



Revue semestrielle – Université Ferhat Abbas Sétif 1

REVUE AGRICULTURE

Revue home page: <http://revue-agro.univ-setif.dz/>



Génotypes de pois chiche (*cicer arietinum* L.) testés pour leur réponse aux conditions pluviales

Chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.) tested for their productivity in rainfed conditions

Chennafi H.

LVRBN. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie. Université Ferhat Abbas. Sétif, 19000 Algérie

E-mail: chennafi_hr@yahoo.fr

ARTICLE INFO

L'histoire de l'article

Reçu :

Accepté : 27/12/2019

Mots clés : Pois chiche, rendement, productivité, semi-aride, efficience d'utilisation de l'eau

Keywords: Chickpea, yield, productivity, semi-arid, water use efficienc

RESUME

Trois génotypes de pois chiche (*Cicer arietinum* L.) ont été testés au niveau de la Station Expérimentale Agricole de l'Institut Technique de Grandes Cultures Sétif. Ce matériel végétal de pois chiche a été évalué pour sa réponse aux conditions pluviales du milieu semi-aride des Hauts Plateaux Sétifiens. La cinétique de temps de réalisation des stades végétatifs indique que le cultivar ULC 72 est relativement tardif que Flip82-150C et Ghab 4 qui se montrent similaires. L'analyse statistique révèle que leur divergence est significative pour la hauteur de la plante et pour le poids de 100 grains. La moyenne du rendement en grain réalisé est de 22.7 qha⁻¹. L'efficience d'utilisation de l'eau (EUErdtg) de la plante est de 10.2 kgmm⁻¹ha⁻¹.

ABSTRACT

Three genotypes of chickpea (*Cicer arietinum* L.) were tested at Experimental Agricultural Station of Technical Institute of Field Crops Setif. This vegetable material of chickpea has been evaluated for its response to rainfed conditions in semi-arid environment of the High plateaus of Sétif. Kinetics of realization time of vegetative stages indicates that the cultivar ULC 72 was relatively later than Flip82-150C and Ghab 4 which are similar. Statistical analysis reveals that their divergence is significant for plant height and for weight of 100 grains. Average grain yield realized is 22.7 qha⁻¹. Water use efficiency (WUEYG) of plant is 10.2 kgmm⁻¹ha⁻¹.

Introduction

Les légumineuses alimentaires occupent une place importante dans l'alimentation humaine. En effet, leur valeur alimentaire est trois fois supérieure à celles des céréales (Mignolet et al., 2010). Dans le contexte agroenvironnemental, les légumineuses contribuent naturellement à enrichir le sol en azote. C'est une source renouvelable, gratuite et non polluée (Guet, 2003). Le pois chiche fixe environ 104 kg Nha⁻¹ (Guet, 2003). Ainsi, les légumineuses se distinguent par l'intérêt déterminant dans les systèmes d'assolement rotations des cultures. En effet, elles améliorent la fertilité du sol, donc sa qualité et assurent des économies pour l'agriculteur. Les deux types de pois chiche produits à l'échelle commerciale sont le desi et le kabuli. Les grands producteurs de pois chiche sont l'Inde, le Pakistan, la Turquie et l'Australie (OCDE/FAO 2019). En Algérie, le pois chiche (*cicer arietinum* L.) est la deuxième culture de légumes secs après la fève et la féverole. Cependant, le rendement du pois chiche évalué sur 48 campagnes reste très variable d'une année à une autre. En effet, le rendement de 2010 est de 9.4 qha⁻¹. Relativement à 1983, l'augmentation relative est de 285.0%. Cependant, celui de 2017 est estimé à 10.3 qha⁻¹. C'est le résultat de

l'interaction de diverses contraintes à la production du pois chiche, expliqué en grande partie par l'insuffisance, la grande variabilité et une répartition non régulée des précipitations. L'Algérie est considérée un gros importateur de légumineuses alimentaires (FAOSTAT, 2019). Toutefois, une gestion appropriée des systèmes de cultures réduit les effets contraignant la performance de productivité. Sous cette perspective s'inscrit cette investigation dont l'objectif est de tester la réponse de productivité de génotypes de pois chiche (*Cicer arietinum* L.) en conditions pluviales semi-arides.

1. Caractéristiques de l'expérimentation

L'essai a été mis en place le 10 décembre de la saison agricole de 2010/2011 sur les terres de la Station Expérimentale Agricole de l'Institut Technique de Grandes cultures (ITGC, Sétif). L'altitude est de 1080 m, la longitude 5°21' Est et la latitude est de 36°11' Nord. La région d'étude située dans l'étage bioclimatique semi-aride, à climat continental typiquement méditerranéen. Elle se caractérise par deux saisons, un hiver froid et rigoureux et un été chaud et sec. La moyenne annuelle des précipitations est de 400 mm (Baldi, 1986; Chennafi, 2012).

