



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



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

**Elargissement de la variabilité génétique du
colza à travers des hybridations intra et
interspécifique**

Présenté par : OUARDIRHI Nada

Encadré par : Mr.LAZRAQ Abderrahim

Mr.Nabloussi Abdelghani

Mr.FECHTALI Mohamed

Soutenu le 06/06/2017

Devant le jury composé de :

Mr.LAZRAQ Abderrahim . FST Fes

Mr.NABLOUSSI Abdelghani . INRA Meknes

Mr.ATMANI Majid . FST Fes

Année universitaire
2016/2017

Remerciement

Je remercie Dieu, notre créateur de nous avoir donné la force, la volonté, et le courage afin d'accomplir ce travail.

J'adresse mes remerciements aux personnes qui m'ont aidé dans la réalisation de ce mémoire.

En premier lieu, je remercie Mr.NABLOUSSI Abdelghani, encadrant durant ma période de stage,il m'a guidé dans mon travail et m'a aidé à trouver des solutions pour avancer.

Mr.FECHTALI Mohamed, je le remercie pour leur encadrement et pour leur patience, durant la préparation de ce mémoire.

Ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide de l'encadrement Mr. LAZRAQ Abderrahim, pour son aide et le temps qu'il m'a accordé et son précieux conseil.

Je remercie Mr.Atmani Majid d'être un jury et pour ses remarques.

Merci également à tous mes enseignants qui ont contribué à la réussite de ma formation, notamment le chef de la filière Mr. AMRANI JOUTEI Khalid, et tous les enseignants de la filière BVPR.

Dédicace

Je tiens en tout premier lieu à remercier mes parents, et mon frère Anas Ouadirhi et ma sœur Jihane Ouadirhi qui n'ont jamais cessé, de me soutenir et de m'épauler pour que je puisse atteindre mes objectifs.

À mon encadreur Mr. Lazraq Abderrahim, pour son aide et le temps qu'il m'a accordé et son précieux conseil.

Je remercie Mr. Nabloussi Abdelghani et Mr. Fechtali Mohamed qui m'ont aidé dans la réalisation de mon projet et leurs encadrements.

Et je remercie encore Channaoui Souhail qui m'a aidé durant le stage.

Et à tous mes ami(e)s et la communauté des jeux vidéo au Maroc.

A tous ceux que j'aime et ceux que m'aiment.

SOMMAIRE

Dédicace	
Remerciements	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Introduction	1
Présentation du lieu de stage, centre INRA	2
Partie Bibliographique	6
1 -Généralités sur la culture du Colza	7
1-1 Plante et morphologie	7
1-2 Exigences de la plante	7
1-3 Cycles de développement du Colza	8
1-4 Production du Colza	8
2 - Les intérêts du Colza	10
2-1 Huile du Colza	11
2-2 Tourteaux du Colza	11
2-3 Biocarburante	12
3 - Amélioration génétique du Colza au Maroc	13
3-1 Objectifs et critères de sélection	13
3-2 Stratégies utilisées	13
3-3 Méthode de sélection	15
4 -Hybridation du Colza	16
4-1 Hybridation Intraspécifique	16
4-2 Hybridation Interspécifique	16,17
Partie Pratique	18
1 - Matériel végétal utilisé	19
2 - Méthodes	19
2-1 - Technique de castration et pollinisation	19
2-2 - Hybridations réalisées	19

3-Résultats et discussion	21
Conclusion	24
Annex	25
Référence Bibliographique	26

Liste des tableaux

Tableau 1 : Pays producteurs du Colza dans le monde (données de 2010). Source FAOSTAT, 2012.	9
Tableau 2 : Evolution des superficies récoltées, rendements réalisés et production obtenus de la culture de Colza Au Maroc.	10
Tableau 3 : Schéma de sélection de lignées de Colza après hybridation selon la méthode pedigree (Nabloussi, 1994)	13
Tableau 4 : Les hybrides réalisés et la nature de croisement au CRR-INRA Meknès.	20
Tableau 5 : Taux de réussite des croisements de colza réalisés.	22

Liste des figures

Figure 1 : Organigramme de l'INRA	3
Figure 2 : Centre Régionaux de l'INRA au Maroc	5
Figure 3 : Relation génomique entre quelques espèces <i>Brassica</i> apparentées au Colza	17
Figure 4 : Photo de la parcelle de l'expérimentation montrant des plantes de Colza ensachées après castration et pollinisation de leurs inflorescences (INRA-CRRA de Meknès, mai 2017).	21

Introduction

Le *Colza Brassica napus var.napus* est une plante issue du croisement naturel entre un chou (*Brassica oleracea L.*) et une navette (*Brassica rapa L.*) et fait partie de la classe des dicotylédones.

Au Maroc, le secteur des oléagineux est considéré comme prioritaire parmi les autres secteurs de l'agriculture. Pourtant, le Maroc dispose de grandes potentialités en cultures oléagineuses pour réduire ce déficit, notamment la culture du tournesol et du Colza. 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.

Le progrès génétique et la sélection d'un matériel génétique amélioré sont tributaires de l'existence de nouvelles variétés à partir des croisements intraspécifique. Ces derniers consistent en des croisements dirigés pour l'amélioration des espèces actuelles ou bien la création de nouvelles espèces. Les hybridations réalisées au CRR-INRA de Meknès par la technique de castration sur plusieurs lignées mutantes et les résultats obtenus, conjugués aux croisements interspécifiques (c'est une hybridation entre espèces végétales) constituent un bon moyen pour réaliser des introgressions de gènes.

