>	602.03±50.07 <sup>abc</sup>	2.39±0.29 <sup>ab</sup>	586.21±49.49 <sup>abc</sup>	3.87±0.66 <sup>a</sup>
HA-D7	655.82±142.26 <sup>a</sup>	23.45±8.51 <sup>abc</sup>	657.39±57.31 <sup>a</sup>	1.80±0.42 <sup>cd</sup>	641.55±58.97 <sup>a</sup>	3.59±1.31 <sup>a</sup>
HA-LE	659.57±126.39 <sup>a</sup>	24.37±10.18 <sup>abc</sup>	643.57±35.29 <sup>ab</sup>	2.79±0.36 <sup>a</sup>	627.69±36.07 <sup>ab</sup>	3.78±1.53 <sup>a</sup>
HA-MT	317.78±22.51 <sup>b</sup>	20.08±6.50 <sup>abc</sup>	591.08±121.39 <sup>cd</sup>	2.13±0.43 <sup>bcd</sup>	578.21±122.03 <sup>bcd</sup>	3.49±1.29 <sup>a</sup>
HA-NY	409.28±98.23 <sup>ab</sup>	16.11±6.21 <sup>c</sup>	481.71±47.00 <sup>e</sup>	2.55±0.63 <sup>ab</sup>	472.64±47.34 <sup>e</sup>	3.35±1.21 <sup>a</sup>
HA-OM	506.79±262.19 <sup>ab</sup>	16.38±4.21 <sup>bc</sup>	472.06±46.24 <sup>e</sup>	2.30±0.31 <sup>ab</sup>	462.24±44.93 <sup>e</sup>	3.47±0.85 <sup>a</sup>

*Pour une colonne donnée, les valeurs affectées par la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil  $p > 0,05$ .*

DC : Diamètre au collet, NL : Nombre de Feuille, HP(PS) : Hauteur de la plante, NC : Nombre de Capitule, DDC(FHD) : Diamètre des capitule, NGC (NS) : Nombre de graine par capitule, DIBF : Date d'initiation des boutons floraux, D50F : Date de 50 % de floraison, TH : Teneur en huile, IA : Indice d'acide, IS : Indice de saponification, IP : Indice de peroxyde, IE : Indice d'ester, TI : Taux d'impureté

### III.1.3. Détermination des paramètres génétiques des caractères agronomiques et biochimique

Pour le diamètre au collet, le coefficient génotypique de variation (CGV) (8,31%) est faible tandis que le coefficient phénotypique de variation (CPV) (15,00%) est moyennement élevé (Tableau IV). Les valeurs de CGV et CPV sont élevées respectivement pour le nombre de feuilles (20,12% ; 25,33%), HP(PS) (23,40% ; 25,75%), le NC (133,06 ; 160,24%) et pour le NGC(NS) (28,75 ; 48,65) (Tableau IV). Cette observation suggère qu'il existe une large variabilité génétique et ces caractères sont sous contrôle des facteurs génétiques. Les valeurs du CGV et du CPV pour les D50%F (13,08% ; 13,50%) et la DBFI (13,34% ; 14,45%) sont moyennement élevées. Pour le DDC(FHD), le coefficient génotypique de variation est moyennement élevé (13,01%) alors que le coefficient phénotypique de variation est élevé (25,26%). Pour le rendement en graines, les valeurs du CGV (11,75%) et CPV (51,37%) sont respectivement moyennement élevées et élevées (Tableau IV).

Quant aux paramètres biochimiques, les valeurs du coefficient génotypique de variation varient entre 1,34% (IA) et 23,54% (IP) tandis que celles du coefficient phénotypique de variation oscillent entre 19,74% (IE) et 43,32% (TH) (Tableau V). Les valeurs du CGV et CPV sont élevées pour la teneur en huile (22,82% ; 43,32%) et l'indice de peroxyde (23,54% ; 30,30%), moyennement élevées pour l'indice de saponification (14,84% ; 19,69%) et l'indice d'ester (14,21% ; 19,74%). Pour l'indice d'acide, le coefficient génotypique de variation est faible (1,34%) alors que le coefficient phénotypique de variation est élevé (41,90%). Pour le taux d'impureté, les valeurs de CGV et de PCV ont présenté des valeurs de 45,48% et 21,30% (Tableau V).

Pour les caractères étudiés, les valeurs de l'héritabilité au sens large se situent entre 0,1% et 93,98% (Tableau V). Elles sont élevées pour les 50% de jours de floraison (93,98%), la date d'initiation des bourgeons floraux (89,16%), la hauteur de la plante (82,57%), le nombre de capitules par plante (68,96%) et pour le nombre de feuilles par plante (63,07%). Les valeurs moyennes ont été notées pour le diamètre au collet (30,70%) et le nombre de graines par capitule (34,93%) pour ce paramètre génétique. Pour l'héritabilité au sens large, la valeur est faible pour le diamètre des capitules (26,56%). La valeur de l'héritabilité au sens large est faible pour le rendement en graines (0,05) (Tableau V). Les valeurs d'héritabilité au sens large sont moyennement élevées pour IS (0,56), IP (0,60) et IE (0,51). Elles sont faibles pour la TH (0,27) et IA (0,001) (Tableau V).

Quant au gain attendu de la sélection, les valeurs sont comprises entre 0,01 (indice d'acide) et 119,96 (nombre de graines par capsule). Les valeurs du gain attendu de la sélection sont faibles pour le diamètre au collet (0,19), le nombre de feuilles par plante (8,53), le nombre de capitules par plante (5,50) et le diamètre des capitules (1,63) (Tableau V). Elles sont moyennement élevées pour les 50% de jours de floraison (18,17) et la date d'initiation des bourgeons floraux (14,15). La valeur du gain attendu de la sélection est élevée pour la hauteur de la plante (90,30) et pour le nombre de graines par capsules (119,96) ainsi que pour le rendement en graines (30,36) (Tableau V). Les valeurs du gain génétique ont été élevées pour TH (104,10), IS (131,87) et IE (98,23), Par contre les valeurs faibles étaient pour IA (0,01) et IP (0,66) (Tableau V).

Le gain estimé par rapport à la moyenne varie de 0,08 à 32,91. Les valeurs très élevées du gain par rapport à la moyenne sont respectivement 32,91% et 227,62% pour le nombre de NL et NC. Ces valeurs sont élevées pour la hauteur de la plante (43,80%), le nombre de graines par capsule (35,01%), les 50% du temps de floraison (26,13%) et la date d'initiation des bougeons floraux (26,54%) et moyennement élevée pour le diamètre des capitules (13,82%) et faible pour le rendement en graines (5,53%).

Cependant excepté l'indice d'acide (0,08%), les valeurs du gain par rapport à la moyenne ont été élevées pour la teneur en huile (24,76%) pour l'indice de saponification (23,04%) pour l'indice de peroxyde (37,69%) et pour l'indice d'ester (21,09%) (Tableau V).

Tableau IV : : Paramètres génétiques des caractères agronomiques

<b>Paramètres génétiques</b>	<b>DC</b>	<b>NL</b>	<b>Ps</b>	<b>NC</b>	<b>FHD</b>	<b>NS</b>	<b>D.50%F</b>	<b>DIBF</b>
Plus petite différence significative (PPDS) 5%	0,41	6,46	35,92	3,49	4,14	218,00	3,73	4,11
Plus petite différence significative (PPDS) 1%	0,54	8,56	477,59	4,63	5,49	288,67	4,94	5,44
Moyenne générale	2,02	25,91	206,15	2,41	11,81	342,63	69,51	53,32
Variance environnementale	0,06	15,92	49105,14	4,65	6,54	18083,34	5,30	6,43
Variance génotypique	0,02	27,19	2327,31	10,34	2,36	9708,60	82,7921	52,95
Variance phénotypique	0,0925	43,12	2818,45	14,99	8,90	27791,95	88,09	59,39
Coefficient de variation environnementale	12,49	15,39	10,74	89,28	6,54	39,24	3,31	4,75
Coefficient génotypique de variation (%)	8,31	20,12	23,40	133,06	13,01	28,75	13,08	13,64
Coefficient Phénotypique de variation (%)	15,00	25,33	25,75	160,24	25,26	48,65	13,50	14,45
Héritabilité (au sens large)	0,3070	0,6307	0,8257	0,6896	0,2656	0,3493	0,9398	0,8916
Gain attendu de la sélection	0,19	8,53	90,30	5,50	1,63	119,96	18,17	14,15
Gain génétique (GAM) (%)	9,49	919032	43,80	227,62	13,82	35,01	26,13	26,54

Tableau V : Paramètres génétiques de la qualité de l'huile

<b>Paramètres génétiques</b>	<b>TH</b>	<b>IA</b>	<b>IS</b>	<b>IP</b>	<b>IE</b>	<b>TI</b>
Plus petite différence significative (PPDS) 5%	308,56	18,72	148,32	0,80	152,89	3,60
Plus petite différence significative (PPDS) 1%	419,39	24,91	197,39	1,07	203,46	4,79
Moyenne générale	494,78	22,32	572,36	2,10	557,57	1,27
Variance environnementale	33205,98	87,44	5486,67	0,16	5829,71	3,23
Variance génotypique	12752,34	0,08	7214,63	0,24	6285,83	-0,70
Variance phénotypique	45958,33	87,53	12701,30	0,40	12115,55	2,52
Coefficient de variation environnementale	36,82	41,88	12,94	19,06	13,69	45,48
Coefficient génotypique de variation (%)	22,82	1,34	14,84	23,54	14,21	21,30
Coefficient Phénotypique de variation (%)	43,32	41,90	19,69	30,30	19,74	40,19
Héritabilité (au sens large)	0,27	0,001	0,56	0,60	0,51	-0,28
Gain attendu de la sélection	104,10	0,01	131,87	0,66	98,23	-0,35
Gain génétique (GAM) (%)	24,76	0,08	23,04	37,69	21,09	-23,25

DC : Diamètre au collet, NF : Nombre de Feuille, HP : Hauteur de la plante, NC : Nombre de Capitule, FHD : Diamètre des capitule, NGC : Nombre de graine par capitule, DIBF : Date d'initiation des boutons floraux, D50F : Date de 50 % de floraison, TNH : Teneur en huile, IA : Indice d'acide, IS : Indice de saponification, IP : Indice de peroxyde, IE : Indice d'ester, TI : Taux d'impureté. *Pour une colonne donnée, les valeurs affectées par la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil  $p > 0,05$ .*

### III.1.4. Matrice de corrélation entre les paramètres des accessions

La figure illustre l'interdépendance entre les paramètres agronomiques et biochimiques de 12 collections du tournesol. Les résultats révèlent que, La corrélation est positive et hautement significative entre, (IS et le IE), (D50%F et DBFI) ( $r= 1$ ), positive et significative entre le nombre de feuille(NL) et la taille des plantes(PS) ( $r= 0,90$ ) entre IA et TI ( $r= 0,80$ ) , Le diamètre des capitules (FHD) est significativement corrélé lié au nombre de graines par capitule(NS) ( $r= 0,70$ ). Toutefois, le nombre de graines par capitule est négativement lié au 50 % du temps de floraison, à la date d'initiation des bourgeons floraux ( $r= -0,70$ ).