Les variétés de pois chiche testées sont de types kabul avec FLIP 82-150C et Ghab 4 suivies du type Gulabi par le cultivar ILC72. Elles proviennent du Centre International pour la Recherche Agricole dans les Zones Arides (ICARDA, Alep-Syrie). Les variétés sont ridées, les grains sont de taille moyenne, de couleur brun clair. Leur hauteur varie de 40 à 60 cm, le poids de 100 grains est de 26 à 45 g, le nombre de gousses par plante est de 20 à 45. Elles produisent un rendement en grains est de 10 à 15 qha⁻¹ (ITGC, 2011). La mise en place des variétés a été précédée par un déchaumage au mois d'août, un labour profond à la charrue à disques réalisé en automne suivi d'application de la fumure de fond par l'engrais phosphaté (P₂O₅, 1qha⁻¹). Le premier recroisement et le second recroisement au cover-crop + hersage ont été respectivement effectués en octobre et en novembre. Le semis a été réalisé au semoir expérimental avec une densité de 50 grains m⁻² et à une profondeur moyenne de 4 cm. Les trois variétés ont été mises en expérimentation dans un dispositif en blocs avec trois répétitions. Les parcelles élémentaires sont de dimensions de 13.50 m de longueur et de 10.5 m de largeur. Les parcelles élémentaires sont espacées de 2 m. Le désherbage a été effectué manuellement et régulièrement. La récolte a été réalisée le 19 juillet 2011 à la moissonneuse batteuse. Les mesures des composantes de rendement ont été estimées à partir des échantillons récoltés manuellement sur une placette de 0.9 m² et sur les répétitions.

Le repérage des stades végétatifs a concerné la levée (L), la floraison (F), l'apparition des gousses (AG), la formation des grains (FG) et le stade de remplissage du grain (RG). La notation du stade végétatif est déterminée lorsque 50% des plants ont atteint le stade correspondant. Les composantes sont le nombre de plantes au m² (Npm⁻²); les nombres de nodosités (nd) par plant, ramifications (nr) et de fleurs (nf). A la maturation physiologique, la notation a porté sur la hauteur de la plante (ht), le nombre des gousses (ngp), le rendement biologique (rdtb), le rendement en grains (rdtg) et le poids de 100 grains.

L'humidité du sol a été suivie régulièrement et sur les répétitions. Les échantillons prélevés de 0-20 cm, 20-40 cm et 40- 60 cm ont été numérotés, étiquetés et pesés aux états humide et sec. L'humidité est déterminée selon le modèle de Lapoint (2006). $H\% = [(mH - mS) / mS] \times 100$, H%= Humidité%, mH= Masse humide (g), mS= masse sèche (g).

Les données obtenues ont été traitées au CropStat 7.2 (2009).

2. Résultats

2. 1. Aspect climatique

La saison automnale à juin et 31 saisons agricoles s'est distinguée par un cumul pluviométrique de 394.31 mm (Figure1).

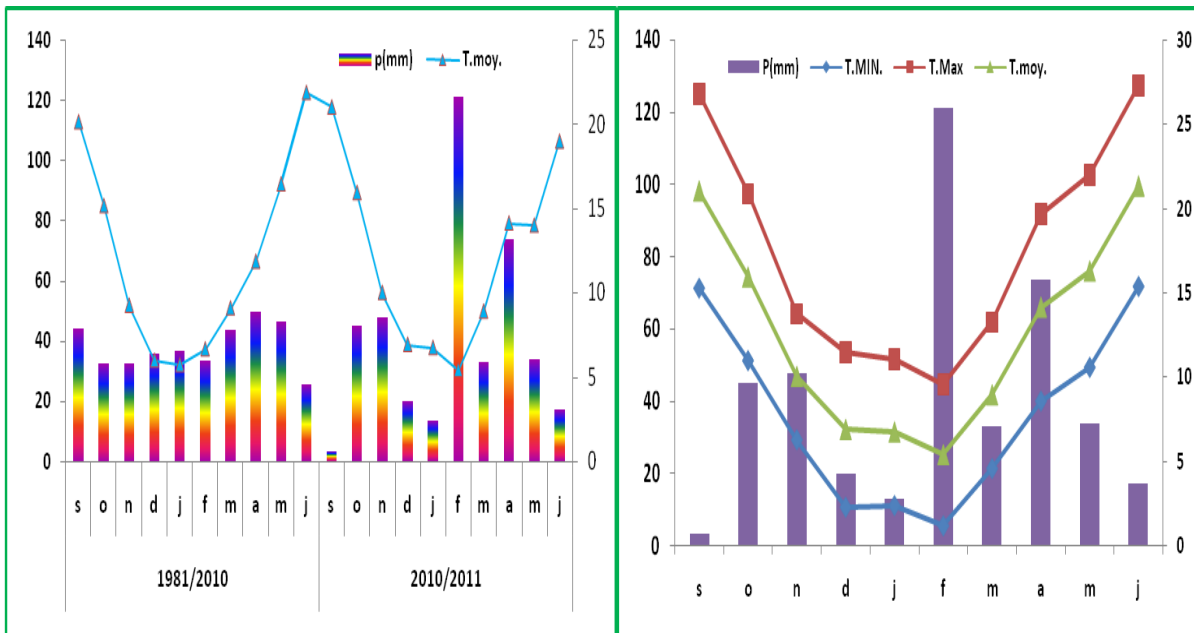


Figure 1. Températures minimale (Min), maximale (Max) et de la moyenne (°C), et des précipitations (P, mm) (1981/2010, 2010/2011, Sétif)

Cependant, celui de la saison de septembre à juin de 2010/2011, est de 408.7 mm. La température maximale moyenne de 2010/2011 varie de 27.3 °C au mois de juin à 9.6 °C en février. Par contre le minimum de températures a été relevé en février, 1.2 °C.