L'objectif de ce travail est de réaliser des croisements intraspécifique entre 6 lignes de Colza mutantes, et ces croisements sous forme des F1 et Back-Cross et à la fin de trouver un pourcentage de réussite par le calcul des nombres des siliques formées après la castration des fleurs du Colza de genre *Brassica napus*.

Le présent manuscrit est composé de 3 parties :

Partie 1 : Présentation de L'INRA

Partie 2 : Partie bibliographique

Partie 3 : Partie pratique

Présentation de L'INRA

Il s'agit d'une institution de recherche agricole, établissement public, sous la tutelle du ministère marocain de l'agriculture et de la pêche maritime. C'est un établissement dont l'origine de 1914 avec la création officielle des premiers servis de recherche agricole. Il comprend des laboratoires de recherche et des fermes expérimentales réparties à travers tout le royaume. L'institut national de la recherche agronomique (INRA) a été fondé en 1946 pour répondre à une demande sociale pressante. Ses recherches concernent trois domaines fortement imbriqués, l'alimentation, l'agriculture et l'environnement, avec l'ambition de développer une agriculture à la fois compétitive, respectueuse de l'environnement des territoires et des ressources naturelles, et mieux adaptée aux besoins nutritionnels de l'homme ainsi qu'aux nouvelles utilisations des produits agricoles.

➤ **Mission de l'INRA et objectifs**

- Procéder aux recherches scientifiques et techniques ayant pour objet le développement de l'agriculture et de l'élevage.
- Assurer, dans le cadre de ses compétences, le contrôle des recherches, l'étude des travaux effectués.
- Etudier et déterminer scientifiquement les modalités pratiques de l'application des résultats de ses recherches.
- Commercialiser les résultats de ses recherches, études et travaux.
- Effectuer les études prospectives, en particulier celles qui portent sur le milieu naturel ou qui ont trait à l'amélioration des productions végétales ou animales.
- Entreprendre, soit de sa propre initiative, soit à la demande des particuliers, des essais sur la culture à améliorer ainsi que sur la production animale, et d'une façon générale de mener toutes les actions expérimentales à caractère agricole ou celle concernant la mise au point de procédés de transformation et l'utilisation des produits végétaux ou animaux.

➤ **Domaine d'activité stratégique**

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

➤ **Domaine expérimentaux**

- Ain Taoujdate
- Annonceur
- Douyet
- Service de recherche-développement
- Service administratif

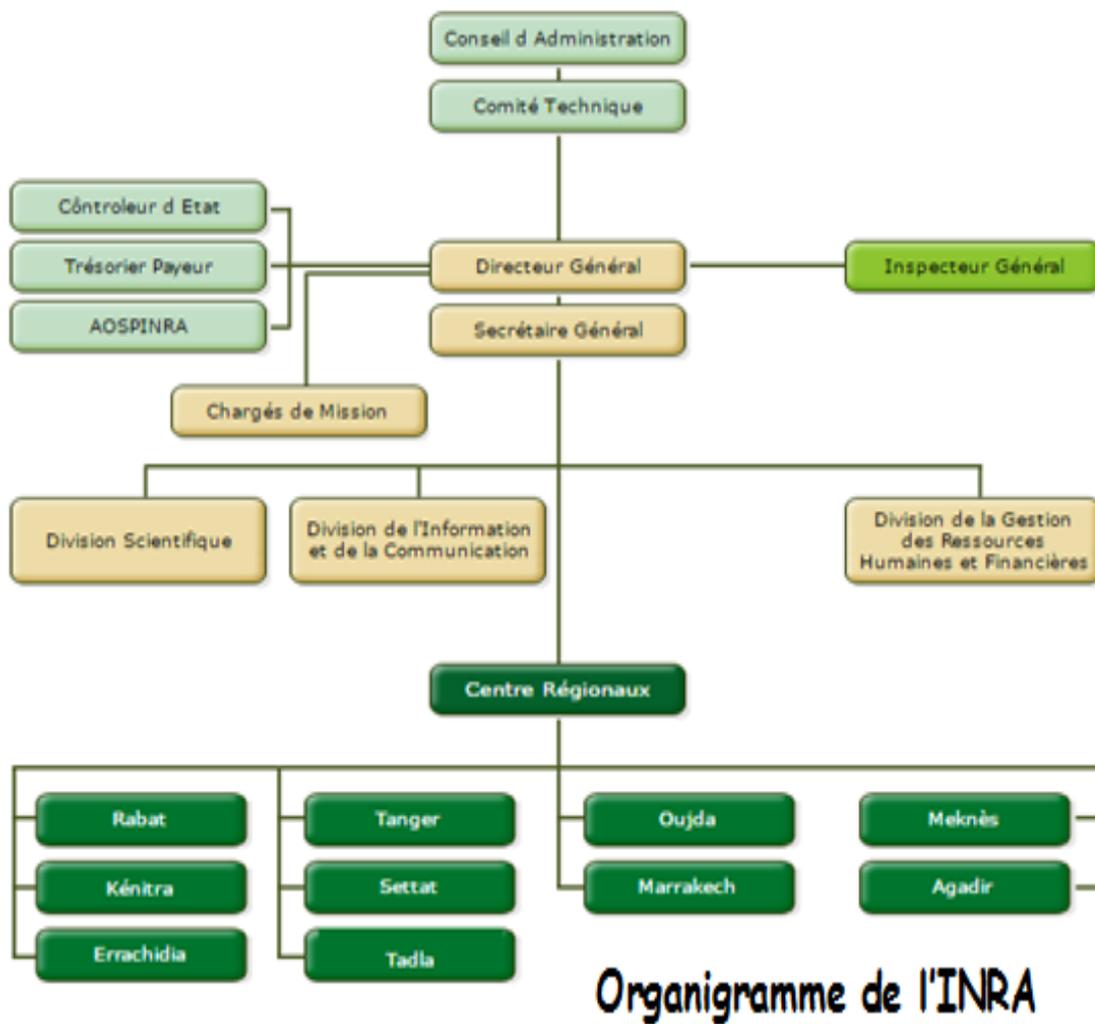


Figure 1 : Organigramme de l'INRA

➤ **Centre Régional de la recherche Agronomique de Meknès :**

Présentation générale :

