



Projet de Fin d'Etudes

Licence Sciences & Techniques

Biotechnologie et Valorisation des Phyto-Ressources

Evaluation de lignées ségrégantes de colza en conditions de semis direct

Présenté par :

➤ LAZRAK Soufyane

Encadré par :

- Mr HAGGOURD Abdellatif
- Dr NABLOUSSI Abdelghani

Soutenu le : 04/07/2022

Devant le jury composé de :

- Pr HAGGOURD Abdellatif (FST)
- Dr NABLOUSSI Abdelghani (INRA)
- Pr IRAQUI HOUSSAINI Mohamed (FST)

Année universitaire : 2021/2022

Dédicace

Je dédie le présent travail : En premier lieu

À mes parents, vous êtes symboles de bonté, de courage et de responsabilité. Vos prières, votre bénédiction, votre patience et vos sacrifices étaient pour moi le principal support pour que je puisse arriver à mon but, que dieu vous garde, vous comble de santé et vous donne longue vie.

*À ma sœur **Amita** et mon frère **Ayman***, en témoignage de mon grand amour fraternel.

Que Dieu leur accorde succès et bonheur. A toute ma famille paternelle et maternelle, en témoignage de mon affection et respect.

À tous mes amis, pour les moments que nous avons passés ensemble veuillez trouver ici l'expression de ma gratitude, en particulier Ayman, Fatima Zahra, Oumayma, Issam, Ayoub, avec qui j'ai partagé les bons et les durs moments de cette année.

À tous mes professeurs, pour votre soutien et vos conseils.

Remerciements

Avant toute chose, je tiens à remercier tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réussite de ce stage et à la réalisation ce rapport.

Ma profonde gratitude à M. **HAZZOUJ Abdellatif** Professeur à la FST pour son aide, ses conseils précieux et pour avoir encadré mon stage et, à M. **Nabloussi Abdelghani**, Coordinateur de l'Unité de Recherche d'Amélioration des Plantes et Conservation des Ressources Phytogénétiques au Centre Régional de la Recherche Agronomique de Meknès pour son accueil au sein de l'Unité de Recherche, ses conseils précieux, ses directives pertinentes et pour les précieuses informations qu'il m'a prodiguées avec intérêt et compréhension.

Mes vifs remerciements à M. **Harzi Hamid** et **Hakim**, techniciens au Domaine Expérimental De Douyet.

Je tiens aussi à remercier les membres du **jury** pour l'honneur qu'ils me font en acceptant de juger ce travail.

Enfin, un merci particulier à **mes parents** et à **mes amis** pour m'avoir toujours soutenu lors de mes études.

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Inflorescence de colza Brassica napus	6
Figure 2: Relations génomiques entre les espèces importantes du genre Brassica.	6
Figure 3: La composition de l'huile de colza en acides gras.....	9
Figure 4: Composition moyenne du tourteau de colza	10
Figure 5: Besoins du colza selon ses stades phénologiques.....	11
Figure 6: Vue sur l'essai de colza installé au Domaine Expérimentale de Douyet.....	18
Figure 7: Chlorophyllomètre (modèle SPAD-502).....	20
Figure 8: Appareil de mesure de la conductance des stomates.....	20
Figure 9: Hauteur moyenne (cm) par plante des familles étudiées	24
Figure 10: Nombre de rameaux moyen par plante des familles étudiées	25
Figure 11: Variation de la conductance stomatique (mmol H₂O/m².s) pour les Familles étudiées	26
Figure 12: Variation de l'indice de chlorophylle (Unité SPAD) entre les familles étudiée	28
Figure 13: Variation de nombre de jours à la floraison (J) pour les familles.....	29
Figure 14: Variation du nombre de silique moyen par plante entre les familles étudiées	31
Figure 15: Variation du poids de mille graines moyen entre les familles étudiées.....	32
Figure 16: Variation du rendement par plante entre les familles étudiées.....	33

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Pays producteurs du colza dans le monde. Source de données : FAOSTAT, 2012.....	7
Tableau 2: Hybrides F3 de colza et nature de leur croisement.....	15
Tableau 3: Plan de l'essai	16
<i>Tableau 4: Analyse de la variance pour les paramètres étudiés... Erreur ! Signet non défini.</i>	
Tableau 5: Composition et moyenne des groupes des familles homogènes pour la hauteur des plantes.....	24
Tableau 6: Composition et moyenne des groupes des familles homogènes pour la ramification de la plante	26
Tableau 7: Composition et moyenne des groupes des familles homogènes pour la conductance stomatique.....	27
Tableau 8: Composition et moyenne des groupes des familles homogènes pour la teneur en chlorophylle.....	28
Tableau 9: Composition et moyenne des groupes des familles homogènes pour le nombre de jours à la floraison.....	30
Tableau 10: Composition et moyenne des groupes des familles homogènes pour le nombre de siliques par plante	31
Tableau 11: Composition et moyenne des groupes de variétés homogènes pour le poids de mille graines	32
Tableau 12: Composition et moyenne des groupes des familles homogènes pour le rendement par plante.....	34

LISTE DES ABBREVIATIONS

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations

INRA : L'Institut National de la Recherche Agronomique

nrp : nombre de rameaux par plante

htr : hauteur de la plante

cst : conductance stomatique

tch : teneur de chlorophylle

njf : nombre de jours à la floraison

nsp : nombre de siliques par plante

ngs : nombre de graines par silique

pmg : poids de mille graines

rgp : rendement en graines par plante

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
I. GÉNÉRALITÉS SUR LE COLZA :.....	5
I.1 Classification systématique :.....	5
I.2 Description morphologique :.....	5
I.3 Origine génétique et répartition géographique :.....	6
I.4 Développement et croissance du colza :.....	6
I.5 Production du colza :.....	7
• <i>A l'échelle mondiale</i> :.....	7
• <i>A l'échelle nationale</i> :.....	8
II. CULTURE DU COLZA :.....	8
II.1 Intérêts de la culture :.....	8
II.2 Utilisation du colza :.....	8
II.3 Exigences écologiques de la culture :.....	11
III. AMÉLIORATION GÉNÉTIQUE DU COLZA :.....	12
III.1 Objectifs et critères de sélection :.....	12
III.2 Méthodes de sélection :.....	12
IV. SEMIS DU COLZA :.....	13
IV.1 Intérêt du semis direct :.....	13
IV.2 Conditions d'adaptation :.....	13
I. OBJECTIF DE L'ESSAI :.....	15
II. LOCALISATION DE L'ESSAI :.....	15
III. MATÉRIEL VÉGÉTAL :.....	15
IV. DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL :.....	16
V. CONDUITE TECHNIQUE DE L'ESSAI :.....	18

<i>VI. PARAMÈTRES ÉTUDIÉS :</i>	19
VI.1 Paramètres morphologiques :	19
VI.2 Paramètres physiologiques :	19
VI.3 Paramètres phénologiques :	20
VI.4 Paramètres agronomiques :	21
<i>VII. Analyses statistiques :</i>	21
<i>I. ANALYSE DE LA VARIANCE :</i>	23
<i>II. COMPARAISON DES POPULATION POUR LES PARAMETRES MORPHOLOGIQUES :</i>	24
1. Hauteur des plantes :	24
2. Ramification de la plante :	25
<i>III. Résultats pour les paramètres physiologiques :</i>	26
1. Conductance stomatique :	26
2. Teneur en chlorophylle :	27
<i>IV. Résultats pour les paramètres phénologiques :</i>	29
IV.1 Nombre de jours à la floraison :	29
<i>V. Résultats pour les paramètres agronomiques :</i>	30
V.1 Nombre de siliques par plante :	30
V.2 Poids de mille graines :	32
V.3 Rendement par plante :	33

Conclusion

Référence bibliographique

INTRODUCTION

En raison de la croissance démographique mondiale, la consommation d'huiles végétales de table, issues des graines oléagineuses, est en perpétuelle augmentation. En plus de l'huile, l'une des denrées alimentaires de base dans la consommation humaine, les graines oléagineuses peuvent également fournir des tourteaux, qui sont des sous-produits riches en protéines nécessaires à l'alimentation du bétail comme la volaille industrielle. De plus, les produits les plus échangés sur le marché international sont les oléagineux et les huiles végétales qui représentent 55% de la production mondiale.

Par ailleurs, la culture du colza possède l'avantage d'être un facteur de diversification des rotations et a une forte capacité à augmenter l'apport organique à la fin de l'été. En outre, en tant que culture de la saison précédente, le colza libère le sol tôt, permettant à la prochaine culture de s'installer convenablement, laissant un sol sans mauvaises herbes, propre et bien structuré.

Pour augmenter, stabiliser et maintenir des rendements élevés de colza, les améliorateurs et sélectionneurs développent de nouvelles variétés, sous forme d'hybrides ou de lignées recombinantes à haut potentiel de rendement dans différentes conditions environnementales.

L'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) est l'organisme national mandaté à développer des variétés de différentes filières dont les cultures oléagineuses. Dans le cas du colza, six variétés marocaines ont été inscrites au catalogue officiel entre 2008 et 2018, alors que d'autres nouvelles variétés sont en cours (Nabloussi et al. 2018).

Le présent travail, inscrit dans le cadre d'un PFE réalisé en collaboration scientifique entre la Faculté des Sciences et Techniques (FST) de Fès et l'INRA (Centre Régional de Meknès), porte sur l'évaluation d'un ensemble de familles F3 de colza développées et sélectionnées par ce dernier pour leur performance agronomique et leur adaptation morpho-physiologique aux conditions environnementales de la région du Sais, en semis direct, durant cette campagne 2021/2022.

Ce manuscrit se compose de trois parties :

- Première partie : Etude bibliographique.
- Deuxième partie : Matériel et méthodes.
- Troisième partie : Résultats et discussion

PRÉSENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL : L'INRA



المعهد الوطني للبحث الزراعي
المعهد الوطني للبحث الزراعي
Institut National de la Recherche Agronomique

L'Institut National de la Recherche Agronomique "INRA" a pour mission d'entreprendre les recherches pour le développement agricole. C'est un établissement public dont les origines remontent à 1914 avec la création des premiers services de recherche agricole officiel. Il a connu dernièrement une réorganisation structurelle qui s'articule en :

- ✓ Planification stratégique adéquate pour renforcer les capacités prospectives d'adaptation, de réaction et d'anticipation de la demande sociale de recherche agronomique.
- ✓ Politique de proximité en se basant sur la régionalisation et la décentralisation de la recherche.
- ✓ Système intégré de suivi, d'évaluation et de contrôle.
- ✓ Gestion intégrée et rationnelle des ressources.
- ✓ Politique de valorisation de ses produits.
- ✓ Politique de valorisation de ses produits.

