



Développement des premières variétés de colza '00' au Maroc

Nabloussi A., El Fectali M., Alghoum M. et Lyagoubi S.

INRA, CRRA de Meknès, B.P. 578, 50000 Meknès, Maroc

Résumé

Le projet de développement de variétés de colza '00' (Brassica napus L.) a vu le jour au début des années 90. L'objectif global assigné à ce projet de recherche est la mise au point de variétés agronomiquement et technologiquement performantes, de qualité '00'. Le germoplasme de départ est constitué de variétés étrangères introduites de différents pays d'origine. Le colza est une espèce principalement autogame (70%) et donc le type variétal recherché est la lignée pure. Deux méthodes de sélection ont été adoptées, sélection directe et sélection après hybridation. La sélection directe est effectuée à partir d'une population hétérogène dérivée des recombinaisons et brassages entre les différentes introductions, à travers des pollinisations libres en présence massive d'abeilles. La sélection après hybridation commence par des croisements entre parents choisis à partir du matériel végétal introduit et évalué dans différents environnements. En moyenne, une vingtaine de croisements a été réalisée annuellement. Après obtention des hybrides F_1 , l'avancement des générations se fait par des autofécondations successives selon la méthode de sélection pedigree. Les principaux critères de sélection sont le rendement grain et la teneur en huile. En 2000/01, 10 lignées fixées de la génération F_9 ont été retenues pour les essais de rendement. Le rendement grain moyen de ces lignées varie de 11,57 à 28,23 q/ha, alors que la teneur en huile moyenne se trouve entre 44,74 et 48,74%. Actuellement, deux variétés de colza, sélectionnées de ces lignées et codées 'INRA-CZ409' (dérivée de la sélection directe) et 'INRA-CZ289' (dérivée de la sélection après hybridation), ont été inscrites au Catalogue Officiel, sous les noms respectifs de 'Narjisse' et 'Moufida'. Ces deux variétés ont produit, respectivement, un rendement grain de 25 et 19 q/ha et une teneur en huile de 52 et 51% dans 6 environnements différents. Le témoin, 'Helios', qui est une des meilleures variétés introduites et inscrites au Catalogue Officiel marocain, a donné un rendement de 19,38 q/ha et une teneur en huile de 48,39%. Sur la base de ces deux caractères et des caractères liés à la qualité de l'huile et des tourteaux, ces deux variétés sont plus performantes que la variété témoin. Elles sont les premières variétés de colza '00' développées au Maroc.

Mots clés : Colza '00', germoplasme, méthode de sélection, critères de sélection, premières variétés sélectionnées, Maroc.

إستنباط الصنفين الأولين لزراعة السلجم بالمغرب

عبد الغني النبلسي ، محمد الفتالي ، محمد الغوم وسعيد اليعقوبي

ملخص

انطلق برنامج التحسين الوراثي لزراعة السلجم "00" مع بداية التسعينات من القرن الماضي. الهدف من هذا البرنامج هو إستنباط أصناف مغربية ذات إنتاجية عالية، نسبة زيت مرتفعة و جودة "00" أي خالية من حامض الإروسيك و ذات نسبة ضعيفة من الكليكوزيولات. تتكون الموارد الوراثية الأصلية من عدد كبير من الأصناف التي تم استيرادها. للسلجم نسبة تزواج عالية (70%) مما دفعنا إلى البحث عن أصناف من طريزة السلالة النقية. أتبعنا إستراتيجية تقوم على طريقتين للإصطفاء: الأولى هي الإصطفاء المباشر عبر الجمهرات المختلطة الواردة من التلاقح المفتوح الطبيعي بين مختلف الأصناف المستوردة (عن طريق النحل). و الثانية هي الإصطفاء بعد التهجين الموجه بين صنفين مختلفين يتم اختيارهما بعد تقييم ميداني في بيئات متباينة. وهذه الأخيرة تدعى طريقة الإصطفاء بالنسب. أما أهم معايير الإصطفاء فهي مردودية الإنتاج ونسبة الزيت بالبذور. بعد عدة سنوات من التقييم والإصطفاء تم الإحتفاظ بعشرة سلالات ثابتة من أجل تجارب المردودية. وقد تراوحت هذه المردودية ما بين 11.57 و 28.23 قنطارا للهكتار الواحد فيما تراوحت نسبة الزيت بالبذرة ما بين 44.74 و 48.74%.