Le CRRA Meknès est une institution à profonde ancrage historique qui développe une stratégie de 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. Le CRRA Meknès est une entité régionale de l'INRA Maroc chargée d'entreprendre les recherches, les études et l'action de transfert de technologie répondant aux besoins de sa zone d'actions. Ces activités concernant les zones semi-aride, sub-humide et les montagnes, il vise une meilleure connaissance du milieu (naturel et socio-économique) et le développement des technologies performantes pour répondre aux besoins de l'agriculture de sa zone d'action (production du matériel végétal, des connaissances et de méthodes)

Une valorisation des acquis de la recherche et l'implication de ces partenaires dans la recherche

➤ **Unité de recherche amélioration des plantes et conservation des ressources phylogénétique**

Les recherches conduites au sein de l'unité de recherche amélioration des plantes et conservation des ressources phylogénétique ciblent aussi bien les grandes cultures (céréales, légumineuses alimentaire 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 chambre 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.



Figure 2 : Centre Régionaux de l'INRA au Maroc



Partie bibliographique

1-Généralité sur la culture du Colza

1-1Plante et Morphologie :

Le Colza une plante annuelle à fleurs jaunes de la famille des *Brassicacées* et de genre *Brassica*, la famille botanique qui inclut le chou-fleur et les choux.

Colza est constitué des fleurs jaunes en grappes caractérisée par un calice à 4 sépales libres, la corolle est composée de 4 pétales libres jaunes disposés en croix.

Feuille glabres en vert foncé portant quelques poils avec un limbe découpé.

Racine pivotante site d'accumulation des réserves glucidiques.

Tige ramifié, chaque ramification prend naissance à l'aisselle des feuilles supérieures de la tige et chacune termine par une inflorescence.

Et le fruit sous forme des siliques avec un bec conique et 30 à 10 graines de Colza.

Plante herbacée annuelle, pouvant mesurer deux mètres, Le Colza est cultivable dans tous les types de sols riches, profonds, ameublis et conservant une certaine humidité tout en étant bien drainés. (Gnis-pedagogie. Origine et physiologie du colza)

1-2Exigences de la plante

Les types de sols convenables : sols argilo-sablonneux, argilo-limoneux et argileux. (Nabloussi, 2015)

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 de sol doit être supérieure à 5°C . (Nabloussi, 2015)

Eau : le Colza est une culture particulièrement exigeante en eau avec un besoin global de 450 à 500mm sur l'ensemble de son cycle. (Nabloussi, 2015)

En automne : le manque d'eau limite le développement et l'enracinement des plantes. Il entraîne une sensibilité au froid, une limitation du nombre de feuilles et une réduction d'indice foliaire au printemps. (Nabloussi, 2015)

Un déficit hydrique durant la floraison entraîne la chute des fleurs et une baisse du rendement de graine, par contre l'excès de l'eau pénalise les plantes en diminuant la croissance et la production de matière sèche aérienne et racinaire. (Nabloussi, 2015)

1-3 Le cycle de développement du colza

a) Phase végétative

Sémé en automne, le Colza étale d'abord au-dessus du sol ses deux cotylédons (germination épigée), puis développe une vingtaine de feuilles formant, une rosette. Parallèlement à la formation de cette rosette de feuilles, le système racinaire se développe en pivot et la plante y accumule les réserves qui seront utilisées au moment de la montée, de la ramification des tiges et de la maturation. (Développement)

b) Phase reproductrice

A la fin de l'hiver débute la montaison : l'inflorescence s'ébauche au sommet de la tige, et parallèlement commence l'élongation des entre-nœuds supérieurs. La floraison débute bien avant que la tige n'ait atteint sa taille définitive ; la ramification de la tige se produit alors que la montée et la floraison se poursuivent. Très échelonnée, la floraison dure de 4 à 6 semaines à l'échelle de la plante. (Développement)

c) Phase de maturation

Après pollinisation, la formation du fruit est assez rapide. La maturité des graines est acquise en 6 à 7 semaines après fécondation. A maturité, le moindre choc peut provoquer la déhiscence de la silique et la chute des graines. (Développement)

1-4 Production du colza

a) A l'échelle mondiale

Les principaux pays de culture : La Chine, le Canada, et l'Inde. Derrière l'Allemagne, la France est le deuxième pays européen producteur de Colza avec 1 100 000 hectares cultivés. En France, la culture du colza est présente sur l'ensemble du territoire. Elle est largement cultivée pour la production d'huile alimentaire et d'agro carburant. C'est l'un des trois principales sources d'huiles végétales alimentaires en Europe, après tournesol et olivier.