2.2. Gradient de variation de l'humidité du sol

Au semis et à la levée des plants des variétés de pois chiche, l'humidité était de 15,32% sur 0-20 cm, de 14,66% sur 20-40 cm. Par contre, la profondeur de 40 à 60 cm s'est distinguée par 14.54% (Figure 2). Au stade de la floraison, l'humidité à la profondeur de 0-20 cm est de 15,16%. Par contre sur 20-40 cm, le taux d'humidité indiquait 13,96%. Sur la profondeur de 40-60 cm, l'humidité relevée était de 15,08%.

Au stade d'appariation des gousses, l'humidité du sol atteignait 21,30% sur la profondeur de 0-20 cm, et sur la profondeur adjacente 17,08% (20-40 cm) pour se réduire à 16, 64% sur la profondeur inférieure. A la phase de remplissage des gousses, l'humidité du sol atteint 12,61% sur 0-20 cm, 13,17% sur 20-40 cm et 12,13% sur 40-60 cm (Figure 2).

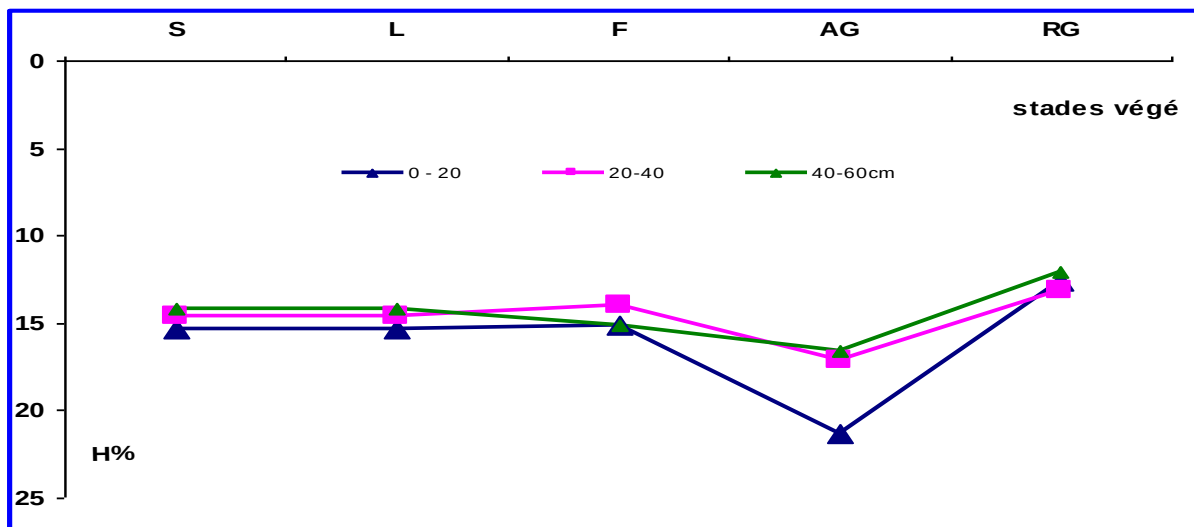


Figure 2. Gradient de variation de l'humidité du sol lié à l'évolution des stades végétatifs

3. Cinétique de réalisation des principaux stades phénologiques

La durée de la phase semis-levée en nombre de jours après semis (JAS) suit le gradient V2 (ILC72, 61j)>V3(Ghab 4, 55j)>V1(FLIP 82-150C, 52j) (Figure3). Donc, le cultivar V1 (Flip82-150C) est plus précoce. La succession des stades végétatifs et le classement des variétés sont similaires à celui du stade semis-levée. Ainsi, pour le stade de la floraison, la durée est de 150 JAS (V1), 152 (V3, Ghab 4) de 154 JAS (V2) (Figure3).