و أخيرا تم استنباط صنفين من هذه المجموعة يرمز إليهما ب: INRA- CZ 409 (انحدرت من الإصطفاء المباشر) و INRA-CZ 289 (انحدرت من الإصطفاء بعد التهجين). و قد سجلا في السجل الرسمي تحت إسم "ترجيس" بالنسبة للأول و "مفيدة" بالنسبة للثاني. كان معدل المردودية بسنة بيئات مختلفة هو 25 و 19 قنطارا للهكتار بالنسبة للصنفين على التوالي، ومعدل نسبة الزيت هو 52 و 51% بالنسبة للصنفين على التوالي.

استعمل صنف "هيليوس" كشاهد والذي أعطى في نفس الظروف، مردودية تناهز 19 قنطارا للهكتار و نسبة زيت لا تتعدى 48.50%. "ترجيس" و "مفيدة" هما الصنفان الأولان الذان تم استنباطهما بالمغرب.

الكلمات المفتاح : السلجم "00"، الموارد الوراثية، طريقة الإصطفاء، معايير الإصطفاء، الصنفان الأولان المستنبطان، المغرب.

Release of the first '00' rapeseed varieties in Morocco

Abstract

*The rapeseed (*Brassica napus* L.) '00' breeding program varieties has been launched in Morocco at the early nineties. The global objective was to release varieties with high agronomic and technological performances and with '00' or canola quality oil and meal. The initial germplasm was established by introducing varieties from different origins. As rapeseed is mostly autogamous (> 2/3), we opted for pure line as a strategy to develop varieties. Two selection methods have been adopted, direct individual selection from heterogeneous population and selection after hybridization between selected parents (pedigree). The heterogeneous population is formed throughout open pollination between the different introductions assured by an important presence of bees. The initial parents in the pedigree scheme are selected from the introduced varieties evaluated in various environments. Around 20 different crosses have been achieved per year. In all cases, the major selection criteria are seed yield and seed oil content. In 2001, 10 advanced pure lines (F_6) were evaluated in field trials performed in 2 contrasted environments. The seed yield varied from 11.57 to 28.23 q/ha and the seed oil content ranged from 44.74 to 48.74%. Thus, from these lines, two varieties have been developed; 'INRA-CZ409', derived from the direct individual selection, and 'INRA-CZ289', derived from the pedigree selection. Both varieties have been recently registered in the Official Catalogue as 'Narjisse' and 'Moufida', respectively. These varieties exhibited, in 6 different environments, respectively, 25 and 19 q/ha for seed yield and 52 and 51% for seed oil content. 'Helios', the check variety produced 19.38 q/ha and 48.39% for these traits, respectively. On the basis of both characters and traits of oil and meal quality, these 2 varieties were more performant than the check. They are so far the first canola varieties developed in Morocco.*

Keywords: '00' rapeseed (canola), germplasm, selection methods, selection criteria, first released varieties, Morocco.

Introduction

La production mondiale des huiles végétales s'estime à 126 millions de tonnes dont 56% environ sont assurés par trois espèces, le soja, le palme et le colza. Le colza (*Brassica napus* L.) approvisionne le monde par environ 14% des huiles comestibles, en troisième position après les deux autres espèces, avec 26% et 18%, respectivement (FAO, 2008). La superficie emblavée par le colza est de l'ordre de 30,31 millions ha, alors que le rendement moyen est de l'ordre de 1,90 t/ha (FAO, 2008). La teneur moyenne de l'huile dépasse 40% sur la base du poids sec des graines. Les tourteaux sont d'une grande qualité pour l'alimentation du bétail et contiennent 38 à 41% de protéines (Downey *et al.*, 1980).

