

Optimisation de la Fertilisation Azotée du Colza Oléagineux dans les Conditions du Semi-Aride Tunisien

Sana Medimagh^{1*}, Mouna Mechri², Sonia Mansouri¹, Rachid Zouani²

¹ (Laboratoire des Grandes Cultures, Institut National de la recherche Agronomique de Tunisie/ Université de Carthage, Tunisie)

² (Institut National des Grandes Cultures, Tunisie)

Résumé: Le colza de printemps (*Brassica napus* L.) est une nouvelle et prometteuse culture oléagineuse pour de nombreuses régions de Tunisie. Il est généralement cultivé comme une tête d'assolement comprenant le blé et l'orge vu son importance dans l'amélioration des sols cultivés. L'introduction de la culture du colza oléagineux en Tunisie est liée à des considérations d'ordre d'importance économique, biologique et technique. Ce travail de recherche a pour objectif de répondre à un besoin imminent d'ajustement de la fertilisation azotée au niveau du paquet technique sur quatre variétés de colza oléagineux (Trapper, Solar, Jura et PR45H72). L'évaluation a été basée sur des paramètres agro-morphologique et qualitatif à savoir le nombre des siliques par plante, le nombre des graines par siliques, le poids de mille grains, le rendement en grains, la teneur en huile des graines et le taux de cendre des graines dans un site semi-aride (Boussalem/ Jendouba) et ce sous trois niveaux de fertilisation azotée ($N_1=110$ U d'azote ha^{-1} , $N_2=150$ U d'azote ha^{-1} , $N_3=200$ U d'azote ha^{-1}) apporté en deux ou en trois fractionnements. Les résultats ont montré que la teneur en huile est un paramètre très intéressant pour la discrimination des variétés de colza et se montre comme la finalité recherchée de tout travail d'amélioration génétique. En effet, les deux meilleures teneurs en huile ont été obtenues pour les variétés de type clearfield Pr72 (TH=50,1) et Solar (TH=48,6) pour un amendement azoté de 150 unités/ha apporté en trois fractions.

Key Word : Colza (*Brassica napus* L.); Fertilisation azotée; Performance; Rendement.

Date of Submission: 05-12-2020

Date of Acceptance: 22-12-2020

I. Introduction

En Tunisie, le secteur des oléagineux est considéré comme prioritaire parmi les autres secteurs de l'agriculture. Les besoins du pays en huiles alimentaires sont couverts en grande partie par des importations massives de graines oléagineuses et surtout d'huiles brutes. Cependant, la principale source d'huile alimentaire produite est l'huile d'olive mais les quantités produites sont dirigées vers l'exportation. Pour approvisionner le marché local en huiles, on a recours à d'autres cultures comme le colza (*Brassica napus* L.) qui est cultivé dans les zones céréalières du pays (Ben Salah et al., 2010). Cela contribue à la réalisation des objectifs nationaux de croissance économique, de sécurité alimentaire, de création d'emploi, d'accroissement des recettes d'exportation et de préservation de ressources naturelles de plus en plus rares. Le colza oléagineux (*Brassica napus* L.) est devenu l'une des plus importantes sources d'huile végétale dans le monde. En effet, la production mondiale avoisine 70 millions de tonnes comme le montrent les dernières statistiques de la FAO (FAOStat, 2018). En Tunisie, le colza est considéré comme une culture oléagineuse prometteuse ayant montré une bonne adaptation et un grand potentiel, permettant de contribuer de manière significative à l'amélioration du niveau de production d'huiles issues des graines oléagineuses. La culture du colza est une bonne tête d'assolement qui permet d'améliorer le rendement des blés qui la succède (Rathke et al., 2005.) L'objectif final étant de réduire l'écart entre la production locale et le besoin de la population tunisienne en huiles végétales.

