



UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE FES



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

Projet de Fin d'Etudes

Licence Sciences & Techniques

Biotechnologie et Valorisation des Phyto-Ressources

Titre

**Etude de la variabilité de quelques paramètres agromorphologiques
de certaines variétés de colza**

Présenté par :

GRAGUI Yassine

Encadré par :

-LAZRAQ Abderrahim

-NABLOUSSI Abdelghani

Soutenu le : 06/06/2017

Devant le jury composé de :

- Mr LAZRAQ Abderrahim (FST)
- Mr ATMANI Majid (FST)
- Mr NABLOUSSI Abdelghani (INRA)

Année universitaire

2016/2017

Remerciements

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 M. Lazraq Abderrahim 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, technicien au Domaine Expérimental de Douyet, M. Fechtali Mohamed, technicien de recherche à l'Unité de Recherche, M. Channaoui Souhail, étudiant doctorant au sein de la même Unité, et M. Tayeb Abdelaziz, Chef du Domaine Expérimental de Douyet, pour leur aide précieuse, leur accueil chaleureux, leur bienveillance, leur perpétuelle collaboration, et pour toutes les informations nécessaires qu'ils ont procuré a fin de bien mener ce stage.
- ❁ Ma gratitude envers Monsieur le Chef du Centre Régional de la Recherche Agronomique de Meknès, Dr. Balaghi Riad, qui m'a autorisé à effectuer ce stage dans ce Centre.
- ❁ Mes chaleureux remerciements à M. Atmani Majid, membre de jurys et enseignant à la FST, pour sa présence, sa patience, ses remarques, ses suggestions et son soutien.
- ❁ Enfin je remercie tous ceux et toutes celles qui ont contribué, de près ou de loin, à l'aboutissement de ce présent travail.

SOMMAIRE

Remerciement.....	
I. Introduction.....	1
II. Présentation de l'INRA, du Centre Régional de Meknès, de l'Unité de Recherche d'Amélioration de Plantes et Conservation de Ressources Phyto-Génétiques et du Domaine Expérimental de Douyet.....	2
III. Bibliographie.....	5
1- Généralités sur le colza.....	5
a- Origine et botanique.....	5
b- Importance de la culture.....	6
c- Intérêt de la culture.....	6
2- Utilisation des graines de colza.....	6
• Alimentation humaine et animale.....	7
• Biocarburant.....	7
• Utilisation industrielle.....	7
3- Amélioration génétique du colza.....	8
a- Objectifs de l'amélioration génétique du colza.....	8
b- Méthodes de sélection.....	11
c- Techniques de mutagenèse.....	12
IV. Matériels et méthodes.....	14
1- Environnement de l'expérimentation.....	14
2- Matériel végétal.....	14
3- Méthodologie utilisée.....	16
V. Résultats et discussion.....	18
VI. Conclusion.....	23
Références bibliographiques.....	
Annexe.....	

Liste des figures

- Figure 1** : Disposition des centres régionaux au Maroc.....2
- Figure 2** : Relation entre les espèces de *Brassica*5
- Figure 3** : Variation de la température et des précipitations au niveau du Domaine Expérimental de Douyet durant la campagne 2016/2017§.....14
- Figure 4** : Exemple du résultat de l'ANOVA de l'essai de rendement pour le paramètre 'HTR' par le logiciel SAS.
- Figure 5** : Exemple du résultat de l'ANOVA de l'essai de conduite du matériel mutant M₃ pour le paramètre 'HTR' par le logiciel SAS.

Liste des photos

- Photo 1** : Graines de colza.....6

Liste des Tableaux

- Tableau 1** : Les ravageurs du colza.....9
- Tableau 2** : Liste des variétés testées dans l'essai de rendement avancé..... 15
- Tableau 3** : Analyse de la variance de quatre paramètres dans l'essai de rendement avancé.....18
- Tableau 4** : paramètres agromorphologiques de *Brassica napus* affectés par la variété.....19
- Tableau 5** : Analyse de la variance de quatre paramètres de l'essai de la population mutante (M₃).....21
- Tableau 6** : Variation des paramètres agromorphologiques de *Brassica napus* affectés par la mutation.....21
- Tableau 7** : Extrait de matrice de données de l'essai de rendement Bloc 1.
- Tableau 8** : Extrait de matrice de données de l'essai de conduite du matériel mutant M₃.

Liste des abréviations

FAO : Food and Agriculture Organization of the United Nations.

CETIOM : Centre Technique Interprofessionnel des Oléagineux Métropolitains.

DPV: Direction de la Production Végétale.

ANOVA : ANalysis Of Variance .

CANOLA : CANadian Oil Low Acid.

SAS: Statistical Analysis System.

HTR : Hauteur.

RAM : Ramifications.

NJF : Nombre de Jours à la Floraison.

NJM : Nombre de Jours à la Maturité.

Nbr : Nombre.

EMS : Méthanesulfonate d'éthyle.

B. napus : *Brassica napus*.

M₃ : Génération mutante n°3.

ER : Essai de rendement.

TC : Traitement chimique.

TP : Traitement physique.

DF : Degree of freedom.

CRRA : Centre régional de la recherche agronomique.

I- Introduction

Le colza (*Brassica napus* L.) est une culture oléagineuse très 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). Elle est destinée essentiellement à l'extraction de l'huile à partir de ses graines pour des fins alimentaires et industrielles.

Il a été reporté que cette espèce a été cultivée en Inde depuis très longtemps, et a été introduite en Chine et au Japon à peu près la période du Christ. En revanche, la culture n'a été développée en Europe que vers le 13^{ème} siècle (Hougen et Stefansson, 1982). Au Maroc, l'introduction du colza n'a été réalisée qu'en 1981 pour constituer une deuxième alternative, après le tournesol, visant la satisfaction des besoins du pays en matière d'huile alimentaires (Nabloussi, 1994a) et elle possède un potentiel estimé de plus de 200.000ha en bour favorable et en irrigué (DPV, 2007).

Grâce au progrès continu de la recherche en agronomie et en génétique, la culture du colza reste particulièrement évolutive. L'intérêt croissant des agriculteurs pour cette culture et le dynamisme des travaux de recherche, à travers le monde, ont permis d'adapter cette plante aux défis et aux besoins de l'agriculture du 21^{ème} siècle : c'est-à-dire une culture rentable dans le cadre d'une agriculture raisonnée et durable.

Le colza cultivé présente une variabilité génétique assez restreinte, donc il est nécessaire d'élargir la variabilité génétique existante pour des fins d'amélioration variétale. La mutagenèse et le croisement interspécifique sont des outils utiles dans ce programme d'amélioration et de sélection végétale.

D'où cette étude qui met en évidence les paramètres responsables de la variabilité génétique en se basant sur quelques variétés de colza.

II- PRESENTATION DE L'ETABLISSEMENT ET DES STRUCTURES D'ACCUEIL DU STAGE

L'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) est un établissement public dont l'origine monte à 1914 et qui a pour mission d'entreprendre des recherches pour le développement agricole soit dans des laboratoires ou dans des domaines expérimentaux. 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 agrosystèmes du pays. (Figure 1).



