



Université Sidi Mohamed Ben Abdellah
Faculté des Sciences et Technique de Fès



Projet de Fin d'Etudes
Licence Sciences & Techniques
Biotechnologie et Valorisation des Phyto-Ressources

**Evaluation comparative de quelques hybrides et lignées
parentales de colza (*Brassica napus*)**

Présenté par : El Meknasi Oumayma

Encadré par : Dr Abdelghani Nabloussi

Pr Abdellatif Hagoud

Soutenu le : 04/07/2022 devant le jury composé de :

- **Dr Abdelghani Nabloussi**
- **Pr Abdellatif Haggoud**
- **Pr Iraqui Houssaini Mohamed**

Année universitaire : 2021/2022

Faculté des Sciences et Techniques Fès (FSTF)
FSTF Fès, BP 2202-Route d'Imouzzer Fes
Tél : +212 535 60 80 14
<http://www.fst-usmba.ac.ma>

Dédicace :

Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à ceux qui, quels que soient les termes embrassés, je n'arriverais jamais à leur exprimer mon amour sincère.

A ma chère mère,

A mon cher père,

Qui n'ont jamais cessé, de formuler des prières à mon égard, de me soutenir et de m'épauler pour que je puisse atteindre mes objectifs.

A mes chères sœurs Zineb, Hafsa et Khadija

A ma chère amie Fatima zahra

Pour ses soutiens et ses conseils précieux tout au long de mes études.

Remerciement

Je tiens à travers ce rapport à exprimer mes sincères remerciements aux nombreuses personnes qui ont contribué à l'aboutissement de ce présent travail :

- Ma profonde gratitude à Mr 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.
- Je remercie Mr Haggoud Abdellatif Professeur à la FST pour son aide, ses conseils précieux et pour avoir encadré mon stage.
- Mes vifs remerciements à Mr Fechtali Mohamed, technicien de recherche à l'Unité de Recherche, M. Batbat Amine, étudiant doctorant de la FST de Fès, M. Mouncif Abdejalil, élève-ingénieur de l'ENA.
- Ma gratitude envers Monsieur le Chef du Centre Régional de la Recherche Agronomique de Meknès qui m'a autorisé à effectuer ce stage dans ce Centre.
- Je tiens à remercier également Mr Iraqui Houssaini Mohamed professeur à la FST qui a bien voulu accorder une part de son précieux temps pour examiner ce travail. C'est pour moi un grand honneur et un vrai plaisir de présenter mon travail devant lui.
- Enfin je remercie Slimani Driss et tous ceux et toutes celles qui ont contribué, de près ou de loin, à l'aboutissement de ce présent travail.

Liste des tableaux

Tableau 1 : la position taxonomique du colza (Hadjer,2008).	3
Tableau 2: stades de croissance et de développement du colza (Nabloussi et al., 2018)	5
Tableau 3: Génotypes parentales étudiés.....	13
Tableau 4:Résultats de l'analyse de la variance des génotypes évalués	17
Tableau 5 : Composition et moyenne des groupes de variétés homogènes pour HTR.....	19
Tableau 6:Composition et moyenne des groupes de variétés homogènes pour DAC.....	20
Tableau 7: Composition et moyenne des groupes de variétés homogènes pour NRP	22
Tableau 8:Composition et moyenne des groupes de variétés homogènes pour NSP.....	23
Tableau 9:Composition et moyenne des groupes de variétés homogènes pour NGS	24
Tableau 10:Composition et moyenne des groupes de variétés homogènes pour RGP	26

Liste des figures :

Figure 1:inflorescence du colza.	4
Figure 2:Origine du colza cultivée B. napus (d'après U., 1935).....	4
Figure 3:Sclérotinia et Oidium sur colza.	9
Figure 4: Autofécondation forcée des plantes sélectionnées dans les populations en ségrégation par ensachage à l'aide de sacs en papier sulfurisé (INRA, 2022)	11
Figure 5: plan de l'expérimentation	14
Figure 6:Mesure de diamètre au collet à l'aide de pied à coulisse (INRA, 2022)	15
Figure 7: Opération après récolte (INRA, 2022).....	16
Figure 8 : Hauteur moyenne (cm) de plante des génotypes étudiés.....	18
Figure 9: Diamètre au collet moyen (mm) par plante des génotypes étudiés.....	20
Figure 10:Nombre de rameaux moyen par plante des 14 génotypes étudiées.....	21
Figure 11:Variation du nombre de silique moyen par plante entre les 14 génotypes étudiées	23
Figure 12:Variation du nombre de graines par silique entre les génotypes étudiées	24
Figure 13: Variation du rendement par plante entre les différents génotypes évalués	26

Liste des abréviations

B. napus : *Brassica napus*

CANOLA: CANadian Oil Low Acid.

CRRA : Centre régional de la recherche agronomique

DAC : Diamètre du collet

HTC : La hauteur de la plante

NGS : Nombre de graine par silique

NRP : Nombre de rameaux principaux par plante

NSP : Nombre de siliques par plante

PMG : Poids de 1000 graines

RGP : Rendement de graines par plante

Sommaire

Introduction :	1
Présentation de L'INRA :	2
Revue bibliographique :	3
I. Généralités sur le colza :	3
1. Etude taxonomique :	3
2. Description morphologique :	3
3. Origine et répartition géographique :	4
4. Développement et croissance du colza :	5
5. Culture du colza :	6
5.1 Importance de la culture :	6
5.1.1 A l'échelle mondiale :	6
5.1.2 A l'échelle nationale :	6
5.2 Intérêt de la culture :	7
5.3 Exigence de la culture du colza :	7
5.3.1 Sol :	7
5.3.2 Température :	7
5.3.3 Eau :	8
5.3.4 Nutrition minérale :	8
5.4 Les ennemis de la culture :	8
II. Diversité et amélioration génétique du colza	9
1. Diversité génétique :	9
2. Objectifs et critères :	9
3. Méthodes de sélection :	10
3.1. Méthodes conventionnelles :	10
3.1.1. Sélection des lignées pures (pedigree) :	10
3.1.2. Sélection de variétés populations à pollinisation libre :	11
3.1.3. Sélection de variétés synthétique :	11
3.1.4. Sélection de variétés hybrides :	11
3.2. Outils modernes de la biotechnologie :	12
Matériel et Méthodes :	13
I. Objectif de l'étude :	13
II. Environnement de l'expérimentation :	13
III. Matériel végétal :	13
IV. Paramètres étudiés :	14
V. Analyse des données :	16

Résultats et discussion :	17
I. Résultats de l'analyse de la variance :	17
II. Comparaison des géotypes pour les paramètres étudiés :	17
1. La hauteur de la plante :	17
2. Diamètre du collet :	19
3. Nombre de rameaux principaux par plante :	21
4. Nombre de siliques par plante :	22
5. Nombre de graine par silique :	24
6. Rendement de graines par plante :	25
Conclusion :	28
Références bibliographiques :	29

Introduction :

Le colza est une plante herbacée annuelle à fleur jaunes éclatant appartenant à la famille des Brassicacées. Cette plante est cultivée pour ses graines qui sont pressées pour fabriquer les huiles, les résidus restant après l'extraction de l'huile sont nommés tourteaux et servent à l'alimentation du bétail. L'huile de colza est devenue plus appréciée par les consommateurs, du fait de sa richesse en en acides gras essentiels (oméga 3 et oméga 6) (Rakow, G. 2004).

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). Les besoins de notre pays en huiles végétales s'élèvent à plus de 410.000 tonnes dont seulement 20% sont couverts par la production nationale (Nabloussi, 2015).

Par conséquent, un des grands objectifs du programme d'amélioration des oléagineux annuels est le développement de variétés de colza productives et adaptées aux conditions Marocaines. Ce programme commence par des hybridations (croisements) entre parents choisis, au préalable à la base de leurs performances et de leur complémentarité. Les hybrides, ainsi obtenus, sont le point de départ du schéma de sélection par la méthode de 'Pedigree' adoptée dans ce programme d'amélioration à l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA-Centre Régional de Meknès).