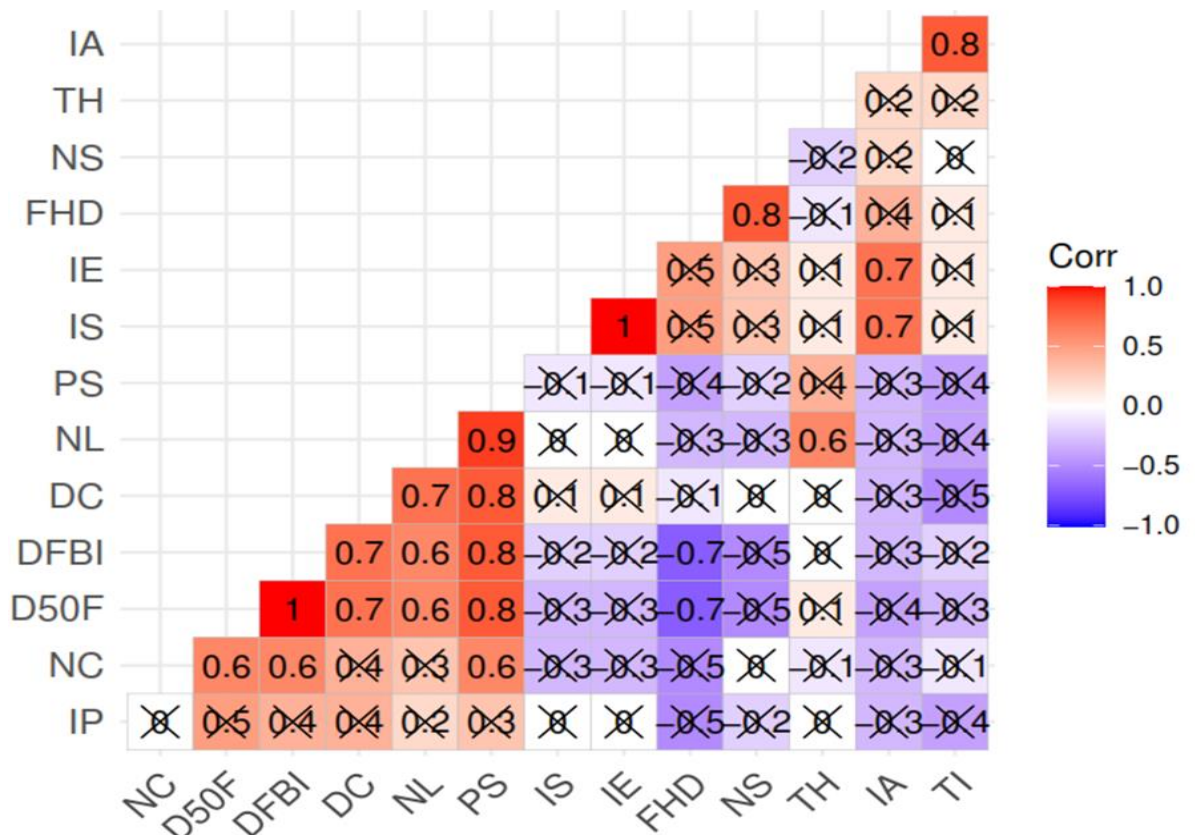


Figure 3 : Matrice de Corrélation entre les différentes collections du tournesol

Les cases foncées de couleurs rouges et bleues montrent des \*\*corrélations hautement significatives ( $p < 0,01$ ), et les cases moins foncées de couleurs rouges et bleues montrent des \*corrélations significatives ( $p < 0,05$ ).

### III.1.5. Analyse en Composante Principale

La figure représente le bip lot de l'analyse en composante principale qui permet de ressortir Les corrélations entre les génotypes et les variables selon les axes 1 et 2 dont l'ensemble des résultats explique 61%. Les variables : diamètre au collet, nombre de graine par capitule, teneur en huile, sont corrélées à l'axe 1 qui explique 42% des résultats. En revanche, l'axe 2 qui

explique 19% des résultats, est lié aux variables telles que le diamètre des capitules et l'indice d'acide. Au sein du biplot, l'on distingue quatre groupes variétaux :

- Les accessions HA-D3, HA-D7 et HA-LE sont associées aux indices d'ester, de saponification et d'acide, au rendement en graines, au nombre de capitule, au nombre de graines et au taux d'impureté ;
- Les collections HA-D6 et HA-MT sont liées à la teneur en huile, à l'indice de peroxyde, à la date d'initiation des bourgeons floraux, les 50% des jours de floraison, la hauteur de la plante, le nombre de feuilles et le diamètre au collet ;
- Les accessions HA-D1, HA-D4 et HA-BA sont associées au nombre de graines.
- Et les collections HA-D2, HA-D5, HA-OM et HA-NO ne sont associées à aucune variable.

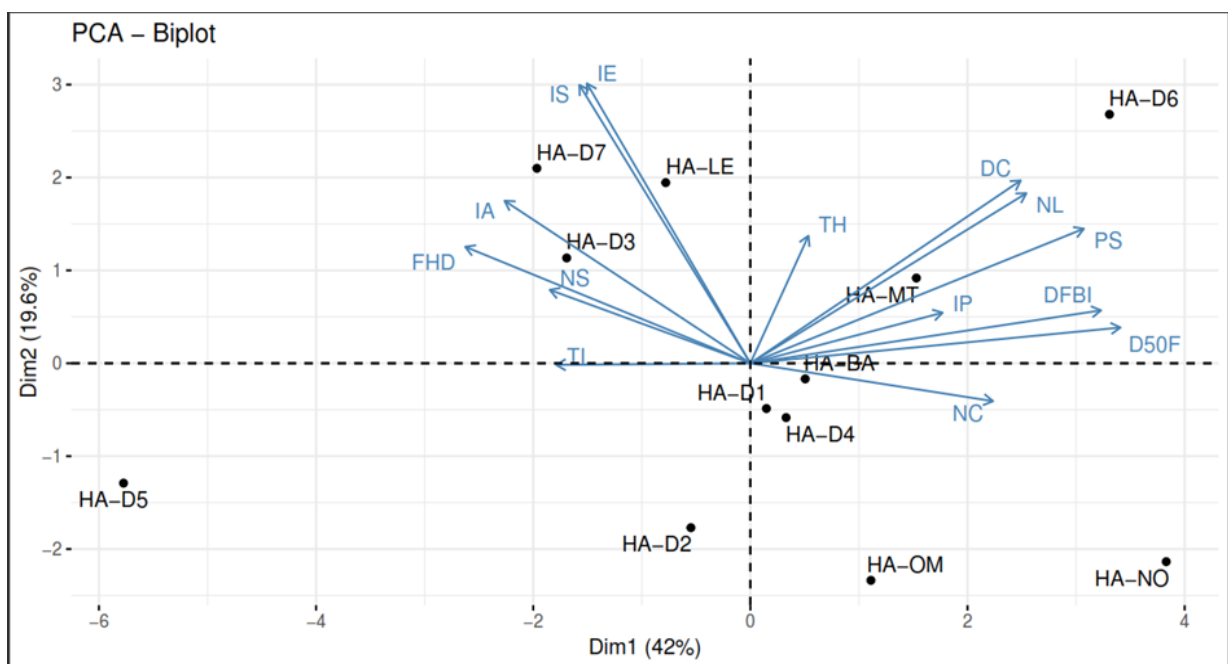


Fig. 3 : Analyse en composante des paramètres agronomiques et biochimiques de 12 collections du tournesol.

DC : Diamètre au collet, NF : Nombre de Feuille, HP : Hauteur de la plante, NC : Nombre de Capitule, DDC (FHD) : Diamètre des capitule, NGC (NS) : Nombre de graine par capitule, DIBF : Date d'initiation des boutons floraux, D50F : Date de 50 % de floraison, TH : Teneur en huile, IA : Indice d'acide, IS : Indice de saponification, IP : Indice de peroxyde, IE : Indice d'ester, TI : Taux d'impureté.

### III.1.6. Classification Ascendante Hiérarchique

La classification réalisée sur les individus fait apparaître 4 classes.

La **classe 1** est composée d'individus tels que HA-BA, HA-D5 et HA-MT. Ce groupe est caractérisé par : de faibles valeurs pour les variables TH et NL (de la plus extrême à la moins extrême). La **classe 2** est composée d'individus tels qu'HA-NO et HA-OM. Ce groupe est caractérisé par : de faibles valeurs pour les variables IA, IS et IE (de la plus extrême à la moins extrême). La **classe 3** est composé d'individus partageant : des variables dont les valeurs ne diffèrent pas significativement de la moyenne. La **classe 4** est composée d'individus tels que HA-D4, HA-D7 et HA-LE. Ce groupe est caractérisé par : de fortes valeurs pour la variable TH.