Figure 1 : Disposition des centres régionaux au Maroc

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.

Le Centre Régional de la Recherche Agronomique (CRRA) de Meknès est une entité régionale de l'INRA Maroc chargée d'entreprendre les recherches, études et actions de

transfert de technologie répondant aux besoins de sa zone d'action. Ces activités concernent les environnements semi-arides, sub-humides et de montagne et visent :

Une meilleure connaissance du milieu (naturel et socio-économique) et le développement des technologies performantes pour répondre aux besoins de l'agriculture de notre zone d'action (production du matériel végétal, des connaissances et des méthodes).

Une valorisation des acquis de la recherche et l'implication de nos partenaires dans la recherche. (CRRA Meknès).

Pourtant, les recherches conduites au sein de l'Unité de Recherches Amélioration des Plantes et Conservation des Ressources phytoGénétiques (URAPCRG) ciblent aussi bien les grandes cultures (céréales, légumineuses alimentaires et cultures oléagineuses) que l'arboriculture fruitière (amandier, olivier, figuier, abricotier, caroubier, poirier et pommier) et s'articulent autour de:

- Caractérisation des ressources génétiques locales et introduites et mise en collections conservatrices vivantes dans les domaines expérimentaux ou en chambres froides.
- Intégration des outils biotechnologiques en amélioration génétique des plantes pour la création de matériel végétal agronomique performant.
- Transfert des connaissances, du matériel végétal et autres produits de recherches auprès des utilisateurs.

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

Le domaine expérimental de Douyet, rattaché au centre Régional de la Recherche Agronomique du Saïs et Moyen Atlas-Meknès, est situé à la wilaya de Fès à 9 km vers Meknès, Province de Zouagha MY.Yaacoub. C'est un domaine très vaste de 440 ha, dont 400 ha de SAU, réservées à différentes cultures céréales d'automne, Oléagineux annuels, légumineuses alimentaires et Fourrages. Ces cultures sont objet de différentes recherches afin d'optimiser leur productibilité, leur rendement, leur résistance face aux maladies, aux ravageurs et aux conditions environnementales.(CRRA Meknès)

Le domaine est équipé de tout ce qu'on a besoin pour faciliter et permettre le bon déroulement du travail des chercheurs et des techniciens :

- Deux techniciens dont 1 Chef de Domaine.
- La main-d'œuvre : des ouvriers pour chaque fonction et chaque tâche.
- Des machines : tracteurs, moissonneuses-batteuses, etc.

- Des produits chimiques : engrais, fertilisants, pesticides, fongicides, herbicides, etc.
- Un hangar pour le stockage des récoltes.
- De chambre froide, magasins et atelier.
- Des bureaux pour les techniciens et le chef du domaine équipés de matériels informatiques pour enregistrer les informations dans des bases de données représentatives. (Soutaji, 1997)

III. Bibliographie

1- Généralités sur le colza

- Origine et botanique

Le colza ou « rape » en anglais, fait partie de la famille des Brassicacées (*Brassica napus* L.) anciennement nommée famille des Crucifères et à la sous-classe des Brassicoide. Son nom vient du mot néerlandais Koozaad qui signifie graine de chou.

Le nom botanique des colzas cultivés en Europe et appartenant à la famille des crucifères (ou Brassicacées) est *Brassica napus* var. *oleifera*. Le genre *Brassica* est très important du point de vue des espèces cultivées. La **figure 1** donne les relations entre les différentes espèces de *Brassica*.

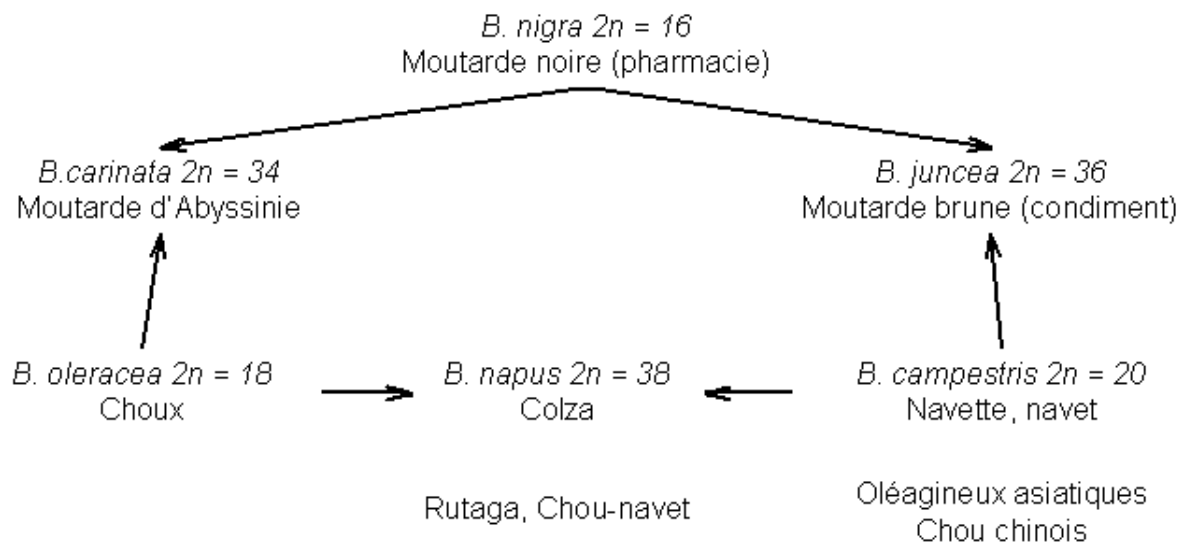


Figure 2 : Relation entre les espèces de *Brassica* (U, 1935)

⇒ Le colza est un hybride naturel issu du croisement entre le navet (*B. campestris*) et le chou (*B. oleracea*). La même chose pour la moutarde brune (*B. juncea*) et la moutarde d'Abyssinie (*B. carinata*) qui viennent respectivement du croisement de la Moutarde noire (*B. nigra*) avec le navet et la moutarde noire avec le chou.

- **Importance de la culture du colza**

Le colza est l'espèce la plus cultivée dans le monde, notamment en Europe, au Canada, en Australie, aux Etats-Unis et en Asie. Ses principaux producteurs sont le Canada, la Chine, l'Inde, la France et l'Allemagne avec respectivement une quantité approximative de 17,2 ; 14,1 ; 5,5 ; 5,3 et 5,0Mt de la production mondiale. Selon les statistiques de la FAO, le colza représente 13% de la production mondiale d'oléoprotéagineux en 2015. (FAO, 2015) La surface globale occupée par cette culture dépasse 31 millions ha et le rendement moyen en graine est de 19 q/ha. Ces statistiques incluent tout type de colza, que ça soit le colza d'hiver, colza du printemps ou même les espèces apparentées au même genre, à savoir *Brassica rapa*, *Brassica juncea* et *Brassica carinata*.

Pourtant, au Maroc, l'évolution des emblavements en colza depuis son introduction a été caractérisée par des fluctuations très marquées en raison de difficultés techniques notamment l'installation de la culture et la définition du stade optimal de la récolte. Le colza possède un potentiel estimé à plus de 200.00 ha, avec un rendement d'environ 30 q/ha et une teneur en huile qui dépasse les 40% (DPV, 2007).

