

Propriétés physiques des graines du cumin (*Cuminum cyminum*) dans la réserve de biosphère des oasis du Maroc

[Physical properties of cumin seeds (*Cuminum cyminum*) in biosphere reserve oasis of Morocco]

M. Abdellaoui¹, A. Alaoui², and L. El Rhaffari³

¹Equipe de Recherche, Développement, Environnement et santé,
Faculté des Sciences et Techniques Errachidia - Université Moulay Ismail,
BP 509, Boutalamine, 52000 Errachidia, Maroc

²Office Régionale de Mise en Valeur Agricole du Tafilalet,
BP 17, Rue de marche verte, 52000 Errachidia, Maroc

³Equipe de Recherche, Développement, Environnement et santé,
Faculté des Sciences et Techniques Errachidia - Université Moulay Ismail,
BP 509, Boutalamine, 52000 Errachidia, Maroc

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Upon completion of this study, the physical properties of cumin seeds (*Cuminum cyminum*) were determined and their applications were also discussed in order to expand knowledge on this species and provide useful data for seed technology processing. The physical properties were evaluated for four cumin genotypes coming the oasis environment and foreign variety used as control. The studied properties are the axial dimensions, arithmetic diameter, geometric diameter, sphericity index, surface area, bulk density and thousand grain weight. The study revealed a variability between cumin genotypes for all physical properties measured with superiority of oasian genotypes G₂ and G₄ falling under localities of Afrou and Boudib respectively. The average for three characteristic dimensions, the length, width and thickness of cumin seeds evaluated ranges from 5.07 to 6.18 mm, 1.46 to 1.76 mm and 0.76 to 0,95 mm respectively. The average arithmetic diameter, the average geometric diameter, the average surface area and the average sphericity index are between 2.44 and 2.96 mm, 1.80 mm and 2.16, 9.83 and 13.91 mm², 0.35 and 0.36 respectively. The mean bulk density ranges from 0.37 and 0.52 g/ml while the thousand grain weight is between 3.33 and 4.67 g.

KEYWORDS: seed, cumin, physical properties, oasis, Morocco.

RÉSUMÉ: Au terme de cette étude, les propriétés physiques des graines du cumin (*Cuminum cyminum*) ont été déterminées et leurs applications ont également été discutées en vue d'élargir les connaissances sur cette espèce et fournir les données utiles pour le traitement technologique des graines. Les propriétés physiques ont été évaluées pour 4 génotypes du cumin issus du milieu oasien et une variété étrangère utilisée comme témoin. Les propriétés étudiées sont les dimensions axiales, le diamètre arithmétique, le diamètre géométrique, l'indice de sphéricité, la surface de la graine, la densité en vrac et le PMG. L'étude a révélé une variabilité entre les génotypes du cumin pour l'ensemble des propriétés physiques mesurées avec une supériorité des génotypes oasiens G₂ et G₄ relevant des localités d'Afrou et Boudib respectivement. La moyenne pour les trois dimensions caractéristiques, la longueur, la largeur et l'épaisseur des graines du cumin évaluées varie de 5,07 à 6,18 mm, de 1,46 à 1,76 mm et de 0,76 à 0,95 mm respectivement. Le diamètre arithmétique moyen, le diamètre géométrique moyen, la surface moyenne et l'indice de sphéricité moyen se situent entre 2,44 et 2,96 mm ; 1,80 et 2,16 mm ; 9,83 et 13,91

mm²; 0,35 et 0,36 respectivement. La densité en vrac moyenne oscille entre 0,37 et 0,52 g/ml tandis que le poids de mille graines est compris entre 3,33 et 4,67 g.

MOTS-CLEFS: Graine, cumin, propriétés physiques, oasis, Maroc.