L'objectif de ce travail est et de comparer certains hybrides obtenus en 2021 avec leurs parents respectifs. Le but étant de voir s'il y a une supériorité ou une vigueur hybride par rapport aux lignées parentales en ce qui concerne certains traits d'intérêt pour le programme d'amélioration du colza.

Le présent manuscrit est structuré en trois parties distinctes mais complémentaires :

Première partie : Etude bibliographique.

Deuxième partie : Matériel et méthodes.

Troisième partie : Résultats et discussion.

Présentation de L'INRA :

L'INRA est une institution à profond ancrage historique qui développe une stratégie de recherche actualisée pour la production de technologies, connaissances et méthodes. Les recherches du centre accompagnent la mise en œuvre des plans régionaux adoptés dans le cadre du Plan Maroc Vert et en étroite collaboration avec le développement et la profession.

Missions de l'INRA et objectifs :

- Amélioration de la durabilité et la compétitivité de la production fruitière et viticole
- Amélioration de la production céréalière nationale dans le contexte du changement climatique
- Amélioration de la productivité, de la qualité et de l'adaptation des cultures oléagineuses et valorisation technologique des variétés marocaines
- Amélioration de la productivité et valorisation des légumineuses alimentaires pour un meilleur développement agricole durable.
- Amélioration de la productivité, de la durabilité et de la compétitivité de l'oléiculture marocaine face aux changements globaux.
- Amélioration de la productivité et de la compétitivité de la filière maraîchère.
- Développement des pratiques agroécologiques pour des systèmes agricoles résilients en zones semi-arides.
- Outils d'aide à la décision pour la gestion prévisionnelle.
- Diffusion et transfert des innovations.

Le centre régional de la recherche agronomique (CRRA) de Meknès couvre la zone d'action des directions provinciales d'agriculture (DPA) de Boulmane, El Hajeb, Fès, Ifrane, Khenifra, Meknès, Taounate, Taza et Séfrou.

Il est composé de 3 unités :

- ❖ Amélioration génétique des plantes et conservation des ressources phylogénétiques
- ❖ Protection des plantes
- ❖ Agronomie et physiologie végétale
- ❖ Gestion durable des ressources naturelles, d'économie et sociologie rurales

Domaines expérimentaux : Ain Taoujdate, Annonceur, Douyet

Revue bibliographique :

I. Généralités sur le colza :

1. Etude taxonomique :

Le tableau ci-dessous synthétise la position taxonomique du colza (Hadjer, 2008).

Tableau 1 : la position taxonomique du colza (Hadjer,2008).

<i>Embranchement</i>	Spermaphytes
<i>Classe</i>	Dicotylédones
<i>Famille</i>	Crucifères (ou Brassicaceae)
<i>Genre</i>	Brassica
<i>Espèce</i>	<i>Brassica napus</i>

2. Description morphologique :

Le colza (*Brassica napus*) est une plante herbacée annuelle à racine pivotante (Gulden et al., 2008). Les tiges sont érigées, de simple à librement ramifiées, glabres ou ornées de poils clairsemés et peuvent atteindre 1,5 m de haut. Ses feuilles sont d'un vert glauque, protégées par un épiderme lisse et cireux, sur lequel l'eau peut glisser sans s'étaler (Boyeldieu, 1991).

Chaque ramification de la tige porte une inflorescence (Figure 1), dans laquelle les fleurs sont disposées en grappe simple à croissance indéfinie (Barhou, 2018).

Le fruit est une silique allongée, de 5 à 20 cm, dont les deux valves se séparent d'une fine cloison médiane. Chaque silique contient environ 20 petites graines exalbuminées à cotylédons jaune foncé. Chaque graine a un diamètre qui varie de 2 à 2,5 mm et ayant une teneur en huile variable selon les variétés (Boyeldieu, 1991).



Figure 1:inflorescence du colza.

Source : <https://www.complements-alimentaires.co/colza/>

3. Origine et répartition géographique :

B. napus L, communément appelé colza, navette colza, ou colza argentin, appartient à la famille des Brassicaceae (Crucifères).

C'est l'une des six espèces cultivées de *Brassica* qui forment le "U-triangle" (Figure 2). Génétiquement *B. napus* est un allopolyploïde présentant un héritage disomique et est considéré comme une espèce relativement nouvelle.

Bien que ses origines ne soient pas encore tout à fait claires, *B. napus* est très probablement issu de multiples hybridations interspécifiques spontanées et indépendantes entre des génotypes de navette (*Brassica rapa* : AA, $2n=20$) et de chou ou chou frisé (*Brassica oleracea*; CC, $2n=18$) poussant côte à côte à l'époque médiévale (Prakash et Inata 1980, Kimber et McGregor 1995, Gupta et Pratap 2007).

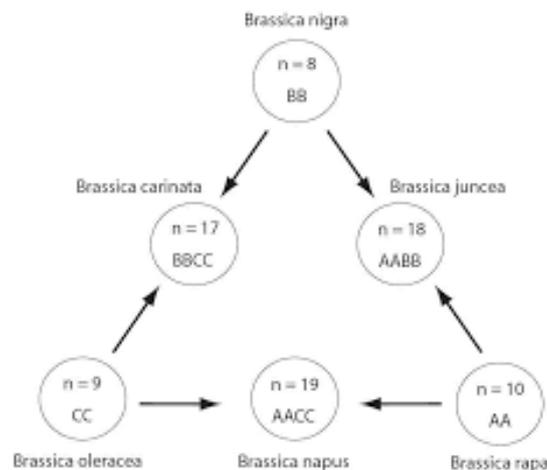


Figure 2:Origine du colza cultivée *B. napus* (d'après U., 1935)

4. Développement et croissance du colza :

Le tableau ci-après résume les différents stades de croissance et de développement de la culture du colza.

Tableau 2: stades de croissance et de développement du colza (Nabloussi et al., 2018)

	<p>Stade cotylédonaire :</p> <p>À la levée, les jeunes plantules ne possèdent pas de vraies feuilles.</p> <p>Il y a apparition de deux cotylédons au niveau de chaque plantule.</p>
	<p>Formation de la rosette :</p> <p>Apparition de la 1^{ère}, 2^{ème}, ..., 4^{ème}s feuilles vraies.</p>
	<p>Montaison :</p> <ul style="list-style-type: none">-Reprise de la végétation, apparition de jeunes feuilles.-Entre-nœuds visibles. Ebauche de la tige à la base des nouveaux pétioles.
	<p>Boutons accolés :</p> <ul style="list-style-type: none">-Début de formation des boutons accolés cachés de l'inflorescence principale.-Boutons accolés visibles de l'inflorescence principale dégagée. <p>Les inflorescences secondaires sont visibles.</p> <p>La tige est allongée.</p>
	<p>Boutons séparés :</p> <p>Les boutons floraux se séparent par allongement des pédoncules.</p>
	<p>Floraison :</p> <ul style="list-style-type: none">-Ouverture des premières fleurs.-Allongement de la hampe florale. <p>Plusieurs fleurs sont ouvertes.</p>

	<p>Développement des siliques</p> <ul style="list-style-type: none"> -Chute des premiers pétales et formation des premières siliques ayant une longueur inférieure à 2 cm. -Les dix premières siliques formées ont une longueur entre 2 et 4 cm. -La longeuers de ces siliques dépasse 4cm. - Les dix premières siliques sont gonflées et bosselées. Les graines sont encore vertes. - Les premières siliques sont mures. Les graines sont colorées.
---	--

5. 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).

5.1 Importance de la culture :

5.1 .1 A l'échelle mondiale :

Les principaux pays producteurs de graines de colza à travers le monde sont le Canada, la Chine, l'Inde, la France et l'Allemagne.

Selon les statistiques de la FAO, le colza est devenu en 2021 la deuxième culture oléagineuse du monde après le soja avec une production mondiale de 71,6 Mt (FAOSTAT).

En Juillet 2021, la consommation mondiale d'huile de colza (canola) a atteint environ 28,94 millions de tonnes métriques, contre 11,2 millions de tonnes en 1995/1996 (STATISTA, 2022).