- **Intérêt de la culture**

Le colza présente l'avantage de diversification des rotations, notamment pour 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%.

2- Utilisation des graines de colza

Le colza est cultivé pour son huile alimentaire riche en acide oléique. Mais il y'a aussi d'autres utilisations industrielles non alimentaires bien importantes.



Photo 1 : Graines de colza

➤ Alimentation humaine et animale

Les seules variétés destinées à l'alimentation humaine sont celles sans acide érucique (qui peut présenter des risques sanitaires à long terme pour les enfants qui consomment des quantités importantes d'aliments contenant cette substance, EFSA) dites '0' (simple zéro).

L'huile de colza peut être utilisée en cuisson normale et elle n'est pas recommandée pour la friture.

Pour les animaux, notamment les gros bétails, les résidus après extraction de l'huile sont utilisés sous forme de tourteaux, qui constituent une source intéressante de protéines (40%), comme aliments. Ces tourteaux doivent avoir une teneur très faible en glucosinolates (substances soufrées). Le type de colza sans acide érucique et à très faible teneur en glucosinolates est dit '00' (double zéro) ou canola (CANadianOilLowAcid).

➤ Biocarburant

Le biocarburant issu du colza est utilisé sous forme d'ester de méthyle après un processus d'estérification de ces huiles végétales. En outre, ce biodiesel produit moins de substances organiques volatiles, moins de dioxyde de carbone et moins d'hydrocarbures que le diesel et ne produit pas de soufre (Van Gepen, 2004).

➤ Utilisation industrielle

Il ya plusieurs applications industrielles de l'huile de colza. Elle peut entrer dans la composition de la margarine, beurre de cacao, agents anti-mousses, adjuvants pour pesticides et herbicides, biolubrifiants, détergents, produits cosmétiques, produits pharmaceutiques, etc.

L'industrie de la lipochimie cherche des huiles riches en acides gras à chaînes longues à caractéristiques assez proches des molécules de l'industrie pétrolière.

3- Amélioration génétique du colza

a- Objectifs de l'amélioration génétique du colza

❖ Amélioration de la qualité '00' et de la productivité

Les sélectionneurs du colza ont essayé de modifier la composition de la graine en vue d'améliorer la qualité d'huile et des tourteaux de colza, par la création de variétés sans acide érucique et à très faibles teneurs en glucosinolates, afin d'avoir une culture convenable à la consommation humaine et l'alimentation du bétail. On parle de variétés '00' dont l'huile ne contient pas d'acide érucique et le tourteau contient moins de 30 µmol de glucosinolates par gramme.

Ensuite vient l'amélioration de la productivité qui passe par l'amélioration de trois paramètres (Arnaud, 1989) :

- **La teneur en huile de la graine** : très influencée par le développement de la graine et les conditions environnementales.
- **la teneur en matière protéique de la graine** : le colza peut être considéré comme géniteur de ce caractère quand son taux de matière protéique est >49% de la matière sèche du tourteau.
- **le rendement en graine** : quantité de graines produites à l'hectare, c'est le critère et l'objectif de la sélection tout aussi important que la qualité. L'amélioration du rendement passe par l'amélioration du nombre de siliques par plante, du nombre de graines par silique et du poids de 1000 graines.

❖ Amélioration génétique pour la résistance aux maladies et aux parasites

La plupart des maladies du colza, au moins les principales, font l'objet de travaux de génétique et d'amélioration des plantes. Les progrès génétiques recherchés sont importants pour plusieurs maladies, mais les principales sont :

- Le *Phoma* : maladie due au champignon *Leptosphaeria maculans* qui se traduit par une recrudescence des attaques au collet entraînant la disparition des plantes.
- Le *Sclérotinia* : les parcelles à risques sont celles qui ont porté des cultures sensibles au sclérotinia (colza, tournesol, légumineuses), atteintes par cette maladie au cours des dix années précédant la culture du colza.
- L'*Alternaria* : son développement est explosif en cas de succession rapide de périodes pluvieuses et chaudes ($T > 18^{\circ}\text{C}$) ou sur des plantes ayant subi un stress.

Actuellement les sélectionneurs font porter leurs efforts vers l'obtention de variétés à la fois résistantes aux maladies pour lesquelles on n'a pas encore de traitement efficace (Phoma), mais également pour celles dont le traitement est coûteux (Sclérotinia) (CETIOM, 2002).

Beaucoup d'insectes s'attaquent au colza car il héberge de nombreux insectes qui ne sont pas tous nuisibles, mais deviennent vraiment dangereux lorsqu'ils sont nombreux à des stades bien précis du colza.

Tableau 1 : Les ravageurs du colza (CETIOM, 2002)

Périodes de surveillance des insectes	Semis	Levée	2-3 feuil.	3-4 feuil.	4-5 feuil.	6-8 feuil.	Rosette
		Adultes	puis	Larves		Adultes	
Altise d'hiver		Adultes			Larves		
Charançon du bourgeon terminal						Adultes	
Pucerons		Adultes					
Tenthrede de la rave					Larves		

L'altise d'hiver se nourrit des cotylédons et des jeunes feuilles à l'état adulte et mine les pétioles quand elle est sous forme de larve. Le charançon du bourgeon terminal creuse le « cœur » de la plante au stade rosette. Pour les pucerons, à l'état adulte, ils attaquent les feuilles entre le stade cotylédons et 6 feuilles. Alors que pour le Tenthrede de la rave qui, lorsqu'elle est larve, elle dévore les jeunes feuilles de colza avec une rapidité fulgurante. (CETIOM, 2012)

❖ Amélioration génétique pour l'adaptation au milieu

➤ Précocité à la floraison et à la maturité

Il est bien noté que la sélection de variétés précoces est très importante, du fait que ces dernières ont l'avantage d'avoir une floraison et une maturité de siliques plus précoce que les variétés tardives, ce qui permettra à ces variétés précoces d'échapper à la sécheresse et aux hautes températures de fin de cycle. Par conséquent, on va gagner au niveau du rendement en graine.

➤ Résistance à la déhiscence

Le colza est naturellement susceptible à la déhiscence des siliques. Par contre, chez d'autres espèces apparentées au colza, comme *Brassica carinata*, *B. juncea* et *B. rapa*, les siliques présentent une certaine résistance à la déhiscence (Kadkol, 2009).

Depuis longtemps, des tentatives d'introduction des gènes de résistance dans le germoplasme de colza à travers des hybridations interspécifiques ont été faites pour le rendre plus résistant à

ce phénomène. Le nouveau germoplasme qui en est dérivé montrait une résistance à la déhiscence qui peut être trois fois plus grande que la résistance observée chez le colza classique (Hossain et al., 2011).

➤ **Résistance à la verse**

La verse est une déformation de la tige. C'est un phénomène connu chez le colza, sachant que les variétés modernes et productives se caractérisent par une hauteur moyenne qui dépasse souvent 1,50m. Des gènes de nanisme provenant des mutations naturelles (Mei et al., 2006) ou induites (Liu et al., 2010) ont été identifiés et caractérisés. L'introduction de ces gènes dans les meilleures lignées par rétrocroisements. On obtient ainsi des lignées de hauteur moyenne à très réduite.