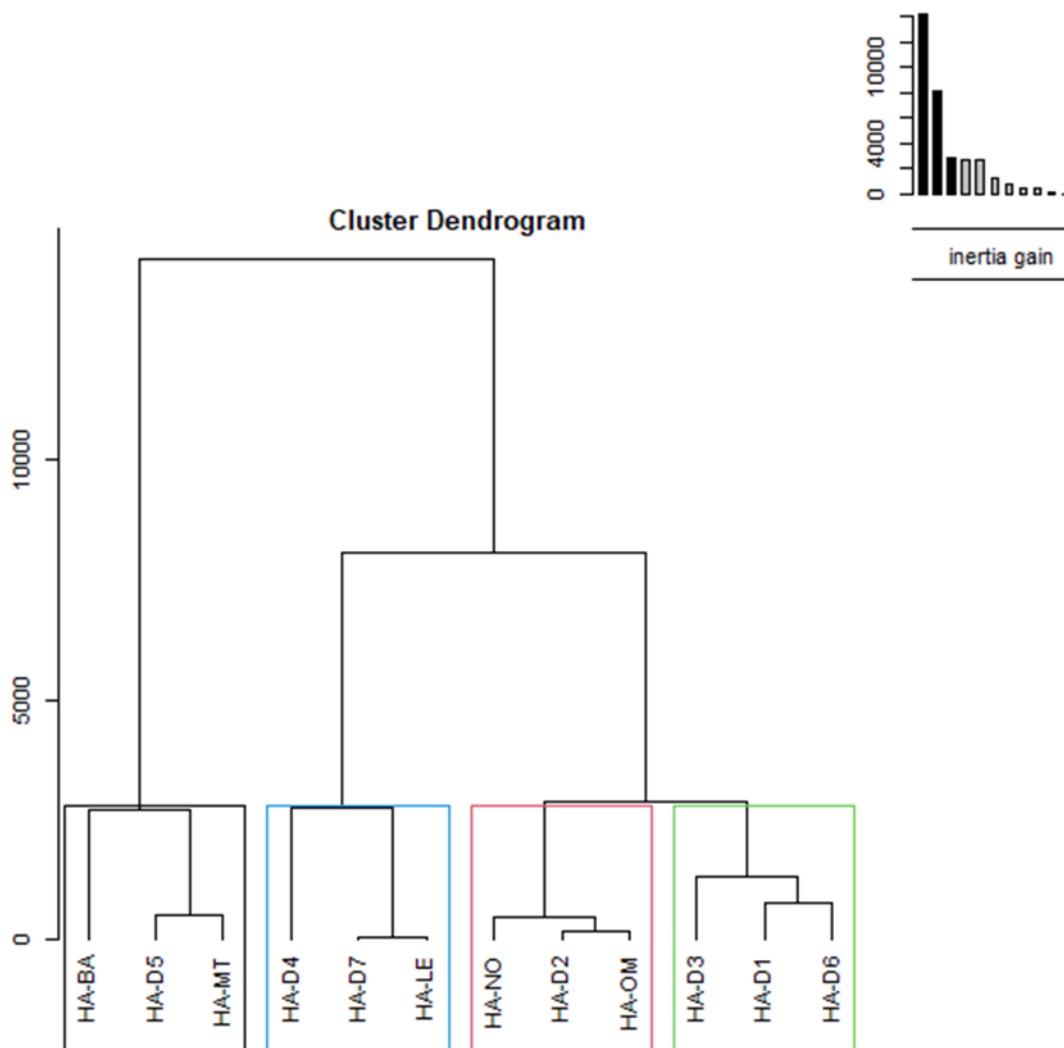


Fig. 4: Dendrogramme des différentes collections de tournesol.

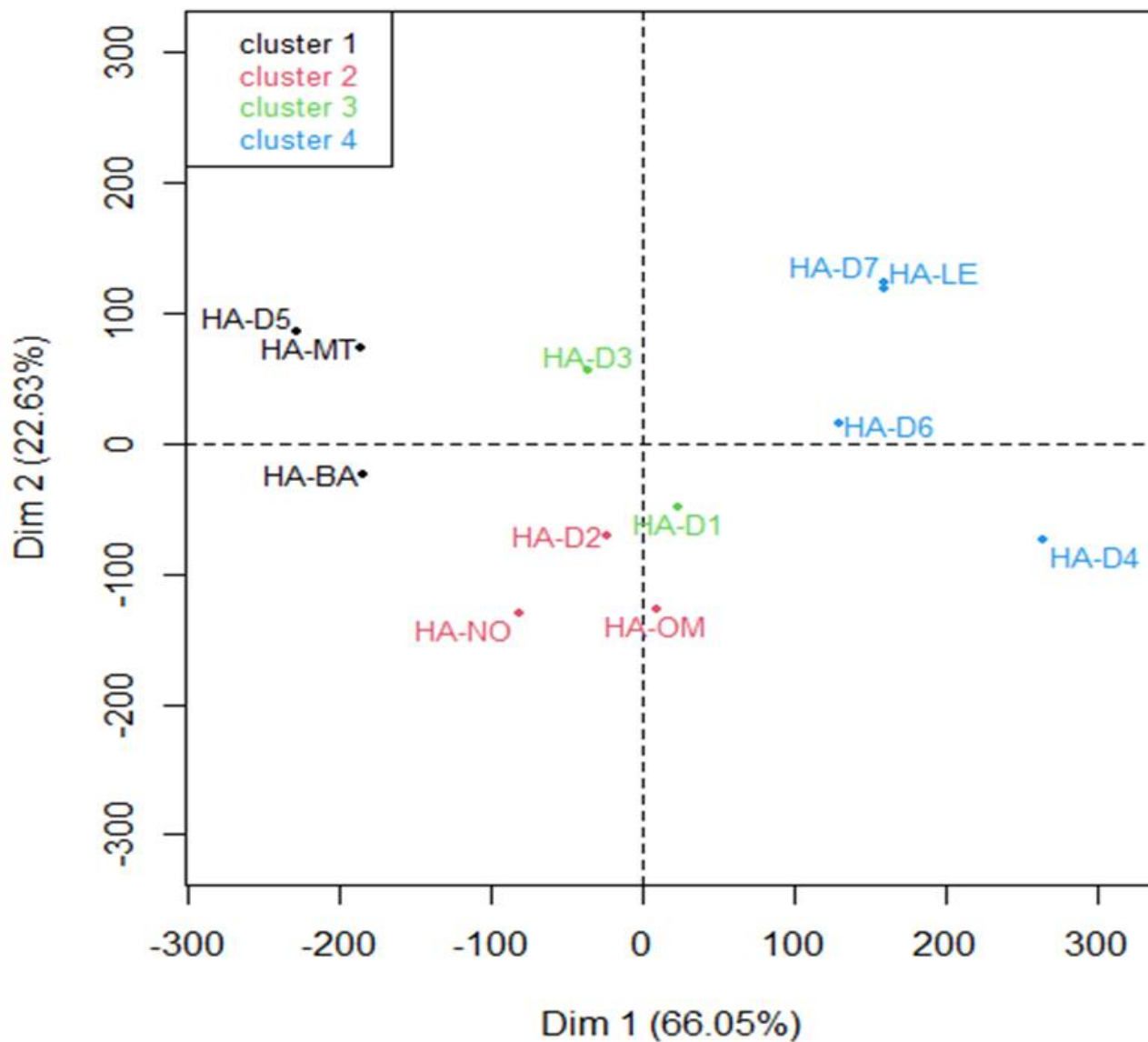


Fig. 5 :Classification Ascendante Hiérarchique des individus

### III.2. Discussion

Les différences non significatives entre les accessions du tournesol pour le diamètre au collet suggèrent que les variétés utilisées ne diffèrent pas selon leur patrimoine génétique. Ainsi, il serait nécessaire d'étendre les travaux sur plusieurs variétés du tournesol afin de procéder au criblage des accessions possédant une large variabilité génétique pour le diamètre au collet.

Pour la hauteur moyenne des accessions de tournesol, les différences observées confirment les travaux de El-nenny *et al.* (2021) qui ont montré que, la hauteur des plantes varie selon les génotypes ; et les valeurs notées se situent entre 149,8 et 169,7 cm. Les travaux de Pandya *et al.* (2016) ont révélé des résultats variables pour la hauteur de la plante (113,51 – 175,49). Pour cette composante du rendement, la variété HA-D6 pourrait être utilisée comme potentiel génotype à l'effet d'être intégré dans un programme d'amélioration du rendement en graines.

Quant aux nombres de feuilles, les variations observées entre ces collections révèlent une diversité génétique pour ce paramètre. Pandya *et al.* (2016) ont obtenu des valeurs qui oscillent entre 21,60 et 42,05 pour ce caractère. Selon ces auteurs, la variabilité notable contribuerait à une meilleure amélioration de ce caractère.

L'analyse de variance montre que, aucune différence significative n'a été observée entre les collections utilisées pour le nombre de graine par capitule. Contrairement à cette observation, Pandya *et al.* (2016) ont obtenu des valeurs qui se situent entre 468,77 et 837,02. Selon ces auteurs, les différences observées seraient dues à la nature génotypique et les conditions pédoclimatiques.

Concernant la date de 50% de floraison, la variabilité génétique est notable. Les collections HA-D5, HA-D7 et HA-MT sont plus précoces peuvent être intégrées dans un programme d'hybridation en vue de développer des formes variétales pour la précocité. Ces résultats sont similaires à ceux de Pandya *et al.* (2016) qui ont enregistré des valeurs qui oscillent entre 56,33 et 69,67 jours.

L'analyse de variance montre qu'il existe une différence significative pour la date d'initiation des bourgeons floraux entre les 12 collections. La variété précoce HA-D5 pourrait être intégrée dans un programme de création variétale pour la précocité.

L'accession HA-NO a l'indice d'acide le moins élevé. En raison de cette valeur, cette accession posséderait d'huile comestible de bonne qualité et pouvant être également utilisée en industrie dans le cadre de la fabrication de peinture. Les travaux de Borchani *et al.* (2010) portant sur l'évaluation des indices d'huile des graines du sésame, ont révélé que, l'indice d'acide est de  $2,50 \pm 0,15$  mg KOH/g.