Le colza (*Brassica napus* L.) est une espèce amphidiploïde (Arnaud, 1989) appartenant à la famille des Brassicacées (ex-crucifères). Le colza présente de nombreux avantages agronomiques liés à la physiologie propre de la plante. Il améliore la structure et la fertilité du sol. En effet, l'enracinement profond de la plante du colza (jusqu'à 2 m) permet une bonne restructuration du sol. Sa capacité d'absorption du nitrate du sol particulièrement élevée. Les techniques culturales, en particulier, la fertilisation azotée se montre très importante pour la croissance et la productivité de la plante. Elle sert à remédier à la carence d'azote dans le sol pour répondre aux besoins de la culture et assurer son bon développement.

La fertilisation est une étape indispensable dans le maintien de la culture de colza qui sert à répondre aux besoins de cette culture tout au long du cycle de développement. La quantité et la qualité des besoins dépendent de la nature de sol y compris la richesse minérale. La fertilisation azotée de colza par des doses importantes d'azote est une procédure qui assure un maximum de rendement, sur le plan quantitatif et qualitatif

(Lafond and Pageau, 2008). En effet, l'azote est un facteur majeur de production vu son effet direct sur le rendement (Simonin, 2017) et spécifiquement sur le nombre de grains (Lafond and Pageau, 2008). Ce phénomène peut être expliqué par une corrélation entre le développement d'un nombre important de fleurs grâce à la présence des apports d'azote suffisants au stade de floraison, qui conduisent à la formation des siliques (Jeuffroy et al., 2006). Les engrais représentent en effet le poste prédominant dans les charges variables de la culture de colza, leur utilisation a un fort impact sur la marge brute des agriculteurs (Charbonier et al., 2019). De plus, d'autres recherches ont montré l'impact de fractions des doses d'engrais apportées avec un décalage de temps, concernant la date de semis, sur le rendement en grains et en quantité (Jeuffroy et al., 2006). Selon Gallejones et al., (2012), une fertilisation azotée adéquate pourrait augmenter le rendement de 55% dans le blé et de 60% dans le colza.

Ce travail de recherche a visé l'étude de l'effet de différentes doses de fertilisation azotée sur quatre variétés de colza oléagineux en régime pluvial dans le semi-aride tunisien.

II. Matériel et Méthodes

Matériel végétal

Quatre variétés de colza (*Brassica napus* L.) de type printemps : Trapper, Solar, Jura et PR45H72. Les caractéristiques des variétés de colza étudiées sont représentées dans le Tableau no 1.

Tableau no 1: Les caractéristiques des variétés de colza étudiées

Variétés	Caractéristiques agronomiques
Trapper	Variété hybride, caractérisée par un cycle court, une précocité par rapport aux autres variétés ainsi qu'une bonne productivité. Inscrite au catalogue national des obtentions végétales en 2016
Solar *	une variété hybride, demi précoce de type Clearfield, inscrite au catalogue national des obtentions végétales en 2017.
Jura	Variété composite hybride-lignée CHL demi précoce obtenue à partir d'une association variétale entre des plantes mâles stériles dépourvues de pollen avec une lignée pollinisatrice. Inscrite au catalogue officiel en France en 1999 et en 2009 en Tunisie
PR45H72* communément désignée par Pr72	Variété hybride de type Clearfield, à maturité demi précoce à demi tardive. Inscrite au catalogue national des obtentions végétales en 2009.

* : des variétés de colza de type **Clearfield**. Elles sont tolérantes à certains types d'herbicides utilisés contre les Brassicacées.

Clearfield® colza est une technologie qui allie un herbicide de post-levée à des hybrides de colza qui lui sont tolérants (BASF, 2019).

Site expérimental et méthodologies

Un essai en plein champ sous régime pluvial a été conduit durant la campagne agricole 2018-2019 dans la station expérimentale de l'Institut National des Grandes Cultures (INGC) d'El Marja à Bou Salem. (Altitude 1250 m ; Longitude 8°57'15.87'' Est ; Latitude 36°31'55.41'' Nord) - Gouvernorat de Jendouba appartenant à l'étage bioclimatique semi-aride supérieur. Un essai en plan factoriel en « Split Plot Design » en blocs complets avec trois répétitions et totalement randomisé a été adopté avec une dose de semis de 4 kg /ha à l'aide d'un semoir de précision expérimental. Au moment du semis, les cultures de colza ont reçu un apport des doses de 100 kg/ha de DAP (phosphate diammonique) et 100 kg de sulfate de potassium.