L'INRA opère à travers dix centres régionaux de la recherche agronomique et 23 domaines expérimentaux répartis sur le territoire national et couvrant les divers agro systèmes du pays.

Les projets de recherche de l'INRA sont définis avec la participation des partenaires, des clients et des prescripteurs régionaux. Ils sont menés au sein de trente unités de recherche hébergés par les Centres Régionaux. Ils sont encadrés à l'échelle centrale par dix départements scientifiques à vocation disciplinaire.

Pour accomplir sa mission et être au diapason de l'actualité scientifique, l'INRA établit des relations de partenariat avec des organisations nationales et internationales, les structures de développement, le secteur privé et les Organisations Non Gouvernementales (Razouk, 2019).

- Centres Régionaux :



Figure 1 : Centre Régionaux de l'INRA au Maroc

REVUE

BIBLIO-

GRAPHIQUE

I.GÉNÉRALITÉS SUR LE COLZA :

Le colza est une plante de la famille des Brassicaceae, anciennement appelée "famille des crucifères". Cet ancien nom provient de la position des éléments du calice et de la corolle disposés en croix. Les fleurs possèdent quatre pétales et autant de sépales. Cette famille contient plus de 3000 espèces réparties en 350 genres (Hebinger et Pinochet, 2013).

I.1 Classification systématique :

La classification systématique du colza est comme suit :

- Règne : *Plante (végétal)*
- Embranchement : *Spermaphytes*
- Sous embranchement : *Angiospermes*
- Ordre : *Capparales*
- Famille : *Brassicaceae (crucifères)*
- Genre : *Brassica*
- Espèce : *Brassicinapus*

I.2 Description morphologique :

Appareil végétatif :

Le colza est une plante annuelle, dicotylédone, majoritairement herbacée. L'appareil végétatif du colza se compose de deux systèmes, aérien et racinaire (Boyeldieu, 1991)

- **Système racinaire** : il s'accroît très rapidement, formant un pivot qui va devenir profond et épais, où la plantule accumule des réserves sur toute sa longueur, le pivot émet de nombreuses racines secondaires.
- **Système aérien** : elle se forme d'une tige rameuse et feuilles glabres. Les feuilles inférieures sont pétiolées et découpées, les supérieures sont lancéolées et entières.

Appareil reproducteur :

Chaque ramification de la tige porte une inflorescence, formant une grappe simple à croissance indéfinie.

La fleur du colza est hermaphrodite et la fécondation est généralement autogame avec 2/3 d'autopollinisation (70%) et 1/3 pollinisation croisée (30%)

En outre, chaque fleur, après pollinisation et fécondation, donne lieu à une silique à valvée convexe de 5 à 10 cm de longueur. Les siliques sont déhiscentes à la maturité et chaque silique contient environ 20 petites graines. La graine a un diamètre qui varie de 2 à 2,5 mm et contient de l'huile avec une teneur moyenne de l'ordre de 40% et variable selon les variétés.



Figure 1: Inflorescence de colza *Brassica napus* (pixabay 2018).

I.3 Origine génétique et répartition géographique :

Le genre *Brassica* est composé de nombreuses espèces cultivées (Figure 2). Le colza cultivé ($2n = 38$, génome AACC) est un hybride naturel entre le chou (*Brassica oleracea* ; $2n = 18$, génome CC) et la navette (*Brassica rapa* ; $2n = 20$, génome AA).

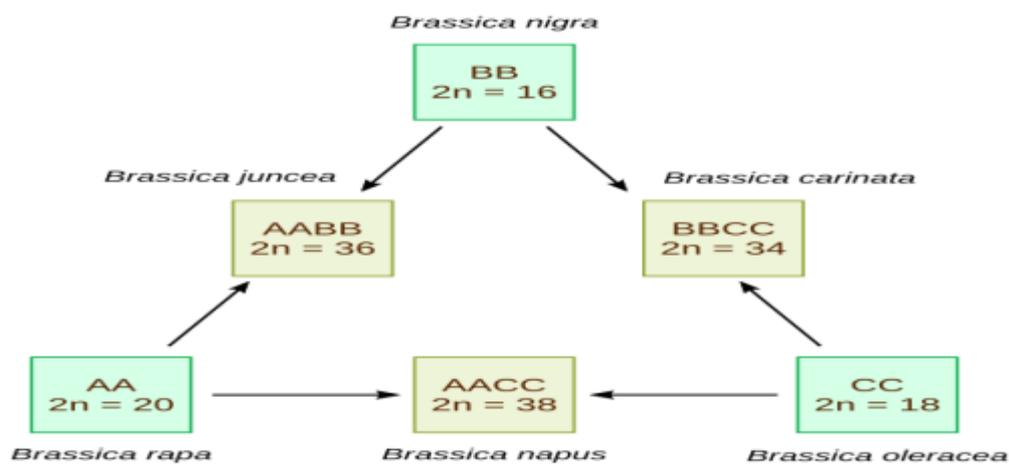


Figure 2: Relations génomiques entre les espèces importantes du genre *Brassica* (Nabloussi, 2015).

Le chou étant originaire des zones maritimes, il semble que l'origine de la culture de colza pourrait être soit le Sud-ouest de l'Europe soit l'Asie orientale (Nabloussi, 2015).

I.4 Développement et croissance du colza :

Le cycle de développement du colza se déroule en trois phases successives :

Phase végétative :

Semé en automne, le colza étale d'abord au-dessus du sol ses deux cotylédons, ensuite une vingtaine de feuilles poussent et s'accroissent pour former une rosette avant l'hiver.

Au début de l'hiver, la plante possède une tige. De façon parallèle à la formation de cette rosette de feuilles, le système racinaire se développe en pivot ainsi la plante y accumule les réserves qui serviront pour la croissance et le développement de la plante lors de la montaison, la ramification des tiges, la floraison, le remplissage des graines et la maturation.

Phase reproductrice :

La phase reproductrice débute à la fin de l'hiver par la montée de la plante. L'inflorescence se note au sommet de la tige avec en parallèle le début de l'élongation des entre-nœuds supérieurs. Alors que la floraison a déjà débuté avant que la tige n'ait atteint sa taille définitive, la ramification de la tige commence tandis que la montée et la floraison se poursuivent. La floraison dure de 4 à 6 semaines selon la taille de la plante.

Phase de maturation :

La phase de maturation correspond à la phase finale de formation des siliques. La maturité des graines est acquise en 6 à 7 semaines après la fécondation. Par'ailleurs, le moindre choc peut provoquer la déhiscence de la silique et la chute des graines.

I.5 Production du colza :

• ***A l'échelle mondiale :***

Les principaux pays de culture du colza dans le monde sont : la Chine, le Canada et l'Inde. En Europe, l'Allemagne est le premier producteur avec 1 470 000 ha, suivie de la France avec 1 440 000 ha. En France, la culture du colza est présente sur l'ensemble du territoire. Elle est largement cultivée pour la production d'huile alimentaire et d'agro carburant. C'est l'une des trois principales sources d'huiles végétales alimentaires en Europe, à côté du tournesol et de l'olivier.

Tableau 1: Pays producteurs du colza dans le monde. Source de données : FAOSTAT, 2012

Pays	Superficie Récolté (ha)	Rendement Réalisé (q /ha)	Production Obtenue (tonnes)	% Total
Canada	8.076.000	19.26	15.555.000	21.9
Chaine	6.526.000	17.71	11.558.000	16.3
Inde	7.200.000	10.94	7.877.000	11.1
Allemagne	1.394.000	44.81	6.247.000	8.8
France	1.503.000	36.75	5.523.000	7.8

- ***A l'échelle nationale :***

La filière oléagineuse marocaine a connu un déclin important depuis les années 1990. Celui-ci s'est amorcé avec l'arrêt des prix minimum garantis en 1996 (FAO, 2016).

La culture du colza a été introduite pour la première fois au Maroc en 1981 en réponse à Répondre à la demande du pays en huile alimentaire. Les surfaces consacrées au colza a été planté en 1990, avec une superficie de plantation d'environ 4700 hectares, et une superficie récoltée approximative de 3100 ha. Le rendement national estimé a été de l'ordre de 13 q/ha et la production nationale obtenue a été de 4000 tonnes, c'était le record de production du colza entre 1982 et 2001 (Nabloussi, 2015).

Cette situation a changé avec la signature du contrat de projet entre le gouvernement du Royaume du Maroc et la Fédération Interprofessionnelle des Oléagineux (FOLEA) durant cette période 2013-2020, son principal objectif est d'atteindre 127 000 hectares de cultures oléagineuses dans le pays, il comprend 85 000 hectares de tournesol et 42 000 hectares de colza. Le nouveau programme vise aussi à produire 93.000 tonnes d'huile d'oléagineux en 2020 contre moins de 10.000 tonnes en 2011(FAO, 2016).

II. CULTURE DU COLZA :

C'est une culture oléagineuse largement répandue dans le monde, notamment dans les zones à climat tempéré et relativement froid (colza d'hiver) et les zones à climat méditerranéen et relativement chaud (colza de printemps) (Nabloussi, 2015).

II.1 Intérêts de la culture :

Le colza a l'avantage de diversifier les rotations, notamment les céréales :

Il libère le sol tôt, en tant que précédent cultural, pour permettre la préparation de la culture suivante qui est souvent une céréale. Ce précédent laisse le sol structuré, propre et nettoyé des mauvaises herbes et restitue enfin au sol de grandes quantités d'éléments minéraux et de matière organique. Il joue aussi un rôle crucial dans la rupture du cycle des pailles par l'exploitation racinaire et dans la défense contre les maladies des céréales. Donc c'est la meilleure culture qu'il faut adopter pour la rotation pour le cas des céréales. Par exemple, pour le blé, son rendement après colza dépasse en moyenne celui du blé sur blé de 10 à 30%.

II.2 Utilisation du colza :

Nos abeilles ne sont pas les seules à profiter du colza et à l'utiliser pour leur production de miel, le colza est également utilisé pour la production d'huile alimentaire humaine, pour l'alimentation animale et pour la production de biocarburant.