Pour l'indice d'ester, les différences observées entre les accessions du tournesol atteste de l'existence d'une variabilité exploitable au travers des hybridations. Selon Belsare et Badne (2017), les valeurs élevées d'indice d'ester seraient liées à la quantité élevée d'ester et du faible poids moléculaire des acides phytiques. Suite aux travaux portant sur les graines du sésame, Belsare et Badne (2017) ont obtenu 188,639 mgKOH/g pour l'indice d'ester.

L'accession HA-D7 a un indice de saponification élevé. Ceci suggère que l'on peut retenir cette collection afin d'être intégrée dans un programme de création variétale visant à être utilisée comme potentielle accession de par la qualité d'huile utilisable comme corps gras et pour la fabrication du savon. Nwinuka et Nwiloh (2009) ont obtenu  $122,49 \pm 2,591$  mgKOH/g pour l'indice de saponification d'huile des graines de *Jatropha curcas*.

Les valeurs d'indice de peroxyde des différentes accessions sont faibles. Cependant, les collections du tournesol dont l'indice de peroxyde est élevé ne sont pas prioritaires afin que l'huile soit utilisée car cette huile aurait une forte odeur et une saveur désagréable. La valeur obtenue est en déca de 10 meq KOH/g établie par Codex Alimentarius des huiles d'arachide. Les faibles valeurs d'indice de peroxyde de 12 collections suggèrent que ces accessions sont à préconiser en termes d'utilisation d'huile. Hassan et Wawata (2018) travaillant sur l'huile des graines du sésame, ont noté  $9,4 \pm 0,0$  meq H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/g pour l'indice de peroxyde.

Toutefois aucune différence n'a été notée entre les accessions utilisées pour le taux d'impureté. Les travaux de Achu *et al.* (2006) ont montré que, le pourcentage d'impureté significativement élevé des cultivars serait dû à l'extraction d'huile sous une chaleur et analysée sans purification. La valeur élevée du taux d'impureté pourrait être également due à la méthode de transformation, les conditions et la durée de conservation des graines et la méthode d'extraction d'huile (Achu *et al.*, 2006).

Globalement, les valeurs des coefficients génotypiques et phénotypiques de variation indiquent l'expression stable de tous paramètres étudiés et une moindre influence de la variance environnementale (Tableau IV). Pour le diamètre au collet, le coefficient génotypique de

variation (CGV) (8,31%) est faible tandis que le coefficient phénotypique de variation (CPV) (15,00%) est moyennement élevé. Les valeurs de CGV et CPV sont élevées respectivement pour le nombre de feuilles (20,12% ; 25,33%), la hauteur de la plante (23,40% ; 25,75%), le nombre de capitule (133,06 ; 160,24%) et pour le nombre de graines par capitule (28,75 ; 48,65). Cette observation suggère qu'il existe une large variabilité génétique et ces caractères sont sous contrôle des facteurs génétiques. Tesfaye, (2021) travaillant sur *Allium sativum* ont obtenu des valeurs élevées de CGV (241,99) et CPV (257,84). Hassan et *al.* (2012) ont noté des valeurs élevées de CGV et CPV pour la hauteur de plante. Des faibles valeurs de CGV et CPV ont été obtenues par Janamma et *al.* (2008) pour le nombre de graines par capitule. Les valeurs du CGV et du CPV pour es 50% de jours de floraison (13,08% ; 13,50%) et la date d'initiation des bourgeons floraux (13,34% ; 14,45%) sont moyennement élevées. Ces résultats corroborent à ceux de Manivannan et *al.* (2022) qui ont noté respectivement 10,49% et 10,09 % pour les valeurs de PCV et GCV. Pour le diamètre de capitule, le coefficient génotypique de variation est moyennement élevé (13,01%) alors que le coefficient phénotypique de variation est élevé (25,26%). Ces résultats sont similaires à ceux de Manivannan et *al.*, (2022) qui noté respectivement 20,24% et 14,98% de PCV et GCV.

L'information sur la nature de l'héritabilité au sein d'une population est l'un de critères fondamentaux pour un programme de sélection visant à retenir les génotypes qui présentent les caractères souhaitables (Dudly et Moll, 1969). Pour les caractères étudiés, Les valeurs de l'héritabilité au sens large se situent entre 26 % et 93,98% (TableauIV). Elles sont élevées pour les 50% de jours de floraison (93,98%), la durée d'initiation des bourgeons floraux (89,16%), la hauteur de la plante (82,57%), le nombre de capitules par plante (68,96%) et pour le nombre de feuilles par plante (63,07%). Les travaux menés par Manivannan et *al.* (2022) ont révélés que, les valeurs d'héritabilité au sens large sont élevées pour la hauteur de la plante (67,28%), les 50% de jours de floraison (94,07%). Neelima et *al.*, (2016) ont noté également 91,65% et 77,50% pour la hauteur de la plante et les 50% de jours de floraison. La valeur d'héritabilité au sens large pour le nombre de feuilles est faible, soit 0,31 (Bartaula et *al.*, 2019). Les valeurs moyennes ont été notées pour le diamètre au collet (30,70%) et le nombre de graines par capitule (34,93%) pour ce paramètre génétique. Pour l'héritabilité au sens large, la valeur est faible pour le diamètre des capitules (26,56%). Contrairement à ces résultats, Manivannan et *al.*, (2022) ont noté une valeur d'héritabilité au sens large moyenne pour le diamètre des capitules (54.80%).

Quant au gain attendu de la sélection, les valeurs sont comprises entre 19,26% et 119,96%. Les valeurs du gain attendu à la sélection sont faibles pour le diamètre au collet (0,19), le nombre de feuilles par plante (8,53), le nombre de capitules par plante (5,50) et le diamètre des capitules (1,63). Elles sont moyennes pour les 50% de jours de floraison (18,17) et la date d'initiation des bourgeons floraux (14,15). La valeur du gain attendu de la sélection est très élevée uniquement pour le nombre de graines par capitules (119,96). Suite aux travaux de Venkata et *al.*, (2014), les valeurs obtenues de ce paramètre génétique sont faibles pour le les 50% de jours de floraison (3,30) et le diamètre des capitules (3,33) alors celle de la hauteur de plante est élevée (32,22).

Le gain estimé par rapport à la moyenne varie entre 9,49 et 43,80. Les valeurs du gain par rapport à la moyenne sont respectivement 43,80 et 227,62% pour la hauteur de la plante et le nombre de capitules par plante. Ces valeurs sont moyennes pour la hauteur de la plante (43,80%), le diamètre des capitules (13,82%), le nombre de graines par capsule (35,01%), les 50% du temps de floraison (26,13%) et la durée de maturation des bougeons floraux (26,54%). Ces résultats corroborent à ceux de Manivannan et *al.* (2022) qui ont noté respectivement 20,17%, 30,25% et 22,85% pour les 50% de jours de floraison, la hauteur de la plante et le diamètre des capitules. Au contraire, Neelima et *al.* (2016) ont obtenu 62,61% pour la valeur du gain génétique par rapport à la moyenne pour la hauteur de plante.

Dans l'ensemble, Les valeurs d'héritabilité au sens large et celles du gain génétique laissent présager une efficacité de la sélection et des améliorations attendues pour ces caractères à l'avenir (Sheshaiah et Shankergoud, 2015). L'héritabilité d'un caractère ne dépend pas seulement du facteur génétique, elle dépend aussi des conditions environnementales auxquelles un individu est soumis (Falconer, 1970). Ainsi, la variance génétique notoire est probablement due à la moindre influence de l'environnement sur l'expression des caractères étudiés. L'héritabilité élevée combinée à au gain génétique élevé suggèrent que ces caractères sont régis en grande partie par l'effet additif des gènes et que l'amélioration de ces caractères peut être obtenue par une simple sélection phénotypique (Venkata et *al.*, 2014). Les caractères hautement héréditaires dont le gain génétique et moyen pourraient être améliorés par la sélection de plantes individuelles, tandis que les caractères à forte héritabilité et à faible valeur du gain génétique indiqueraient peu de possibilités d'amélioration par sélection individuelle des plantes (Sharma et *al.*, 2017).

## **CHAPITRE IV. CONCLUSION ET PERSPECTIVES**

#### **IV.1. Conclusion**

La présente étude visait à évaluer les performances agronomiques et biochimiques de 12 collections de tournesol dans la zone agroécologique V du Cameroun dans l'optique d'un programme de sélection variétale. Les coefficients phénotypiques et génotypiques de variation sont élevés pour le nombre de feuilles, la hauteur de la plante, le nombre de capitule, le nombre de graines par capitule, la teneur en huile et pour l'indice de peroxyde pour. Cette observation suggère une prépondérance de la variance génétique et la moindre influence des facteurs environnementaux. Les valeurs d'héritabilité au sens large sont élevées pour les 50% de jours de floraison, la date d'initiation des bourgeons floraux, la hauteur de la plante, le nombre de capitules par plante et pour le nombre de feuilles par plante. Elles sont moyennement élevées pour l'indice de saponification, l'indice peroxyde et pour l'indice d'ester. Ceci atteste la moindre influence des facteurs environnementaux. Pour le gain attendu de la sélection, les valeurs sont élevées pour la hauteur de la plante et le nombre de graines par capitules, la teneur en huile, l'indice de saponification et l'indice d'ester. Les valeurs d'héritabilité au sens large et celles du gain attendu de la sélection indiquent que pour la hauteur de la plante, il y a une forte implication des gènes à effets additifs. Ainsi, Les collections HA-MT, HA-D6 et HA-D3 pourront être intégrées dans un programme de sélection pour les paramètres (PS, NC,). L'adoption des stratégies efficaces et efficaces d'hybridation pourra être envisagée à l'effet de recourir aux accessions HA-D4, HA-NO et HA-D7 à utiliser afin d'améliorer les paramètres biochimiques étudiés. Au regard des faibles valeurs des 50% des jours de floraison et la date d'initiation des bourgeons floraux, la variété HA-D5 est à préconiser pour la création des variétés précoces

#### **IV.2. Perspectives**

Pour approfondir cette recherche, il serait intéressant :

- Etudier les interactions Génotype x Environnement des paramètres agronomiques et biochimiques ;
- Faire l'analyse diallele du profil lipidique et les antioxydants de l'huile des différents génotypes du tournesol ;
- Utiliser les marqueurs moléculaires afin de procéder à la sélection des accessions dont le rendement est relativement élevé.