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

Pays	Superficie Récolté (ha)	Rendement Réalisé (q/ha)	Production obtenue (tonnes)	% Total
Chine	7.370.010	17.75	13.082.010	22,15
Canada	6.514.400	18,22	11.866.200	20,09
Inde	5.530.00	11.59	6.410.00	10.8
Allemagne	1.461.200	38,99	5.697.600	9,6
France	1.465.230	32,86	4.815.520	8,15

b) A l'échelle national

La culture du colza a été introduite au Maroc pour la première fois en 1981. La superficie emblavée et récoltée a été au-dessous de 200ha alors que le rendement moyen a été aux alentours de 5q/ha n'assurant qu'une production de l'ordre de 100 tonnes. (Nabloussi, 2015)

Le plus grand emblavement a été réalisé en 1990 avec une superficie de 4700ha et une superficie récoltée de 3100ha, le rendement national moyen obtenu a été de l'ordre de 13q/ha et la production nationale a été de 4000 tonnes (entre 1982 et 2001). (Nabloussi, 2015)

En 1996 le secteur des oléagineux annuels a connu une dérégulation, se répercutant au niveau de la commercialisation de la production des graines oléagineuses. Une chute de prix en raison de la diminution de niveau des subventions de l'état qui étaient jusqu'à lors allouées à ce secteur et les agriculteurs deviennent plus réticents à la pratique de ces cultures et n'y manifestaient plus l'intérêt qu'ils avaient auparavant. C'est ainsi qu'on a pu observer une chute drastique de superficie occupée par le Colza, de plus de 1800ha en 1994 à moins de 600ha en 1996. (Nabloussi, 2015)

Entre 1997 et 2001 c'était une période caractérisée par des hauts et des bas à cause des conditions climatiques. (Nabloussi, 2015)

En 2013 un contrat programme 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)

Tableau 2 : Evolution des superficies récoltées, rendements réalisés et production obtenus de la culture de Colza Au Maroc

Source : Nabloussi,2015

Année	Superficie (ha)	Rendement (q/ha)	Production(t)
1982	193	5	101
1986	1115	7	813
1990	3100	13	4000
1994	1810	11	1960
1998	842	13	1237
2000	88	6	88
2001	843	8	290

Mise à part les difficultés liées à la récurrence des sécheresses et la dérégulation de la filière oléagineuse le Colza a été confronté à d'autres contraintes qui ont freiné son développement

Parmi ces contraintes : le non maîtrise des techniques de désherbage et de récolte.

Le colza peut être cultivé dans les zones de bour favorable (pluviométrie > 450mm par année) au niveau de Sais, du Gharb du Loukkos.

En revanche, Les recherches et les différents essais de *colza* menés par l'INRA sous conditions climatiques difficile en 2011-2012 ont démontré que cette culture pourrait prospérer dans des environnements relativement secs, où la pluviométrie durant tout le cycle est <250mm, à condition qu'elle soit bien répartie.

2- Intérêt du Colza

2-1 L'huile de Colza

Le Colza est cultivé, principalement pour son huile de bonne qualité. En effet, il contient plus de 85 % d'acides gras insaturés (mono-insaturés et polyinsaturés).

Les acides gras insaturés réduisent les taux de lipides sanguins lorsqu'ils remplacent les acides gras saturés et les acides gras trans dans l'alimentation Par exemple, ils diminuent le risque de maladies coronariennes en faisant baisser le taux de cholestérol sanguin. (Caroline Trudeau. Passeport santé)

Huile de colza est constitué de :

- **Acides gras mono-insaturés:** Acide oléique ou oméga-9 qui confère une stabilité aux huiles qui le contiennent. Ces huiles peuvent supporter la chaleur est ont donc idéales pour la cuisson.
- **Acides gras polyinsaturés:** On les appelle les acides gras essentiels car le corps humain ne peut pas les fabriquer. Il s'agit de l'acide linoléique (oméga 3) et l'acide linoléique (oméga 6).
- **Vitamine E :** L'huile de canola contient de 7 à 17 fois plus de vitamine E que l'huile d'olive, soit environ 17 mg par portion de 15 ml.
- **Phytostérols:** les phytostérols réduisent l'absorption du cholestérol dans l'intestin, ce qui réduit les taux de cholestérol sanguin.

L'huile de *colza* contient environ 100 mg de phytostérols par portion de 15 ml (1 cuillère à soupe), soit de deux à sept fois plus que l'huile d'olive. (Caroline Trudeau Avril 2008. Passeport santé)

Nutriments les plus importants :

- **Vitamine K :** L'huile de colza est une bonne source de vitamine K. La vitamine K joue un rôle important dans la coagulation du sang.

Elle contribue aussi à la formation des os.

- **Vitamine E :** La vitamine E est un antioxydant majeur. Elle protège la membrane qui entoure les cellules du corps, en particulier les globules rouges et les globules blancs. (Caroline Trudeau avril 2008. Passeport santé)

2-2Tourteau de Colza

Le tourteau de colza est utilisable dans la plupart des rations animales, en substitution partielle du tourteau de soja importé, qui est aujourd'hui le premier tourteau consommé. Le tourteau de Colza est cependant moins riche en protéines et présente une moindre digestibilité des acides aminés et de l'énergie, ce qui peut limiter son utilisation, notamment chez la volaille. (Gnis-pedagogie 2016. Débouchés : le tourteau de colza)

Le tourteau de colza est une source de protéines pour les bovins :

- **Bien équilibré en acides aminés digestibles :**

La concentration en lysine et méthionine digestibles du tourteau de *colza* est proche des seuils recommandés pour les vaches laitières (94 % pour la lysine digestible et 80 % pour la méthionine digestible)

- **Riche en minéraux :**

Le tourteau de colza est riche en phosphore et en calcium, ce qui permet d'économiser 50 % de complémentation en minéraux.

- **Rôle des acides gras sur la qualité du tourteau :**

La part d'acides gras insaturés est supérieure dans la matière grasse du tourteau de colza, ce qui influence la composition du lait et serait de nature à améliorer les qualités nutritionnelles (en limitant le risque athérogène) et des produits laitiers (en augmentant la tartinabilité des beurres). (Gnis-pedagogie. Débouchés : le tourteau de colza)

2-3 Biocarburant

Définition de Biocarburant: les biocarburants sont des carburants d'origine agricole. Ils sont obtenus à partir de matières organiques végétales ou animales, appelées encore biomasse et sont utilisés dans les moteurs. Cette biomasse est transformée en éthanol qui vient compléter voir remplacer le carburant issu des énergies fossile.