Alimentation humaine

L'ensemble des huiles végétales contiennent des proportions variables d'acides gras polyinsaturés, mono-insaturés et saturés. Pour l'huile de colza, elle est riche en acide gras insaturés et offre le meilleur rapport entre oméga 6 et oméga 3, inférieur à 4. Les omégas 3 (9%) jouent un rôle dans le bon fonctionnement du cerveau et du système nerveux. De plus, on trouve aussi des acides gras mono insaturés, plus connu sous le nom d'oméga 9 (>60%) qui aident à la réduction du taux sanguin de LDL-cholestérol (le mauvais cholestérol). Enfin, elle est bien pourvue en vitamine E antioxydant qui protège l'huile de l'oxydation mais aussi nos cellules du vieillissement (Godineau, E., 2020).

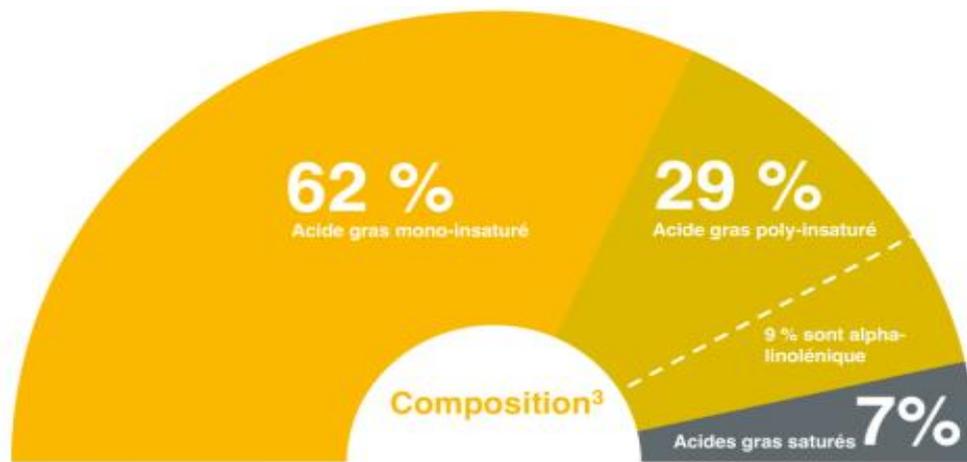


Figure 3: La composition de l'huile de colza en acides gras (Feedbase)

Selon la réglementation Européenne, l'huile de colza ne peut pas être consommée que si elle contient un taux d'acide érucique inférieur à 5%. En cas de dépassement ce seuil, il pourrait conduire à des risques cardiaques, digestifs ou hépatiques (Monnatte, S., et Gillette, 2017)

Alimentation animale

Après l'extraction de l'huile des graines de colza oléagineux, ce qui reste de la graine s'appelle le tourteau, riche en protéines (34%), est utilisé dans l'alimentation des animaux d'élevage comme les bovins, poulets, porcs, etc. Cette alimentation doit être faible en glucosinolates car ceux-ci peuvent perturber le métabolisme et causer des problèmes de thyroïde du bétail. (Nabloussi, 2015).

Le colza est également cultivé en tant que culture dérobée comme engrais vert et culture fourragère (Nabloussi, 2015).

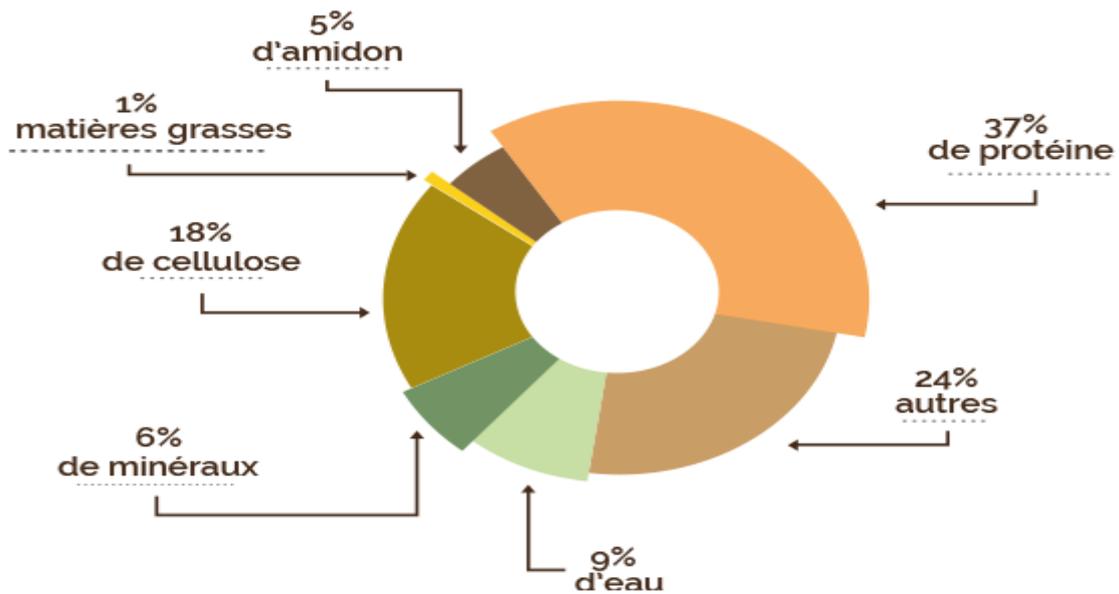


Figure 4: Composition moyenne du tourteau de colza(Feedbase)

Utilisations industrielles

L'huile de colza peut entrer dans la composition de margarine, biocarburants, agents anti poussières dans les silos à grains, lipochimie comme la production de savons, un adjuvant destiné à l'application d'herbicides, détergents, produits cosmétiques, produits pharmaceutiques, des anti poussières,.....Elle peut être également utilisée pour l'industrie pétrolière et pour la production des lubrifiants (démoulage du béton, fluides hydrauliques) ou même carburant (Barhou K, (2018). En effet, les exploitations agricoles utilisent déjà un lubrifiant à base d'huile de colza dans les moteurs diesel en France, au Canada, aux Etats unis, etc. (Nabloussi, 2015).

Afin d'offrir un produit qui permet de faire face à de multiples utilisations, les sélectionneurs ont cherché à obtenir des variétés différentes par la composition en acides gras de leur huile :

- ❖ Basse teneur en acide linoléique pour éliminer l'odeur de friture en alimentation humaine
- ❖ Haute teneur en acide palmitique pour la fabrication de margarine
- ❖ Haute teneur en acide érucique, oléique ou gamma-linolénique pour des utilisations industrielles spécifiques.

II.3 Exigences écologiques de la culture :

➤ Sol :

Le colza préfère les sols riches profonds, ameublés et conservant une certaine humidité tout en étant bien drainés. Cependant, il peut être cultivé sur une large gamme de types de sol (argilo-sablonneux très fins, argilo-limoneux et argileux) (Nabloussi, 2015).

➤ Eau :

L'alimentation en eau peut également limiter fortement le rendement du colza. Généralement, le colza, pour accomplir son cycle, exige au minimum 400 mm d'eau par an répartis entre 30% durant la phase levée-début floraison et 70% pendant la période début floraison-maturité (Figure 5) (Nabloussi, 2015).

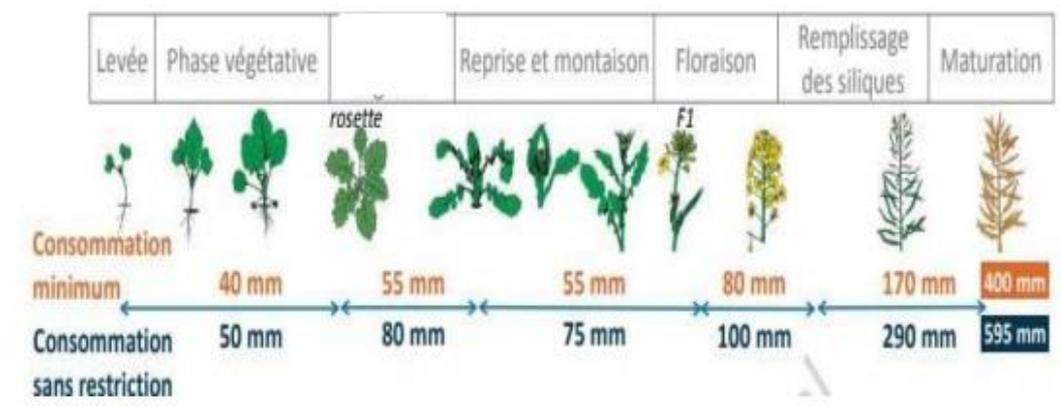


Figure 5 : Besoins du colza selon ses stades phénologiques (TERRES UNIVIA)

➤ Température :

La température est un facteur majeur de variation de la production en raison des risques de gelées hivernales et printanières. Les semis sont tolérants au gel et peuvent survivre à des températures froides, mais pas moins que -4°C . La température idéale pour sa croissance se situe entre 12°C et 30°C . D'autre part la période de germination Pour le colza, la température du sol doit être supérieure à 5°C (Nabloussi, 2015).

➤ Nutrition minérale :

Le colza est un gros consommateur d'azote : en très peu de temps, à la hausse, 50% à 70% de la demande doit être satisfaite. En fait, l'azote joue un rôle essentiel dans la croissance.

En revanche, il y a une corrélation négative entre teneur en huile et l'azote apportée, ce qui conduit à une diminution de la production d'huile en cas de forte fertilisation azotée (Nabloussi, 2015).

III. AMÉLIORATION GÉNÉTIQUE DU COLZA :

III.1 Objectifs et critères de sélection :

L'objectif est de voir les différents caractères variétaux sur les flux de gènes entre populations de colza, et les contaminations au niveau de l'ADN pour avoir des variétés résistantes aux maladies et aux conditions climatiques défavorables et une bonne qualité des produits récoltés, etc.... (Nabloussi, 2015).