# **BIBLIOGRAPHIE**

## BIBLIOGRAPHIE

- Abdelsatar MA, Ahmed AAE-H, & Ibrahim SE-LK., 2020. Genetic variability and selection criteria of some sunflower genotypes under different pollination methods. *Acta agriculturae Slovenica*. 116(1) : 35-47.
- Achu MB, Fokou E, Tchiégang C, Fotso M & Tchouanguép MF., 2006. Chemical characteristics and fatty acid composition of cucurbitaceae oils from Cameroon. *IUFoST*. 1249-1259.
- Anonyme 1, 2010. Analyses de Cycle de Vie appliquées aux biocarburants de première Génération consommée en France, Rapport final, Direction Production et Energies Durables (DEPD), 236 p.
- Anonyme 2, 2023. L'État de la sécurité alimentaire et de la nutrition dans le monde 2023).
- Anonyme 2, 2022. <https://www.fao.org/faostat/en/#data>
- Anonyme 3, 2002. Tournesol : les techniques culturales, le contexte économique. Grignon, CETIOM, 36p.
- Anonyme 4, 2011. Journal officiel de la république algérienne N° 64. La méthode de Détermination De l'indice de saponification des corps gras d'origine animale et végétale. P2.
- Anonyme 4, 2011. La méthode de détermination de l'indice de peroxyde des corps gras D'origine Animale et végétale. p4.
- Anonyme 4, 2012. Journal officiel de la république algérienne N° 68. La méthode de Détermination.
- Anonyme 5, 1981. Recueil des Normes Françaises. Corps Gras, Graines Oléagineuses, Produit D'érivées, 2nd Edition, AFNOR(Agence Française de Normalisation), Paris, 1981.
- Allard, R.W., 1960. Principles of Plant Breeding. John Willey and Sons. Inc. New York. 485p.
- Arnaud, F., 1986. Cahier Technique tournesol : plante-sélection, Ed. Cetiom, 28 p.
- Baraiya, V., & Patel, H., 2018. Genetic variability, heritability and genetic advance for seed yield in sunflower (*Helianthus annus L.*). 2141-2143.
- Barka A., 2016. Evaluation des indices de nature physicochimique de quelques huiles Alimentaires de friture et impact sur la santé du consommateur. Master en science des aliments, Département de Biologie, Université de Tlemcen, 74p.
- Bauchot A.D. et Merrien A., 1988. Teneur en protéines des graines de tournesol et état protéique Foliaire : revue bibliographique. Informations techniques CETIOM, 101, 18-28.
- Belsare GW & Badne SG., 2017. "Study on Physicochemical Characterization of Edible Oils

- from Agencies of Buldhana District”, *International Journal of Research in Pharmacy and Chemistry*. 7(4): 525-529.
- Benaissa Z.,2017. Contribution à l'étude physico-chimique et de pouvoir antimicrobienne des Huiles alimentaires après fritures. Impact sur leurs qualités. *Sciences des aliments*. P2
- Berger M., Ayerdi-Gotor A., Sarrafi A., Maury P., Daydé J., Calmon A., 2010. Que sait-on du Déterminisme de la qualité des huiles de tournesol face aux nouvelles attentes ? *OCL - Oleagineux, Corps Gras, Lipides*; 17, 171-184.
- Berot S. et Briffaud J., 1983. Parameters for obtaining concentrates from rapeseed and sunflower meal. *Qualitas Plantarum Plant Foods for Human Nutrition*, 33, 2, 237-242.
- B.Tedjini, 2006. Extraction des huiles essentielles et des concrètes de l'inule visqueuse, Hassan Badi EL-Harrach Alger, p
- Bonjean, A., 1993. Le tournesol. Les éditions de l'environnement. 242 p.
- Borchani C, Besbes S, Blecker CH & Attia H.,2010. Chemical characteristics and oxidative stability of sesame seed, sesame paste, and olive oils. *Journal of Agriculture, Science and Technology*.12: 585-596.
- Boyles S & Johnson L., 1988. Extension focus on livestock nutrition and alternative feeds. EF-12. NDSU.
- Canalon P., 1971. Chemical composition of sunflower seed hulls. *Journal of the American Oil Chemist's Society*, 48, 629-632.
- Charlet, L.D., G.J. Brewer, and B. Franzmann.,1997. Insect pests. In: A.A. Schneiter, editor *Sunflower technology and production*. Agron. Monogr. 35. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI. p. 183–261
- Christov, M., 2008. Helianthus species in breeding research in sunflower. In: L. Velasco, editor, *Proceedings of the 17th International Sunflower Conference*, Cordoba, Spain. 8–12 June 2008. International Sunflower Association, Paris. p. 709–714.
- Codex alimentarius.,1983. Annexe v. avant. projet de norme pour les huiles végétales portant un nom scientifique. Compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. *Actualité en chimie* n°270 :108-115
- Connor D.J. et Hall A.J., 1997. Sunflower physiology. In: *Sunflower Technology and Production*, Agronomy Monograph, ed.A.A.Schneiter and A.A.Seiler, American Society of Agronomy, p.113-182.
- Carré P., 1953. Précis de technologie industrielle, T3, Ed. Ballière et fils.
- Carvalho LG, Veldtman R, Shenkute AG, et al. 2011. Natural and within-farmland

- biodiversity enhances crop productivity. *Ecol Lett* 14: 251–259.
- Dabholkar A.R., 1992. *Elements of Biometrical Genetics, Concept Publication. New Delhi.* 431p.
- Desanlis M., 2013. *Analyse et modélisation des effets de la conduite de culture sur deux Maladies cryptogamiques majeures du tournesol : Phomamacdonaldii et Phomopsis helianthi* Castanet Tolosan, France. Thèse de l'Institut National Polytechnique de Toulouse, 102 p.
- Dauguet S., 2019. Les bonnes pratiques de stockage du tournesol, 3p.
- Dudly JW, Moll RH., 1969. Interpretation and use of estimates of heritability and genetic variance in plant breeding. *Crop Science*, 9: 257-267.
- Devienne, S., Bazin, G., & Charvet, J.-P., 2005. Politique agricole et agriculture aux États-Unis : Évolution et enjeux actuels. *Annales de géographie*, 641(1), 3-26.
- Driskell, J. A., & Wolinsky, I., 2009. Nutritional Concerns in Recreation, Exercise, and Sport.
- El-nenny, E. M. M., Abou Mowafy, M. R., Shawky, A. M., Hoda E. A. Ibrahim., 2021. Genetic variability, evaluation and multivariate analysis for yield and yield components in Sunflower (*Helianthus annuus* L.), *International Journal of Agricultural Invention*, 6(1): 162-171.
- Encheva, J., Tsvetkova, F., & Ivanov, P., 2002. Creating genetic variability in sunflower through the direct organogenesis method, independently and in combination with gamma irradiation, 25(37), 85-92.
- Falconer D. S., 1970. *Introduction to Quantitative Genetics.* Longman and Groups Ltd., London, UK.
- Farshadfar, E., H. Romena and H. Safari., 2013. Evaluation of variability and genetic parameters in agro- physiological traits of wheat under rain-fed condition. *Int. J. Agric. and Crop Sci.* 5(9): 1015-1021.
- Faure, N, Serieys, H. and Bervillé, A., 2002. Potential gene flow from cultivated sunflower to volunteer, wild *Helianthus* species in Europe. *Agriculture, Ecosystems and environment*, 89: 183-198.
- Fozia A., Muhammad AZ., Muhammad A. & Zafar MK., 2008. Effect of chromium on growth attributes in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Journal of Environment and Science*, 20(12): 1475-1480.
- Garcés, R., Martínez-Force, E., Salas, J. J., & Venegas-Calerón, M., 2009. Current advances in sunflower oil and its applications. *Lipid Technology*, 21(4), 79-82.

- Ghanffari, M. 2004. Use of Principal component analysis method for selection of superior three way cross hybrids in sunflower. *Seed and Plant*, 19(4): 513-527.
- Giolitti, F., and S.L. Lenardon. 2016. Sunflower mosaic virus. In: R.M. Harveson, S.G. Markell, C.C. Block, and T.J. Gulya, editors, *Compendium of sunflower disease and insect pests*. American Phytopathological Society Press, St. Paul, MN. p. 73 –74.
- Gnis., 2008. Cultivons la diversité des plantes cultivées (avoine, blé dur, blé tendre, brome, Colza, épeautre, lin, luzerne, maïs, orge, phacélie, pois, ray-grass anglais, raygrass d'Italie, sainfoin, sarrasin, seigle, sorgho, tournesol, trèfl es, triticale, vesce...). Association Inven terre, membre du GRAINE Ile-de-France.
- Guégen J., 1992. Extraction et purification des protéines végétales. *Analysis Magazine*, 20, 35-37.
- Gulya, T.J., K.Y. Rashid, and S.M. Maširević., 1997. Sunflower diseases. In: A.A. Schneiter, editor, *Sunflower technology and production*. Agron. Monogr. 35. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI. p. 21–65.
- Guibert H., Kueteyim PK., Bassala PJ., 'Biandoun M., 2016. Intensifier la culture du maïs Pour améliorer la sécurité alimentaire : le producteur du Nord Cameroun y a-t-il intérêt.
- Guo S, Ge Y, Jom KN.,2017. A review of phytochemistry, metabolite changes, and medicinal uses of the common sunflower seed and sprouts (*Helianthus annuus L.*). *Chemistry Central Journal*, 11(1), 95.
- Hamiroune A, Fekrache M.,2018. Caractérisation physique ou chimique de l'huile d'olive variété chemlal des déférentes wilayas de l'Algerie. *Science alimentaires. Biotechnologie microbienne*.
- Harter AV, Gardner KA, Falush D, Lentz DL, Bye RA & Rieseberg LH.,2004. Origin of extant domesticated sunflower in eastern North America. *Nature*. 430(6996): 201-205.
- Hassan A & Wawata IG.,2018. Physicochemical analyses of sesame (*Sesamun indicum L.*) seed oil and soap produced from the oil. *Equity Journal of Science and Technology*. 5(1): 162-167.
- Hassan SMF, Iqbal MS, Rabbani G, Naeem-ud-Din & Shabbir G.,2012. Genetic variability, heritability and genetic advance for yield and yield components in sunflower (*Helianthus annuus L.*). *Electronic Journal of Plant Breeding*. 3 (1): 707-710.
- Heiser, C. B., 1976. *Seed to civilization: The story of food*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Heiser, C. B., 1976. *The Sunflower*, University of Oklahoma press, USA. 30: 1-2.
- Heiser, C B., 1976. *The sunflower*.Norman, Okla.