5.1.2 A l'échelle nationale :

Au Maroc La culture du colza a été introduite en 1981, avec une superficie semée et récoltée d'environ 200ha et un rendement moyen aux alentours de 5q/ha (FAOSTAT).

En 1990 c'était le record de production. La superficie emblavée a été de l'ordre de 4700ha et celle récoltée de 3100ha, avec un rendement national moyen de l'ordre de 10q/ha et une production nationale de 4000 tonnes (entre 1982 et 2001) (Nabloussi, 2015).

Un arrêt de production national a été enregistré après la campagne agricole 2000-2001, suite à un manque de subventions et de garantie des débouchés de cette culture par l'Etat.

En 2013 un contrat programme (CP) entre le gouvernement marocain et l'interprofession pour le développement et la relance de la filière oléagineuse, a été signée parmi les objectifs les plus importants, l'extension et la diversification progressives des superficies réalisées annuellement en cultures oléagineuses pour atteindre, en 2020 42.000 ha de colza (Nabloussi,2015).

5.2 Intérêt de la culture :

La culture de colza est destinée essentiellement à l'extraction de l'huile à partir des graines pour des fins alimentaires et industrielles. Le tourteau obtenu après extraction de l'huile est très riche en protéines et constitue un bon aliment pour le bétail. Les feuilles de colza sont aussi comestibles, à l'instar de celles du chou vert frisé (Nabloussi, 2015).

La culture de colza montre une capacité d'adaptation à des conditions difficiles de croissance et de développement, notamment en début de cycle où elle parvient à récupérer et à assurer un minimum de production (Nabloussi, 1994).

En plus, la culture présente l'avantage d'être une tête de rotation essentielle souvent pour les céréales, permet de nettoyer le sol des mauvaises herbes et d'améliorer sa structure tout en lui restituant des quantités importantes d'éléments minéraux et de matière organique. En effet, il améliore le bilan humique, en restituant 8 à 10 tonnes de matière organique, soit 1600 à 1800 kg d'humus/ha (Guettaa, 2010). Après une récolte de 30 q/ha le colza restitue au sol 115 kg d'azote, 35 kg de phosphore et 230 kg de potasse (Soltner, 1987). D'après une étude conduite par le CETIOM entre 1999 et 2004, le rendement moyen du blé dur après colza a été amélioré en moyenne de 14 q/ha ou 27% par rapport à celui en monoculture.

5.3 Exigence de la culture du colza :

5.3.1 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).

5.3.2 Température :

La température est un facteur majeur de variation de la production en raison des risques de gelées hivernales et printanières, d'une part, et des hautes températures durant la période de floraison et de formation de siliques, d'autre part. Pour la germination des semences de colza, la température du sol doit être supérieure à 5°C. Durant la levée, la température du sol est plus influente sur le développement de la plantule que la température de l'air (Nabloussi, 2015).

5.3.3 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 (Barhou, 2018).

5.3.4 Nutrition minérale :

Les besoins du colza en éléments minéraux sont importants et restent liés aux objectifs des rendements visés. Cependant, les restitutions sont très grandes et atteignent en moyenne 50 %, 31 % et 91 %, respectivement pour l'azote, le phosphore et la potasse, à condition de restituer les résidus de récolte et les incorporer au sol (Nabloussi et al., 2018).

5.4 Les ennemis de la culture :

Les maladies de colza les plus présentes à travers le monde sont l'oïdium, l'alternaria, le sclérotina, la cylindrosporiose, le mildiou des crucifères et le phoma. Cependant ce dernier reste l'ennemi le plus redoutable du colza, notamment dans les pays à climat tempéré, comme la France. Au Maroc, les seules maladies observées et rapportées en littérature sont la sclérotinia et l'oïdium. La première maladie est causée par le champignon *sclerotinia sclerotiorum*, L'infection affaiblit la tige de la plante et conduit à des pertes dues à la verse et maturation précoce. La deuxième maladie est causée par le champignon *Erysiphe cruciferarum*. Les symptômes, sous forme de taches étoilées de mycélium blanc, sont visibles au niveau des feuilles et des tiges en début de la floraison, puis sur les siliques (Nabloussi et al., 2018).

Ces maladies sont rarement trouvées dans les parcelles du colza au Maroc.

Les moineaux et d'autres genres de petits oiseaux sont également de grands ravageurs du colza. Leur attaque commence dès le début de formation des graines.

Les plantes du colza sont attaquées aussi par les limaces, les altistes, les méligèthes, la baris, la cétoine et le puceron (Nabloussi et al., 2018).



Source : <https://www.syngenta.fr/traitements/sclerotinia-du-colza>

Source : https://www.agro.basf.fr/fr/cultures/colza/maladies_du_colza/oidium_colza.html

Figure 3: Sclérotinia et Oidium sur colza.

II. Diversité et amélioration génétique du colza

1. Diversité génétique :

La variabilité génétique du colza est relativement étroite. Les caractères de qualité de la graine, l'absence d'acide érucique et la faible teneur en glucosinolates des variétés modernes sont dérivées des variétés de printemps "Liho" et "Bronowski". Cependant, le caractère hybride interspécifique du colza lui donne la possibilité de se croiser avec des espèces apparentées. Ainsi, plusieurs sélectionneurs ont pu créer des colzas synthétiques en transférant des caractères d'intérêt pour l'amélioration génétique (résistance aux herbicides, colza à cycle court, etc.). Deux grandes voies ont été explorées pour étendre la variabilité génétique du colza. La première est l'hybridation interspécifique, la seconde voie est l'exploitation de plantes obtenues par des méthodes biotechnologiques telles que la transformation génétique, la mutagenèse... (Nabloussi, 2015).

2. Objectifs et critères :

Le principal objectif du programme d'amélioration du colza consiste à diversifier et à développer un matériel génétique productif et adapté. Les critères de sélection portent, essentiellement, sur le rendement en graine et la teneur en huile. D'autre part, il faut préserver la variabilité intra population qui serait à l'origine d'un progrès génétique continu (Nabloussi, 2005).

L'augmentation de la teneur en huile de la graine est l'un des plus importants critères de sélection dans les programmes d'amélioration du colza. Cependant, la teneur en huile est un

caractère quantitatif complexe très influencé par le développement de la graine et les conditions environnementales. Ce caractère est contrôlé par plusieurs gènes à effet additif (Engqvist et Becker, 1991).

3. Méthodes de sélection :

3.1. Méthodes conventionnelles :

Anciennement, les sélectionneurs ont utilisé les méthodes classiques de sélection propres aux espèces autogames. Le type de variétés recherché est la lignée pure. Cependant, et au vu du caractère semi-allogame de cette espèce et de la présence d'hétérosis, les sélectionneurs se sont orientés plutôt vers le développement d'autres types variétaux, à savoir les populations à pollinisation libre, les variétés synthétiques et les hybrides (Nabloussi, 2015).

3.1.1. Sélection des lignées pures (pedigree) :

La méthode pedigree est utilisée pour le développement de lignées pures. Elle commence par croisement entre deux parents choisis convenablement sur la base de leur performance et complémentarité, assurant ainsi une combinaison des meilleurs traits caractérisant ces deux parents.

L'hybride F1 obtenu est autofécondé pour avoir la population F2 en ségrégation. La sélection généalogique et l'observation au champ sont poursuivies dans les générations postérieures (à partir de la population F3) jusqu'à la fixation de lignées, à travers des autofécondations successives sous sachet en papier sulfurisé à même d'éviter tout risque de contamination par un pollen étranger. Ensuite, les lignées uniformes exprimant les caractères désirés sont multipliées en isolement et puis testées en lignes dans des essais de rendement à petite échelle, en présence de témoins. Les différentes lignes sont récoltées en vrac. Les meilleures lignées sont ensuite testées dans des essais avancés de rendement avec répétitions. (Nabloussi, 2015).