Le rendement en graines et la teneur en huile sont les critères de sélection les plus importants dans le programme d'amélioration du colza. Cependant, la sélection se fait, en amont, sur la base d'un certain nombre de caractères morphologiques, biochimiques, phénologiques et physiologiques dont les plus importants sont les suivants :

- Vigueur initiale des génotypes ;
- Composantes du rendement : nombreux chercheurs ont montré que le nombre de siliques par plante de même que la longueur de ces siliques constituent des critères de sélection pertinents afin d'améliorer la productivité du colza ;
- Précocité du matériel permettant d'échapper à la sécheresse de fin du cycle dans les conditions marocaines ;
- Critères de qualité, à savoir une huile libre d'acide érucique et une faible concentration en glucosinolates dans les tourteaux (Nabloussi, 2005).

III.2 Méthodes de sélection :

La méthode de sélection utilisée dans le programme d'amélioration du colza.

- ✚ **Sélection de lignées pures** : qui commence par un croisement dirigé entre deux parents choisis sur la base de leurs caractères et performances complémentaires. La sélection précoce dans les populations ségréantes est basée sur les caractères faciles à observer. (Nabloussi, 2015).
- ✚ **Sélection de variétés populations à pollinisation libre** : ces populations ont été créées dans le but de minimiser le degré de consanguinité pour préserver la variabilité génétique pour une adaptation à différentes conditions de culture et également de façon

à raccourcir le cycle de sélection de 2 à 3 ans par rapport au cycle de sélection des lignées créées par pedigree. (Nabloussi, 2015).

✚ **Sélection de variétés synthétiques** : Les variétés synthétiques constituent également une voie pour garantir un certain niveau de stabilité et d'adaptation à différents environnements contrastés. Les variétés synthétiques montrent une stabilité du rendement en graine plus importante que celle de variétés hybrides ou des lignées parentales (Nabloussi, 2015).

✚ **sélection de variétés hybrides** : les hybrides produits entre lignées d'origines géographiques distinctes, entre colzas européens, canadiens, et chinois présentent des niveaux d'hétérosis plus importants que ceux des hybrides issus de lignées de la même origine. (Nabloussi, 2015).

IV. SEMIS DIRECT DU COLZA :

Le « semis direct » est une technique dans laquelle les semences seront déposées directement dans un sol non travaillé, recouvert par les résidus végétaux. Il se définit ainsi par une absence totale de travail du sol (ni retournement, ni décompactage, ni préparation de lit de semence) (Agrimaroc 2017).

IV.1 Intérêt du semis direct :

- ❖ Limite les levées d'adventices, surtout des dicotylédones, en limitant le flux de terre et les levées de dormance.
- ❖ Contribue à améliorer la stabilité structurale en surface : meilleure portance, moindre sensibilité à la battance, l'érosion et le ruissellement.
- ❖ Gain de temps et de carburant (Terresinovia).

IV.2 Conditions d'adaptation :

- ❖ Structure du sol poreuse sur 0-20cm pour garantir un bon enracinement du pivot : réaliser impérativement un test bêche dans la culture précédente pour vérifier la qualité structurale
- ❖ Absence de rongeurs dans la culture précédente et faible risque limace
- ❖ Equipement pour gérer les résidus de la culture précédente (Terresinovia).

MATÉRIELS

ET

MÉTHODES

I. OBJECTIF DE L'ESSAI :

L'objectif de l'essai est d'évaluer certains paramètres agro-morphologiques et physiologiques de familles F3 de colza, générées par croisements intra et interspécifiques.

II. LOCALISATION DE L'ESSAI :

L'expérimentation a été conduite en plein champ au domaine expérimental de l'INRA de Douyet durant la campagne de 2021/2022. Il s'agit d'un domaine expérimental implanté en zone dite bour favorable de la plaine du Sais (Province de Moulay Yaacoub-Wilaya de Fès-Meknès). Il se situe à une altitude de 416m, sur une superficie totale de 440ha.

III. MATÉRIEL VÉGÉTAL :

Le matériel végétal est composé de 29 familles F3 issues de croisements intra et interspécifiques, et deux variétés témoins Alia et Traper, répétées systématiquement toutes les sept lignes (Tableau 2).

Tableau 2: Familles F3 de colza et nature de leur croisement d'origine

Famille F3	Type de croisement d'origine
N9/TC1-7	Intra-spécifique
KF/traper	Intra-spécifique
FK/Traper	Intra-spécifique
H3/Traper	Intra-spécifique
N10/Traper	Intra-spécifique
Traper/IND77	Intra-spécifique
TC1-7/Traper	Intra-spécifique
TC1-7/25X-1	Interspécifique
FK/25X-1	Interspécifique
H3/R1	Interspécifique
FK/R9	Interspécifique
FK/IND77	Intra-spécifique
409/N9	Intra-spécifique
Traper/R9	Interspécifique
H3/J10	Interspécifique
N9/IND77	Intra-spécifique
H3/IND77	Intra-spécifique
TC1-7/Traper	Intra-spécifique

TC1-7/R1	Interspécifique
H3/25X-1	Interspécifique
H3/R9	Interspécifique
TC1-7/R9	Interspécifique
409/J4	Interspécifique
409/25X-1	Interspécifique
409/H3	Intra-spécifique
409/R9	Intra-spécifique
N9/R9	Interspécifique
N9/R5	Interspécifique
N10/R5	Interspécifique
N10/25X-1	Interspécifique
N9/25X-1	Interspécifique
409/R1	Interspécifique
Trapper	
Alia	

IV. DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL :

Le dispositif expérimental adopté est un complètement aléatoire sans répétition (Tableau 3). Chaque famille est plantée sur un nombre variable de lignes continues de 3 m de longueur et espacées de 60 cm. L'essai est réparti sur trois parcelles espacées de 2 m.

Tableau 3: Plan de l'essai

Génotype / B1	Génotype / B2	Génotype / B3
Bordure	Bordure	Bordure
N9/TC1-7	TC1-7/25X-1	TC1-7/R1
N9/TC1-7	TC1-7/25X-1	TC1-7/R1
N9/TC1-7	FK/25X-1	H3/25X-1
N9/TC1-7	FK/25X-1	H3/25X-1
N9/TC1-7	H3/R1	H3/R9
N9/TC1-7	H3/R1	H3/R9
N9/TC1-7	FK/R9	TC1-7/R9
Traper	Alia	Traper
Alia	Traper	Alia
N9/TC1-7	FK/R9	TC1-7/R9
KF/Traper	FK/R9	409/J4
KF/Traper	FK/R9	409/J4
KF/Traper	FK/R9	409/J4
KF/Traper	FK/IND77	409/J4

KF/Traper	FK/IND77	409/J4
KF/Traper	FK/IND77	409/J4
Traper	Alia	Traper
Alia	Traper	Alia
FK/Traper	FK/IND77	409/J4
KF/Traper	FK/IND77	409/J4
FK/Traper	FK/IND77	409/J4
H3/Traper	409/N9	409/25X-1
H3/Traper	409/N9	409/25X-1
H3/Traper	Traper/R9	409/25X-1
H3/Traper	Traper/R9	409/25X-1
Traper	Alia	Traper
Alia	Traper	Alia
H3/Traper	Traper/R9	409/H3
H3/Traper	Traper/R9	409/H3
H3/Traper	H3/J10	409/H3
N10/Traper	H3/J10	409/H3
N10/Traper	H3/J10	409/R9
N10/Traper	N9/IND77	409/R9
N10/Traper	N9/IND77	409/R9
Traper	Alia	Traper
Alia	Traper	Alia
N10/Traper	N9/IND77	N9/R9
N10/Traper	N9/IND77	N9/R9
N10/Traper	H3/IND77	N9/R9
N10/Traper	H3/IND77	N9/R5
N10/Traper	H3/IND77	N9/R5
N10/Traper	H3/IND77	N9/R5
N10/Traper	H3/IND77	N10/R5
Traper	Alia	Traper
Alia	Traper	Alia
N10/Traper	H3/IND77	N10/R5
Traper/IND77	TC1-7/Traper	N10/25X-1
Traper/IND77	TC1-7/Traper	N10/25X-1
Traper/IND77	TC1-7/Traper	N9/25X-1
Traper/IND77	TC1-7/Traper	N9/25X-1
Traper/IND77	TC1-7/Traper	409/R1
TC1-7/Traper	TC1-7/Traper	409/R1
Bordure	Bordure	Bordure



Figure 6: Vue sur l'essai de colza installé au Domaine Expérimentale de Douyet

V. CONDUITE TECHNIQUE DE L'ESSAI :

1. Précédent cultural :

La culture précédente était une céréale.

2. Travail du sol :

La culture de colza a été faite par semis direct et le sol n'a subi aucun labour préalable.

3. Fumure de fond :

Le seul engrais de fond *qui a été* utilisé au niveau de la parcelle d'étude est le N.P.K 14-28-14, il a été épandu le 19/11/2021

4. Semis :

L'opération de semis a été réalisée le 22/11/2021. Elle a été effectuée manuellement en lignes continues, avec une quantité de 3 à 4g au niveau de chaque parcelle et à une profondeur de semis de l'ordre de 3 cm.

5. Eclaircissage :

Un éclaircissage a été effectué au stade 3 à 4 feuilles (début de la levée). Seules les plantules les plus saines et vigoureuses sont maintenues avec un espacement de 4 à 5 cm entre les plantules.

6. Fertilisation azotée :

Le colza est une plante exigeante en éléments nutritifs, notamment en azote depuis la reprise de végétation jusqu'au début de la floraison. La fertilisation azotée a été réalisée par l'ammonitrate (33,5 %) fractionnée en deux apports :

Le premier apport a été effectué le 21/01/2022 à raison de 20 U/ha, pour permettre aux jeunes plantules de bien se développer et de donner des feuilles vigoureuses. Le deuxième apport a été effectué le 27/02/2022 à raison de 20 U/ha pour couvrir les besoins de colza au stade floraison.

7. Désherbage :

Le désherbage manuel a été appliqué sur l'essai tout au long de l'expérimentation, pour éliminer des mauvaises herbes adventices et éviter les effets de compétition avec la culture.

VI. PARAMÈTRES ÉTUDIÉS :

Différents paramètres morphologiques, physiologiques, phénologiques Et agronomiques sont évalués, mesurés et suivis depuis la levée. Pour ce faire, quatre plantes ou moins sont prises pour chaque famille.