Au Maroc, le colza peut être cultivé dans la zone de bour favorable, notamment au niveau du Saïs, du Gharb et du Loukkos. La superficie potentielle qui peut être destinée à la production de cette culture oléagineuse est de l'ordre de 255.000 ha (FAO, 1986). Son grand avantage réside dans le fait qu'il entre en rotation biennale ou triennale avec les blés, en substitution à la fève ayant un problème d'orobanche. Il constitue, d'ailleurs, un bon précédent cultural pour les céréales, en laissant derrière lui un sol propre nettoyé des mauvaises herbes et restitué au sol de grandes quantités d'éléments minéraux et de matière organique (Soltner, 1987 ; COMAPRA, 1989). Le colza est caractérisé par un rendement potentiel en grain considérable (>25 q/ha) et par une teneur potentielle en huile très intéressante (>40%). Les agriculteurs marocains ayant cultivé le colza, ont toujours utilisé un nombre réduit de variétés toutes introduites de l'étranger, en absence de variétés mises au point au Maroc. Cela présente des inconvénients au niveau de l'adaptation du matériel génétique introduit et au niveau de la dépendance d'autrui en matière de semences. Les premiers travaux de sélection variétale sur le colza ont commencé vers la fin des années 60 dans la station des plantes oléagineuses dans le cadre du projet allemand GTZ. Les variétés mises au point tout au long des années 70 et 80 étaient toutes des lignées classiques ayant une composition standard en acides gras (dont une teneur élevée d'acide érucique) et en glucosinolates (Boujghagh, 1988). Avec le changement de la réglementation pour l'inscription au Catalogue Officiel, exigeant un matériel génétique '00' c'est à dire sans acide érucique et, en même temps, à teneur très faible en glucosinolates, toutes les variétés obtenues n'étaient plus valables.

Au début des années 90, un projet d'amélioration génétique du colza a été mis en place par l'INRA dans le cadre de sa stratégie basée sur la programmation par objectif (PPO). L'objectif final est le développement de variétés marocaines très productives, riches en huile et de qualité '00'. Ces variétés seront destinées à des zones du bour favorable, notamment le Saïs, le Gharb et le Loukkos.

Matériel et Méthodes

Matériel végétal de départ

Au Maroc, il n'existe pas de populations locales de colza cultivées chez les agriculteurs. Par conséquent, le germoplasme ou matériel végétal de départ du programme d'amélioration du colza a été formé à partir de différentes introductions de variétés étrangères ainsi que des recombinaisons génétiques entre celles-ci.

Méthodes

Evaluation des introductions

Les variétés introduites ainsi que tout le matériel génétique dérivé des recombinaisons entre ces variétés sont semés, principalement, dans des stations expérimentales situées dans le Gharb et le Sais. Ils sont, d'une part, multipliés par autofécondation et isolement à l'aide de petits sacs de papier sulfurisés et, d'autre part, soumis à différentes observations au champ et mesures et analyses au laboratoire. Les observations au champ reposent sur des caractères faciles à mesurer et à repérer tels que la vigueur initiale, évaluée selon une échelle de notation allant de 1 à 5, la ramification mesurée par le nombre de branches par plante, la hauteur de la plante, la précocité à la floraison, évaluée par le nombre de jours entre la levée et la floraison de 50% de la population, la précocité à la maturité, évaluée par le nombre de jours entre la levée et la maturité de 50% de la population et enfin la présence d'une éventuelle maladie ou attaque de ravageur. Après les récoltes, une caractérisation additionnelle du matériel génétique se fait sur la base du rendement grain par plante et ses composantes, d'une part, et la teneur en huile, estimée sur des graines sèches par Résonance Magnétique Nucléaire (RMN), d'autre part. Enfin, une évaluation technologique supplémentaire basée sur la composition de l'huile (dont la teneur en acide érucique), déterminée par Chromatographie en Phase Gazeuse et la teneur des glucosinolates dans les tourteaux, déterminée par le test de Palladium est réalisée pour les lignées retenues dans les essais de rendement agronomique (Nabloussi *et al.*, 2005), (Velasco *et al.*, 1999).

Création d'une nouvelle variabilité génétique

Une nouvelle variabilité génétique peut être générée à travers des croisements dirigés ou des pollinisations libres entre les différentes entrées en présence massive d'abeilles. Parmi le matériel introduit, les génotypes ayant exprimé des caractères désirables et

complémentaires sont sélectionnés pour être utilisés comme géniteurs ou parents dans les blocs de croisements. Le croisement se fait par la castration manuelle (enlèvement des anthères) des fleurs du parent choisi comme femelle et la pollinisation de ces dernières par le pollen frais prélevé des fleurs du parent choisi comme mâle. La première série de croisements a été effectuée en 1992 et a concerné 22 hybridations différentes.