- Hoes, J.A., E.D. Putt, and H. Enns., 1973. Resistance to *Verticillium* wilt in collections of wild *Helianthus* in North America. *Phytopathology* 63:1517–1520.
- Harwood J.L., 1988. Fatty acids metabolism. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 39, 101-138.
- Ismail A, Arafat S., 2014. Quality Characteristics of High-Oleic Sunflower Oil Extracted from Some Hybrids Cultivated under Egyptian Conditions. *Helia* 37(60).
- Janamma, P., Jabeen, F. and Ranganatha, A.R.G.,2008. Genetic variability in sunflower (*Helianthus annuus* L.) genotypes. *J Oilseeds Res*, 25: 73-74
- Johnson HW, Robinson HF & Comstock RF.,1955. Estimations de la variabilité génétique et Environnementale du soja. *Journal of Agricultural Science*. 47: 314-318.  
De l'indice d'acide des corps gras d'origine animale et végétale. p19
- Kishore, N.S., Srinivas, T., Nagabhushanam, U., Pallavi, M. and Sameera, S.K., 2015. Genetic variability, correlation and path analysis for yield and yield components in promising rice (*Oryza sativa* L.) genotypes. *SAARC Journal of Agriculture*, 13(1): 99-108.
- Knodel, J.J., L.D. Charlet, and J. Gavloski.,2015. Integrated pest management of sunflower insect pests in the northern Great Plains. *NDSU Ext. Service Bull. S1547*. North Dakota State Univ., Fargo, ND.
- Krishna V, Prashanth Y, Yojeeswarudu B, Maurya K.,2014. Pollination efficiency of honeybees in sunflower (*Helianthus annuus* L). *Journal of Agriculture and Life Science* 1(2) : 92–95.
- Kunduraci, B. S., Bayrak A., & Kiralan, M.,2010. Effect of essential oil extracts from oregano (*Origanum onites* L.) leaves on the oxidative stability of refined sunflower oil. *Asian Journal of Chemistry*, 22(2): 1377-1386.
- Lahouel H., 2019. Etude de l'adaptation et la productivité (rendement et qualité des huiles) du Tournesol en conditions de déficit hydrique. Thèse de doctorat : Université Ibn Khaldoun Tiaret. 154p.
- Laisney J., 1984. L'huilerie moderne. Ed.Masson, 79-86.
- Lienou G., Gil Mahe, Jean E.P., Éric S., Daniel S., Georges E.E., Alain D. & Claudine D., 2008. Evolution des régimes hydrologiques en région équatoriale Camerounaise : un impact de la variabilité climatique en Afrique équatoriale ? *Hydro. Sci. J.*, 53(4): 780-801.
- Lecomte V., Nolot J.M.,2011. Place du tournesol dans le système de culture. *Innovations agronomiques* 14, 59-76.
- Leclercq P., 1969. Une stérilité cytoplasmique chez le tournesol. *Ann. Amélior Plantes* 19: 99-106.

- Liu, Z., J. Feng, and C.C., 2009. Genomic in situ hybridization (GISH) as a tool to identify chromosomes of parental species in sunflower interspecific hybrids. In: Proceedings of the 31st Sunflower Research Workshop, Fargo, ND. 13–14 Jan. 2009.
- M.Philippe EVON., 2008. Nouveau procédé de bio raffinage du tournesol plante entière par fractionnement thermo-mécano-chimique en extruder bi-vis : étude de l'extraction aqueuse des lipides et de la mise en forme du raffinat en agro matériaux par thermo moulage, thèse de doctorat, 'Université de Toulouse.
- Maertens, C. and Bosc M. 1981. Etude de l'évolution de l'enracinement du tournesol (var. Stadium). Inf. Techn. CETIOM, no. 73, p. 3-11.
- Manivannan N., Reavanth T., Sasikala R. and Rajendran L., 2022. Genetic Variability and Association Analysis for Yield and Its Component Traits in Sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Madras Agricultural Journal*. 109 (7-9): 56-60.
- Marc, J. and Palmer, J.H. 1978. A sequence of stages in flower development in the sunflower, Proc. 8Int. Sunfl. Conf., 130-137.
- Mahmud K. & Kramer H., 1951. Segregation for yield, height and maturity following a soya bean cross. *Agronomy Journal*, 43: 605-609.
- Mengistie T, Alemu A, Mekonnen A.,2018. Comparison of physicochemical properties of edible vegetable oils commercially available in Bahir Dar, Ethiopia . *Chemistry International* 4(2): 130-135.
- Merrien A., 1992. Les points techniques du CETIOM : Physiologie du tournesol.CETIOM, pp 66.
- Merrien, A. 1986. Physiologie du tournesol. Cahier Technique Tournesol, Ed. Cetiom, 47 p.
- Messetti A. V. L. and Padovani, C. R., 2004. O uso da dispersão gráfica por variáveis canônicas com ênfase em melhoramento genético, Uberlândia, 2: 373376.
- Mestries E. (2019). Maladies du tournesol : diagnostiquer les symptômes foliaires.
- Messina, M., Duncan, A., Messina, V., Lynch, H., Kiel, J., & Erdman, J. W.,2022. The health effects of soy: A reference guide for health professionals. *Frontiers in Nutrition*, 9.
- Müller, U., Czymmek, K. J., & Funaya, C.,2004. Multiscale imaging of plant development by light microscopy. *Current opinion in plant biology*, 7(6), 675-681.
- Muller, M. H., Latreille, M. & Tollon, C.,2011. The origin and evolution of a recent agricultural weed: population genetic diversity of weedy populations of sunflower (*Helianthus annuus* L.) in Spain and France. *Evolution and Application*, 4(3): 499-514.
- Nadia, 2013. Semer et récolter du tournesol, site internet, 21 janvier 2013 à 15 :12.

- Neelima S., Ashok K. K., Venkataramanamma K. & Padmalatha Y., 2016. Genetic variability and genetic diversity in sunflower. *Electronic Journal of Plant Breeding*, 7(3): 703-707.
- Nooryazdan H., Serieys H., Bacilieri R., David J., Berville A., 2010. Structure of wild annual sunflower (*Helianthus annuus* L.) accessions based on agro morphological traits. *Genet Resour Crop Ev* ; 57, 27-39.
- Nwinuka NM & Nwiloh BI., 2009. Physico-chemical properties and fatty acid composition of dennettia tripetala fruit oil (Pepper Fruit). *Nigerian Journal of Biochemistry and Molecular Biology*. 24: 42-46.
- Olivry J.c.,1986. Fleuves et rivières du Cameroun. Monographies hydrologiques, MESRES/ORSTOM, Num 9, 733p.
- Osborne T.B., 1924. Vegetable Proteins. 2e edn. Ed.Longmans, Green and Co, London, p.p.5667.
- Ozer H., Polat T., Ozturk E., 2004. Response of irrigated sunflower *Helianthus annuus* L. hybrids to nitrogen fertilization: growth, yield and yield components. *Plant Soil and Environment* 50, 205-211.
- Pandya M.M, Patel P.B., Narwade<sup>3</sup> A.V.& Patel B.N., 2016. Genetic variability in Sunflower (*Helianthus annus* L.). *Quarterly Journal in Science, Agriculture and Engineering*. 6(16): 146-149.
- Piironen, V., Lindsay, D. G., Miettinen, T. A., Toivo, J., & Lampi, A.-M., 2000. Plant sterols: Biosynthesis, biological function and their importance to human nutrition. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80(7), 939-966.
- Pellier., 1969. Données générales sur la répartition des principaux types de sols de la région de Yaoundé. Centre OSTROM d
- Prevost A., 1987. L'huile de tournesol aujourd'hui. *Revue Française des Corps Gras*, 34, 183-192.
- Pustovoit., V.S., 1964. Conclusions of Work on the Selection and Seed Production of Sunflowers. *Agrobiologie* 5 : 672-697. (Traduit par R.P.Knowles, Agriculture Canada, Saskatoon, 1965),
- Putt, E. D.,2015. Early History of Sunflower. In A. A. Schneiter (Éd.), *Agronomy Monographs* (p. 1-19). American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America.
- Putt E.D., 1944. Histological observations on the location of pigments in the achene wall of the sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Sci. Agric.* 25:185-188.
- Roche J., 2005. Composition de la graine de tournesol (*Helianthusannuus*L.) sous l'effet