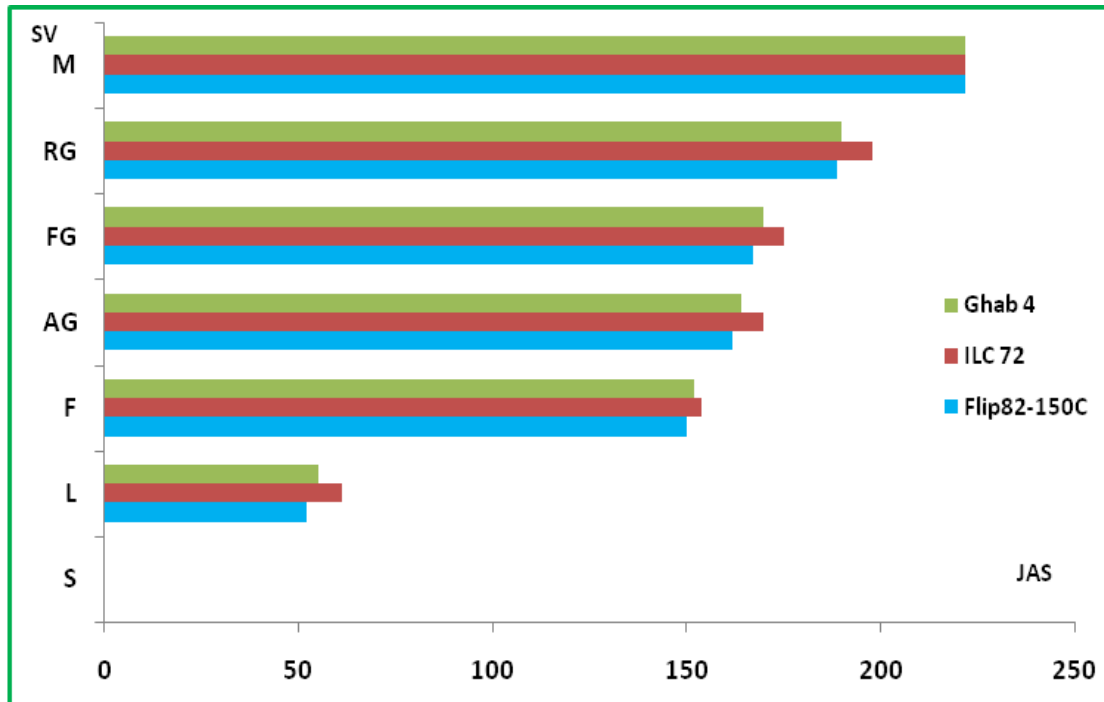


Figure 3. Evolution des stades végétatifs en NJAS chez les variétés de pois chiche

4. Réponse du rendement et de ses composantes des génotypes

4.1. Composantes de rendement

L'analyse de la variance indique un effet génotype non significatif pour le nombre de plants m^{-2} (np); le nombre de ramifications (nr), le nombre de fleurs (nf), le nombre de gousses (ngp) et le nombre de nodosités par racines (nd) par plante, et pour la longueur des racines (lr). Cependant, l'effet variété est significatif pour la hauteur de la plante et le poids de 100 grains (Tableau 1).

Tableau 1. CME de l'analyse de la variance du rendement et ses composantes, pour les trois variétés de pois chiche

Source de variation	dl	np	nr	nf	ngp	ht	pcg	rdtb	rdtg	lr	nod
Var.Totale	8	38.75	0.53	70.93	87.99	57.25	7.6	7.2	14.7	2.71	37.94
Var.Variété	2	31 ^{ns}	0.86 ^{ns}	80.07 ^{ns}	77.32 ^{ns}	175.0 ^{**}	22.12 ^{**}	6.02 ^{ns}	17.09 ^{ns}	4.45 ^{ns}	12.69 ^{ns}
Var. résiduelle	4	37.33	0.61	100.2	114.98	8.83	1.12	8.96	14.04	1.22	46.36

^{ns}, *, ** = Effets non significatif, significatif au seuil de 5% et 1% respectivement. np= plantes m^{-2} , nr= nombre de ramific./pante, nf= nombre de fleurs /plante, ngp= nombre de gousses par plante, ht= hauteur(plante), pcg= poids de 100 gains, rdtb= rendement biologique(qha^{-1}), rdtg= rendement en grains (qha^{-1}), lr= longueur des racines (cm), nod= nombre de nodosités par plante.

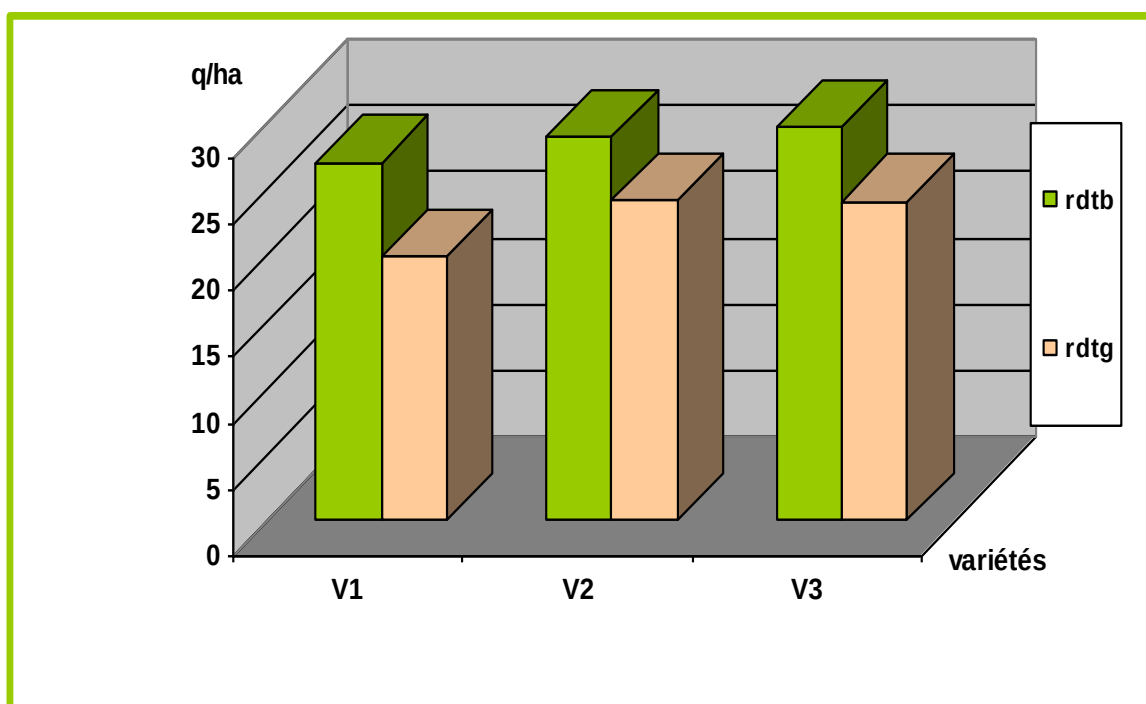
Pour les trois variétés, la valeur moyenne de la hauteur de la plante est de 77.33 cm et 30.77 g pour le poids de 100 grains. La hauteur de la plante suit la dimension V2>V1>V3 dans l'ordre 80 cm, 75 cm et 65 cm (Tableau 2).