Traitements

Les traitements sont des combinaisons de quatre variétés de colza (Trapper, Solar, Jura et Pr72) et de trois niveaux pour la fertilisation azotée ($N_1=110$ U d'azote ha^{-1} , $N_2=150$ U d'azote ha^{-1} , $N_3=200$ U d'azote ha^{-1}) apporté en deux ou en trois fractionnements comme il est indiqué dans le Tableau no 2.

Paramètres mesurés

Paramètres agro-morphologiques

Après la maturité physiologique et lorsque les graines ont commencé à changer de couleur, 30 plantes de chaque parcelle élémentaire ont été choisies au hasard et récoltées manuellement afin de pouvoir mesurer les différents paramètres.

Nombre de siliques par plantes

Pour chaque lot, 10 plantes sont choisies au hasard. Le nombre des siliques existantes pour chaque plante est compté manuellement. Le nombre de siliques est déterminé pour chaque plante suite à un dénombrement des siliques sur la ramification principale puis sur les ramifications secondaires. Enfin, la moyenne des 10 siliques sera notée.

Nombre de graines par silique :

10 siliques ont été prises au hasard du total des siliques récoltées pour chaque échantillon. On compte après le nombre de graines par silique. Enfin, la moyenne des dix siliques sera notée.

Poids de mille grains (PMG)

Un compteur à grains type CONTADOR est utilisé pour compter mille grains de chaque échantillon obtenu de chaque parcelle élémentaire. Ensuite, les mille grains dénombrées sont pesées à l'aide d'une balance de précision.

Rendement en grains

Le calcul du rendement consiste à prélever les siliques contenues dans un m² de surface et de déterminer le poids des graines récoltées. Le rendement obtenu est exprimé en g/m². Le rendement final en grains est exprimé en q/ha.

Le rendement potentiel de chaque parcelle élémentaire est exprimé par la formule suivante :
 $RG (q/ha) = (\text{peuplement} / m^2) \times (\text{Nombre de siliques} / \text{Plante}) \times (\text{Nombre de graines} / \text{Silique}) \times (\text{PMG}) \times 10^{-5}$

Paramètres physico-chimiques

Extraction des lipides et détermination de la teneur en huile

La méthode d'extraction solide-liquide a été adoptée et l'extraction a été réalisée à partir d'un échantillon de 10 g de graines de colza.

Principe : il s'agit d'extraire une substance présente dans un solide pour la faire passer dans un solvant liquide. L'extraction de la matière grasse totale a été réalisée à l'hexane dans un système d'extraction à chaud type Soxhlet.

Détermination du taux des cendres

But : Déterminer le taux de la partie inorganique de la graine. Ce résidu contient des oligo-éléments tels que le calcium, le phosphore, le sodium, le potassium, le magnésium et le manganèse.

Ce paramètre permet la quantification de la composition minérale de l'échantillon par incinération dans un four à moufle à plus de 500°C.

Tableau no2: Fractionnement de la fertilisation azotée apportée

Nombre de fractionnement	Stade phénologique	Dose d'azote étudiée	Quantité fractionnée apportée
Deux fractionnements (2F)	Stade rosette (4 à 6 feuilles)	110	45
		150	60
		200	80
	Stade boutons accolés (C2-D2)	110	45
		150	70
		200	100
Trois fractionnements (3F)	Stade rosette (4 à 6 feuilles)	110	45
		150	60
		200	80
	Stade boutons accolés (C2-D2)	110	30
		150	40
		200	40
	Stade boutons séparés	110	20
		150	30
		200	60

Calculs et analyses statistiques

L'analyse statistique a été réalisée avec le logiciel GenStat 15th Edition (GenStat, 2004). Elle s'est basée sur l'analyse de la variance (ANOVA) à deux facteurs : variété et dose de traitement azoté couplé avec le nombre de fractionnement. Cette analyse a été réalisée sur tous les paramètres mesurés avec des répétitions. Au terme de cette analyse, pour tout effet principal significatif, les moyennes ont été comparées en utilisant le test de Duncan avec un seuil de significativité de 5%. Les sorties graphiques ont été réalisées à l'aide du logiciel Excel Software.