Figure 4: Autofécondation forcée des plantes sélectionnées dans les populations en ségrégation par ensachage à l'aide de sacs en papier sulfurisé (INRA, 2022)

3.1.2. Sélection de variétés populations à pollinisation libre :

Les populations à pollinisation libre sont créées dans le but de minimiser le degré de consanguinité, 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 pedigree.

Dans la génération en pollinisation libre, la pollinisation croisée entre différentes plantes est favorisée par les conditions environnementales favorables, notamment la présence abondante d'insectes pollinisateurs comme les abeilles (Nabloussi, 2015).

3.1.3. Sélection de variétés synthétique :

Les variétés synthétiques : ce sont des populations issues d'inter croisement contrôlé d'un nombre limité de plantes (parents), sélectionnées pour leur valeur propre. Elles constituent une voie pour garantir un certain niveau de stabilité et d'adaptation à différents environnements contrastés.

3.1.4. Sélection de variétés hybrides :

La création des hybrides a pour but de valoriser le maximum possible de l'hétérosis avec un **gain de productivité par rapport aux parents. Cette hétérosis se manifeste sur différents caractères** dont le rendement en graine, la hauteur, la surface foliaire, le nombre de siliques par plante, le nombre de graines par silique, le poids de mille graines et la teneur en huile de la graine (Nabloussi, 2015).

3.2. Outils modernes de la biotechnologie :

Plusieurs évolutions méthodologiques ont révolutionné l'amélioration génétique du colza, en focalisant l'attention sur quelques outils particuliers :

✚ **Mutagenèse chimique** : la mutagenèse chimique par l'EMS est utilisée dans l'objectif de générer de la variabilité génétique dans une espèce réputée reposer sur une base de ressources génétiques relativement réduites. Cela permet d'identifier, dans les générations suivantes, des lignées à caractères agronomiques originaux pouvant avoir un intérêt appliqué significatif (Pinochet, 2013).

✚ **Transgénèse** : le colza est une espèce particulièrement réceptive aux techniques de transformation génétique. Les nombreux travaux de recherche engagés depuis une quinzaine d'années sur la transgénèse appliquée à l'amélioration génétique du colza ont porté principalement sur la mise au point de la résistance aux parasites, aux insectes et à certains herbicides et à la qualité de la graine (huiles et tourteau) (Chèvre et al, 1997).

✚ **Fusion de protoplastes** : C'est une technique issue de la biologie cellulaire qui est aussi d'une grande importance dans l'amélioration du colza. Elle a permis d'obtenir la fusion d'une cellule de colza déficiente en chlorophylle portant sur son génome mitochondrial une introgression du radis conférant une stérilité mâle cytoplasmique. Ce matériel s'est avéré être une excellente source de stérilité mâle, particulièrement stable, et a servi de base au développement des composites hybrides lignées au milieu des années 90 (Pinochet, 2013).

Matériel et Méthodes :

I. Objectif de l'étude :

L'objectif de ce travail est et de comparer certains hybrides obtenus en 2021 avec leurs parents respectifs. Le but étant de voir s'il y a une supériorité ou une vigueur hybride par rapport aux lignées parentales en ce qui concerne certains traits d'intérêt pour le programme d'amélioration du colza.

II. Environnement de l'expérimentation :

➤ Site expérimental :

L'essai est conduit en pots au Centre Régional de Recherche Agronomique de Meknès dont les coordonnées sont : 33°50' N, 05°28' W, 625 m.

III. Matériel végétal :

Le matériel végétal utilisé est constitué de 18 génotypes de colza dont 9 lignées parentales et 9 hybrides. Les neuf parents utilisés sont les suivants :

- ❖ **Rap 1, Rap2, Rap3, Rap4 et Rap6** : six variétés de navet (*Brassica rapa*) d'origine indienne.
- ❖ **Traper** : hybride de colza (*B. napus*) d'origine allemande.
- ❖ **Ind77** : variété lignée pure de colza d'origine indienne.
- ❖ **Nap 10** : variété lignée pure de colza d'origine australienne.
- ❖ **Baraka** : variété lignée pure de colza d'origine Marocaine.

Les tableaux ci-dessus montre les génotypes parentaux, le type variétal et l'origine.

Tableau 3: Génotypes parentales étudiés.

Génotypes(parents)	Type variétale	Origine
Rap1	Variété	Inde
Rap2	Variété	Inde
Rap3	Variété	Inde
Rap4	Variété	Inde
Rap6	Variété	Inde
Traper	Hybride commercial	Allemande
IND77	Lignée pure	Inde
Nap10	Lignée pure	Australie
Baraka	Variété	Maroc

Les hybrides étudiés :

Nap10/Baraka; IND77/ Nap10; IND77/ Rap6; IND77/ Rap2; IND77/ Rap3; Traper/Rap2
; Traper/ Nap10; IND77/ Rap4; Baraka/ Rap1// IND77.

Les plantes étudiées sont disposées en pots sous conditions d'irrigation. Chaque génotype est représenté par 2 pots, et chaque pot contient 1 à 4 plantes.

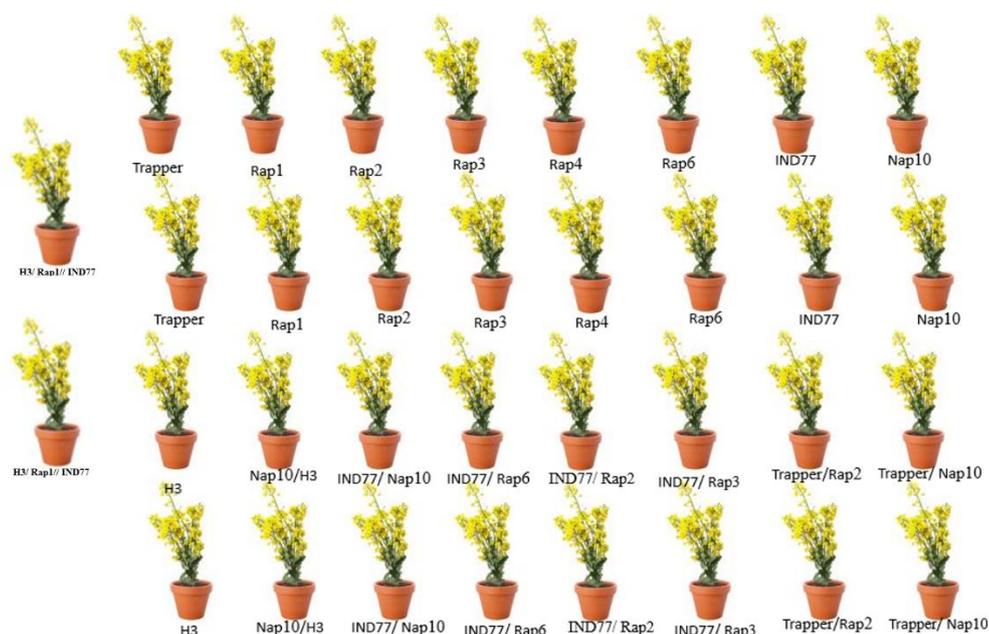


Figure 5: plan de l'expérimentation

IV. Paramètres étudiés :

Les paramètres étudiés mesurés dans cette expérimentation peuvent être divisés en deux types : des paramètres d'ordre morphologiques et des paramètres agronomiques.

Les mesures prises sont réalisées sur deux pots de chaque génotype étudié.

➤ Paramètres morphologiques :

La hauteur de la plante (HTR) : la mesure de la hauteur a concerné la partie située depuis le collet jusqu'à la limite du bourgeon apical de la tige principale.

Nombre de rameaux principaux par plante (NRP) : comptage sur terrain.

Diamètre du collet (DAC) : mesuré à l'aide d'un pied à coulisse afin d'avoir une idée sur la vigueur des plantes.



Figure 6: Mesure de diamètre au collet à l'aide de pied à coulisse (INRA, 2022)

➤ **Paramètres agronomiques :**

Nombre de siliques par plante (NSP) : comptage sur terrain.

Nombre de graines par silique (NGS) : déterminé, après récolte, sur un échantillon aléatoire de 10 siliques par plante.