Tableau 2. Valeurs moyennes du rendement en grains et de ses composantes

Composantes	npl	nr	nf	ngp	ht	pcg	rdtb	rdtg	Lr	nod
V1 FLIP 82-150C	27.33	3.17	65.16	61.4	75.0	27.3	26.91	19.91	12.6	31.0
V2 ILC 72	26.33	3.33	57.21	58.8	80.0	25.41	28.88	24.10	11.27	28.17
V3 Ghab 4	21.33	2.33	55.48	51.6	65.0	30.77	29.65	24.0	10.17	27.0
Moyennes	25.0	2.94	59.28	57.27	77.33	27.83	28.48	22.7	11.34	28.72
Ppds_{5%}	13.85	1.77	22.7	24.3	6.73	2.4	6.7	8.5	2.5	15.43

4.2. Biomasse aérienne (rdtb) et rendement en grains (rdtg)

L'analyse de la variance pour la réalisation des rendements en biomasse aérienne (rdtb) et en grains (rdtg) indique un effet génotype non significatif (Tableau 1). Les résultats révèlent que les moyennes produites respectivement pour rdtb et rdtg par les trois génotypes sont de 28.48 et 22.7 qha⁻¹ (Tableau 2).

**Figure 4.** Rendements en biomasse aérienne (rdtb) et en grains (rdtg) des variétés de pois chiche

Le génotype GHAB 4 (V3) produit plus de biomasse aérienne, avec 29.65 qha⁻¹. Cependant, ILC 72 (V2) réalise plus de rdtg, avec 24.10 qha⁻¹ (Tableau 2, Figure 4).

5. Efficience d'utilisation de l'eau et l'indice de récolte (IR)

L'analyse de la variance de l'effet variétal sur l'EUE pour la biomasse aérienne (EUErdtb) et pour le rendement en grain (EUErdtg) indique que les trois variétés ne diffèrent pas significativement (Tableau 3). En effet, la valeur moyenne de l'EUErdtb de l'eau pour les trois variétés est de 12.8 kgmm⁻¹ha⁻¹. Cependant, l'EUErdtb est de 13.35 kgmm⁻¹ha⁻¹ pour V3, 13 kgmm⁻¹ha⁻¹ pour V2 et de 12.12 kgmm⁻¹ha⁻¹ pour V1. Par contre, le génotype V2 se caractérise par une EUErdtg de 10.85 kgmm⁻¹ha⁻¹, supérieure à celles de V3 et de V1 (Tableau 4, Figure5).

Tableau 3. Carré moyen des écarts de l'analyse de la variance de l'EUerdtb et l'EUerdtg

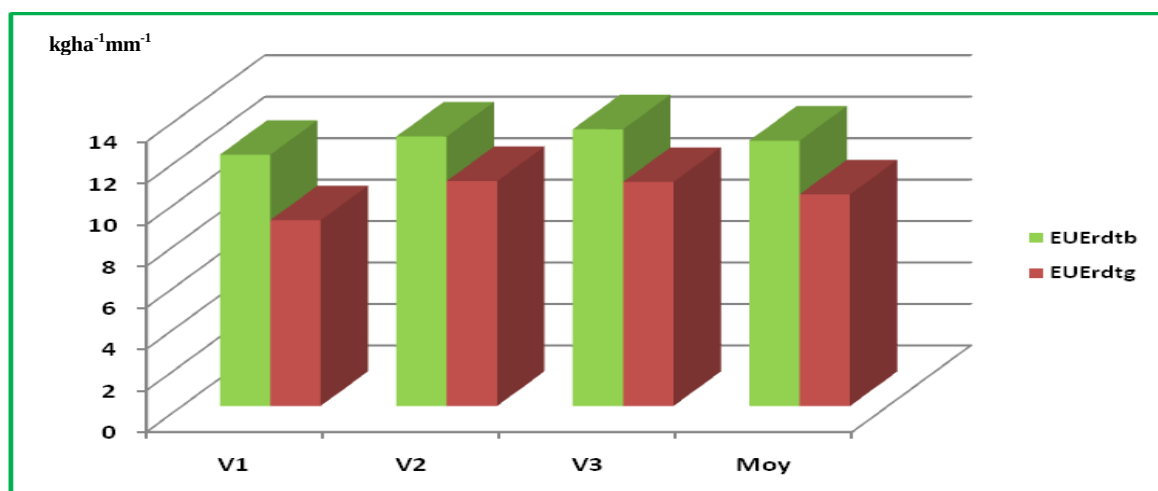
Source de Variation	ddl	EUerdtb	EUerdtg	IR
Var.Totale	8	1.45	2.98	0.62
Var.Variété	2	1.22 ^{ns}	13.46 ^{ns}	0.20 ^{ns}
Résiduelle	6	1.82	2.85	0,34