L'avantage d'utiliser des biocarburants est double : d'une part on utilise des plantes ou des déchets organiques qui capturent le gaz carbonique, réduisant sa concentration dans l'atmosphère, et d'autre part ces biocarburants peuvent être utilisés dans des moteurs classiques. (Gnis-pedagogie. Débouchés : les biocarburants)

Les biocarburants **de première génération** sont basés sur la transformation de l'amidon contenu dans certaines plantes comme chez le Colza et l'amidon contient des sucres (polysaccharides constitués de polymère d'oses) qui présentent un pouvoir énergétique importants grâce à un processus de fermentation et l'aide de microbes, ces sucres sont transformés en éthanol qu'on peut mélanger au carburant (essence, diesel).

Cette énergie est donc intéressante dans les pays où la population est importante et disposant de grandes étendues agricoles comme l'Inde ou la Chine et la France. (Gnis-pedagogie. Débouchés : les biocarburants)

3- Amélioration génétique du colza au Maroc

3-1 Objectifs et critères de sélection

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

La transmission des caractères se fait par la combinaison de leurs chromosomes et la division cellulaire méiose.

Le germoplasme du colza a été formé à partir de différentes introductions de variétés étrangères ainsi que des recombinaisons génétiques. (Nabloussi, 2015)

3-2 Stratégie utilisée

Tableau 3. Schéma de sélection de lignées de Colza après hybridation selon la méthode pedigree (Nabloussi, 1994)

Génération	Observations
P1 x P2	-20 croisements différents par an
F1	-Autofécondation des plantes F1 pour avancement des générations.
↓ F2	-Conduite du matériel en ségrégation dans 1 ou 2 sites. -Sélection des plantes individuelles pour la vigueur initiale, la précocité et la ramification. -Sauvegarde et avancement par autofécondation de 60% à 80 %.
F3	-Sélection de meilleures familles. -Retient et avancement par autofécondation de 40%.
↓ F4	-Sélection de meilleures plantes dans les meilleures lignes et dans les meilleures familles. -Retient et avancement par autofécondation de 10% à 20%.
F5-F6	-Même procédure que F4.
↓ F7-F9	-Multiplication de semences pour essai de rendement. -Essai de rendement en graine et huile. -Valeur agronomique et technologique.
Multiplication des semences pré-base	-Les meilleures lignées multipliées sont présentées au catalogue officiel des variétés.

L'objectif principal du programme de sélection du colza au Maroc consiste à diversifier matériel génétique du colza et à avoir une grande variabilité permettant de mener à bon terme les travaux de sélection de cette espèce. Le but ultime étant de mettre au point des variétés productives et adaptées aux conditions de culture dans le pays, la sélection se fera sur la base d'un certain nombre de caractères morphologiques, phénologiques et biochimiques dont les plus importants sont les suivants :

- Vigueur initiale des génotypes.
- Précocité du matériel : dans les conditions marocaines, sélectionner un matériel génétique précoce permet d'échapper à la sécheresse de fin du cycle et par conséquent d'avoir des génotypes adaptés.
- Composantes du rendement, sur toutes les siliques par plante.
- Des Critères agronomique et technologique :
 - La valeur agronomique** : productivité, adaptation au milieu, résistance au froid, à la verse, et aux maladies.
 - La valeur technologique et d'utilisation** : qualité gustative des potagères, aptitude à la panification, richesse en sucre de la betterave, qualité de l'huile.

Et à la fin la multiplication des semences pré-base par la multiplication d'une quantité des graines de Colza et les présentés au catalogue officiel des variétés pour la commercialisation.

3-3 Méthode de sélection

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

- **Sélection de la lignée pure** qui commence par un croisement dirigé entre deux parents choisis basant de leurs caractères et leurs performances et aussi sur les caractères facile a observé. (Nabloussi, 2015).
- **Sélection de variétés populations à pollinisation libre** ces populations ont été créées dans le but de minimiser le degré de consanguinité pour préserver la variabilité génétique pour une adaptation à différentes conditions de culture et également de façon à raccourcir le cycle de sélection de 2 à 3 ans par rapport au cycle de sélection des lignées créées par pedigree. (Nabloussi, 2015).
- **Sélection de variété synthétique** une méthode pour la production des variétés synthétiques et un grand nombre de plantes sont autofécondées la semence qui en résulte est stockée pour deux années alors que la semence qui provient d'une pollinisation libre de ces plantes est évaluée dans des essais de rendement. Les variétés synthétiques constituent également une voie pour garantir un certain niveau de stabilité et d'adaptation à différents environnement contrastés.
Les variétés synthétiques montrent une stabilité du rendement en graine plus importante que celle de variétés hybrides ou des lignées parentales (Nabloussi, 2015).
- **sélection de variétés hybrides** : les hybrides produits entre lignées d'origines géographiques distinctes, entre colzas européens, canadiens, et chinois présentent des niveaux d'hétérosis plus importants que ceux des hybrides issus de lignées de la même origine, en Allemagne, des hybrides de Colza ont été produits à partir des croisements entre lignées élite de Colza standard et lignées de Colza synthétique (Hybridation artificielle entre chou et navette). (Nabloussi, 2015).

4-Hybridation chez le Colza

4-1 Croisement Intraspécifique

Le processus génétique de croisement de parents génétiquement différents (de génotypes différents) pour produire un individu hybride.