- Conjugué des contraintes agris environnementales et des potentiels variétaux CastanetTolosan, France. Thèse de l'Institut National Polytechnique de Toulouse, 11 p.
- Sackston, W.E., 1981. The sunflower crop and disease: Progress, problems, prospects. *Plant Dis.* 65:643–648.
- Salghi R., 2005. Analyse des denrées alimentaires. Filière Génie des Procédés, Energie et Environnement. Ecole nationale des sciences appliquées d'Agadir (Maroc), 33p.
- Shanker and C. Shanker, editors, Abiotic and biotic stress in plants—Recent advances and future perspectives. InTech, Rijeka, Croatia.
- Sheshaiah & Shankergoud I., 2015. Genetic variability and correlation studies in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Electronic Journal of Plant Breeding.* 6(2): 644- 650.
- Sharma B., Rani R. & Sheoran R.K., 2017. Studies on variability, heritability and genetic advance for quantitative traits in sunflower (*Helianthus annuus* L.) genotypes. *Research, Environment and Life Science.* 10(6) 491-493.
- Seiler, G.J., and C.C. Jan., 2010. Sunflower basic information. In: J. Hu, G.J. Seiler, and C. Kole, editors, Genetic, genomics, and breeding of sunflower. CRC Press, Boca Raton, FL. p. 1–50.
- Seiler, G.J., 2012. Utilization of wild *Helianthus* species in sunflower breeding. In: D. Škorić, editor, Sunflower Genetics and Breeding International Monogram. Serbian Academy of Sciences and Arts, Novi Sad, Serbia. p. 355–413.
- Seiler, G.J., and T.J. Gulya., 2015. Sunflower: Overview. In: C. Wrigley, H. Corke, K. Seetharaman, and J. Faubion, editors, Encyclopedia of food and grains. Vol. 1. 2nd ed. Elsevier, Waltham, MA. p. 247–253.
- Seiler, G.J., 1997. Anatomy and morphology of sunflower. p. 67-111. In A.A. Schneiter (ed.) Sunflower technology and production. Agronomy Monograph n° 35.
- Seiler, G.J., 1984. Variation in agronomic and morphological characteristics of several populations of wild annual sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Helia*, 7: 29-32.
- Serieys, H., 1999. Progress Report of the FAO Working Group "Identification, Study and Utilization in breeding Programs of new CMS sources. "IX° FAO technical Consultation of the ECRN on Sunflower. Dobritch, Bulgaria July 27-30. *Helia*, 22 : 71-116.
- Serieys, H., 1997. L'apport des espèces sauvages à l'amélioration du tournesol. CETIOM-Oléoscope: (42) 14-17.
- Sheshaiah et Shankergoud I., 2015. Genetic variability and correlation studies in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Electronic Journal of Plant Breeding*, 6(2): 644- 650.

- Sheoran R.K., Vivek K. S., Subhash Chander & Bunty Sharma., 2019. Genetic variability, evaluation and characterization of sunflower (*Helianthus annuus* L.) germplasm. *Bangladesh Journal of Botany*, 48(2): 253-263.
- Škorić, D., 2016. Sunflower breeding for resistance to abiotic and biotic stresses. In: A.K. Smassel A., 2012. Mise en valeur des huiles de tournesol. Génie des procédés, p 2.
- Soare and Elena., 2022. Study on the production and marketing of sunflower seeds worldwide in the period 2015-2020, In: Rodino, Steliana Dragomir, Vili (Ed.): Agrarian Economy and Rural Development - Trends and Challenges. International Symposium. 13th Edition, The Research Institute for Agricultural Economy and Rural Development (ICEADR), Bucharest, pp. 96-105
- Suchel J B., 1972. Répartition des pluies et des régimes pluviométriques au Cameroun. CEGET. CMRS. 287 p.
- Taissir A., 2006. *Déterminisme de la tolérance du tournesol à *Phomamacdonaldii* au collet et Sur racines : approches génétiques et histologiques*, CastanetTolosan, France. Thèse de l'Institut National Polytechnique de Toulouse, 7-10.
- Taséi JN., 1984. Cultures à graines oléagineuses des régions tempérées. In : Pesson P, Louveaux J, eds. Pollinisation et productions végétales. Paris: INRA, pp. 309–330.
- Tesfaye A., 2021. Genetic Variability, Heritability, and Genetic Advance Estimates in Garlic (*Allium sativum*) from the Gamo Highlands of Southern Ethiopia. *International Journal of Agronomy*. ID 3171642, 8p.
- Valerie ., 1995. La pédologie. In Santoir et Bobda A. (eds) : Atlas régional du Cameroun. Min . REST/ INC. Paris. 50- 53.
- Villalobos F.J., Hall A.J., Ritchie J.T., et Osman F., 1996. Oilcrop-sun: A development, growth, and yield model of the sunflower crop. *Agronomy Journal*, 88, 403-415.
- Villalobos F.J., Sadras V.O., Soriano A., et Fereres E., 1994. Planting density effects on dry matter partitioning and productivity of sunflower hybrids. *Field Crops Research*, 36, 1-11.
- Venkata R., Prakash R. & Nadaf H. L., 2014. Genetic Variability and Diversity Studies in Sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Annals of Biology*, 30(2): 299-302.
- Viranyi, F., T.J. Gulya, and D.L. Tourvielle., 2015. Recent changes in the pathogenic variability of *Plasmopara halstedii* (sunflower downy mildew) populations in different countries. *Helia* 3 8:149 –162.
- Wey J., Yakouba A., Nopelba O., 2008. Synthèse de la campagne expérimentale de

diversification dans la zone cotonnière du Nord Cameroun. Institut de Recherche Agricole pour le développement (IRAD) Centre Nord Station polyvalente de Garoua. Résultats de la campagne expérimentale 2008.

Vranceanu A. V., 1977. The Sunflower (in Spanish). Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. Spain.

Zia, Z., Sadaqat, H.A., Tahir, M.N. and B. Sadia., 2013. Correlation and path coefficient analysis of various traits in Sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Journal of Global, Innovation, Agriculture and Social Science*, 1(1): 5-8.

# **ANNEXES**

## ANNEXES

### Annexe 1 : Cadre logique

Objectifs		Matériel et Méthodes	Résultats attendus	Structures de collaboration pour l'atteinte des Objectifs	chronogramme indicatif des activités
Général	Spécifiques				
Evaluer les performances agronomiques et biochimiques de quelques collections de tournesol dans la zone Agro écologique V du Cameroun dans l'optique de lancer un	<b>OS1 :</b> Analyser la variabilité génétique des paramètres agronomiques ;	<b>Matériel pour l'OS1 :</b> 1) Site d'étude : Université de Yaoundé I 2) Matériel biologique : 12 collections de tournesol caractérisation de chaque collection en précisant l'origine, la couleur, la forme, les dimensions, le poids. 3) Autre matériel : matériels techniques 4) <b>Méthodes :</b>	- Obtenir des regroupements des variétés partir des paramètres de croissance (taille de la plante, le nombre de capitule diamètre des capitule) et de rendement (nombre de	UGAP pour la mise en place de l'expérimentation  CRAPAC pour le suivi des travaux IRAD, RADD (pour la collecte des collections).	Collecte des échantillons (du 29 février au 03 Mars. A essé.....)  Caractérisation de la semence (du début Mars. À fin mars...)

programme de création variétale de l'espèce		<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Dispositif expérimental : La conception de l'expérience a été établie selon un dispositif en bloc complètement randomisé</li> <li>➤ Analyse des paramètres agronomiques <ul style="list-style-type: none"> <li>- Les données quantitatives recueillies sur 3 plantes seront soumises à l'analyse de la variance (ANOVA)</li> </ul> </li> <li>➤ Analyse des données : calculant le coefficient de variation de chaque paramètre</li> </ul>	graine par capitule, teneur en huile, teneur en eau) -Obtenir une Différences significatives entre les variétés : on peut s'attendre à observer des différences significatives entre les variétés de tournesol. - Avoir une estimation de la diversité génétique	IRAD La-Dibamba : pour l'analyse et extraction des huiles	Mise en place de l'essai (du début Mars à fin Mai)  Prise des paramètres (chaque semaine 30 JAS. Pour les paramètres de croissance et certains paramètres de rendement d'autre seront prise après la récolte : nombre de graine par capitule, teneur en eau et en acide gras. (Wey <i>et al.</i> , 2009)
	<u>OS2</u> : Déterminer les paramètres	Les paramètres génétiques (variance génétique, variance phénotypique, l'héritabilité au sens large) seront calculés	✓ Influence de l'environnement sur les paramètres	UGAP pour la prise des paramètres	

	génétiqes de ces caractères	<p>(PCV, GCV, ECV, H2, GAM, CV) seront calculés suivant les paramètre agronomiques suivant: hauteur de la plante, Teneur en acide gras, rendement en graine, Poids des graines, diamètre du capitule, nombre de graine par capitule.</p> <p>Les données seront enregistrées sur les jours de 50% de floraison utilisant le logiciel statistique R ainsi que la différence de signification entre les moyennes. Les carrés moyens seront utilisés pour estimer la variance génotypique et phénotypique selon <b>Johnson et al. (1955)</b>. Le coefficient de variation sera calculé selon la formule proposée par <b>Burton (1952)</b>. Les coefficients de variation génotypique et phénotypique et l'héritabilité seront calculés selon la formule utilisée par <b>Singh et Choudhury (1985)</b> et l'avance génétique par <b>Allard (1960)</b> ainsi que le</p>	<p>agronomiques des collections ;</p> <p>✓ Héritabilité des paramètres agronomiques.(  <b>ABDELSATAR et al., 2020;</b>  <b>Baraiya &amp; Patel, 2018;</b>  <b>Encheva et al., 2002)</b></p>	CRAPAC pour l'analyse des données	
--	-----------------------------	---	---	-----------------------------------	--