Sélection

Concernant la méthode de sélection utilisée dans le programme d'amélioration du colza, deux cas de figures ont été adoptés. Une sélection directe dite individuelle ou généalogique et une sélection après hybridation entre parents.

Pour la sélection directe, elle est effectuée à partir d'une population hétérogène dérivée des recombinaisons et brassages entre les différentes entrées (introductions) à travers des pollinisations libres en présence massive d'abeilles. Des individus exprimant des caractères désirables sont sélectionnés et autofécondés. Ces caractères sont généralement la vigueur initiale, la ramification et la précocité à la floraison. Les descendances des plantes choisies sont semées chacune en une ligne pour une sélection visuelle. Au sein des lignées jugées intéressantes, des sélections individuelles et des autofécondations sont réalisées. Après élimination des individus non désirables, chaque « lignée » homogène est récoltée et sa descendance est semée séparément durant une ou quelques années pour des observations supplémentaires dans des environnements différents. Ne nécessitant pas de croisements manuels entre individus choisis, cette méthode de sélection présente l'avantage d'être plus simple, plus rapide et moins coûteuse.

La sélection après hybridation, et comme son nom l'indique, commence par des croisements entre parents. Après obtention de l'hybride F_1 , l'avancement des générations se fait par des autofécondations successives selon la méthode de sélection pedigree. Les sélections sont entamées à partir de la génération ségrégant F_2 . Pour cette méthode, le choix des meilleures familles, des meilleures lignées par famille et des meilleures plantes par lignée est fondé sur les mêmes critères que pour la sélection individuelle (vigueur initiale, ramification et précocité à la floraison). Dans tous les cas, les sélections et autofécondations successives du matériel génétique en ségrégation sont poursuivies jusqu'à fixation des génotypes désirables. Cela est atteint, en général, à partir de la génération F_6 ou F_7 . Toutes les lignées retenues après évaluation de la valeur agronomique et technologique (VAT) dans les essais de rendement, conduits dans 6 environnements différents, sont multipliées et ensuite présentées au Catalogue Officiel pour essai et éventuelle inscription.

Résultats et discussion

Les variétés introduites ont montré différents niveaux d'adaptation aux zones de culture de cette espèce. L'existence d'une grande variabilité génétique pour le rendement grain et ses composantes, sauf le poids de mille graines, et pour la teneur en huile peut être exploitée positivement afin de démarrer un projet prometteur de sélection et de création variétale.

Les regroupements des génotypes obtenus sur la base d'un ou plusieurs caractères ont servi pour la constitution de différentes pools de géniteurs. Les parents de croisement de départ dans le schéma de sélection adopté sont sélectionnés au niveaux de ces pools.

De par leur structure génétique, chacune des populations F_2 dérivées des 22 hybrides F_1 présente une grande variabilité génétique pour tous les caractères analysés. Pour cela, les sélections ont commencé dès la génération F_2 durant 1994 et ont été basées sur des caractères d'intérêt agronomique faciles à observer et à mesurer, tels que la vigueur initiale, le nombre de rameaux, la précocité à la floraison, le nombre de siliques par plante et le rendement par plante. En effet, plusieurs auteurs ont pu montrer que le nombre de siliques par plante et la longueur de ces siliques pourraient être considérés comme indices de sélection pour l'amélioration de la productivité du colza (Woyke, 1987 ; Chay et Thurling, 1989 ; Lebowitz, 1989 ; Nabloussi, 2002). De même, le rendement grain par plante, étant corrélé avec le rendement grain total, est aussi proposé comme indice de sélection en vue d'améliorer la productivité (Nabloussi, 2002).