^{ns}= Effets non significatif au seuil de 5% , EUerdtb= efficacité d'utilisation de l'eau pour le rendement biologique(kgmm⁻¹ha⁻¹),

EUerdtg= efficacité d'utilisation de l'eau pour le rendement en grains (kgmm⁻¹ha⁻¹), IR= indice de récolte (%)

Tableau 4. Efficacité d'utilisation de l'eau pour la biomasse aérienne (EUerdtb) et pour le rendement en grain (EUerdtg) et indice de récolte (IR)

Variétés	V1	V2	V3	Moyenne	Ppds _{5%}
EUerdtb (kgmm ⁻¹ ha ⁻¹)	12.12	13.0	13.35	12.8	3.05
EUerdtg (kgmm ⁻¹ ha ⁻¹)	8.96	10.85	10.81	10.21	3.82
IR	75%	83%	81%	80%	0.42

**Figure 5.** EUE pour les rendements Biologique et en grain pour les trois génotypes de pois chiche

Discussion

Statut hydrique

Sur 31 saisons agricoles, le cumul pluviométrique est de 394.31 mm de la saison automnale à juin. Cependant, celui de la campagne de 2010/2011 indique 408.7 mm. Toutefois, le gradient pluviométrique saisonnier au cours de l'expérimentation accuse de grandes variations. En effet, avec 3.4 mm, septembre était sec, par contre le plus arrosé était février avec 121.0 mm. La région des Hauts Plateaux Sétifiens se distingue par une distribution saisonnière et annuelle révélant des irrégularités remarquables (Chennafi, 2012; Chennafi, et *al.*, 2018). Au cours de leur cycle végétatif, les variétés de pois chiche ont reçu de décembre à juin 312.3 mm d'eau, avec 73.8 mm en période printanière (avril).

La variation graduelle de l'humidité du sol sur la profondeur de 60 cm révèle que la tranche de 40 à 60 cm du sol apparaît plus sèche (Tableau 1 et Figure 3). Ainsi, au stade de la floraison, l'humidité sur la tranche de 20-40 cm tend vers le point de flétrissement, caractéristique des sols de la Station Agricole de Sétif, situées à proximité de l'oued Bousselem (Kribaa et *al.*, 2001; Chennafi et *al.*, 2006). Le manque d'eau à ce stade affecte le nombre de gousses par plante et par conséquent réduit la fertilité potentielle de la culture. En effet, le déficit hydrique pénalise les fonctions physiologiques et dégrade la production de la biomasse de la culture (Wakrim-Mezrioui et

Wery, 1995). Cependant, il se détermine par l'avènement, la durée et la sensibilité de la plante (Chennafi et *al.*, 2008).

Au stade d'appariation et de remplissage des gousses, l'humidité du sol décroît pour atteindre le point de flétrissement (Figure 2). Au cours de cette période, la réserve en eau du sol est faible et donc non reste disponible pour les variétés de pois chiche, car très retenue par les particules colloïdales du sol. Au stade de remplissage du grain, l'humidité suit le gradient $H\%(0-20\text{cm}) < H\%(20-40\text{cm}) > 40-60\text{ cm}$ (Figure 2). Toutefois, le stade le plus critique, en positionnement de manque d'eau est celui du grossissement des grains, affectant par l'intermédiaire le poids de 100 grains.

Cinétique de réalisation des principaux stades végétatifs

La durée de la phase semis-levée de 56 JAS, traduit que cette phase est relativement longue. Ces résultats corroborent ceux de Croser et *al.*, (2014). Toutefois, ces résultats se justifient par les conditions de basses températures (Saxena, 1987). En effet, le retard accumulé pour la levée des plants semble être lié aux basses températures hivernales. Effectivement, la température moyenne sous abri relevée en décembre de 2010 était de 2.3 °C pour un absolu de -4.3°C et celle de janvier 2011 était de -3.6 °C. D'autre part, la valeur de la température minimale absolue au sol relevée en décembre atteignait -12.5 °C. Cette période coïncidait avec la mise en place de la culture du pois chiche.

Toutefois, Flip 82-150C de type Gulabi apparaît plus précoce comparativement aux deux autres variétés de type Kabuli. Ainsi, le cycle de V2 (ILC 72) apparaît plus long que V1 de 9 jours et de 8 jours sur V3 (Ghab 4) (Figure 3). La durée du stade de floraison prend les valeurs de 150 JAS (V1), 152 (V3) et 154 JAS (V2). L'apparition des gousses a été notée 8 jours pour V1 avant son apparition sur V2 et de 2 JAS sur V3. La cinétique de réalisation du stade de grossissement du grain est plus distincte. En effet, l'enchaînement graduel suit la variation $V1(189\text{JAS}) < V3(190\text{JAS}) < V2(198\text{JAS})$. Ainsi, V2 est tardive de 9 jours comparativement à V1 et de 8 JAS relativement à V3 (Figure 3).