Donc, la meilleure lutte est de réduire la hauteur des plantes en sélectionnant des variétés naines ou en induisant des gènes de nanisme, qui sont souvent héréditaires, dans d'autres variétés pour obtenir des lignées de hauteur moyenne à très réduite.

➤ **Résistance à la sécheresse**

La sécheresse ou le stress hydrique chez le colza est l'un des obstacles qui causent des anomalies de croissance et de développement. La complexité des mécanismes responsables d'un tel stress fut de ceci un grand challenge.

Plusieurs études réalisées sur le colza ont montré que parmi les critères affectant la réponse envers le stress hydrique, il y'a le nombre de siliques par plante, le nombre de graines par silique, l'ajustement osmotique (Norouzi et al., 2008) les indices de résistance à la sécheresse et de stabilité tels que la productivité moyenne sous stress (Shirani-Rad et Abbasian, 2011), le rendement en graine, le rendement en huile, la teneur relative en eau (Rashidi et al., 2012).

➤ **Résistance aux herbicides**

Les cultures de colza sans acide érucique et à faible teneur en glucosinolates peuvent être polluées par le pollen des crucifères contenant de l'acide érucique et de grande teneur en glucosinolates. D'où l'intérêt d'utiliser les herbicides comme la triazine et qui peuvent endommager ces cultures.

La technique consiste à faire transférer des gènes de résistance aux triazines aux cultures de colza (colza d'hiver et colza de printemps) par des rétrocroisements accélérés (INRA-France). Cette résistance contrôlée par les chloroplastes s'explique par des perturbations au niveau du photosystème.

❖ Amélioration génétique de la qualité d'huile et de protéines

Sur le plan nutritionnel, les sélectionneurs ont cherché à augmenter le niveau de l'acide linoléique, acide gras essentiel dans l'alimentation humaine et en même temps diminuer la teneur d'acide linoléique. Un autre objectif de la sélection est de substituer partiellement les niveaux élevés des acides gras polyinsaturés par l'acide oléique, à stabilité oxydative élevée, qui a des meilleurs effets dans la prévention des maladies cardiovasculaires par la réduction du taux de cholestérol total (Mensink et Katan, 1989)

Alors que sur le plan industriel, et en plus de ces trois acides gras évoqués, l'huile doit être riche en acide érucique et d'autres acides gras (Renard et al., 1992) pour qu'on puisse l'utiliser dans la fabrication des lubrifiants, du biodiesel, etc....

D'ailleurs, l'amélioration de la qualité de protéines se manifeste en l'amélioration des tourteaux de colza.

b- Méthodes de sélection

Parmi les méthodes de sélection utilisées pour le développement et l'amélioration génétique, on trouve :

✚ La méthode pedigree

C'est la méthode la plus traditionnelle utilisée pour développer les lignées pures. Elle débute par un croisement dirigé entre deux parents bien choisis en se basant sur leurs performances et leur complémentarité, assurant ainsi la combinaison des meilleures caractéristiques de ces deux parents.

L'hybride F_1 obtenue est ainsi autofécondée pour avoir la population F_2 en ségrégation, c'est à dire voir l'expression et la répartition des caractères intéressants dans cette population. La sélection généalogique et l'observation au champ se poursuivent à partir des populations F_3 jusqu'à la stabilisation des lignées à travers des autofécondations successives dans des sachets en papier sulfurisé pour éviter tout risque de contamination par un pollen étranger.

L'objectif est de garder une certaine homogénéité permettant d'élargir l'adaptabilité des variétés qui en résultent.

✚ La sélection de variétés synthétiques

En Allemagne, le rendement des variétés synthétiques (syn1) dépasse celui des lignées parentales de 11 à 24%.

Pour produire ces variétés, il faut faire des autofécondations pour un grand nombre de plantes. La semence qui en résulte est stockée pour 2 ans alors que la semence issue de la pollinisation libre de ces plantes est évaluée dans des essais de rendement.

➔ La semence de réserve dérivée de la pollinisation libre qui a donné le rendement le plus élevé est testée pour l'aptitude spécifique à la combinaison avant d'être semée pour la production des variétés synthétiques par des inter-croisements.

On déduit que les variétés synthétiques sont un mélange de lignées dont la performance, l'aptitude à la combinaison et le taux de fécondation croisée sont très élevés (Schuster et Michael, 1976).

✚ Sélection de variétés hybrides

Plusieurs auteurs ont rapporté que les hybrides produits entre lignées d'origines géographiques distinctes (entre colza européens, canadiens et chinois) présentent des niveaux d'hétérosis plus importants que ceux des hybrides issus de lignées de la même origine.

Des études en France ont démontré que les meilleurs hybrides produisaient 50% de graines de plus par rapport aux meilleurs parents.

Cette hétérosis se manifeste dans différents caractères dont le rendement en graine, la hauteur, la surface foliaire, le nombre de siliques par plante, le nombre de graines par siliques, le poids de mille graine et la teneur en huile de la graine (Grant et Beversdorf, 1985 ; Lefort-Buson et al., 1987).

c- Techniques de mutagenèse

Le terme mutagenèse regroupe plusieurs techniques qui visent à induire volontairement des mutations génétiques chez un organisme vivant, sous l'action d'un agent mutagène. D'où l'appellation « mutation induite » ou « mutation dirigée ».

Dans cette technique, les altérations de l'ADN du génome sont aléatoires et l'organisme ne peut pas porter un grand nombre de mutations dans ses séquences codantes sans que son développement ne s'endommage. Chez les plantes cultivées, ce sont les semences qui sont le plus souvent exposées aux agents mutagènes. Les agents utilisés sont de trois types.

- **Agents physiques :** Lumière ultraviolette ou rayon gamma, elle implique différentes lésions dans l'ADN dont la cellule a besoin pour vivre et pour se diviser. Par contre, une irradiation trop forte provoque plusieurs mutations qui risquent parfois de ne même pas pouvoir exprimer un gène, et par conséquent la mutation sera létale et la graine ne pourra plus jamais germer.

L'obtention d'une collection de graines mutées issues de ce traitement peut aussi se faire par la régénération des plantes entières capables de donner des graines.

Il faut aussi savoir que les faibles doses de rayons provoquent des mutations ponctuelles alors que les fortes doses d'irradiations causent des cassures du double-brin de l'ADN, causant ainsi des délétions, des inversions et des translocations des séquences sur les chromosomes.

- **Agents chimiques** : comme l'EMS (*Méthanesulfonate d'éthyle*) qui est souvent utilisé pour modifier la séquence génétique de la plante à muter, notamment en modifiant un groupement de décoration de la base G qui s'ensuit de l'incorporation de l'ADNp d'un T à la place du C (Primrose et al., 2004). Il faut noter que ces agents sont très cancérigènes et qu'il faut travailler avec précaution dans le laboratoire.

La mutagénèse se fait par immersion des graines dans une solution d'EMS.