III. Résultats et Discussion

Analyse de la variance

L'analyse de la variance a révélé qu'il n'y a pas de variations significatives des paramètres mesurés en fonction du niveau d'azote apporté (110 U ; 150 U et 200 U d'N) et du fractionnement des apports en fonction du temps (2 et 3 apports) ; (Tableau no 3). Par contre, la plupart des facteurs analysés sont affectés par le génotype, et varient d'une variété à l'autre. En effet, des variations significatives du rendement en grains, du taux de cendre, du poids de mille grains et de la teneur en huile des graines entre les variétés ont été notées.

Tableau no 3: Analyse de la variance (valeurs de F) des différents caractères étudiés en fonction des différents modes de fertilisation azotée appliqués aux 4 variétés de colza étudiées (El Marja- 2018/19).

	ddl	NSP	NGS	Rdt	PMG	TH	Cd
Var	3	1,054ns	7,016ns	2,158**	14,629***	7,756***	4,219*
FN	5	0,520ns	1,625ns	0,803ns	1,079ns	2,097ns	0,341ns
Var * FN	15	0,596ns	1,546ns	0,366ns	1,064ns	1,246ns	0,476ns

NSP : Nombre des siliques par plante ; NGS: Nombre des graines par siliques ; Rdt : Rendement en grains ; TH: Teneur en huile des graines ; Cd: Taux de cendre des graines ; PMG : poids de 1000 grains
ddl : degré de liberté ; * : significative au seuil de 0.05 ; ** : significative au seuil de 0.01 ; ***: significative au seuil de 0.001

Les moyennes de toutes les variables mesurées pour toutes les variétés et les traitements confondus sont enregistrées dans le Tableau no 4.

Tableau no4: Valeurs minimales, maximales et moyennes et écart-type des différents caractères étudiés en fonctions des différents modes de fertilisation azotée appliqués aux 4 variétés de colza étudiées (El Marja- 2018/19).

Variable	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
Nombre des siliques par plante	68,400	157,600	112,787	26,435
Nombre des graines par silique	18,700	24,830	21,940	1,690
Rendement en grains (q/ha)	10,920	25,280	17,475	4,565
Poids de 1000 grains	3,560	4,670	3,960	0,344
Teneur en huile	4,050	5,010	4,467	0,265
Taux de cendre	2,890	3,440	3,145	0,135

Etude des corrélations entre les caractères étudiés

L'étude des corrélations entre les paramètres mesurés a montré qu'il existe des corrélations positives entre la teneur en huile (TH) et le rendement en grains (Rdt) ($r = 0.565^{**}$). Les résultats ont révélé également une corrélation négative entre le taux de cendre (Cd) et le nombre des graines par silique (NGS) ($r = -0.477$) et avec le rendement en grains (Rdt) ($r = -0.450$) (Tableau no 5).

Tableau no5 : Matrice des corrélations simples Pearson (n) entre les différents caractères étudiés

Variables	NSP	NGS	Rdt	PMG	TH
NSP	1				
NGS	0,515	1			
Rdt	0,523	0,587	1		
PMG	0,282	-0,023	-0,089	1	
TH	0,122	0,502	0,565	-0,162	1
Cd	-0,314	-0,477	-0,450	0,121	-0,298

Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification $\alpha=0,05$ et les corrélations sont significatives.

Effet du traitement azoté sur les paramètres agro-morphologiques

Effet du traitement azoté sur le nombre de siliques par plante : Le nombre de siliques par plante est généralement influencé par la densité de semis, la disponibilité de l'eau et de la fertilisation azotée. L'analyse du nombre moyen de siliques a montré une différence significative entre les différentes variétés (Figure 1A). Les résultats ont montré que les valeurs de ce paramètre oscillent entre 68,4 pour la variété Jura avec la troisième dose d'azote (200 U) apportée sous trois fractionnements et 157,6 pour la variété PR72 avec la première dose d'azote (110 U) apportée en deux fractionnements.