Analyse des composantes du rendement

L'effet non significatif explique que les variétés de pois chiche ne diffèrent pas significativement pour les caractères mesurés. Cependant, il semble que la variété V1 produit légèrement plus de plants. Ainsi, la divergence suit le sens $V1 > V2 > V3$. Le nombre moyen de ramifications par tige et par plante est de 2.94 (Tableau 2). Le cultivar V1 élabore plus de fleurs, avec 65.16 réalisant un gain relatif de 17.44% sur Ghab et donc, développe plus de gousses. Le nombre de nodosités par plante est relativement supérieur chez V1 avec 31 nod (Tableaux 2). Comparativement à V1 et à V2, Ghab 4 semble moins performant pour l'ensemble des composantes mesurées. Les ramifications influencent largement le rendement en grains du pois chiche (Shanmugam et Kalaimagal, 2019).

L'effet variétal significatif pour la hauteur de la plante et pour le poids de 100 grains, exprime que les trois variétés diffèrent de manière significative pour ces deux composantes (Tableau 1). En effet, le gradient de variation indique que le génotype $V2(80\text{ cm}) > V1 > V3$. Cependant, le cultivar Ghab se distingue par son poids de 100 grains (pcg), V3 réalise un gain 21.10% sur celui de ILC 72 (Tableau 2). Des suggestions similaires ont été communiquées (Ben Mbarek et *al.*, 2009).

Biomasse aérienne (rdtb) et rendement en grains (rdtg)

Le cultivar GHAB 4 avec 29.65 qha^{-1} est plus productif pour le rendement en biomasse aérienne (rdtb). Il réalise une augmentation réelle de 3.06 qha^{-1} pour un gain relatif de 10.22% sur V1, et sur V2 0.77 qha^{-1} (Tableau 2, Figure 4). Par contre, pour la production de rendement en grains (rdtg), le génotype ILC 72, avec 4.2 qha^{-1} de plus sur V1, matérialise un gain relatif de 21.10%. V2 se démarque en biomasse aérienne relativement à V1. Cette productivité est fonction de la hauteur de la plante de 80 cm, plus haute de 5 cm que V1. Par ailleurs, le rendement en grain supérieur chez ILC 72 se traduit par les ramifications (Tableau 2). Toutefois, les résultats indiquent que les génotypes à longueur racinaire réduite ont produit plus de rdtb et rdtg. En effet, l'humidité au stade d'apparition des gousses (Figure 2) est plus disponible sur 0-20cm que sur 40-60cm. Les résultats corroborent ceux de BenMbarek et *al.*, (2009). Par contre, Zhang et *al.*, (2000) mentionnent des résultats légèrement inférieurs.

Ainsi, la performance des variétés de pois chiche reste liée à l'élaboration de toutes les composantes de rendement et aux conditions agropédoclimatiques du milieu de la plante. Les résultats révèlent que le génotype moins productif (V1) est le plus précoce. Singh et *al.*, (1991) mentionnent que la précocité réduit l'effet du stress hydrique et donc augmente la productivité de la plante. Toutefois, la variété précoce est confrontée à l'effet des basses

températures. Les résultats de la présente investigation corroborent ceux de Croser et *al.*, (2003) en enseignant que les basses températures affectent l'émergence et réduisent la vigueur de la culture de pois chiche.

Efficiencia d'utilisation de l'eau

Les trois génotypes ne divergent pas significativement pour l'EUE pour produire de la biomasse aérienne (EUE_{rdtb}) et pour le rendement en grain (EUE_{rdtg}) (Tableau 3). Cependant, pour la biomasse aérienne, V3 se montre plus valorisant pour l'eau. A l'encontre, le génotype V2 semble plus efficace pour produire du grain, avec EUE_{rdtg} de 10.85 kgmm⁻¹ha⁻¹ (Tableau 3). Ces résultats sont similaires à ceux mentionnés en milieu semi-aride (Zhang et *al.* 2000); Ben Mbarek et *al.*, 2009, Lusiba et *al.*, 2018). Toutefois, en conditions pluviales semi-arides, l'efficacité d'utilisation de l'eau reste tributaire des effets des fortes températures et du manque d'eau lors de la phase de formation des grains et de leur remplissage. Effectivement, l'efficacité d'utilisation de l'eau est définie par le rapport du rendement réalisé par la culture sur l'évapotranspiration (Zhang et *al.*, 2000). Et la phase de remplissage se positionne à des moments où la plante exige plus d'eau confrontée à un déficit climatique important (Chennafi et *al.*, 2008).

Conclusion

La cinétique de réalisation des stades phénologiques révèle que le génotype ULC 72 est relativement tardif à l'égard de Flip82-150C et Ghab 4. Au stade de remplissage du grain, l'humidité tend parfois vers le point de flétrissement. La différence significative de l'effet variété est révélée sur la hauteur de la plante et le poids de 100 grains. La biomasse aérienne et le rendement en grain moyens produits sont de 28.48 qha⁻¹ (rdtb) et de 22.7 qha⁻¹ (rdtg). L'efficacité d'utilisation de l'eau par la culture est de 12.8 kgmm⁻¹ha⁻¹ (rdtb) et de 10.21 kgmm⁻¹ha⁻¹ (rdtg). Toutefois, en saison d'avènement de manque d'eau, les génotypes de pois chiche réduisent la translation des réserves vers le grain (Zhang et *al.*, 2000), d'où les faibles valeurs de l'EUE. En revanche, les pratiques d'aménagement hydroagricole améliorent la productivité de l'agrosystème.