VI.1 Paramètres morphologiques :

Pour avoir une idée sur la morphologie des plantes, les paramètres suivants ont été mesurés et estimés :

a) Hauteur de la plante :

Mesurée par une règle graduée en cm à partir du collet de la plante jusqu'à la limite du bourgeon apical de la tige principale au stade pleine- floraison.

b) Nombre total de rameaux :

Comptage sur terrain du nombre de rameaux primaires par plante à la fin du stade de la floraison.

VI.2 Paramètres physiologiques :

Pour avoir une idée sur le caractère physiologique des plantes, trois paramètres (teneur en chlorophylle, température foliaire, conductance stomatique) sont mesurés :

a) Teneur en chlorophylle

Les mesures de la teneur en chlorophylle ont été prises au niveau des mêmes feuilles à l'aide d'un appareil de mesure de chlorophylle de model SPAD-502. La mesure se fait au niveau de

la feuille à trois points différents (haut, milieu, bas), la moyenne de trois valeurs s'affiche à l'écran lorsque la mesure est terminée (Fig. 7).



Figure 7 : Chlorophyllomètre (modèle SPAD-502)

b) Conductance stomatique :

Mesurée par un poromètre (Figure 8).



Figure 8: Appareil de mesure de la conductance des stomates.

VI.3 Paramètres phénologiques :

Pendant tout le cycle de développement de la culture, les principaux stades phénologiques (Levée et floraison) des 29 familles étudiées sont déterminés.

Nombre de jours à la floraison :

Il correspond au nombre de jours séparant la date de semis et la date de la floraison.

VI.4 Paramètres agronomiques :

➤ *Nombre de siliques par plante :*

Compté manuellement pour chaque plante de l'échantillon.

➤ *Nombre de graines par silique :*

Compté sur un échantillon représentatif de dix siliques par plante de l'échantillon.

➤ *Poids de 1000 graines :*

Après battage et nettoyage, 1000 graines de chaque parcelle élémentaire ont été comptées ensuite pesés à l'aide d'une balance de précision

➤ *Rendement par plante :*

Après le battage et le nettoyage, les graines de chaque plante sont conservées dans des sachets appropriés puis pesées.

VII. ANALYSES STATISTIQUES :

Des analyses de la variance (ANOVA) ont été utilisées afin de comparer les familles ou populations étudiées, inclus les deux témoins, pour chacun des paramètres. Une classification de ces génotypes en groupes homogènes a été également réalisée en utilisant le test Duncan de comparaison des moyennes. Le logiciel statistique est le SAS.

RESULTATS

ET

DISCUSSION

I. ANALYSE DE LA VARIANCE :

Les résultats de l'analyse de la variance montrent qu'il existe des différences significatives à très hautement significatives entre les populations de colza étudiées pour tous les paramètres étudiés sauf le nombre de jours à la floraison pour lequel les populations sont comparables

Tableau 4: Résultats de l'analyse de la variance des populations de colza pour les paramètres étudiés (carrés moyens et degré de signification)

Source	nrp	htr	cst	Tch	njf	nsp	ngs	pmg	rgp
Population	5.6551887 ***	2530.6733 1 ***	0.53345120 ***	42.164108 ***	399.05853 ***	148047.33 9 ***	15.496362 NS	0.4809 5639 *	181.402 80 *

*** : Effet très hautement significatif à $p < 0,001$; * : Effet significatif à $p < 0,05$; ns : Effet non significatif

nrp : nombre de rameaux par plante ; **htr** : hauteur de la plante ; **cst** : conductance stomatique ; **tch** : teneur de chlorophylle ; **njf** : nombre de jours à la floraison ; **nsp** : nombre de siliques par plante ; **ngs** : nombre de graines par silique ; **pmg** : poids de mille graines ; **rgp** : rendement en graines par plante.

II. COMPARAISON DES POPULATION POUR LES PARAMETRES MORPHOLOGIQUES :

1. Hauteur des plantes :

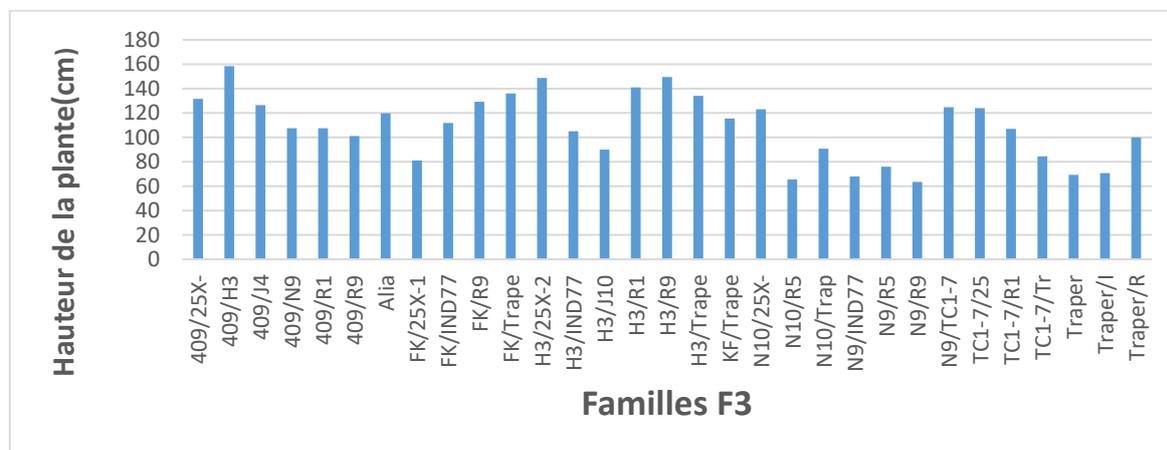


Figure 9: Hauteur moyenne des plantes (cm) des familles F3 étudiées

L'ensemble des familles étudiés, dont les 29 familles F3 et les deux témoins Alia et Traper, ont une hauteur de plante moyenne de l'ordre de 106,23 cm, avec une variation de 63,50 cm pour la famille N9/R9 à 158,33 cm pour la famille 409/H3 (Figure 9).

La comparaison des moyennes montre la présence de 20 groupes homogènes (Duncan) pour ce caractère. Le tableau 5 illustre la composition et la moyenne de ces groupes. La grande variabilité entre ces familles nous permettra de sélectionner des lignées très hautes et des lignées très naines. Ces profils de hauteur contrastés sont tous les deux souhaitables dans un programme de sélection. En effet, nous cherchons à diversifier le profil des variétés de colza à développer et à destiner à des environnements spécifiques. Les variétés hautes seraient plus adaptées aux environnements favorables où l'eau et les éléments minéraux ne sont pas des facteurs limitants. Par contre, les variétés naines conviennent plus à des environnements stressés du fait qu'elles sont, en général, plus efficaces en eau et autres intrants que les variétés hautes.

Tableau 5: Composition et moyenne des groupes des familles homogènes pour la hauteur des plantes

Groupe homogène	Composition	Moyenne (cm)
A	409/H3	158.33
AB	H3/R9, H3/25X-1	149.085
ABC	H3/R1	141
ABCD	FK/Traper	136
ABCDE	H3/Traper, 409/25X-, FK/R9, 409/J4	130
ABCDEF	N9/TC1-7	124.75

BCDEFG	TC1-7/25, N10/25X-, Alia	122.2
BCDEFGH	KF/Traper	115.5
CDEFGHI	FK/IND77	111.75
CDEFGHIJ	409/N9, 409/R1, TC1-7/R1	107.33
DEFGHIJ	H3/IND77	105
DEFGHIJK	409/R9	101
EFGHIJK	Traper/R9	100
FGHIJKL	N10/Traper	90.75
GHIJKL	H3/J10	90
HIJKL	TC1-7/Traper	84.5
IJKL	FK/25X-1	81
JKL	N9/R5	76
KL	Traper/IND77, Traper, N9/IND77	69.33
L	N10/R5, N9/R9	64.5

2. Ramification de la plante :

L'ensemble des familles étudiées a montré une différence très hautement significative pour ce caractère ($P < 0,001$). En outre, les familles ont en moyenne de ramification de l'ordre de 6,12. FK/Traper est la famille la plus ramifiée, avec une moyenne de 9,5 rameaux par plante, tandis que la ramification la plus faible a été enregistrée chez la famille N9/IND77 avec une moyenne de 3 rameaux par plante. En effet 9 familles ont un nombre de rameaux supérieur aux deux témoins (Figure 10).

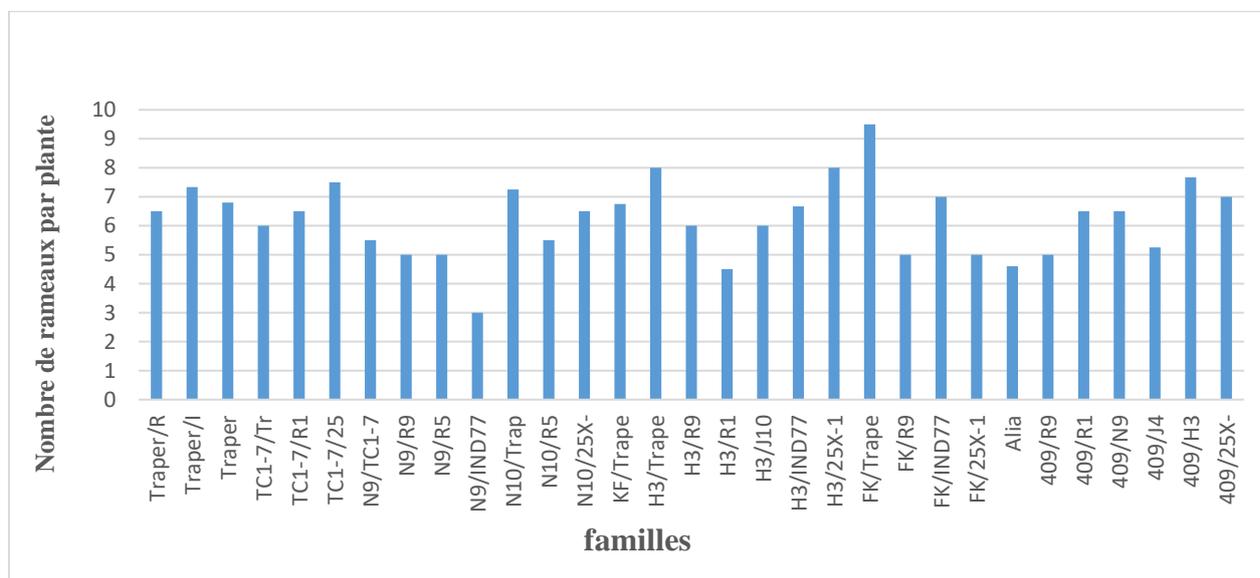


Figure 10: Nombre de rameaux moyen par plante des familles étudiées

Tableau 6: Composition et moyenne des groupes des familles homogènes pour la ramification de la plante

Groupe homogène	Composition	Moyenne
<i>A</i>	FK/Traper	9.5
<i>AB</i>	H3/25X-1, H3/Traper	8
<i>ABC</i>	409/H3, TC1-7/25, Traper/IND77, N10/Traper, FK/IND77, 409/25X-, Traper, KF/Traper, H3/IND77, 409/N9, Traper/R9, N10/25X-, TC1-7/R1, 409/R1	6.89
<i>BCD</i>	H3/R9, TC1-7/Traper, H3/J10, N10/R5, N9/TC1-7, 409/J4, 409/R9, FK/25X-1, FK/R9, N9/R5, N9/R9	5.386
<i>DC</i>	Alia, H3/R1	4.55
<i>D</i>	N9/IND77	3

Puisque chaque ramification de la tige porte une inflorescence, la variabilité de nombre de ramification par plante peut influencer directement soit positivement ou négativement sur le rendement. Plus le nombre de rameaux par plante est élevé plus le rendement augmente.