Effet du traitement azoté sur le nombre de graines par silique : L'analyse du nombre de graines par silique a montré une différence entre les différentes variétés (Figure 1B). Le NGS est la composante principale qui détermine le rendement chez une variété bien déterminée. La figure 1B montre que le NGS varie d'une variété à une autre et aussi selon les doses d'azote et le nombre de fractionnements. Les résultats ont montré que la valeur la plus élevée (24,83) a été enregistrée chez la variété Trapper avec la première dose d'azote apportée en trois fractionnements alors que la valeur la plus faible a été enregistrée chez la variété Jura avec la deuxième dose d'azote apportée en trois fractionnements.

Effet du traitement azoté sur le rendement en grains : Les résultats ont montré également que le rendement en grains oscille entre 10,92 et 25,28 q/ha. Le rendement optimal est celui de la variété Solar (V2) (25,28) avec un apport de la dose D3 apportée en deux fractionnements. Un rendement faible de 10,92 q/ha a été enregistré pour la variété Jura avec un apport de 110 U d'N (Figure 1C).

Effet du traitement azoté sur le poids de mille grains : Pour les 4 variétés, la valeur de poids de mille grains (PMG) le plus élevé a été enregistrée pour la variété Jura avec la deuxième dose d'azote apportée en deux fractionnements et le PMG le plus faible s'est distingué au niveau de la variété Solar pour la Dose 2 (150 U) apportée soit en deux ou en trois fractionnements (Figure 1D).

Effet du traitement azoté sur les paramètres physico-chimiques

Effet du traitement azoté sur la teneur en huile : L'analyse de la figure 1E a montré que la variété PR45H72 avec la troisième dose d'azote apportée en deux fractionnements, présente le meilleur rendement en huile (50,1%) alors que le rendement le plus faible (40,5%) a été enregistré pour la variété Jura avec la première dose d'azote apportée en deux fractionnements.

Effet du traitement azoté sur le taux de cendre : Le taux de cendre le plus élevé (3,44%) a été enregistré chez la variété Jura avec la troisième dose d'azote apportée en deux fractionnements (V3F2D3) par contre le taux de cendre le plus faible (2,89%) a été enregistré pour la variété Solar dont l'apport azoté a été apporté en trois fractionnements soit avec la dose 2 et la dose 3 d'azote (V2F3D2 et V2F3D3) ; (Figure 1F).