- **Mutagénèse insertionnelle** : c'est une technique très puissante et qui se fait par insertion d'un élément mobile étranger de type répliatif (*Ac-DC*, *Tos 17*, *Tnt1*, etc.) appelé "transposon" dans le génome, dont les copies vont s'y insérer au hasard. Chacune de ces copies peut se dupliquer et la copie ainsi générée peut, à son tour, s'intégrer dans le génome, on parle alors d'une amplification de nombre de copies intégrées.

A côté de cette méthode, il y'a l'utilisation de la bactérie *Agrobacterium tumefaciens* qui porte un plasmide Ti dont le fragment T-DNA s'insère dans le génome végétal. On parle alors de « transformation génétique ».

Mutagénèse chez le colza :

Les mutants de colza sont obtenus à partir de culture de microspores (Swanson et al., 1989 ; Wiersma et al., 1989). Chez le colza de printemps, le traitement par rayonnement a été appliqué aux semences du cultivar « Regent » et les lignées M5 sont sélectionnées avec une augmentation de la teneur en acide oléique variant de 63 à 79% (Emrani et al., 2011). Alors que chez le colza d'automne, le traitement chimique a permis d'isoler deux mutants du cultivar de colza « Winfield » à teneur élevée en acide oléique (Wong et Swanson, 1991).

La mutagénèse a été également utilisée pour améliorer la résistance aux herbicides (Swanson et al., 1989 ; Ahmad et al., 1991) et la résistance aux maladies et pour réduire la teneur en glucosinolates (Ahmad et al., 1991).

IV. Matériels et méthodes

1- Environnement de l'expérimentation

- **Données géographiques**

Notre étude a été réalisée au sein du Domaine Expérimental de Douyet situé dans la zone bour-favorable (Plaine du Saïs) dont l'altitude est de 416m, la latitude et la longitude sont, respectivement, 34°2 et 5°.

- **Données pédoclimatiques**

Le sol est argilo-calcaire, très fertile et bien profond. Durant la campagne de l'expérimentation faite par l'INRA (2016-2017), la température et les précipitations ont varié selon la courbe suivante :

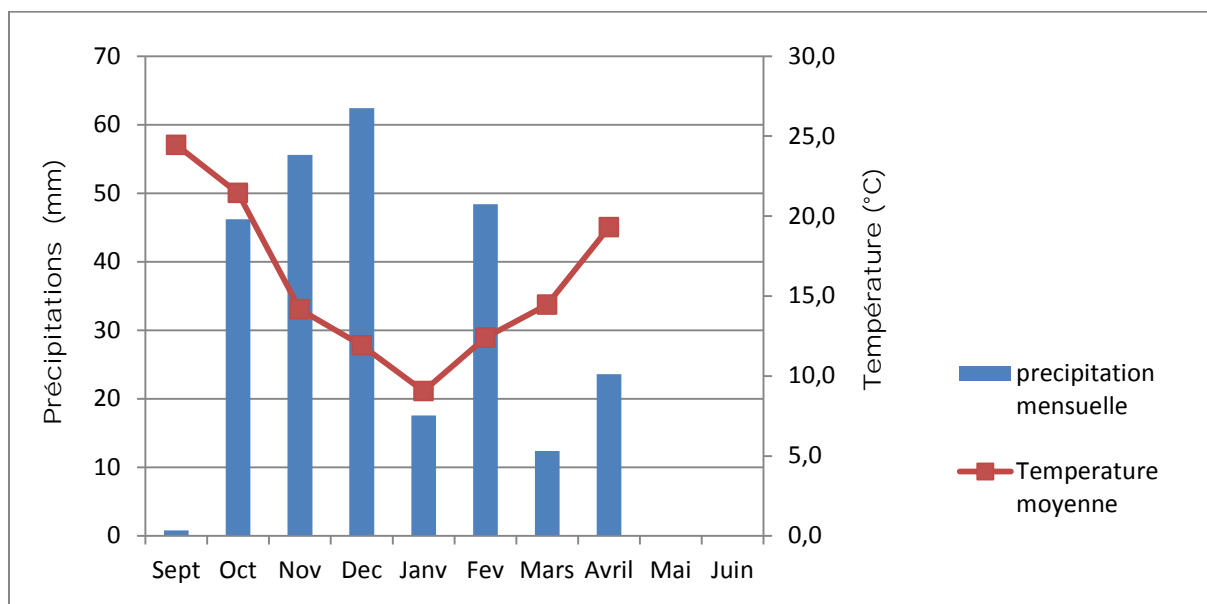


Figure 3 : Variation de la température et les précipitations au niveau du Domaine Expérimental de Douyet durant la campagne 2016/2017§.

2- Matériel végétal

Mon travail de stage a porté sur 2 essais différents, mais complémentaires :

- Essai avancé de rendement
- Essai de conduite de matériel mutant (M₃)

a- Essais de rendement

Au niveau de l'essai avancé de rendement, deux répétitions (dans des blocs ou parcelles) pour les mêmes lignées ont été faites, avec une randomisation du placement des lignées dans chaque bloc. On parle alors, d'un **Dispositif en Blocs Aléatoires Complets**, avec deux répétitions.

Les variétés étudiées sont du nombre de 15 (Voir tableau 1) dont deux sont marocaines, « Narjisse » (INRA-CZ409), qui est utilisée comme témoin (première variété marocaine de l'INRA inscrite au Catalogue Officiel en 2008) et « Moufida » (INRA-CZ289), autre variété de l'INRA, inscrite au Catalogue Officiel en 2009.

Tableau 2 : Liste des variétés testées dans l'essai de rendement avancé.

Variété	Origine
Narjisse	Maroc
Moufida	Maroc
Traper	Etranger
INRA-CZH3	Maroc
INRA-CZH2	Maroc
Macro	Etranger
Lyside	Etranger
Kabel	Etranger
Seven	Etranger
Lucia	Etranger
Alba	Etranger
Moufida/J//F	Maroc
Kabel/Narjisse	Maroc
Kabel/F	Maroc
Narjisse/J	Maroc

b- Essai de conduite de matériel mutant (population M₃)

Il y a trois années, les graines de colza de la variété d'origine INRA-CZH2 (génération M₀) ont subi des traitements mutagènes par rayons γ (**agent physiques**) et l'EMS, Méthanesulfonate d'éthyle (**agent chimique**), en utilisant différentes doses et durées de traitement. Ces traitements ont été faits par des chercheurs de l'INRA.

3- Méthodologie utilisée (Pour les deux essais)

Pour chaque essai, le facteur étudié est le génotype (variété, lignée ou population M₃).

• Echantillonnage

On a pris un nombre de plantes au hasard par génotype :

- **5 plantes/génotype** dans les deux répétitions de l'essai de rendement.
- **5 plantes/génotype** dans l'essai des populations mutantes M₃.