Poids de 1000 graines (PMG) : mesuré, après récolte et battage, en utilisant une balance de précision.

Rendement de graines par plante (RGP) : après battage et nettoyage, les graines de chaque plante sont conservées dans des sachets appropriés puis pesés à l'aide d'une balance à précision.

La figure ci-dessus montre les opérations réalisées depuis la récolte jusqu'à la pesée des graines.



Figure 7: Opération après récolte (INRA, 2022)

V. Analyse des données :

Pour chaque essai, le facteur étudié est le génotype (parent vs. hybride). Des analyses de la variance (ANOVA) sont utilisées, afin de comparer les génotypes étudiés pour chacun des paramètres. Une classification de ces génotypes en groupes homogènes est également réalisée en utilisant le test Duncan de comparaison des moyennes. Le logiciel statistique utilisé est le SAS.

Résultats et discussion :

I. Résultats de l'analyse de la variance :

Les résultats de l'analyse de la variance révèlent un effet significatif du facteur 'génotype' sur la hauteur de la plante (HTR), le nombre de siliques par plante (NSP) et le rendement en graine par plante (RGP). De même, il y a des différences hautement à très hautement significatives entre les génotypes pour le nombre de graines par silique (NGS), le nombre de rameaux principaux par plante (NRP) et le diamètre au collet (DAC)s. Par contre, tous les génotypes sont comparables pour le poids de mille graines (PMG) (Tableau 4).

Tableau 4: Résultats de l'analyse de la variance des génotypes évalués

FD	HTR	NRP	DAC	NSP	NGS	PMG	RGP
Génotypes	361,78*	16,2***	22,188***	4997,357*	82,031**	3,186NS	4,911*

* : effet significatif, ** : effet hautement significatif, *** : effet très hautement significatif, NS : non significatif.

II. Comparaison des génotypes pour les paramètres étudiés :

L'étude ne concerne en fin de compte que 14 génotypes au lieu des 18 génotypes prévus au début, puisqu'il y a une absence totale des siliques chez quatre génotypes parentaux : Rap1, Rap2, Rap3 et Rap6.

1. La hauteur de la plante :

Les génotypes ont, en moyenne, une hauteur de l'ordre de 80.24 cm, avec une variation de 54 à 96 cm.

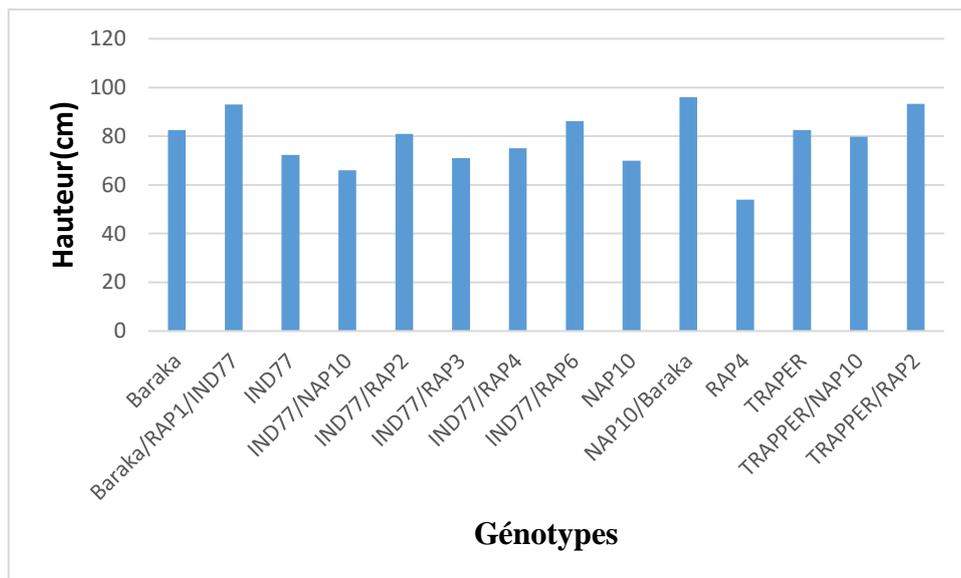


Figure 8 : Hauteur moyenne (cm) de plante des génotypes étudiés

Concernant les parents, les deux variétés Traper et Baraka ont enregistré la plus haute valeur de l'ordre de 82,5cm, suivie de IND77 et NAP10 avec une hauteur moyenne de 71,16 cm. Cependant, la variété indienne RAP4 a manifesté la plus faible hauteur de 54 cm.

Pour les hybrides F1 dérivées des croisements avec les génotypes indiens RAPs, le caractère de nanisme n'est pas exprimé chez les hybrides (IND77/RAP6, Baraka /RAP1/IND77, Traper/RAP2, IND77/ Traper, IND77/RAP4, IND77/RAP2). Les trois hybrides dérivées des croisements avec le génotype indien IND77 (Baraka /RAP1/IND77, IND77/RAP2, IND77/RAP6) ont tous montré une amélioration de la hauteur par rapport aux parents. L'hybride issue du croisement avec Traper (Traper / RAP2) a montré une amélioration de la hauteur. Cependant, l'hybride Traper /NAP10 exprime le caractère de nanisme qui vient de la lignée pure NAP10. Enfin, les deux hybrides issus de croisement avec Baraka ont montré une amélioration de la hauteur par rapport aux parents.

La comparaison des moyennes des génotypes étudiés montre la présence de trois groupes homogènes (Duncan) pour ce caractère. Le tableau illustre la composition et la moyenne de ces groupes.

Tableau 5 : Composition et moyenne des groupes de variétés homogènes pour HTR

Groupe homogène	Composition	Moyenne (cm)
A	RAP4	54
AB	IND77/NAP10	66
ABC	NAP10; IND77/RAP3; IND77; IND77/RAP4; Traper /NAP10; IND77/RAP2	74,84
BC	Baraka; Traper; IND77/RAP6; Baraka/RAP1/IND77; Traper /RAP2	87,5
C	NAP10/Baraka	96

- Le groupe A contient le seul individu RAP4, caractérisé par la HTR moyenne la plus faible (54 cm).
- Le groupe C contient seulement l'hybride NAP10/Baraka ayant la HTR moyenne la plus élevée de l'ordre de 96 cm.
- Le groupe AB contient l'individu IND77/NAP10 d'une HTR moyenne de 66 cm.
- Le groupe ABC contient les individus NAP10, IND77, IND77/RAP2, IND77/RAP4, IND77/RAP3 et Traper /NAP10 avec une HTR moyenne de 74,84 cm.
- Le groupe BC contient Baraka, Traper, IND77/RAP6, Baraka/RAP1/IND77, Traper /RAP2 dont la HTR moyenne est 70,2 cm.

En général, une hauteur élevée est associée à la tardivité et à une forte ramification et donc à un rendement élevé. Cependant, cette caractéristique est souhaitable dans les variétés destinées à des environnements favorables. En revanche, dans les environnements défavorables, un matériel plus nain et précoce serait mieux adapté.

2. Diamètre du collet :

L'analyse de la variance révèle un effet très hautement significatif du génotype sur le diamètre au collet ($P < 0,001$). Les génotypes ont, en moyenne, un diamètre au collet de l'ordre de 13,06mm.