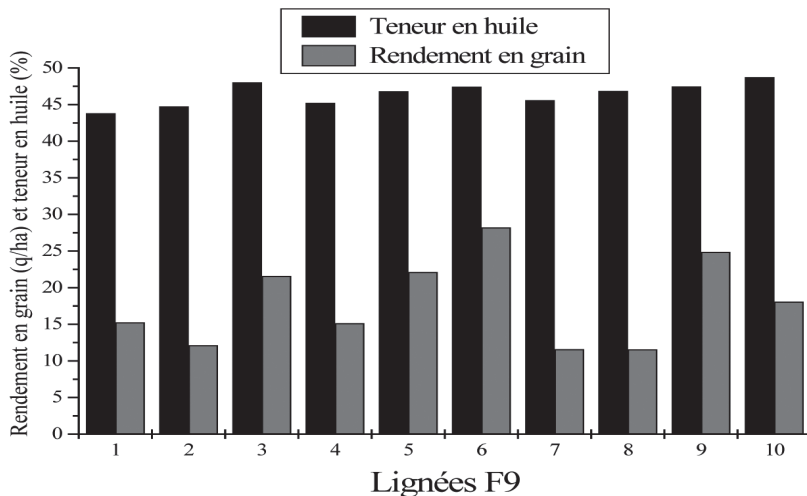


Figure 1. Rendement en grain et teneur en huile des lignées F_9 , évaluées dans deux environnements différents.

En 2001, seules 10 lignées de la génération F_9 ont été retenues pour les essais de rendement dans deux environnements différents. Les résultats obtenus montrent qu'il existe des variations importantes du rendement grain et de la teneur en huile en fonction de ces lignées (Fig. 1). Dans l'ensemble, les lignées F_9 ont montré une bonne performance sur le plan de productivité et de teneur en huile. En effet, le rendement grain moyen varie de 11,57 à 28,23 q/ha et la teneur en huile moyenne se trouve entre 44,74 et 48,74%. Dans les mêmes conditions, le témoin, qui est une des meilleures variétés introduites et inscrites au Catalogue Officiel marocain, a produit un rendement de 23,10 q/ha et une teneur en huile de 47,28%.

Deux de ces 10 lignées fixées, une codée 'INRA-CZ409' et l'autre codée 'INRA-CZ289', ont été proposées pour inscription au Catalogue Officiel. Après deux années d'essais, ces deux lignées ont été inscrites au Catalogue Officiel en 2008 et 2009, respectivement. La première a été nommée 'Narjisse', alors que la deuxième a été nommée 'Moufida'. Elles sont désormais les premières variétés de colza '00' développées au Maroc. Le tableau 1 présente quelques paramètres de performance agronomique et de qualité chez ces deux lignées, en comparaison avec la variété témoin 'Helios'.

Tableau 1. Description des deux lignées de colza candidates à l'inscription au Catalogue Officiel des variétés (Moyennes de six environnements : Saïs en 2001, 2006 et 2007 ; Gharb en 2002, 2006 et 2007)

Variété	PF ⁽¹⁾	PM	RTG	TRH	RTH	18:1	18:2	18:3	22:1	GLC
'INRA-CZ409'	Précoce	Précoce	25,00	51,70	12,93	67,64	18,21	8,19	0,09	32,60
'INRA-CZ289'	Mi-Précoce	Très Précoce	19,05	50,68	9,65	68,34	18,70	6,91	0,12	2,79
'Helios' (Témoin)	Précoce	Précoce	19,38	48,39	9,38	67,21	18,73	7,74	0,35	50,01

(1) PF : précocité à la floraison ; PM : précocité à la maturité ; RTG : rendement grain (q/ha) ; TRH : teneur en huile (%) ; RTH : rendement huile (q/ha) ; 18:1 : teneur en acide oléique ; 18:2 : teneur en acide linoléique (%) ; 18:3 : teneur en acide linoléique (%) ; 22:1 : teneur en acide érucique (%) ; GLC : teneur en glucosinolates dans les tourteaux ($\mu\text{mol/g}$).

A l'image de la variété témoin, 'Helios', la variété 'Narjisse' possède un cycle de culture court. A 163 jours après semis, cette dernière accomplit déjà son cycle biologique en atteignant sa pleine maturité. En outre, cette variété est caractérisée par une hauteur de la plante très importante pouvant atteindre 2 m et un nombre élevé de rameaux par plante (>15). Le poids moyen de mille graines est de l'ordre de 3,65 g. La variété 'Moufida' est considérée comme mi-précoce à la floraison et précoce à la maturité, ayant un nombre moyen de 157 jours séparant le semis et la maturité. Elle a une hauteur de plante importante (>1,60 m) et un nombre de rameaux par plante considérable (>11). 'Narjisse' se distingue des autres variétés par son rendement grain très élevé (25 q/ha). Les deux autres variétés, 'Moufida' et 'Helios', ont un rendement grain comparable et qui est de l'ordre de 19 q/ha environ.