Références

- Baldy C. (1986). Comportement des blés dans les climats méditerranéens. *Ecologia Mediterranea*, tome III. Fas 3-4 : 73-88
- Ben Mbarek K., Boubaker M. & Hannachi C. (2013). Modélisation du rendement grain du pois chiche (*Cicer arietinum* L.) du type « kabuli » sous les conditions édapho-climatiques du semi aride supérieur Tunisien. *Rev. Mar. Sci. Agron. Vét.* (2013) 2:37-49
- Chennafi H, Bouzerzour H, Aidaoui A, Chenafi A. (2006). Approche d'évaluation du déficit climatique pour la pratique d'une irrigation déficitaire sur blé dur en milieu semi-aride des hautes plaines orientales d'Algérie. *In proceedings du 3^{ème} Congrès Méditerranéen « WATMED », Tripoli (Liban)*. 2006; p: 11-117
- Chennafi H, Bouzerzour H, Aidaoui A, Chenafi A. Positionnement des exigences en eau de la culture du blé dur avec l'avènement du déficit climatique en milieu semi-aride des Hautes Plaines Plaines Sétitiennes (Algérie). *In: Proceedings of the 5th International Conference on Land Degradation. Valenzanos, Bari, Italy, 18-22 September 2008; p: 59-62.*
- Chennafi H. (2012). Decadal evaluation of durum wheat water requirements to improve rainfed agriculture under semi-arid conditions. *Science direct. Elsevier. Energy Procedia*(18): 696-904
- Chennafi H. (2012). Decadal evaluation of durum wheat water requirements to improve rainfed agriculture under semi-Arid conditions. *Energy Procedia* 2012 (18): 896-904
- Chenafi H. & Chenafi A. (2018). Préservation de l'environnement par lagunage naturel de gestion des eaux usées. *Revue Agriculture* (9): 56 – 67. <http://revue-agro.univ-setif.dz/>
- CropStat 7.2.3. (2009). Free Statistic Package by International Rice Research Institute (IRRI), Manila, Philippine; 2009.
- Croser J. S., Clarke H. J., Siddique K. H. M. and Khan T. N. (2003). Critical Reviews in Plant Sciences, 22(2):185–219 (2003)
- FASTAT (2019). Statistical database of the food and agriculture organization of the United Nations. <http://www.fao.org/faostat/en/#data>
- Guét G. (2003). Mémento d'agriculture biologique. Guide pratique à usage professionnel. 412p. 2^e. Ed. Agridécisions. Paris
- ITGC. (2018). La culture du pois chiche en Algérie. 22p. Ed. ITGC. El-Harrach, Alger

- Kribaa, M., V. Hallaire, P. Curmi and R. Lahmar, 2001. Effect of various cultivation methods on the structure and hydraulic properties of a soil in a semi-arid climate. *Soil Till. Res.* 60: 43-53
- Mignolet C, Carrouée B, Huyghe C. (2010). Importance économique passée et présente des légumineuses: Rôle historique dans les assolements et facteurs d'évolution. *Innovations agrono-miques* (11): 1-24.
- OCDE/FAO. (2019). Perspectives agricoles de l'OCDE et de la FAO 2019-2028. Ed. OCDE, Paris/FAO, Rome, https://doi.org/10.1787/agr_outlook-2019-fr.
- Peter K. (2017). Breeding for increased water use efficiency in chickpea. Plant Breeding and Genetics. Thesis 134p, *Faculty of Agriculture and Environment Plant Breeding Institute, Cobbitty The University of Sydney*
- Peter K., Trethowan R. and Tan D. (2019). Genetic and environmental influences on chickpea water-use efficiency. *Agronomy Journal and Sciences* (5) : 470-476
- Shanmugam M. and Kalaimagal Th. Genetic Variability, Correlation and Path Coefficient Analysis in Chickpea (*Cicer arietinum* L.) for Yield and its Component Traits *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci* (2019) 8(5): 1801-1808
- Siphiwe Lusiba, Jude Odhiambo & John Ogola (2018). Growth, yield and water use efficiency of chickpea (*Cicer arietinum*): response to biochar and phosphorus fertilizer application, *Archives of Agronomy and Soil Science*, 64:6, 819- 833, DOI : 10.1080/03650340.2017.14070 833
- Wakrim-Mezrioui, R., and J. Wery. 1995. Analyse des relations entre l'état hydrique du sol, le rendement en graines et la fixation d'azote chez le pois chiche (*Cicer arietinum* L.). p. 257–267. In J.J. Drevon Grassl. Assoc. 52:107–110. Les Colloques de l'INRA, vol. 77 "Facteurs limitant la fixation symbiotique de l'azote dans le bassin méditerranéen", 6–8 Apr. 1994, Montpellier, France. Ed. INRA
- Zhang H., Pala M., Oweis T. and Harris H. (2000). Water use and water use efficiency of cheackpea and lentil in mediterranean environment. *J.Agr.Res.* (51) : 295-304.