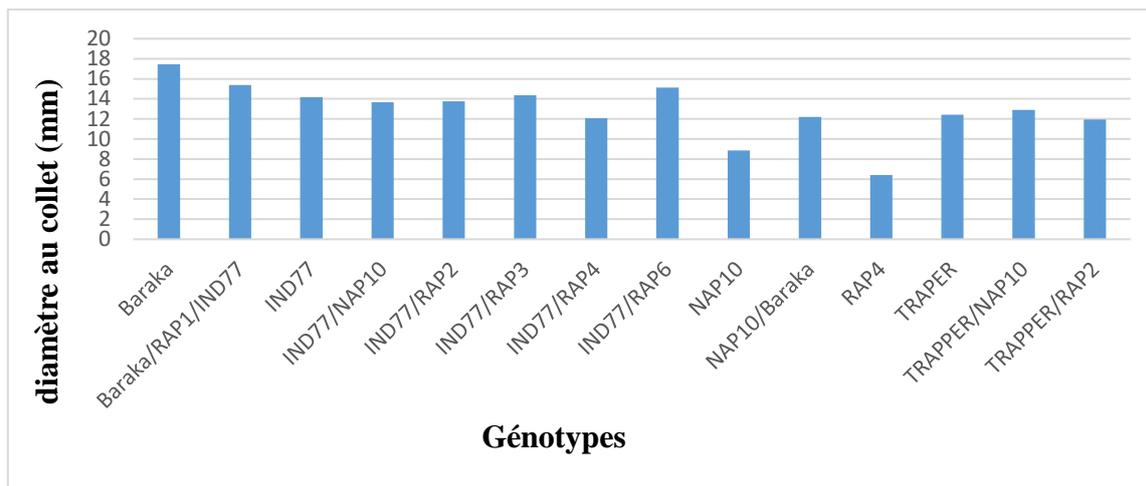


Figure 9: Diamètre au collet moyen (mm) par plante des génotypes étudiés

D'après la figure 9, le parent Baraka présente les tiges les plus vigoureuses avec une moyenne de 17,46mm, suivie de IND77 et Traper qui ont enregistré 14,17 et 12,43 mm, respectivement. Tandis que les deux parent Rap 4 et Nap10 ont manifesté le plus faible DAC moyen (8,86 et 6,4 mm).

Les hybrides F1 dérivées des croisements avec la ligné pure Nap10, ont montré une amélioration de DAC par rapport au parent mentionné. Les hybrides Baraka/RAP1/IND77, IND77/RAP3 et IND77/RAP6 ont présenté un DAC moyenne amélioré par rapport au parent IND77, tandis que IND77/NAP10, IND77/RAP2 et IND77/RAP4 n'ont pas montré une amélioration de ce caractère. L'hybride IND77/RAP4 a montré une amélioration de DAC par rapport au parent RAP4 qui a un DAC moyenne faible (6,4mm).

Tableau 6: Composition et moyenne des groupes de variétés homogènes pour DAC

Groupe homogène	Composition	Moyenne(mm)
A	RAP4	6,4
AB	NAP10	8,86
BC	TRAPER/RAP2; IND77/RAP4; NAP10/Baraka; Traper	13,41
CD	IND77/NAP10; IND77/RAP2; IND77; IND77/RAP3; IND77/RAP6; Baraka/RAP1/IND77	14,40
C	Baraka	17,46

La comparaison des moyennes montre la présence de cinq groupes homogènes (Duncan) pour ce caractère. Le tableau illustre la composition et la moyenne de ces groupes.

- Le groupe A contient le seul individu RAP4, caractérisé par le DAC le plus faible 6,4 mm
- Le groupe AB composé uniquement de NAP10 avec une moyenne de DAC de 8,86 mm
- Le groupe BC représente les individus TRAPER/RAP2, IND77/RAP4, NAP10/Baraka et TRAPER avec une moyenne de DAC de 13,41
- Le groupe C composé de Baraka avec la plus grande valeur de DAC moyenne de 17,46
- Le groupe CD contient IND77/NAP10, IND77/RAP2, IND77, IND77/RAP3, IND77/RAP6, Baraka/RAP1/IND77 avec DAC moyenne de 14,40mm

Le diamètre au collet est un bon indicateur de performance et d'adaptation aux conditions de stress abiotiques divers (Liua et al., 2012). Comme Il s'agit d'un paramètre facilement observable et mesurable, il pourrait donc être considéré comme un bon critère de sélection pour l'amélioration de la tolérance du colza face aux différents stress abiotiques.

3. Nombre de rameaux principaux par plante :

L'ensemble des génotypes étudiées a montré une différence très hautement significative pour ce caractère ($P < 0,001$)

Les génotypes ont, en moyenne, de ramification de l'ordre de 7.

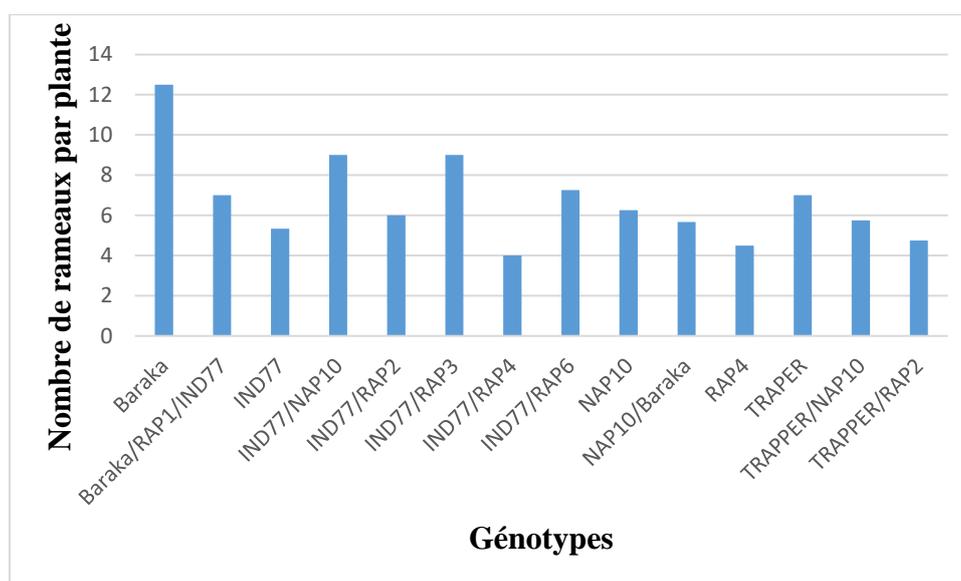


Figure 10: Nombre de rameaux moyen par plante des 14 génotypes étudiées

La variété Marocaine Baraka a enregistré la moyenne de NRP la plus importante de l'ordre de 12 rameaux par plante. Cependant les autres parents Traper, Nap10, IND77 et Rap4 ont manifesté un NRP faible de l'ordre de 7, 6, 5 respectivement.

Un hybride F1 (Nap10/IND77) a une moyenne de 9 rameaux par plante, alors que les parents respectifs 'Nap10' et 'IND77' ont une moyenne de 6,25 et de 5,33 respectivement. Cela indique

que le croisement entre ces deux parents a permis d'améliorer ce caractère. Les autres hybrides n'ont montré aucune amélioration de NRP.

Tableau 7: Composition et moyenne des groupes de variétés homogènes pour NRP

Groupe homogène	Composition	Moyenne
A	IND77/RAP4; RAP4; TRAPER/RAP2; IND77	6,19
AB	NAP10/Baraka; TRAPER/NAP10; IND77/RAP2; NAP10; Baraka/RAP1/IND77; TRAPER; IND77/RAP6	6,41
B	IND77/NAP10 ; IND77/RAP3	9
C	Baraka	12,5

Le tableau résume les quatre groupes homogènes (Duncan) ressortis pour ce paramètre.

- Le groupe A contient les individus IND77/RAP4, RAP4, Traper/RAP2 et IND77 caractérisés par le NRP moyenne le plus faible de l'ordre de 6,19.
- Le groupe B qui contient IND77/RAP3 et IND77/NAP10 est caractérisé par un moyen de 9 ramifications.
- Le groupe AB contient sept individus (NAP10/Baraka, Traper/NAP10, IND77/RAP2, NAP10; Baraka/RAP1/IND77, Traper, IND77/RAP6) dont le NRP moyenne est de l'ordre de 6,41 .
- Le groupe C contient seulement la variété Baraka qui a la moyenne la plus élevée (12,5).

La variabilité du nombre de rameaux peut avoir un impact positif sur le rendement. En effet, il est généralement admis que plus une plante est ramifiée, plus la possibilité de produire plus de rameaux secondaires est grande et donc plus de siliques par plante, et par conséquent plus de productivité.

4. 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 significative (0,03) pour ce caractère.