Cependant, la teneur en huile de 'Moufida' est plus élevée (50,68%) que celle de la variété témoin (48,39%). La variété 'Narjisse' produit le rendement huile le plus élevé (12,93 q/ha), suivie de la variété 'Moufida' (9,65 q/ha) et puis de la variété témoin 'Helios' (9,38 q/ha). Le gain réalisé par rapport au témoin en matière de rendement huile est de 37,8% pour la

variété 'Narjisse' et de 2.9% pour la variété 'Moufida'. Malgré que cette dernière donne un rendement huile comparable à celui du témoin, elle est caractérisée par la teneur en glucosinolates la plus faible, soit 2,8 $\mu\text{mol/g}$, en comparaison avec 32,6 et 50,0 $\mu\text{mol/g}$ pour 'Narjisse' et 'Helios', respectivement. Par ailleurs, les variétés 'Narjisse' et 'Moufida' ont une huile sans acide érucique (<1%) et à composition standard pour les autres acides gras (oléique, linoléique et linolénique) très comparable à l'huile de la variété témoin. Par conséquent, elles sont, toutes les deux, de type canola. Globalement, en considérant simultanément la productivité en grain, la teneur en huile, la qualité de l'huile et la qualité des tourteaux, ces deux premières variétés marocaines sont plus performantes que la variété témoin.

Par ailleurs, aux Etats Unis, et plus précisément à l'Etat de Idaho, une des dernières variétés de printemps qui viennent d'être mises au point est la variété 'Premier' qui a été inscrite en 2006. 'Premier' a donné, au niveau de plusieurs environnements, un rendement en grain moyen de l'ordre de 17,85 q/ha et une teneur en huile de 39,8% (Brown *et al.*, 2006). Une autre variété hybride, 'Hyola.401', qui avait été inscrite auparavant a produit dans les mêmes conditions un rendement de 20,76 q/ha.

Remerciements

Le premier auteur tient à remercier Dr. Mohamed Jlibène pour la lecture critique de ce manuscrit.

Références bibliographiques

- Boujghagh, M. 1988.** Résultats acquis en matière de sélection génétique du colza au Maroc. *Al Awamia* 64 : 97-106.
- Brown, J., L. Seip, J.B. Davis, D.A. Brown et N. Baker. 2006.** Registration of 'Premier' spring rapeseed. *Crop Sci.* 46: 992-993.
- Chay, P. et N. Thurling. 1989.** Identification of genes controlling pod length in spring rapessed (*Brassica napus* L.) and their utilization for yield improvement. *Plant Breed.* 103: 54-62.
- COMAPRA, 1989.** Colza : Fiche technique.
- Downey, R.K., A.J. Klassen et G.R. Stringam. 1980.** Rapeseed and Mustard. *In* : W.R. Fehr et H. H. Hadley (eds.) *Hybridization of Crop Plants.* pp. 495-509.
- FAO, 1986.** Contribution à l'étude des potentialités naturelles du Maroc pour la culture des graines oléagineuses. Zonassions agroclimatiques des potentiels de production des cultures. Projets du programme de développement du secteur oléagineux. MOR/86/001.
- FAO, 2008.** www.faostat.fao.org.
- Lebowitz R.J. 1989.** Image analysis measurements and repeatability estimates of siliqua morphological traits in *Brassica campestris* L. *Euphytica* 43: 113-116.
- Nabloussi, A. 2002.** Evaluation de lignées et populations parentales du colza (*Brassica napus* L.) et détermination du progrès génétique réalisé. *Al Awamia* 105 : 43-55.
- Nabloussi, A., J.M. Fernandez-Martinez et L. Velasco. 2005.** Spatial and temporal expression of mutations for high oleic acid and low linolenic acid concentration in Ethiopian mustard. *Crop Sci.* 45: 202-208.
- Soltner, D. 1987.** Les grandes productions végétales. *Phytotechnie spéciale* : 287-299.
- Velasco, L., J.M. Fernandez-Martinez et A. De Haro. 1999.** Intraspecific breeding for reduced GSL content in Ethiopian mustard (*Brassica carinata* A. Braun). *Euphytica* 106: 125-130.
- Woyke, T. 1987.** Selection criteria of winter rape single plant and its seed yield. 7^{ème} congrès international sur le colza, Poznan, Pologne. 1: 284-289.