• Paramètres mesurés

Pour les deux essais, on a mesuré :

- **La hauteur des plantes**, mesurée à maturité entre le sol et le point culminant de la plante.
- **Le nombre de rameaux principaux par plante.**
- **Le nombre de jours à la floraison** : le nombre de jours qui séparent entre la date de levée et la date de la floraison.
- **Le nombre de jours à la maturité** : le nombre de jours qui séparent entre la date de levée et la date de maturité.
- **Le rendement en graines** : ce paramètre a été **exclusivement prévu pour l'essai avancé de rendement.**

- **Analyses statistiques**

Des analyses de la variance (ANOVA) ont été utilisées afin de comparer les génotypes étudiés 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.

V. Résultats et discussion

❖ Essai de rendement :

▪ Analyse de la variance

Tableau 3 : Analyse de la variance de quatre paramètres dans l'essai de rendement avancé (Selon les résultats du logiciel SAS).

Source de variation	HTR	RAM	NJF	NJM
Bloc	1585.62***	5.22ns	24.00***	10.66***
Variété	328.05***	11.49***	211.46***	565.62***
Bloc x Variété	206.33***	8.13***	13.92***	14.08***

*, **, *** Significatif à 0,05 ; 0,01 et 0,001 de niveaux de probabilité, respectivement.

ns effet non significatif.

Remarque : Les valeurs dans ce tableau sont des carrées moyennes de statistique du logiciel SAS.

Les résultats de l'ANOVA ont montré qu'il existe des différences très hautement significatives entre les variétés pour tous les paramètres étudiés (Tableau 3). De même, il y a effet très hautement significatif du facteur 'bloc' pour tous les paramètres à l'exception de la ramification, et de l'interaction 'bloc' × 'variété' pour tous les paramètres. Cela indique qu'en changeant de bloc, les performances des variétés changent. Cela veut dire que ces variétés ne gardent pas leur rang d'importance en passant d'un bloc à l'autre. C'est la notion de l'interaction génotype × milieu.

▪ Analyse des paramètres agromorphologiques

Tableau 4 : paramètres agromorphologiques de *Brassica napus* affectés par la variété (Selon les résultats du logiciel SAS).

Variété	HTR (cm)	RAM	NJF	NJM
H3	135.4 A	6.6 CDE	113.0 C	169.5 D
H2	131.2 AB	7.2 BCDE	112.0 D	166.5 E
Alba	131.1 AB	8.0 B	106.5 G	155.0 I
Lucia	129.2 ABC	9.4 A	111.0 D	161.0 F
Lyside	128.0 ABC	6.4 DE	112.0 D	174.0 A
Seven	126.2 BCD	5.9 E	109.5 F	174.0 A
Narjisse	125.9 BCD	8.5 AB	114.0 B	173.25 B
Kabel	125.3 BCD	8.1 B	105.5 H	158.0 G
Macro	122.0 BCD	7.4 BCD	112.0 D	169.5 D
Kabel/F	120.4 CD	6.0 E	110.5 E	172.5 C
Kabel/Narjisse	120.2 CD	7.5 BCD	111.5 D	174.0 A
Moufida	118.1 D	6.5 DE	112.0 D	174.0 A
Moufida/J//F	118.0 D	7.9 BC	119.0 A	174.0 A
Traper	117.0 D	8.3 AB	99.5 I	155.5 H

$\alpha < 0.0001$

Duncan groupements : A B C D E F G H I

(Duncan groupement est l'équivalent du classement dans ce logiciel d'analyse statistique. Les variétés qui ont les mêmes les mêmes lettres appartiennent au même classe et ne sont pas très différentes l'une de l'autre pour le paramètre étudié).

En analysant le tableau 4, on remarque que la variété qui a la plus grande hauteur est H3, avec plus de 135 cm, suivie de H2et Alba, avec environ 131 cm. Alors que les variétés les plus naines sont Moufida, Moufida/J//F et Traper, avec une moyenne de 117,5 cm. Les autres variétés sont intermédiaires. Concernant la ramification des plantes, la variété Lucia est la plus intéressante, avec un nombre moyen de 9,4 rameaux par plante, suivie des variétés Narjisse et Traper, avec une moyenne de 8,4 rameaux par plante (Tableau 4). Les variétés les moins ramifiées sont Seven et Kabel/F, avec une moyenne de 6 rameaux par plante. Les autres variétés ont une ramification intermédiaire variant de 6,5 à 8 rameaux par plante. La

variété la plus précoce est Traper avec une durée moyenne de 99,5 jours entre levée et floraison, alors que la variété Moufida/J//F est la plus tardive, ayant parcouru 119 jours entre levée et floraison. Traper était également très précoce à la maturité, avec une durée levée-maturité de l'ordre de 155,5 jours. De même, la variété Moufida/J//F était la plus tardive à la maturité, avec une durée levée-maturité de 174 jours. La variété Alba est la plus précoce à maturité (155 jours), alors que d'autres variétés sont aussi tardives que Moufida/J//F, à savoir Moufida, Kabel/Narjisse, Seven et Lyside.

La hauteur limitée des plantes d'une variété permet d'avoir un plus grand peuplement en comparaison avec les variétés très hautes. En améliorant le peuplement on pourrait améliorer la productivité. En outre, plus les plantes sont ramifiées, plus il ya une forte probabilité d'avoir plus de rameaux secondaires et donc plus de siliques par plante, et par conséquent plus de productivité. Par ailleurs, la précocité joue un rôle dans la prévention contre les mauvaises conditions environnementales de fin de cycle, à savoir le stress hydrique, les hautes températures et l'attaque des ravageurs. Les conditions de hautes températures aggravent la déhiscence des siliques mures et donc augmentent davantage les pertes de rendement suite à la perte des graines des siliques déhiscentes avant et durant la récolte.

En absence de données sur le rendement en graine, les variétés naines ou à hauteur moyenne, très ramifiées et très précoces seraient les plus intéressantes. En revanche, la variété Moufida/J//F, ayant une moyenne de 8 rameaux par plante, serait également intéressante dans des environnements favorables, à l'image du Gharb et du Loukkos, caractérisés par une abondance des pluies hivernales et printanières. Les résultats de l'essai intermédiaire conduit la dernière année à la station expérimentale de l'INRA à Sidi Allal Tazi (région du Gharb), en présence d'irrigation en période de floraison, ont montré clairement que les variétés les plus tardives étaient les plus productives.

En se basant sur les données et résultats obtenus par l'INRA des trois années d'essais de rendement (préliminaire, intermédiaire et avancé) dans deux localités différentes (Douyet et Sidi Allal Tazi), les variétés marocaines qui ont produit plus de rendement en graine et en huile que la variété 'Narjisse', prise comme témoin, seraient candidates pour inscription au Catalogue Officiel. Les autres variétés étrangères utilisées dans cet essai, comme Alba, Lucia, Lyside, Seven, Kabel, Macro et Traper, sont déjà inscrites suite à la demande des sociétés semencières marocaines affiliées à des compagnies marocaines. Elles, aussi, ont été utilisées pour constituer une base de comparaison aux variétés marocaines.

N.B. : Pour le rendement en graine, on n'a pas l'occasion de le calculer vu les pertes causées par les mauvaises conditions environnementales :

- Coups de Chergui (3 à 4 semaines durant le mois d'avril)
- Grêle (2 à 3 fois durant le mois de mai)
- Attaque des oiseaux qui a été très sévère.