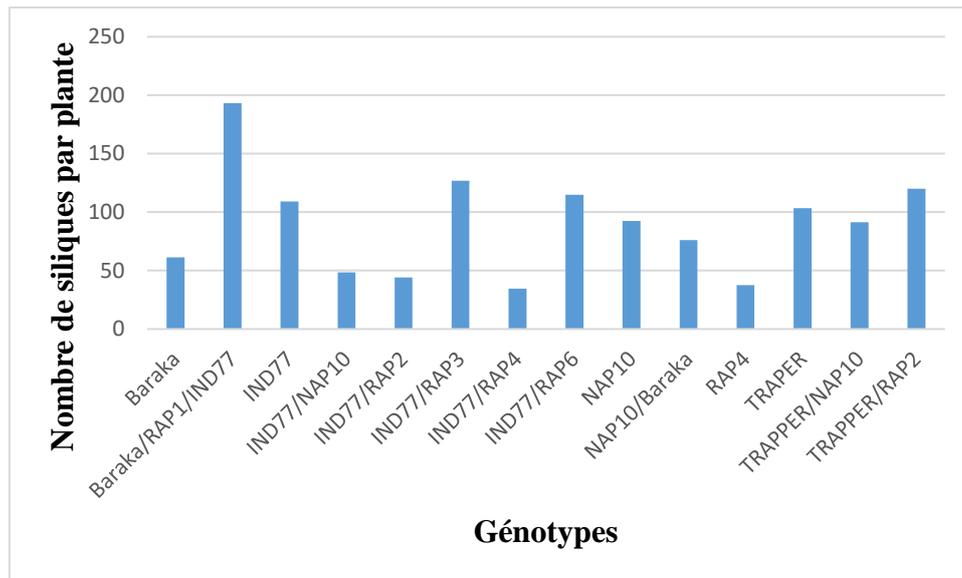


Figure 11: Variation du nombre de silique moyen par plante entre les 14 génotypes étudiées

L'hybride F1 Baraka/RAP1/IND77 enregistre la moyenne la plus élevée de NSP malgré que les deux parents IND77 et Baraka n'ont pas ce caractère. Les hybrides IND77/RAP3 et IND77/RAP6 sont les seules hybrides qui ont montré une amélioration de ce caractère par rapport au parent IND77. Pour les hybrides issues de l'hybride commercial 'TRAPER' le seul qui manifeste une amélioration de ce paramètre est Traper /RAP2.

Tableau 8: Composition et moyenne des groupes de variétés homogènes pour NSP

Groupe homogène	Composition	Moyenne
A	IND77/RAP4; RAP4; IND77/RAP2; IND77/NAP10; Baraka; NAP10/Baraka; Traper /NAP10; NAP10	60,68
AB	Traper; IND77; IND77/RAP6; Traper /RAP2; IND77/RAP3	114,85
C	Baraka/RAP1/IND77	193,33

La comparaison des moyennes a montré la présence de quatre groupes homogènes (Duncan) pour ce caractère. Le tableau 8 illustre la composition et la moyenne de ces groupes :

- Le groupe A contient 4 individus (IND77/RAP4, RAP4, Traper /RAP2, IND77) dont le nombre moyen de siliques par plante est de l'ordre de 60,68siliques
- Le groupe AB contient les individus Traper, IND77, IND77/RAP6, Traper /RAP2 et IND77/RAP3 dont le nombre de silique moyen par plante de l'ordre de 114,85.
- Le groupe B contient Baraka/RAP1/IND77 dont le nombre moyen de siliques par plante est de l'ordre de 193,33.

La composante principale dans la détermination du rendement en graines est le nombre de siliques par plante.

5. Nombre de graine par silique :

Le nombre de graines par silique a montré une différence hautement significative entre les variétés étudiées (0.003). Les génotypes ont présenté la valeur moyenne du nombre de graines par silique de l'ordre de 16,29 graines.

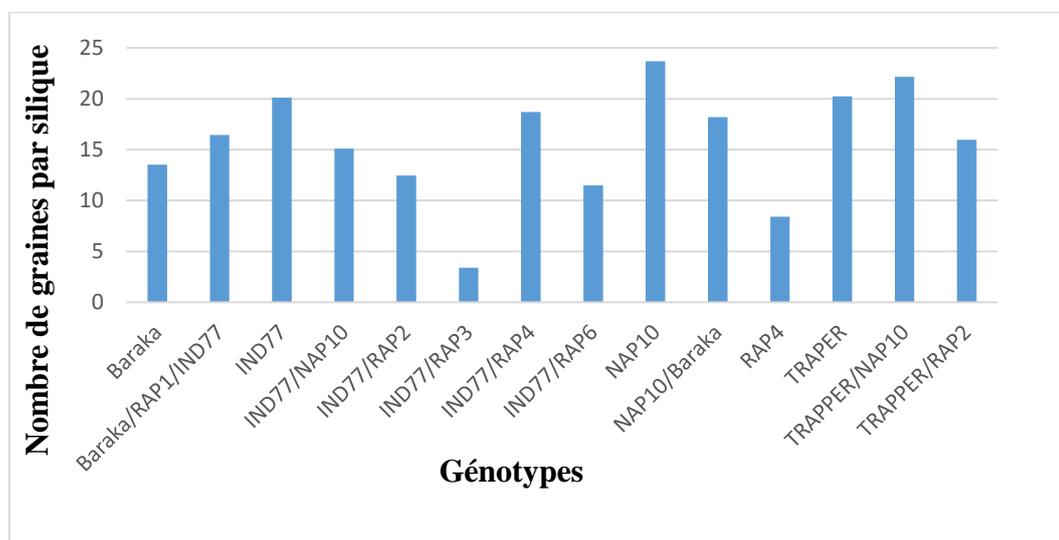


Figure 12: Variation du nombre de graines par silique entre les génotypes étudiés

La lignée NAP10 a produit le nombre de graines le plus élevé, soit une valeur moyenne de 23 graines par silique, suivie de Traper, Ind77 et Baraka par un moyen de 20,25, 20,1 et 13,52 graines/silique. La variété indienne Rap 4 a eu le nombre le plus faible de graines, soit 8 graines/silique.

L'hybride TRAPER /NAP10 a montré une amélioration de NGS par rapport au parent Traper. Les hybrides issues de croisement avec la variété Marocaine Baraka ont montré une amélioration de NGS. Les autres hybrides étudiés n'ont montré aucune amélioration du caractère étudié.

Tableau 9: Composition et moyenne des groupes de variétés homogènes pour NGS

Groupe homogène	Composition	Moyenne
A	IND77/RAP3	3,4
AB	RAP4	8,4
ABC	IND77/RAP6	11,5
ABCD	IND77/RAP2	12,45
BCD	Baraka	13,52

BCDE	IND77/NAP10, Traper/RAP2, Baraka RAP1/IND77, NAP10/ Baraka	15,54
CDE	IND77/RAP4, IND77, Traper	19,68
DE	Traper /NAP10	22,15
E	NAP10	23,7

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

- Le groupe A contient un seul individu IND77/RAP3 caractérisé par le moyen NGS le plus important (26,4).
- Le groupe E contient aussi un seul individu NAP10 avec un moyen NGS de l'ordre de 18,95.
- Le groupe ABC contient IND77/RAP6 uniquement avec un moyen de l'ordre de 18,85.
- Le groupe ABCD contient IND77/RAP2 avec un moyen de 18,46.
- Le groupe DE contient Traper/NAP10 avec un moyen de 18,11.
- Le groupe CDE contient 3 individus (IND77/RAP4, IND77, Traper) avec un moyen de 17,48 graines/silique.
- Le groupe AB contient un seul individu RAP4 avec un moyen de 13,94 graines/silique.
- Le groupe BCDE contient 4 individus (IND77/NAP10, Traper/RAP2, Baraka/RAP1/IND77, NAP10/Baraka) dont le NGS moyen de l'ordre de 16,59.
- Le groupe BCD contient seulement la variété Baraka avec un NGS moyen de l'ordre de 15,81.
- Le dernier groupe AB contient un seul individu RAP4 avec le moyen le plus faible 13,94 graines/silique.