III. Résultats pour les paramètres physiologiques :

1. Conductance stomatique :

Le résultat montre une différence hautement significative entre les populations étudiées relativement à la conductance stomatique ($p < .0001$).

Les familles ont, en moyenne, une conductance stomatique de l'ordre de 1,336 mmol H₂O/m².s, avec une variation de 0.706 mmol H₂O/m².s, pour la famille H3/J10 à 1,89 mmol H₂O/m².s pour la famille Traper/IND77 (Figure 11).

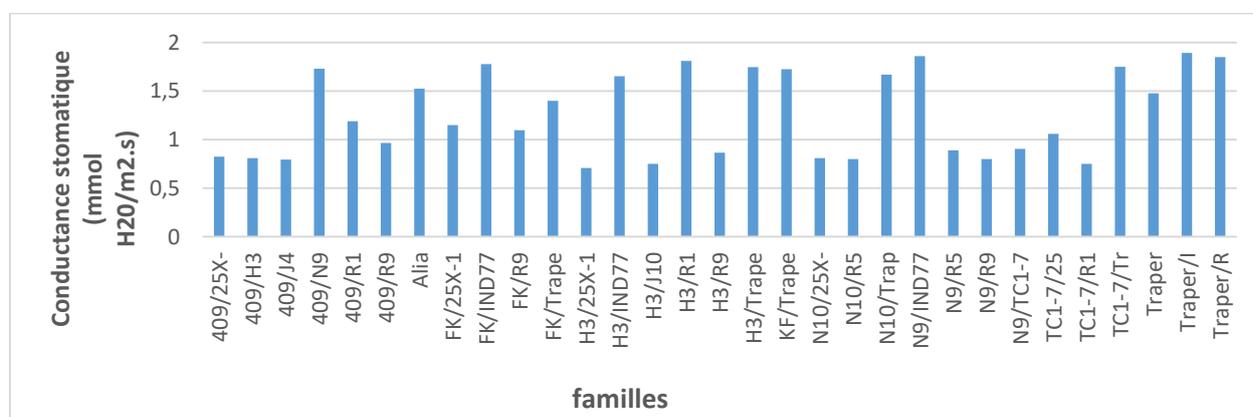


Figure 11: Variation de la conductance stomatique (mmol H₂O/m².s) pour les Familles étudiées

La comparaison des moyennes a montré la présence de 16 groupes homogènes (Duncan) pour ce caractère. Le tableau 7 illustre la composition et la moyenne de ces différents groupes.

Tableau 7: Composition et moyenne des groupes des familles homogènes pour la conductance stomatique.

Groupe homogène	Composition	Moyenne
<i>A</i>	Traper/IND77, N9/IND77, Traper/R9	<i>1.867</i>
<i>AB</i>	H3/R1	<i>1.81</i>
<i>ABC</i>	FK/IND77, TC1-7/Traper, H3/Traper	<i>1.75</i>
<i>ABCD</i>	409/N9, KF/Traper	<i>1.727</i>
<i>ABCDE</i>	N10/Traper, H3/IND77	<i>1.661</i>
<i>ABCDEF</i>	Alia	<i>1.523</i>
<i>ABCDEFG</i>	Traper	<i>1.476</i>
<i>ABCDEFGH</i>	FK/Traper,	<i>1.4</i>
<i>BCDEFGHI</i>	409/R1	<i>1.19</i>
<i>CDEFGHI</i>	FK/25X-1	<i>1.15</i>
<i>DEFGHI</i>	FK/R9	<i>1.097</i>
<i>EFGHI</i>	TC1-7/25	<i>1.06</i>
<i>GDHI</i>	409/R9, N9/TC1-7, N9/R5	<i>0.92</i>
<i>GHI</i>	H3/R9	<i>0.865</i>
<i>HI</i>	409/25X-,409/H3, N10/25X-, N10/R5, N9/R9, 409/J4, H3/J10 TC1-7/R1	<i>0.792</i>
<i>I</i>	H3/25X-1	<i>0.706</i>

Les résultats montrent une différence de la conductance stomatique entre les populations étudiées. En effet la valeur élevée de la conductance stomatique indique une tolérance aux stress hydrique et thermique

2. Teneur en chlorophylle :

Le résultat montre une différence très hautement significative entre les familles étudiées relativement à l'indice de chlorophylle ($p < 0,0001$). Les familles ont enregistré, en moyenne de la teneur en chlorophylle de l'ordre de 40.43 unités SPAD.

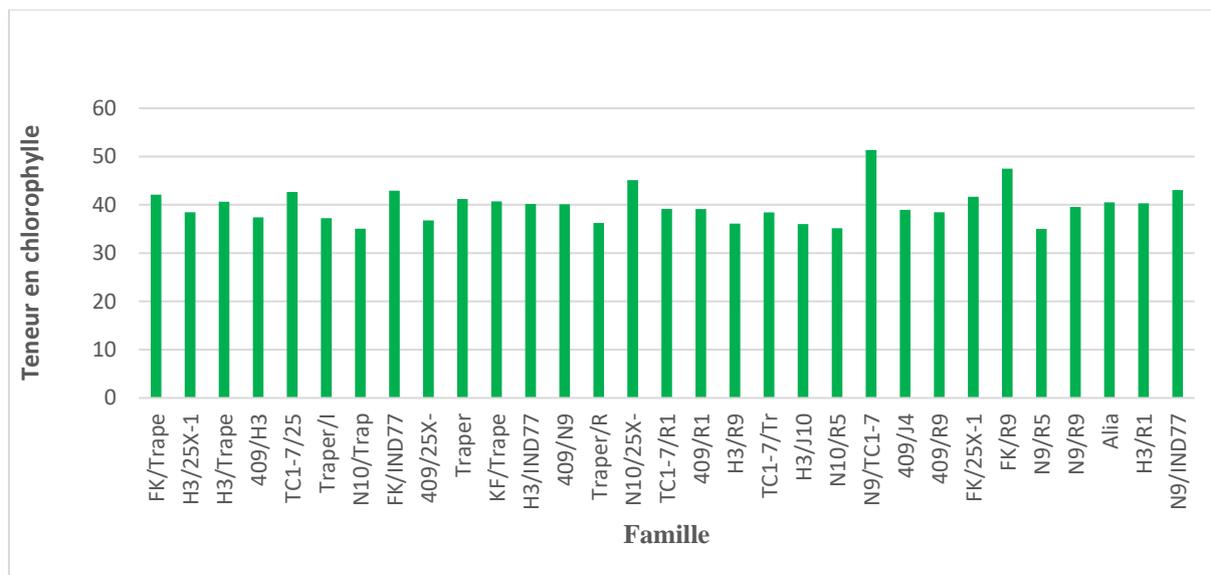


Figure 12: Variation de l'indice de chlorophylle (Unité SPAD) entre les familles étudiée

En outre, la famille N9/TC1-7 a présenté la teneur en chlorophylle la plus élevée (51,35 unité SPAD) suivie de la famille FK/R9 (47,47 unité SPAD) puis la famille N10/25X-1 (45,10 unité SPAD). Or, les familles N10/Traper et N9/R5 ont eu les valeurs les plus faibles, soient 35,05 et 35 unité SPAD, respectivement. Les autres familles ont une valeur de 36 à 43 (unité SPAD).

A part le facteur génétique, la teneur en chlorophylle est très influencée par les conditions climatiques.

En effet, dans la présente étude, réalisée en pots irrigués sous des conditions non contrôlées, la variété H3 a enregistré une valeur faible en chlorophylle, de l'ordre de 35,27 unité SPAD. Par contre, sous des conditions contrôlées (un éclaircissement saturant, une température de 24°C et une humidité relative variant entre 50 et 60 %), et sous une alimentation hydrique à la réserve facilement utilisable, cette même variété H3 montre un indice en chlorophylle plus élevé de 54,76 unités SPAD (Saghour El Idrissi, 2018).

Les génotypes qui maintiennent une forte teneur en chlorophylle sous stress abiotiques, comme la sécheresse, montrent une tolérance à de tels stress (Yang *et al.* 2015).

Tableau 8: Composition et moyenne des groupes des familles homogènes pour la teneur en chlorophylle

Groupe homogène	Composition	Moyenne
A	N9/TC1-7	51.35
AB	FK/R9	47.475
ABC	N10/25X-1	45.1
BCD	N9/IND77	43.033

BCDE	FK/IND77, TC1-7/25, FK/Trape FK/25X-1, Traper, KF/Traper, H3/Trape, Alia, H3/R1, H3/IND77, 409/N9	11.173
CDE	N9/R9, TC1-7/R1, 409/R1, 409/J4, 409/R9, H3/25X-1, TC1- 7/Traper, 409/H3	44.42
DE	Traper/IND77, 409/25X- Traper/R9 H3/R9, H3/J10	36.466
E	N10/Traper, N9/R5	35.25

En principe une plante qui a une teneur en chlorophylle la plus élevée est considérée comme la moins sensible au stress hydrique.