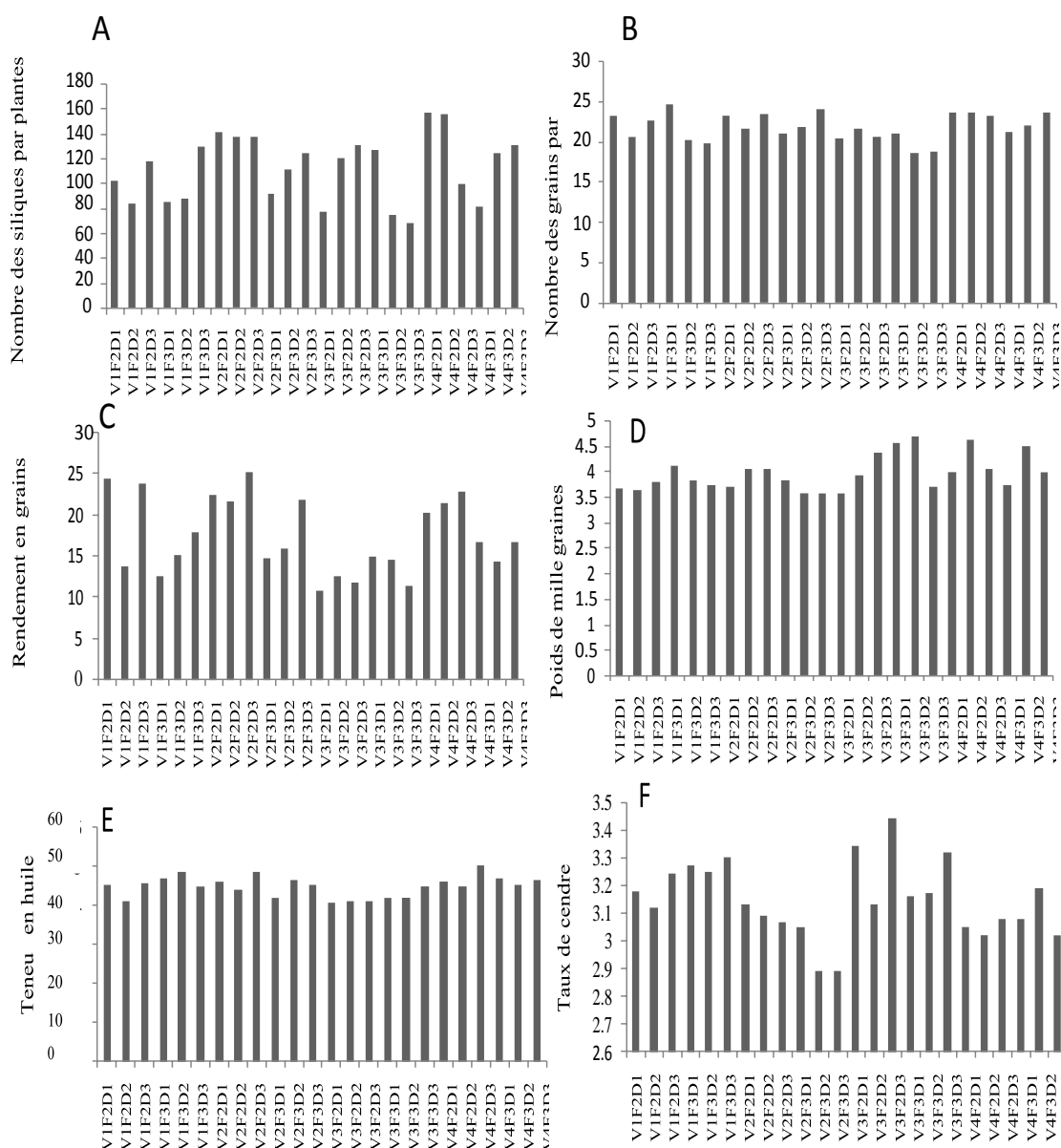


Figure no1: Variation du nombre de siliques/plante (A) ; nombre des grains/silique (B) ; rendement en grains (C) ; Poids de mille graines (D) ; Rendement en huiles (E) ; Taux de cendre (%) (F) en fonctions des différents modes de fertilisation azotée appliqués aux 4 variétés de colza étudiées (El Marja- 2018/19).

V1 = Trapper ; V2= Solar ; V3= Jura ; V4= Pr72 ; F2= Apport d’N en deux fractions ; F3= Apport d’N en trois fractions ; D1= 110 U d’N/ha ; D2= 150 U d’N/ha ; D3= 200 U d’N/ha.

De ce fait, ces recherches nous ont permis d’élaborer une relation de causalité entre les doses, spécifiquement le fractionnement des doses avec le rendement en 1^{er} lieu et le profit en 2^{ème} lieu. En outre, les apports d’azote apportés tard peuvent conduire à une légère réduction de rendement en grains à cause de mauvais état de nutrition de culture au début de floraison. (Jeuffroy *et al.*, 2006). Par ailleurs, la quantité d’huile est affectée négativement par rapport à la fertilisation, donc plus la récolte est fertilisée plus les graines sont moins riche en lipides (Jeuffroy *et al.*, 2006). La teneur en huile va influencer la teneur en protéines d’où la sur-fertilisation accroît la teneur en protéines et diminue la teneur en lipides (Pilorge *et al.*, 2006), ce qui pourrait être expliqué par les interactions entre métabolisme de l’azote, synthèse des lipides et synthèse protéiques (Pilorge *et al.*, 2006).

Le colza est l’un des cultivars les plus vitaux au monde, servant d’acteur majeur dans la production d’huile comestible. Les conditions de stress abiotique imposent divers effets sur le métabolisme des plantes associés aux stades de croissance, à la capacité de stockage de l’eau du sol et aux aspects physiologiques des plantes. L’agriculture moderne vise à accroître la productivité des plantes afin d’assurer la sécurité alimentaire

mondiale pour l'avenir. Ceci peut être réalisé en utilisant des semences de qualité, des pratiques agricoles appropriées, en mesurant les techniques de réduction des ravageurs et en comprenant les défis de la production agricole (Raza 2020).