- **Essai de conduite du matériel mutant (M₃)**

- **Analyse de la variance**

Tableau 5: Analyse de la variance de quatre paramètres de l'essai de la population mutante (M₃) (Selon les résultats du logiciel SAS)

Source de variation	HTR	RAM	NJF	NJM
Mutant	687.66***	11.61***	5089.12***	5072.21***

*, **, *** Significatif à 0,05 ; 0,01 et 0,001 de niveaux de probabilité, respectivement.

Les résultats de l'ANOVA montrent qu'il ya des différences très hautement significatives pour les quatre paramètres étudiés (Tableau 5). Donc, ces mutants ont des caractéristiques très différentes selon la mutation (type, dose et durée de la mutation).

- **Analyse des paramètres agromorphologiques**

Tableau 6 : Variation des paramètres agromorphologiques de *Brassica napus* affectés par la mutation. (Selon les résultats du logiciel SAS)

	HTR (cm)	RAM	NJF	NJM	Mutants les plus intéressants
Valeur max	144.8	10.6	123.0	175.0	TC1-6 7 ; TC1-14 6 ; TC1-6 1 ; TC2-14 4 ; TC4-6 7 ; TC2-14 10 ; TC1-10 S1 et TC2-6 10.
Valeur moyenne	124.32	6.6	86.22	144.05	
Valeur min	92.0	3.8	70.0	129.0	

$\alpha < 0.0001$

Vu le très grand nombre de mutants présents dans cette population, on n'a pris que les mutants les plus intéressants et les gammes de variation de tous les paramètres suivis (Tableau 6).

Remarque : Pour mieux comprendre la nomenclature de ces mutants, on donne l'exemple du TC1-6 7. Ce mutant est issu d'un traitement chimique (TC) que des graines de la variété mère INRA-CZH2 a subit au début, avec une dose de 1% d'EMS (pour le TC1, 1,2% d'EMS pour le TC2 et 1,6% pour le TC4 et ainsi de suite) pour 6h (TC1-6), le numéro « 7 » dans l'appellation revient au numéro de la plante. Ceci a été fait par l'INRA.

Selon le tableau 6 et les résultats du SAS, le mutant qui a la plus grande hauteur est TC1-14 6 (144.8cm) suivi de TC1-7 4 (143.4cm) jusqu'à TC2-14 2(139cm). Alors que les mutants les plus nains sont TC2-145 (92cm), TC1 2.2 (93cm), TP 4-3(97cm) et TC2-14 10(98.4cm). Les autres mutants sont intermédiaires. Pour les ramifications, les mutants TC1-14 6, TC1-6, TC2-14 4, TC4-6 7, TC1-7 4, TC1-6 2 et TP4... sont respectivement les plus ramifiés, d'un nombre de rameaux variant de 8 à 10.5 . Les mutants moins ramifiés sont TC2-7 1, TC2-14 5, TC1-2 2, TC2-6 3 TC4-6 2 et TC1-7 7, d'une moyenne allant de 3.8 à 4.8 rameaux par plante. Les autres mutants sont intermédiaires pour ce paramètre (5.2 à 7.8 rameaux par plante). Le mutant le plus précoce à la floraison est TC1-6 7 avec une durée moyenne de 70 jours, alors que TC2-6 1 est le plus tardif, avec une moyenne de 123 jours. TC1-6 7 est aussi précoce à la maturité avec une durée de 129 jours et TC2-6 1 est encore le plus tardif (175 jours).

VI. Conclusion

Le stage à l'INRA, au sein de l'Unité de Recherche d'Amélioration de Plantes et Conservation de Ressources Phyto-Génétiques m'a permis d'apprendre énormément d'informations sur le programme d'amélioration génétique du colza. Dans ce sens, j'ai pu suivre deux essais au champ installés au Domaine Expérimental de Douyet. Le premier porte sur l'évaluation de plusieurs mutants dérivés de mutagenèse chimique et physique de la variété marocaine 'INRA-CZH2', alors que le deuxième concerne le test agronomique de certaines variétés avant soumission pour inscription au Catalogue Officiel des espèces et variétés.

Concernant le premier essai, quelques mutants de la génération M3, très intéressants sur le plan précocité à la floraison et à la maturité et sur le plan ramification des plantes, ont été identifiés. Ils ont confirmé la stabilité et la supériorité des caractères mutés par rapport au témoin. De même, ils ont montré un grand niveau d'homogénéité, et par conséquent, ils peuvent déjà être intégrés dans les essais de rendement. Cependant, bien avant, ils seront caractérisés et évalués en conditions de stress hydrique et de stress thermique à côté d'autres variétés de colza marocaines et étrangères pour avoir une idée sur leur tolérance à ces deux stress abiotiques.

Dans l'essai de rendement, les variétés qui ont montré leur supériorité agronomique par rapport à la variété témoin 'Narjisse', sur la base des résultats des trois essais de rendement, préliminaire, intermédiaire et avancé, seront candidates pour inscription au Catalogue Officiel.

A travers la sélection et l'inscription de variétés performantes de colza, l'INRA apporte sa contribution au plan global d'amélioration de la production de cette culture dans notre pays.

Références bibliographiques

- **Ahmad I, MacDonald MV, Menten JOM, Ingram DS** (1991). Haploid culture and *in vitro* mutagenesis (UV light, X-rays, and gamma rays) of rapid cycling *Brassica napus* for improved resistance to disease. *In* Plant mutation breeding for crop improvement, IAEA, Vienna, 2: 129-138.
- **Arnaud, F.** 1989. Sélection des variétés de colza. Cahier technique. CETIOM : 5-28.
- **Bechtold N, Ellis J, Pelletier G** (1993) In-planta Agrobacterium-mediated gene-transfer by infiltration of adult *Arabidopsis thaliana* plants. Comptesrendus de l'Academie des sciences Série III 316:1194-1199.
- **CRRA Meknès.** www.inra.org.ma/meknes/.
- **DPV (Direction de la Production Végétale)**, 2007. Mise à niveau des filières végétales. Filière oléagineuse. Etude faite par DCI/DPV, Ministère de l'Agriculture et de la Pêche Maritime.
- **CETIOM.** 2002. Colza d'hiver : les techniques culturales, le contexte économique. Grignon, CETIOM.
- **CETIOM.** 2012. Les ravageurs du colza.
- **Emrani S. N., Arzani A. and Saeidi G.** (2011). Seed viability, germination and seedling growth of canola (*Brassica napus* L.) as influenced by chemical mutagens. African Journal of Biotechnology Vol. 10 (59), pp. 12602-12613.
- **FAO (FAOSTAT).** 2015. Les cinq pays réalisant 70% de la production mondiale de colza en 2015. www.faostat.fao.org.
- **FAO/IAEA Mutant Varieties Database.** (2011). Available at: <http://mvgs.iaea.org/Search.aspx/>.
- **Ferrie AMR, Taylor DC, MacKenzie SL, Rakow G, Raney JP, Keller WA** (2008). Microspore mutagenesis of *Brassica* species for fatty acid modifications: a preliminary evaluation. Plant Breed., 127: 501-506.
- **Grant, I. et W.D. Beversdorf.** 1985. Heterosis and combining ability estimates in spring-planted oilseed rape (*Brassica napus* L.). Can. J. Genet. Cytol. 27 : 472-478.
- **Hossain, S., G.P. Kadkol et P. Salisbury.** 2011. Shatter-resistant canola germplasm from interspecific hybridization: a progress report. In : Proc. 17th Australian Research Assembly on *Brassicaceae*. Wagga Wagga, Australia. August 2011. Pp. 42-44.