IV. Résultats pour les paramètres phénologiques :

IV.1 Nombre de jours à la floraison :

L'ensemble des populations a exprimé une différence hautement significative pour le nombre de jours à la floraison ($p < 0,0001$). En outre, le nombre de jours moyen des familles est de l'ordre de 120.74 jours.

D'ailleurs, le classement des familles sur la base de la précocité à la floraison a montré que N9/R9 et Traper sont les variétés ayant les cycles les plus courts, elles ont atteint la floraison en 104/105 jours. En revanche, TC1-7/25 est la plus tardive ayant parcouru, après le semis, 139 jours pour fleurir.

D'autres variétés et familles sont aussi tardives à savoir Alia, 409/H3 et FK/Traper, avec respectivement 135,132, 131 jours entre le semis et la floraison.

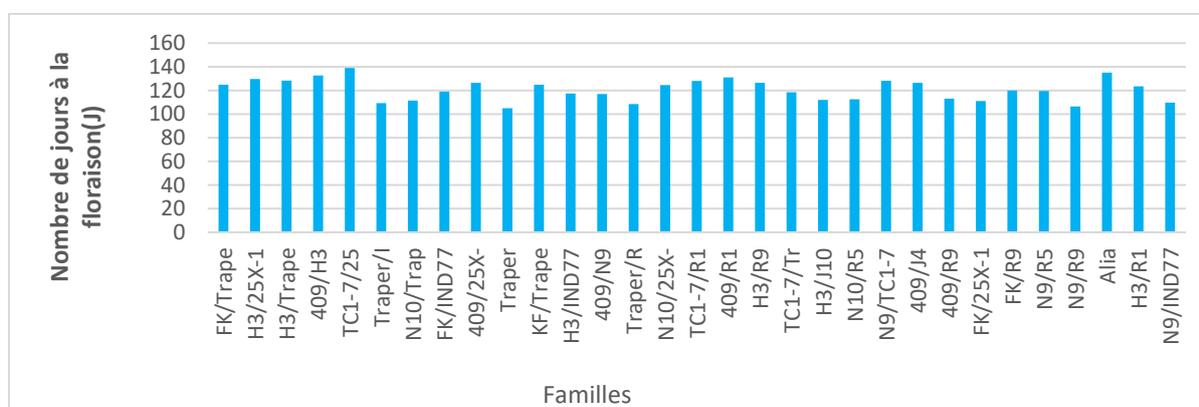


Figure 13: Variation de nombre de jours à la floraison (J) pour les familles.

En effet, il est bien connu que la sélection de famille précoces est très importante, afin que ces dernières ont l'avantage d'avoir une floraison et une maturité de siliques plus précoces que les familles tardives, ce qui permet à ces familles précoces d'être utile dans l'adaptation face aux conditions défavorables, notamment température élevée et au déficit hydrique. En plus, la faible durée de cycle de ces familles permet de libérer le sol tôt afin d'installer la prochaine culture (Barhou K, 2018).

Tableau 9: Composition et moyenne des groupes des familles homogènes pour le nombre de jours à la floraison

Groupe homogène	Composition	Moyenne
<i>A</i>	TC1-7/25	<i>139</i>
<i>AB</i>	Alia	<i>135.067</i>
<i>ABC</i>	409/H3 FK/Traper 409/R1	<i>131.167</i>
<i>BC</i>	H3/25X-1	<i>129.667</i>
<i>BCD</i>	H3/Traper N9/TC1-7	<i>128.29</i>
<i>BCDE</i>	TC1-7/R1	<i>128</i>
<i>BCDEF</i>	H3/R9 409/25X- 409/J4	<i>126.5</i>
<i>CDEF</i>	KF/Traper N10/25X-1 H3/R1	<i>124</i>
<i>DEFG</i>	FK/R9 N9/R5	<i>120</i>
<i>DEFGH</i>	FK/IND77	<i>119</i>
<i>EFGHI</i>	TC1-7/Traper	<i>118.5</i>
<i>FGHIJ</i>	H3/IND77 409/N9	<i>117.155</i>
<i>GHIJK</i>	409/R9 N10/R5 H3/J10 N10/Traper FK/25X-1	<i>112</i>
<i>HIJK</i>	N9/IND77	<i>109.667</i>
<i>IJK</i>	Traper/IND77	<i>109.33</i>
<i>JK</i>	Traper/R9	<i>108.5</i>
<i>K</i>	N9/R9 Traper	<i>105.71</i>

V. Résultats pour les paramètres agronomiques :

V.1 Nombre de siliques par plante :

A propos de nombre de siliques par plante, les résultats de l'analyse de la variance ont exprimé une différence très hautement significative pour ce caractère ($p < 0,001$). De plus, Nous pouvons déduire que le nombre de siliques par plante varie de moins de 65 à plus de 1050 siliques.

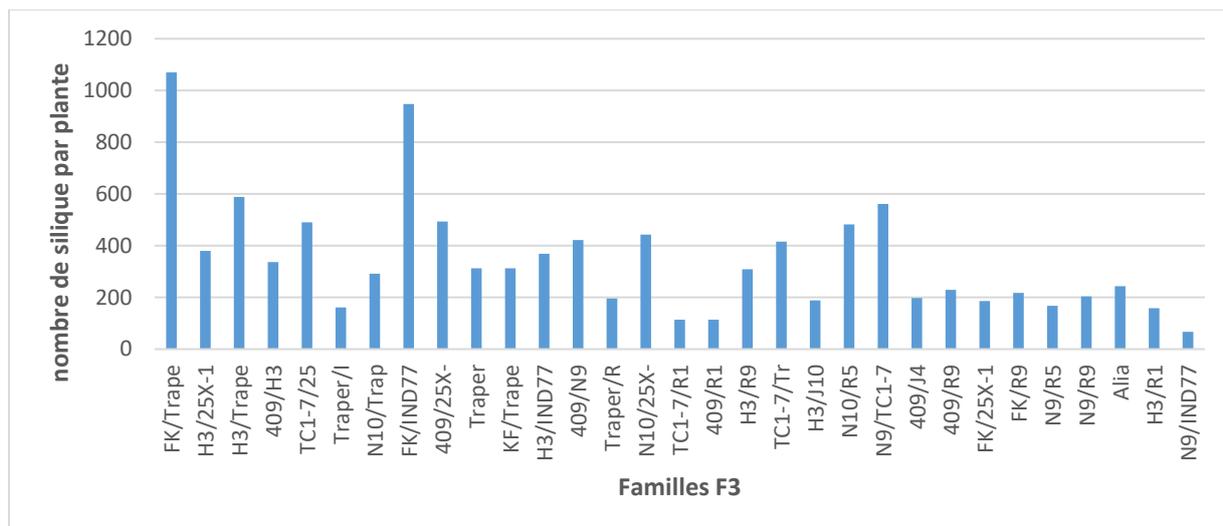


Figure 14: Variation du nombre de silique moyen par plante entre les familles étudiées

Le nombre de siliques par plante le plus élevé a été enregistré chez la variété FK/Traper avec un nombre de 1070 siliques/plante, suivie du FK/IND77, avec 947 siliques/plante. La famille N9/IND77 a eu le nombre le plus faible de siliques, soit 67 siliques/plante. Les autres familles sont intermédiaires.

En effet, la chute du nombre de siliques chez certaines familles peut être notée que les plantes ont été exposées aux différentes conditions, notamment la haute température au début de cycle, la basse température au stade végétatif. De plus, l'exposition des familles aux fortes vitesses de vent au moment de la floraison a entraîné une chute florale, ce qui baisse la productivité de celles-ci. En outre, les chercheurs ont mentionné que sous des conditions de stress thermique, les variétés de colza sensibles à la chaleur subissaient une forte baisse du nombre de siliques (Barhou K, 2018).

Tableau 10: Composition et moyenne des groupes des familles homogènes pour le nombre de siliques par plante

Groupe homogène	Composition	Moyenne
A	FK/Traper	1070
AB	FK/IND77	947.8
BC	H3/Traper KF/Traper N9/TC1-7 409/25X-1 TC1-7/25 N10/R5 N10/25X-1	519.44
C	409/N9 TC1-7/Traper H3/25X-1 H3/IND77 409/H3 Traper H3/R9 N10/Traper Alia 409/R9 FK/R9 N9/R9 409/J4 Traper/R9 H3/J10 FK/25X-1 N9/R5 409/R1	320.52

	Traper/IND77 H3/R1 TC1-7/R1 N9/IND77	
--	---	--

V.2 Poids de mille graines :

L'ensemble des populations a exprimé une différence significative sur le poids de mille graines ($p < 0,01$). De même, la valeur moyenne de poids de mille graines est de l'ordre de 2.841g.

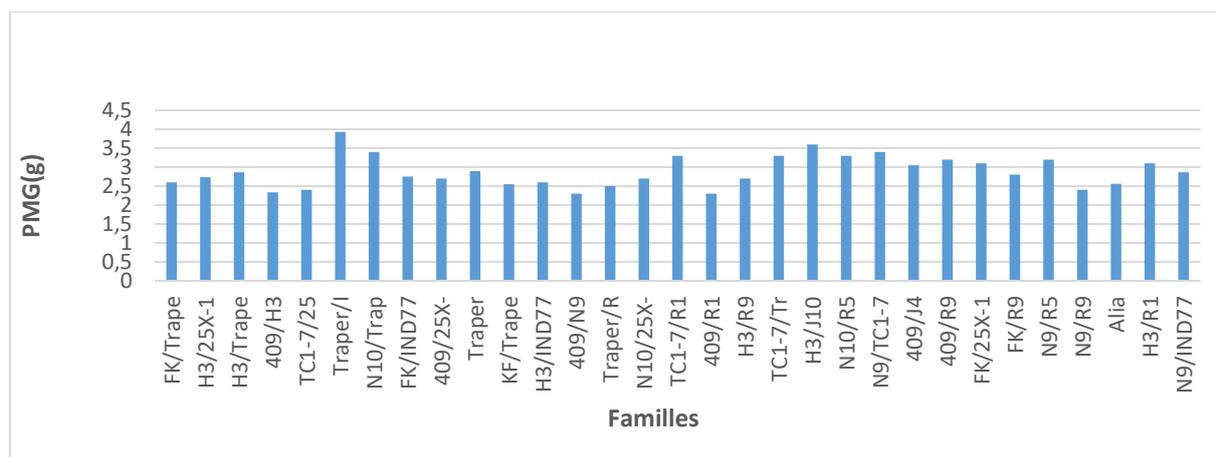


Figure 15: Variation du poids de mille graines moyen entre les familles étudiées

Le test de comparaison de moyennes pour les 29 familles et deux témoins présente que la famille Traper/IND77 a eu le pmg le plus élevé, soit une valeur moyenne de l'ordre de 3.93g. Les familles H3/J10, N9/TC1-7 et N10/Traper sont également caractérisées par de grosses graines dont le PMG moyen change entre 3,68 et 3,4g. Enfin, la famille 409/R1 a eu les plus petites graines ayant un PMG moyen de 2.3g.