Exemple : *Brassica Napus* * *Brassica Napus*

Une variété de Colza Marocaine de la même espèce *Brassica Napus* mais de lignées différentes :

- T0 : Parent
- PR : Précoce
- RAM : Ramifié
- 2Axes :
- PMG : poids de mille graines (composant de rendement)
- Nain
- FF: Forme Feuille

4-2 Croisement Interspécifique

L'hybridation interspécifique entre espèces végétales apparentées constitue un bon moyen de réaliser des introgressions de gènes, afin pour augmenter les ressources en caractères favorables.

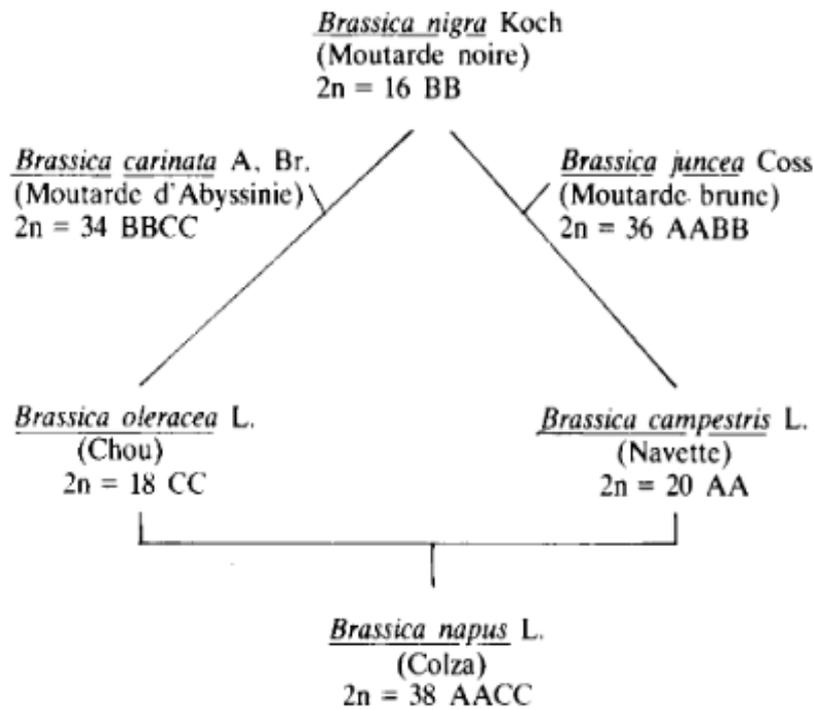


Figure 3 : Relation génomique entre quelques espèces *Brassica* apparentées au colza

Explication de la figure 4 : Croisement de la AA * BB → AABB

AA * CC → AACC

CC * BB → BBCC

La création d'hybrides interspécifiques se heurte généralement à un obstacle biologique : absence de fécondation, avortement de l'embryon. Le problème peut être résolu en ayant recours aux techniques de sauvetage d'embryons, de fusion de protoplastes et de transgénése.

Lors de croisements interspécifiques, des barrières naturelles empêchent le développement complet de l'embryon. Pour remédier à cette situation, on pratique après fécondation un prélèvement précoce des embryons pour les mettre en culture sur un milieu artificiel nutritif. Cette technique de culture *in vitro* est appelée **sauvetage d'embryons interspécifiques**.



Partie Pratique

Croisement Intraspécifique

1-Matériel végétal utilisé

Le matériel végétal utilisé est constitué de la variété de Colza Marocaine 'INRA-CZH2', de six lignées mutantes dérivées de mutagenèse de cette variété, et d'hybrides obtenus après croisement de la variété originale avec les mutants. Les six lignées mutantes sont PR, PMG, RAM, 2 AXES, FORME FEUILLE, NAIN.

2-Méthodes

2-1-Technique de castration et pollinisation

Tout croisement manuel dirigé commence par la castration des fleurs du parent choisi comme femelle, si ces fleurs sont hermaphrodites. Castration d'une fleur de Colza consiste à lui enlever, à l'aide d'une pince les six étamines qui constituent l'appareil mâle de cette fleur hermaphrodite. Par la suite, on applique du pollen frais, collecté sur le parent choisi comme mâle, sur le stigmate de la fleur castrée pour assurer la pollinisation. Les fleurs castrées et pollinisées sont enfin ensachées à l'aide de papier sulfurisé pour éviter toutes contaminations par d'autres pollens de sources inconnues.

S'il y a fécondation, le stigmate pollinisé se développe et se transforme en fruit. Ce fruit est la silique qui contient plusieurs graines (souvent plus que 20) ou semences hybrides.

2-2-Hybridations réalisées

Une variété de Colza Marocaine de la même espèce *Brassica Napus* mais de lignées différentes :

- T0 : Parent
- PR : Précoce
- RAM : Ramifié
- 2Axes
- PMG : poids de mille graines (composant de rendement)
- Nain
- FF: Forme Feuille