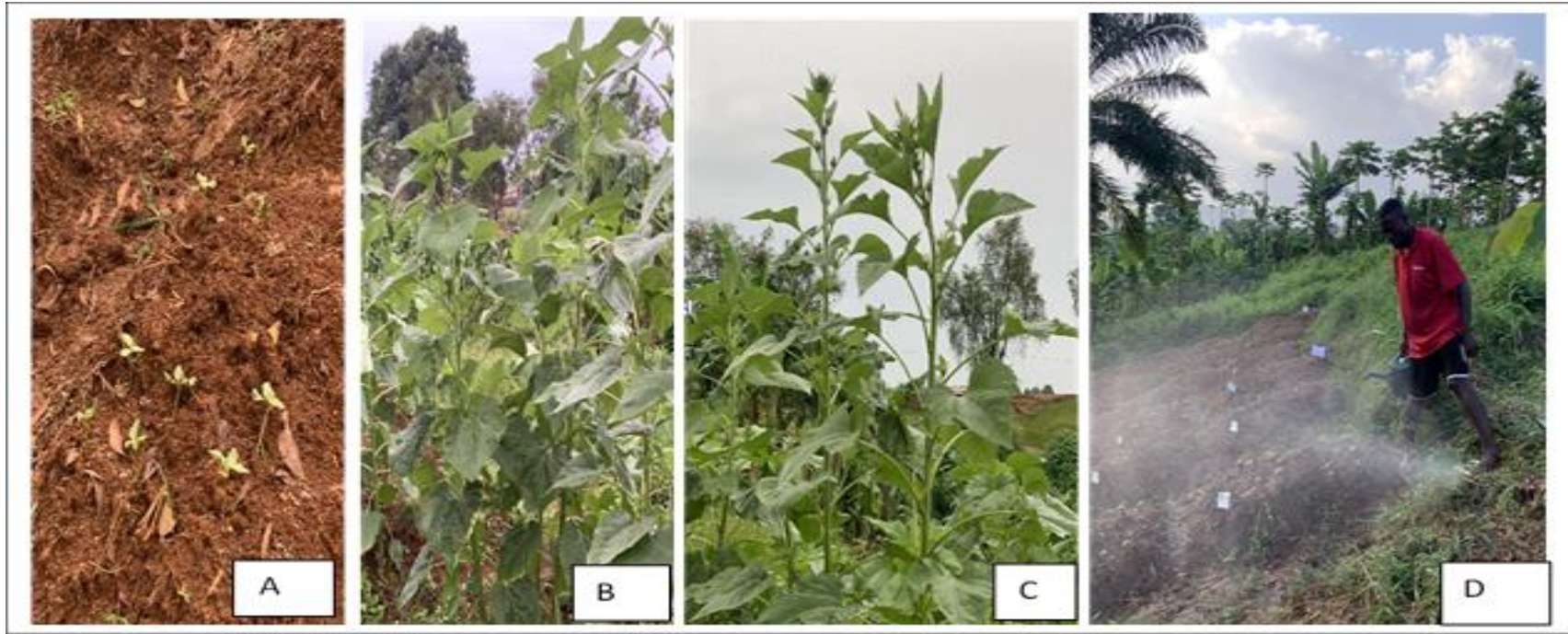
		coefficient de corrélation par <b>Zaman et al. (1982).</b>			
	<b>OS3 :</b>  Estimer les corrélations entre les paramètres de croissance et du rendement en graines des collections du tournesol.	Corrélation entre les paramètres ; ; entre la hauteur de la plante et le rendement en grain, entre la densité de semis et le diamètre du capitule, entre la teneur en huile des graines et le taux d'acide oléique, entre le nombre de feuilles et la biomasse aérienne Classification ascendante hiérarchique (CAH) ; Corrélation entre paramètres agronomiques et collection (Biplot) <b>ACP</b> (l'analyse en composante principale) Permettra de ressortir les différentes corrélations existentielles entre les différents paramètres de croissance et de rendements.	1) corrélation entre les paramètres ; 2) regroupement des collections en groupe génomiques ; 3) potentiel parent pour les programmes d'amélioration de chaque paramètre agronomique	CRAPAC pour l'analyse des données Laboratoire IRAD La-Dibamba pour extraction et analyse	



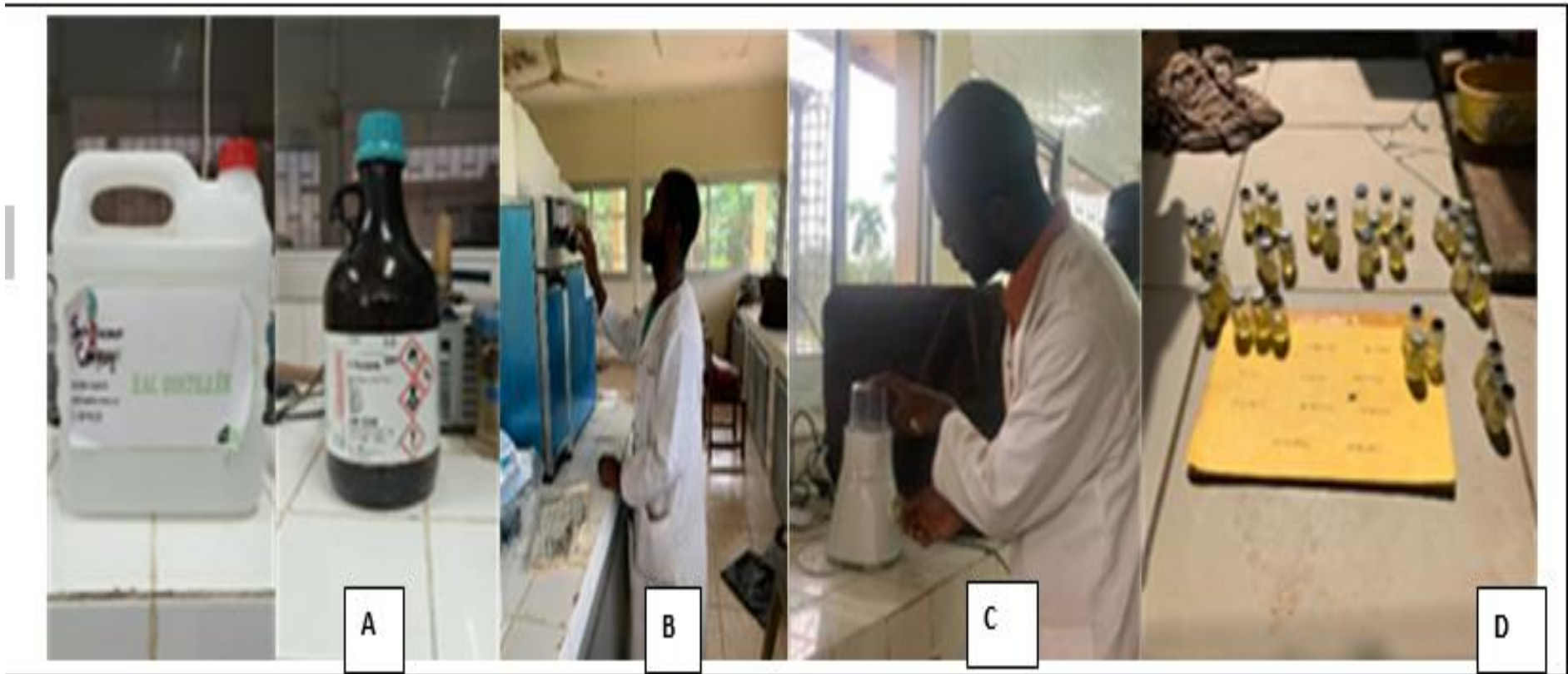
**Annexe 2 :** Concentrateur d'échantillon et utilisation lecture des densités optique au spectrophotometre



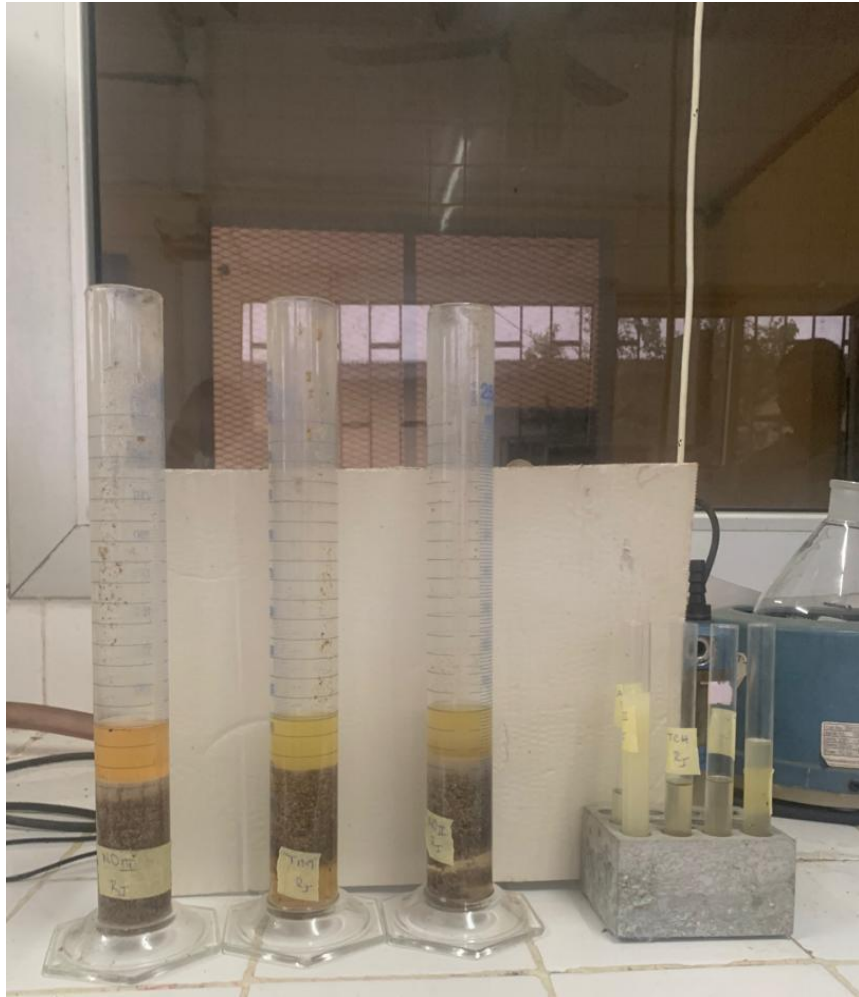
**Annexe 3 : Récolte en champs et Mixeur pour broyage des amandes**



**Annexe 4** : Mise en place de l'essai, traitement et croissance des plantes



**Annexe 5 : Expérimentation au laboratoire**



**Annexe 6 : Différentes phases d'extraction et Azote liquide**