- **Hougen, F.W et B.R Stefansson.** 1982. Rapeseed. In advances in cereal science and technology. 7 : 261-289.
- **Kadkol, G.P.**2009. Brassica shatter-resistant research update. In: Proc. 16th Australian Research Assembly on *Brassicac*s. Ballarat Victoria, Australia, 2009. pp. 1-6.
- **Lefort-Buson, M., B. Guillot-Lemoine et Y. Dattée.** 1987. Heterosis and genetic distance in rapeseed (*Brassica napus L.*) : crosses between European and Asiatic selfed lines. Genome 29 : 413 :418.
- **Liu, Z., C. Guan, S. Liu et L. Yang.** 2010. Transfer of superior traits from *Brassica juncea* into *Brassica napus*. Agric, Sci. Technol. 11: 49-52.
- **Mei, D., H. Wang, Y. Li, Q. Hu, Y. Li et Y. Xu.** 2006. The discovery and genetic analysis of dwarf mutation 99CDAM in *Brassica napus L.* Hereditas 28 : 851-857.
- **Mensink, R.P. et M.B. Katan.** 1989. Effect of diet enriched with monounsaturated or polyunsaturated fatty acids on levels of low density and high density lipoprotein cholesterol in healthy women and men. New Engl. J. Med. 321 : 436-441.
- **Nabloussi, A.** 1994a. Comportement de quelques lignées pures et hybride F₁ de colza (*Brassica napus L.*) dans la région du Saïs. Mémoire de titularisation, INRA, octobre 1994. 73 pp.
- **Noroussi, M., M. Toorchi, Gh. Hosseini Salekdeh, S.A. Mohammadi, M.R. Neyshabouri et S. Aharizad.** 2008. Effect of water deficit on growth, grain yield and osmotic adjustment in rapeseed. J. Food Agric. Environn. 6 : 312-318
- **Primrose S., Twyman R., Old R.** Principes de Génie Génétique. 2004. De Boeck, Bruxelles.
- **Rashidi, S., A.H.S. Rad, A.A. Band, F. Javidfar et S. Lak.** 2012. Study of relationship between drought stress tolerances with some physiological parametres in canola genotypes (*B. napus L.*). Annal Biol. Res. 3 : 564-569.
- **Renard, M., H. Brun, A.M. Chèvre, R. Delourme, P. Guerche, J. Mesquida, J. Morice, G. Pelletier et C. Primard.** 1992. Colza oléagineux, In : A. Gallais et H. Bennerot (eds). Amélioration des espèces végétales cultivées : objectifs et critères de sélection. Pp. 135-145.
- **Schuster, W. et J. Michael.** 1976. Untersuchung über Inzuchtdepressionen und Heteroseseffecte bei Raps (*Brassica napus L.*). Zeitschrift Für Planzenzüchtung. 77 : 56-66.

- **Shirani Rad, A.H. et A. Abbasian.** 2011. Evaluation of drought tolerance in rapeseed genotypes under non stress and drought stress conditions. *Not. Bot. Horti. Grobo.* 39: 164-171.
- **Soutaji M.** 1997. Centre régional du Saïs et moyen atlas. Domaine expérimental de Douyet.
- **Swanson E.B., Herrgesell M.J., Arnoldo M., Sippell D.W., Wong R.S.C.** (1989). Microspore mutagenesis and selection: canola plants with field tolerance to the imidazolinones. *Theoretical and Applied Genetics* 78:525-530.
- **U N.,** 1935. Genome analysis in Brassica with special reference to the experimental formation of *B. napus* and peculiar mode of fertilisation. *Jpn. J. Bot.*, 7, 389-452.
- **Van Gerpen, A., B. Shanks, R. Pruszko, D. Clements et G. Knothe.** 2004. Biodiesel Production Technology. NREL/SR-510-36244. USA, juillet 2004. 110 pp.
- **Velasco L, Fernandez-martinez JM, De Haro A** (2008). Inheritance of reduced linolenic acid content in the Ethiopian mustard mutant N2-4961. *Plant Breed.* 121: 263-265.
- **Wiersma P.A., Schmiemann M.G., Condie J.A., Crosby W.L., Moloney M.M.** (1989). Isolation, expression and phylogenetic inheritance of an acetolactate synthase gene from *Brassica napus*. *Molecular and General Genetics* 219:413-420.
- **Wong RSC, Swanson E** (1991). Genetic modification of canola oil: high oleic acid canola. In Haberstroh C, Morris CE (eds.), *Fat and Cholesterol Reduced Food*. Gulf, Houston, Texas, pp. 154-164.

Annexe

Tableau 7 : Extrait de matrice de données de l'essai de rendement Bloc1.

<u>Génotype</u>	<u>Répétition</u>	<u>Hauteur</u>	<u>Ramification</u>	<u>NJF</u>	<u>NJM</u>
Narjisse	1	145	12	111	171
	2	135	13	111	171
	3	138	10	111	171
	4	138	8	111	171
	5	145	9	111	171
Moufida	1	115	8	112	174
	2	111	7	112	174
	3	110	7	112	174
	4	110	8	112	174
	5	112	8	112	174
H3	1	120	5	114	171
	2	131	8	114	171
	3	125	6	114	171
	4	130	7	114	171
	5	120	6	114	171

Source	DF	Anova SS	Carré moyen	Valeur F	Pr > F
bloc	1	1585.629749	1585.629749	18.98	<.0001
variete	13	4264.670470	328.051575	3.93	<.0001
bloc*variete	13	2682.320251	206.332327	2.47	0.0051

Le Système SAS 12:23 Monday, Mai 29, 2017 3

Figure 4 : Exemple du résultat de l'ANOVA de l'essai de rendement pour le paramètre 'HTR' par le logiciel SAS.

Tableau 8 : Extrait de matrice de données de l'essai de conduite du matériel mutant M₃.

Traitement/Mutant	Répétition	Hauteur	Nombre de ramification	NJF	NJM
TC1-6 3	1	130	9	96	159
	2	125	7	96	159
	3	120	11	96	159
	4	123	7	96	159
	5	120	6	96	159
TC1-6 4	1	135	9	89	147
	2	125	4	89	147
	3	128	4	89	147
	4	130	9	89	147
	5	125	9	89	147

Source	DF	Type III SS	Carré moyen	Valeur F	Pr > F
Mutant	115	79081.81623	687.66797	4.77	<.0001

Le Système SAS 12:23 Friday, Mai 29, 2017 21

Figure 5 : Exemple du résultat de l'ANOVA de l'essai de conduite du matériel mutant M₃ pour le paramètre 'HTR' par le logiciel SAS.