Tableau 4 : les hybrides réalisés et la nature de croisement au CRR-INRA Meknès

Croisements réalisés	Parent femelle Castrés	Parent mâle	Nature de croisement
PR/T0//PR	PR/T0	PR	Back-Cross
T0/PR//T0	T0/PR	T0	Back-Cross
PR/T0	PR	T0	F1
T0/PR	T0	PR	F1
PR/T0//T0	PR/T0	T0	Back-Cross
T0/PR//PR	T0/PR	PR	Back-Cross
RAM/T0//RAM	RAM/T0	RAM	Back-Cross
T0/RAM//RAM	T0/RAM	RAM	Back-Cross
T0/RAM//T0	T0/RAM	T0	Back-Cross
RAM/T0	RAM	T0	F1
T0/RAM//RAM	T0/RAM	RAM	Back-Cross
RAM/T0/T0	RAM/T0	T0	Back-Cross
PMG/T0//PMG	PMG/T0	PMG	Back-Cross
PMG/T0//T0	PMG/T0	T0	Back-Cross
T0/PMG//T0	T0/PMG	T0	Back-Cross
T0/PMG//PMG	T0/PMG	PMG	Back-Cross
PMG/T0	PMG	T0	F1
T0/PMG	T0	PMG	F1
2Axes/T0//2Axes	2Axes/T0	2Axes	Back-Cross
2Axes/T0//T0	2Axes/T0	T0	Back-Cross
T0/2Axes	T0	2Axes	F1
2Axes/T0	2Axes	T0	F1
To/Nain	T0	Nain	F1
Nain/T0	Nain	T0	F1
T0/Nain//Nain	T0/Nain	Nain	Back-Cross
Nain/T0//T0	Nain/T0	T0	Back-Cross
Nain/T0//Nain	Nain/T0	Nain	Back-Cross
To/Nain//T0	To/Nain	T0	Back-Cross
To/FF	T0	FF	F1
FF/T0	FF	T0	F1
FF/T0//FF	FF/T0	FF	Back-Cross
FF/T0//T0	FF/T0	T0	Back-Cross
To/FF//FF	To/FF	FF	Back-Cross
To/FF//T0	To/FF	T0	Back-Cross

Pour les croisements F2, la F1 est autofécondé par ce que ce dernier est déjà réalisé en 2016.

Après castration et pollinisation des fleurs, les observations ont porté sur le nombre de fleurs concernées et le nombre de siliques qui en sont formées. Le taux de réussite d'un croisement est calculé selon la formule suivante :

$$\text{Taux de Réussite} = 100 * \frac{\text{Nombre de siliques}}{\text{Nombre de fleurs pollinisées}}$$



Figure 4 : Photo de la parcelle de l'expérimentation montrant des plantes de Colza en sachées après castration et pollinisation de leurs inflorescences (INRA-CRRA de Meknès, mai 2017).

3- Résultat et discussions :

Les résultats des croisements obtenus au CRR-INRA de Meknès après la castration des fleurs et ce tableau traduit ces résultats avec la date de castration, nombre de fleurs castrées, le nombre de siliques formées et le % de réussite de chaque hybridation.

Tableau 5 : Taux de réussite des croisements de colza réalisés (Nada Ouairdrihi, 2017)

Croisement réalisés	Date de castration	Nombre de fleurs castrées	Nombre de Siliques formées	% de réussite
PR				
PR/T0//PR	27/03	-	-	-
T0/PR//T0	27/03	-	-	-
PR/T0	28/03	-	-	-
T0/PR	28/03	-	-	-
PR/T0//T0	27/03	-	-	-
T0/PR//PR	18/04	12	7	58,33%
				Moyenne : 58.33%
RAM				
RAM/T0//RAM	17/04	22	18	81,81%
T0/RAM//RAM	17/04	15	9	60%
T0/RAM//T0	03/04	20	12	60%
RAM/T0	17/04	34	25	73,52%
T0/RAM//RAM	03/04	21	15	71,42%
RAM0/T0/T0	09/04	37	23	62,16%
				Moyenne : 68,15%
PMG				
PMG/T0//PMG	14/04	14	8	57,14%
PMG/T0//T0	14/04	15	15	100%
T0/PMG//T0	05/04	10	7	70%
T0/PMG//PMG	05/04	18	12	66,66%
PMG/T0	14/04	21	8	38,09%
T0/PMG	03/04	26	15	57,69%
				Moyenne : 64.93%
2AXES				
2Axes/T0//2Axes	12/04	20	13	65%
2Axes/T0//T0	12/04	19	11	57,89%
T0/2Axes	03/04	26	5	19,23%
2Axes/T0	03/04	-	-	-
				Moyenne : 47.37%
NAIN				
T0/Nain	03/04	22	22	100%
Nain/T0	29/03	-	-	-
T0/Nain//Nain	04/04	11	11	100%
Nain/T0//T0	04/04	25	25	100%
Nain/T0//Nain	04/04	17	11	60,86%
T0/Nain//T0	04/04	13	6	46,15%
				Moyenne : 81,40%
FF				
T0/FF	05/04	14	14	100%
FF/T0	05/04	15	15	100%
FF/T0//FF	07/04	23	14	60,86%
FF/T0//T0	05/04	21	13	61,90%
T0/FF//FF	25/04	12	5	41,66%
T0/FF//T0	29/03	-	-	-
				Moyenne : 72.882%

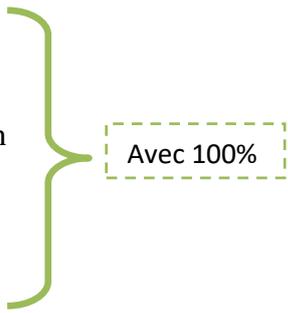
PR : Précoce ; **RAM** : Ramifié ; **PMG** : poids de mille graines (composant de rendement)

FF : Forme feuille ; **T0** : Parent

Remarque PR/T0//PR : PR/T0 : Parent femelle castrées et PR : c'est le parent male hermaphrodites

PR/T0 : PR : Parents femelle castrées et T0 : c'est le parent male hermaphrodites

Les variations de pourcentage de la réussite pour les croisements réalisés sont :

- Le taux le plus bas : T0/2Axes avec 19,23%
- Le taux le plus élevé :
 - PMG/T0//T0
 - T0/Nain
 - T0/Nain//Nain
 - Nain/T0//T0
 - T0/FF
 - FF/T0

Avec 100%
- Des valeurs intermédiaires :

T0/PR//PR avec 58,33%

T0/RAM//RAM avec 60%

T0/PMG//T0 avec 70%

T0/Nain//T0 avec 46,15%

L'étude de croisement entre les différents plants de Colza, les expériences réalisées au centre d'INRA à Meknès sur le Colza et les castrations ont montré la présence des siliques après une période de 3 semaines et certaines siliques sont petites mais ils sont entrain de développer, mais on peut refaire la pollinisation si nécessaire.