Pour les variétés témoins Alia et Traper le PMG moyen égal 2,5 g et 2,89.

En outre, tout comme le nombre de graines par siliques, le poids de mille graines est également affecté par le stress thermique après interruption de la photosynthèse de la plante, ce qui réduit la synthèse d'assimilation nécessaire pour remplir les graines, il en résulte un rétrécissement des graines et une perte de poids (Barhou K, 2018).

Tableau 11: Composition et moyenne des groupes de variétés homogènes pour le poids de mille graines

Groupe homogène	Composition	Moyenne
A	<i>Traper/IND77</i>	3.933
AB	<i>H3/J10</i>	3.6

ABC	<i>N9/TC1-7 N10/Traper</i>	3.4
ABCD	<i>TC1-7/R1 N10/R5 N9/R5 409/R9 H3/R1 FK/25X-1 409/J4 Traper</i>	3.1425
BCD	<i>N9/IND77 H3/Traper FK/R9 FK/IND77 H3/25X-1 H3/R9 N10/25X-1 409/25X-1 FK/Traper H3/IND77 Alia KF/Traper</i>	2.7022
CD	<i>Traper/R TC1-7/Tr TC1-7/25 N9/R9 409/H3</i>	2.4066
D	<i>409/N9 409/R1</i>	2.3

Le nombre de siliques par plante est considéré comme un indice de sélection pour l'amélioration de la productivité du colza

V.3 Rendement par plante :

Le rendement par plante a révélé une différence hautement significative entre les familles étudiées ($p < 0,001$). Ainsi, la valeur moyenne du rendement par plante est de l'ordre de 13,65g. D'après les résultats révélés dans la Figure 16, le rendement par plante montre de grands changements d'une famille à une autre. En plus, la plus faible valeur a été eue chez la famille N9/IND77, soit un rendement de 4,09g par plante, suivie de la famille 409/R1 avec une valeur de 6,62 g par plante.

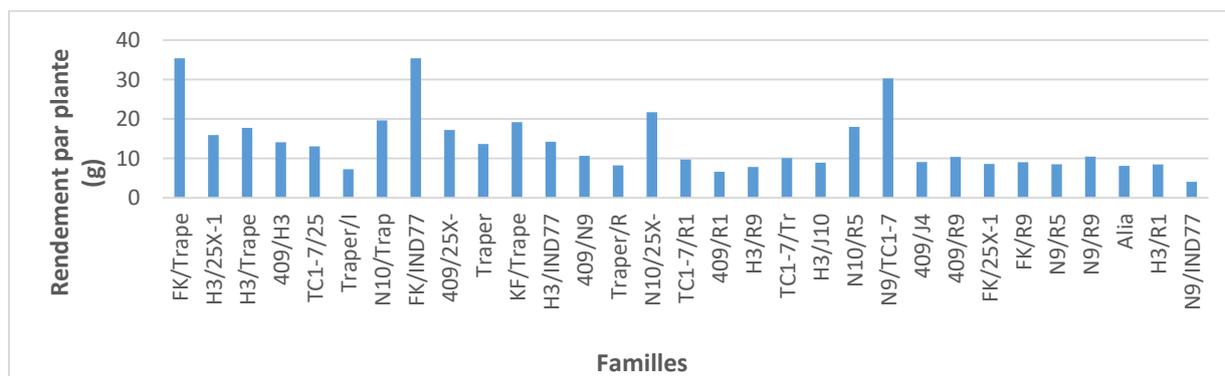


Figure 16: Variation du rendement par plante entre les familles étudiées

D'ailleurs, le rendement par plante le plus élevé a été obtenu chez la famille FK/IND77, soit une valeur moyenne de l'ordre de 35,41 g par plante contre 13.653 g par plante pour la variété Traper, et 8.09 g par plante pour la variété Alia, qui sont des variétés inscrites au catalogue officiel.

En effet, la famille FK/IND77 a présenté le potentiel de production le plus élevé, avec une faible sensibilité aux différentes conditions environnementales. Or, l'étude a rapporté que le nombre de siliques par plante est la composante la plus importante du rendement en graines du colza (Nabloussi, A., 2015).

Tableau 12: Composition et moyenne des groupes des familles homogènes pour le rendement par plante

Groupe homogène	Composition	Moyenne
<i>A</i>	FK/IND77	<i>35.410</i>
<i>AB</i>	N9/TC1-7	<i>30.293</i>
<i>ABC</i>	FK/Trape	<i>26.615</i>
<i>ABCD</i>	N10/25X-1 N10/Traper KF/Traper N10/R5 H3/Trape 409/25X- 1 H3/25X-1	<i>18.50</i>
<i>BCD</i>	H3/IND77 409/H3 Traper 409/R9 FK/R9 H3/J10 FK/25X-1 N9/R5 H3/R1 TC1-7/25 409/N9 N9/R9 TC1- 7/Tr TC1-7/R1 409/J4	<i>10.60</i>
<i>CD</i>	Traper/R9 Alia H3/R9 Traper/I 409/R1	<i>7.597</i>
<i>D</i>	N9/IND77	<i>4.04</i>

CONCLUSION

Les résultats de l'analyse de la variance des 29 familles de colza évaluées à la station expérimentale de Douyet durant la campagne 2021/2022 ont montré que ces familles se comportaient différemment en exprimant des variations significatives pour la majorité des paramètres étudiés.

Sur le plan morphologique, la famille '409/H3' s'est montrée la plus haute, avec une moyenne de l'ordre de 158,33 cm et la plus ramifiée. Par contre, la famille 'N9/R9' est la plus naine, ayant une hauteur moyenne de 63,5 cm.

Pour les paramètres phénologiques, les variétés expérimentées ont montré des différences importantes en termes du nombre de jours à la floraison. La variété 'Traper' et la famille 'N9/R9' se sont avérées les plus précoces à la floraison, avec une moyenne de 104 à 105 jours entre le semis et la floraison.

Pour les paramètres agronomiques, la famille 'FK/Traper' a été distinguée par le nombre de siliques et le rendement par plante les plus élevés, avec des valeurs moyennes respectives de l'ordre de 1070 siliques et de 35,410 g, tandis que la variété témoin 'Alia' et l'hybride commercial 'Traper' sont moins performants en ayant un rendement par plante moyen de 8,09 g et 13,65 g, respectivement. La famille très précoce 'N9/R9' a produit le nombre de graines par silique le plus élevé, soit une valeur moyenne de 24,5 graines, en comparaison avec les autres familles dont le témoin 'Alia' qui a eu 19,45 graines par silique et la variété commerciale 'Traper' qui a eu 19,8. Cependant, le rendement de la famille 'N9/R9' reste très faible 10.46 g à cause principalement du faible nombre de siliques par plante (204).

En revanche, une année additionnelle d'expérimentation de ces familles est très souhaitable afin de confirmer les résultats obtenus. Aussi, il est fortement recommandé de faire des sélections au niveau des familles ayant montré des performances supérieures à celles des deux témoins, notamment en termes de précocité à la floraison et de rendement par plante.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Barhou K, (2018). Étude du comportement de vingt génotypes de colza (Brassica napus L.) sous les conditions de la région du saïs. Projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en agronomie. Fès Maroc

Boyeldieu, J. (1991). Le colza. *Produire des grains oléagineux et protéagineux, Tec & Doc edn. J.-Bailliere, Paris.*

FAO, 2016 : oléagineux et produits oléagineux. P- 13, 15, 24.
<https://www.fao.org/3/CA2692FR/ca2692fr.pdf>

FAO, 2019 : oléagineux et produits oléagineux. P-155
<https://www.fao.org/3/ca8861fr/Oleagineux.pdf>

FAOSTAT, 2014. Statistique de 2014 de superficies, rendements et productions de la culture du colza dans le monde. Extrait de www.faostat.fao.org.

GODINEAU, Edouard, et al. An electrochemical flow-through cell for rapid reactions. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 2020, vol. 59, no 16, p. 7321-7326.

GODINEAU, Edouard, et al. An electrochemical flow-through cell for rapid reactions. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 2020, vol. 59, no 16, p. 7321-7326.

Hebinger, H., & Pinochet, X. L. (2013) : Plante : classification botanique, élaboration du rendement, sélection. *Le colza. Paris France*, 59-149.

Houmanat, K., M. El Fechtali, H. Mazouz, et A.Nabloussi. (2016). Evaluation and selection of promising sunflower germplasm under early winter planting conditions. *Afr. J. Agric. Res.* 11: 4610-4618

<https://fr.statista.com/statistiques/565109/huiles-vegetales-consommation-mondiale-par-type-d-huile/>

<https://www.terresinovia.fr/-/semis-du-colza-le-semis-direct-adapte-en-sols-bien-structure>

<https://www.yara.fr/fertilisation/solutions-pour-cultures/colza/production-du-colzadans-le-monde/production-mondiale-et-consommation-huile-colza/>.

Nabloussi A, (2005). Amélioration génétique du colza (brassica napus L.) : revue bibliographique et proposition d'une stratégie à adopter dans les conditions

marocaines. Al Awamia. 139-140

Nabloussi A, (2015). Amélioration génétique du colza : enjeux et réalisations pour un développement durable de la filière. Meknès. Éditions INRA.

Razouk R, (2019) : Communication privée fournie par le chercheur, Agrophysiologie des arbres fruitiers et de l'olivier Razouk.R2017

Saghouri El Idrissi I. (2018). Evaluation et sélection de nouveau matériel génétique de colza (Brassica napus) adapté au stress hydrique et productif pour des milieux de cultures contrastés. Rapport de PFE de master de la Faculté des Sciences de Kénitra.