Le nombre de graines par silique est l'un des facteurs déterminants du rendement en graines et l'existence des siliques bien remplies en graines fait augmenter le rendement.

6. Rendement de graines par plante :

Des différences significatives (0.04) entre les génotypes ont été observées pour le RGP

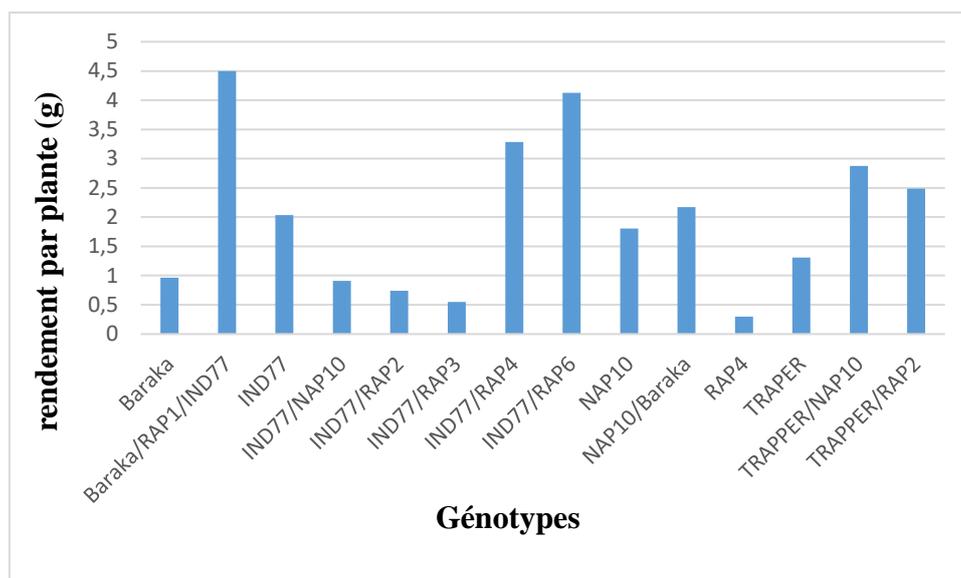


Figure 13: Variation du rendement par plante entre les différents génotypes évalués

L'hybride Baraka/RAP1/IND77 a enregistré la moyenne la plus élevée (4,5g), c'est une amélioration de rendement par rapport aux parents Baraka et IND77. Suivie de IND77/RAP4 et IND77/RAP6 qui ont montré une amélioration de ce paramètre par rapport aux parents. Toutes les hybrides issues de Traper ont montré une amélioration de RGP. Les hybrides issues de NAP10 ont manifesté un gain de rendement par plante sauf que IND77/NAP10. Et les hybrides issues de Baraka ont montré une amélioration de RGP.

Des différences significatives (0,04) entre les génotypes ont été observées pour RGP.

Tableau 10: Composition et moyenne des groupes de variétés homogènes pour RGP

Groupe homogène	Composition	Moyenne(g)
A	RAP4; IND77/RAP3; IND77/RAP2; IND77/NAP10; Baraka	0,69
AB	Traper	1,31
ABC	NAP10; IND77; NAP10/Baraka; Traper /RAP2; Traper /NAP10; IND77/RAP4	2,44
BC	IND77/RAP6	4,12
C	Baraka/RAP1/IND77	4,5

Des différences significatives (0,04) entre les génotypes ont été observées pour le rendement total par plante.

- Le groupe BC contient l'hybride IND77/RAP6 caractérisé par le RGP moyenne de l'ordre de 4,12 g
- Le groupe A contient les deux variétés RAP4 et Baraka, et trois hybrides IND77/RAP3, IND77/ RAP2 et IND77/ NAP10, caractérisé par un RGP moyenne de l'ordre de 2,44 g
- Le groupe AB composé uniquement d'hybride commercial TRAPER avec un RGP moyen de 1,31 g
- Le groupe ABC contient les hybrides NAP10, IND77, NAP10/Baraka, Traper /RAP2, Traper/NAP10 et IND77/RAP4 caractérisé par un RGP moyen de 2,44 g
- Le groupe C contient l'hybride Baraka/RAP1/IND77 caractérisé par la moyenne RGP la plus importante (4,5 g)

Conclusion :

Mon sujet de PFE a porté sur l'évaluation et la comparaison de 14 génotypes dont des parents et des hybrides. L'essai a été conduit en pots dans la parcelle expérimentale du CRRA de Meknès et l'évaluation s'est faite sur la base de différents paramètres morphologiques et agronomiques.

Les résultats ont montré que ces génotypes se comportaient différemment en exprimant des variations significatives pour la majorité des paramètres étudiés. Sur le plan morphologique, la variété marocaine 'Baraka' s'est montrée la plus haute, avec une moyenne de l'ordre de 82,5 cm et la plus ramifiée, avec 12 branches principales par pied et la plus vigoureuse avec un diamètre au collet moyen de l'ordre de 17,5 mm. Par contre, la variété 'RAP4' est la plus naine, ayant une hauteur moyenne de 63,33 cm.

Pour les paramètres agronomiques, l'hybride Baraka/RAP1//IND77 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 193 siliques et de 4,5 g, dépassant ainsi les parents 'Baraka' et 'IND77' ayant produit un rendement par plante moyen de 0,96 g et 2,03 g, respectivement.

La plupart des hybrides ont montré une amélioration plus ou moins importante par rapport aux parents soit au niveau de la morphologie ou au niveau du rendement en graine qui reste le caractère le plus important dans le programme d'amélioration génétique.

Références bibliographiques :

- Barhou K, (2018). Étude du comportement de vingt génotypes de colza (*Brassica napus* L.) sous les conditions de la région de saïs. Projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en agronomie.
- Boyeldiou J, (1991). Produire des grains oléagineux et protéagineux. Revue CETIOM. 25-30.
- Engqvist, G.M. et H.C. Becker. 1991. Relative importance of genetic parameters for selecting between oilseed rape crosses. Hereditas 115: 25-30.
- FAO (FAOSTAT) (2021). OLÉAGINEUX ET PRODUITS DÉRIVÉS : VUE D'ENSEMBLE DU MARCHÉ. <https://www.fao.org/faostat/fr/>.
- Guetta I, (2010). Etude du comportement de trois variétés de colza (*Brassica napus*) dans les conditions du Haut Cheliff, Mémoire de 3ème cycle de centre universitaire de KhemisMiliana. Algérie.
- Gulden, R. H., Warwick, S. I., & Thomas, A. G. (2008). The biology of Canadian weeds. 137. *Brassica napus* L. and *B. rapa* L. Canadian Journal of Plant Science, 88(5), 951-996.
- Gupta SK, Pratap A. (2007). History, origin and evolution. In: Gupta SK (ed) Advances in botanical research, incorporating advances in plant pathology, rapeseed breeding, vol 45. Academic Press-Elsevier, London, UK, pp 2–17.
- Hadjer B, (2008). Contribution à l'étude des paramètres physiologiques, morphoagronomiques et biochimiques de la culture de colza. Mémoire pour l'obtention de magister en biologie. Université Mentouri de Constantine, Faculté des Sciences de la Nature, Algérie.
- Nabloussi A, (1994) : Travaux de sélection du colza. INRA Maroc. 69-74.
- Nabloussi A, (2005). Amélioration génétique du colza (*Brassica napus* L.), revue bibliographique et proposition d'une stratégie à adopter dans les conditions marocaines. P : 123-149.
- Nabloussi A, (2015). Amélioration génétique du colza, Enjeux et réalisation pour un développement durable de la filière. DIC, INRA-Edition.
- Nabloussi, A. El Asri, M. Essahat, M. Hamal, A. El Fechtali, M. (2018). Culture du Colza *Brassica napus* L. DIC, INRA-Edition.

- Soltner, (1987). Les grandes productions végétales, phytotechnie spéciale. Science et Technique Agricoles : 287-299.
- Statista (2022). <https://fr.statista.com/statistiques/565109/huiles-vegetales-consommation-mondiale-par-type-d-huile/>.