Conclusion

Le Colza est la deuxième source de graines oléagineuses produites à travers le monde, il joue un rôle important en nutrition pour l'humain comme une huile et tourteau pour la nutrition des bovins et sans oublier l'utilisation de cette huile comme un biocarburant.

Il y a eu un succès au niveau de la recherche agronomique menée sur cette espèce, dans le cadre de développement de Colza dans le monde entier et au Maroc.

L'amélioration génétique du Colza par des hybridations intraspécifiques et interspécifiques qui consiste à faire des croisements avec différent espèce du Colza ou avec des variétés différents et les stratégies utilisé pour l'amélioration du colza au Maroc pour avoir une variété résistante aux maladies,

Les croisements réalisés au CRR-INRA de Meknès montrent qu'avec ces différentes variétés ont un rôle très important parmi eux :

➤ **Le nanisme est une variété hybride pour :**

- Augmenter la résistance à la verse.
- Faciliter des travaux au cours de la culture.
- Présence d'une racine pivotante augmentant la résistance au froid.

➤ **Le précoce est une variété hybride pour :**

- Bon profil agronomique, permet des récoltes précoces.
- Alliée pour aider à contrôler les méligèthes car ils sont difficiles à contrôler dans le Colza car ils peuvent rapidement ré-infester une parcelle déjà traitée et sont dans certaines régions, devenus résistants à plusieurs insecticides.
- production en huile élevée grâce à la forme grosse de la graine.

➤ **Colza Ramifié est une variété hybride pour :**

- Les Colzas pouvant beaucoup ramifié sont moins sensibles aux dégâts de méligèthes.
- Un grand nombre de rendement de graines.

Grâce au progrès génétique notre pays aura l'avantage de produire sa propre semence à un cout plus faible que la semence importée et de garantir une sécurité alimentaire d'huile de Colza.

ANNEX

+ Calcul de taux de réussite :

$$\text{Taux de Réussite} = 100 * \frac{\text{Nombre de siliques}}{\text{Nombre de fleurs pollinisées}}$$

+ Liste des abréviations :

- **CRR-INRA** : Centre Régional de la recherche Agronomique de Meknès - Institut national de la recherche agronomique
- **ADN** : Acide désoxyribonucléique, est un polynucléotide double brin dont les nucléotides sont formés d'un phosphate, d'un sucre – le désoxyribose – et de l'une des quatre bases A, G, C, T. Localisé dans les chromosomes, l'ADN contient l'information génétique.
- **PR** : Précoce
- **RAM** : Ramifié
- **PMG** : Poids de Mille Graines (composant de rendement)
- **FF** : Forme feuille
- **T0** : Parent
- **P1 x P2** : Croisement entre 2 parents femelle et mâle
- **F1** : Les descendants de la génération initiale.
- **Back-Cross** : Action consistant à croiser un élément hybride avec un de ses parents, afin d'obtenir un résultat génétique proche de celui du parent.
Exemple de croisement de back cross : T0/RAM//RAM ou T0/PMG//PMG

Références bibliographiques

Caroline Trudeau (avril 2008), Passeport santé. Huile de colza (canola) l'intérêt de l'huile du Colza.

http://www.passeportsante.net/fr/Nutrition/EncyclopedieAliments/Fiche.aspx?doc=canola_huile_nu.

Développement (2016), Le cycle de développement du colza,

https://tice.agroparistech.fr/coursenligne/courses/PHYTOTECHEMIE/document/phytotechnie/colza/cz_devlpt.htm.

Nabloussi (2017), Communication privé fournie par Nabloussi chef de département des oléagineux, Présentation de l'INRA et de l'INRA de Meknès.

Nabloussi (2015), Evolution des superficies récoltées, rendements réalisés et production obtenus de la culture de colza Au Maroc. Amélioration génétique du colza enjeux et réalisation pour un développement durable de la filière.

FAOSTAT (2012), Pays producteurs du colza dans le monde. <http://www.fao.org/faostat/2012>

Gnis-pedagogie (2016). Origine et physiologie du colza,<http://www.gnis-pedagogie.org/colza-origine-physiologie-plante.html>.

Gnis-pedagogie (2016). Débouchés : les biocarburants. <http://www.gnis-pedagogie.org/colza-debouche-biocarburant-diester.html>

Gnis-pedagogie (2016). Débouchés : le tourteau de colza. <http://www.gnis-pedagogie.org/colza-debouche-tourteau-animaux.html>

Nabloussi (2015). Exigence de la plante. Amélioration génétique du colza enjeux et réalisation pour un développement durable de la filière.

Nabloussi (2015), La méthode de sélection utilisée dans le programme d'amélioration du Colza. Amélioration génétique du colza enjeux et réalisation pour un développement durable de la filière.

Nabloussi (2015). Stratégie proposé pour l'amélioration des populations de colza au Maroc. Amélioration génétique du colza enjeux et réalisation pour un développement durable de la filière.

Rousselle, Eber (1 jan 1983) Croisements interspécifiques entre quelques *Brassicae* et *Brassica napus* L. Analyse génomique des hybrides et perspectives d'obtention de systèmes d'androstérilité chez le colza. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00884494/document>.