IV. Conclusion

La culture du colza (*Brassica napus* L.) vient d'enrichir et de diversifier le système cultural des grandes cultures en Tunisie. Cette plante oléagineuse dont les graines sont très riches en huile et en protéines améliore la fertilité du sol et le potentiel de rendement des cultures qui la suivront. Elle permet d'augmenter les rendements au sein d'un système de culture céréalière, empêcher le développement des adventices et une rupture des cycles des maladies.

Le rendement de la culture de colza dépend de plusieurs facteurs biologiques, climatiques et techniques. Les paramètres les plus importants qui influencent le rendement de la culture sont surtout le nombre de siliques par plante et le nombre de graines par silique.

Références bibliographiques

- [1]. Arnaud F. Sélection-variétés. Cahier technique CETIOM. 1989, 28 p
- [2]. Ben Salah H., Jouhri A., Marzouk B. Effet de la date de semis sur certaines composantes du rendement et sur la durée du cycle végétatif chez deux variétés de colza de printemps (*Brassica napus* L.) en Tunisie. Annales de l'INRAT. 2000, (73) :211-221.
- [3]. Charbonnier E., Fugerey-Scarbel A., Lemarié S. Rapeseed: how to value varieties with higher nitrogen use efficiency in France. Oléagineux, Corps gras, Lipides. 2019, 26: 26.
- [4]. FAOStat. Rapeseed production, 2018;
- [5]. Crops/Regions/World list/Production Quantity (pick lists). <https://www.fao.org/faostat/en/#data> Accessed Dec 02, 2020
- [6]. Gallejones P., Castellón A., Del Prado A., Unamunzaga O., Aizpurua A. Nitrogen and sulphur fertilization effect on leaching losses, nutrient balance and plant quality in a wheat-rapeseed rotation under a humid Mediterranean climate. Nutr Cycl Agroecosyst. 2012, 93: 337–355.
- [7]. GenStat. 2004. GenStat Committee 7 release 1 Reference Manual. Clarendon Press, Oxford, UK.
- [8]. Jeuffroy M. H., Valantin-Morison M., Champolivier L., Reau R. Azote, rendement et qualité des graines : mise au point et utilisation du modèle Azodyn-colza pour améliorer les performances du colza vis-à-vis de l'azote. Oléagineux, Corps gras, Lipides. 2006, 13: 388-392. 10.1051/ocl.2006.0090.
- [9]. Lafond J., Pageau D. Dose optimale économique d'azote et nitrates du sol après la récolte du canola. Canadian Journal of Plant Science. 2008, 88. 1035-1042. 10.4141/CJPS08004.
- [10]. Pilorge, E., Evrard J., Flenet, F., Pinochet X., Reau R. Oilseed rape and nitrogen supply: issues of sustainable competitiveness and research areas. Oléagineux, Corps gras, Lipides. 2006, 13 (6): 378-383.
- [11]. Rathke G.W., Christen O., Diepenbrock W. Effects of nitrogen source and rate on productivity and quality of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) grown in different crop rotations. Field Crop Res. 2005, 94(2–3):103–113.
- [12]. Raza A. Eco-physiological and Biochemical Responses of Rapeseed (*Brassica napus* L.) to Abiotic Stresses: Consequences and Mitigation Strategies. Journal of Plant Growth Regulation. Sep 2020. DOI: 10.1007/s00344-020-10231-z
- [13]. Simonin P. Observation des pratiques de fertilisation azotée par un outil d'aide à la décision pour le colza. Oléagineux, Corps gras, Lipides. 2017, 24. 10.1051/OCL/2016056

Sana Medimagh, et. al. "Optimisation de la Fertilisation Azotée du Colza Oléagineux dans les Conditions du Semi-Aride Tunisien" *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science (IOSR- JAVS)*, 13(12), 2020, pp. 27-33.