1 INTRODUCTION

Le cumin (*Cuminum cyminum* L.) est une plante herbacée de la famille des ombellifères [1] qui est généralement utilisé comme épice classique pour améliorer le goût et la saveur des aliments [2]. En effet, il est devenu indispensable dans l'art culinaire dans le monde entier. Son usage pour assaisonner les plats de viande, le riz, la soupe, les ragoûts, le couscous, le fromage, le pain, les biscuits et les gâteaux est très répandu [3]. Les graines du cumin constituent une source riche en huile essentielle (3-4%) [4], [5], en composés phytochimiques [6], [7], en éléments minéraux, en protéines, en acides gras et en vitamines [8]. Les fruits du cumin sont souvent employés en médecine traditionnelle en tant que stimulants, carminatives, astringents [9], stomachiques, diurétiques, emménagogues, antispasmodiques [10] et anti diarrhéiques [11]. Egalement, le cumin a été rapporté avoir de nombreuses propriétés pharmacologiques [12], [13], [14], [2]. Bien que les graines du cumin ont fait l'objet de plusieurs études sur la composition chimique, les propriétés thérapeutiques, médicinales, nutritives et aromatiques, peu de recherche scientifique est consacrée à leurs propriétés physiques qui s'avèrent nécessaires à prendre en compte pour améliorer la technologie associée aux différentes opérations et équipements liés aux processus post-récolte tels que le nettoyage, le tri, le transport, la ventilation, le séchage et le stockage [15], [16], [17] surtout au sein des oasis où la main d'œuvre devient de plus en plus rare. D'ailleurs, le procédé traditionnel de la récolte du cumin en milieu oasien marocain passe par une série d'opération. D'abord, les plantes sont enlevées entièrement à partir du sol au début du mois de Mai et séchées dans un endroit ensoleillé. Ensuite, les graines du cumin sont battues avec des bâtons et séchées à l'ombre sur des nattes en osier. Après, elles sont soumises à un vannage en les secouant dans un panier traditionnel pour enlever les impuretés. Ce sont généralement les femmes qui s'occupent de ces opérations qui ne sont pas seulement dures et consommatrices en temps mais aussi onéreuses. En effet, l'amélioration de ces méthodes à l'aide des appareils appropriés peut être développée si les propriétés physiques sont connues.

Récemment, beaucoup de recherches scientifiques sur les propriétés physiques ont été rapportées par plusieurs auteurs sur différents types de graines, tels que le pois de pigeon (*Cajanus cajan*) [18], le millet (*Pennisetum gabense*) [19], la vesce (*Vicia sativa* L.) [20], le sésame (*Sesamum indicum* L.) [21], le maïs éclaté (*Zea mays*) [22], le carthame (*Carthamus tinctorius* L.) [23], la coriandre (*Coriandrum sativum* L.) [24], le lin (*Linum usitatissimum* L.) [25], le pistache (*Pistacia vera*) [26], l'haricot (*Phaseolus vulgaris* L. cv. *Barbunia*) [27], la sauge "chia" (*Salvia hispanica* L.) [28], le Tung (*Aleutites fordii*) [29], le Moringa (*Moringa oleifera* Lam.) [30], l'orge (*Hordeum vulgare* L.) [17]. Cependant, aucun travail semble avoir été effectué sur les propriétés physiques des graines du cumin issues du contexte oasien marocain.

Le présent travail vise essentiellement à déterminer les propriétés physiques des graines des populations locales du cumin provenant des communes rurales de la zone d'Alnif qui abrite plus de 90 % de la superficie emblavée par cette culture au niveau des oasis du Tafilalet (Maroc). Ceci peut contribuer également à la connaissance des ressources phytogénétiques du cumin dont dispose le milieu oasien et qui sont cruciales pour assurer les moyens d'existence à un grand nombre de familles rurales dépendante de l'agriculture.

2 MATÉRIELS ET MÉTHODE

Le lot des graines étudiées est constitué de cinq génotypes du cumin composés de quatre populations locales issues de 3 communes rurales relevant de la zone oasienne d'Alnif (Alnif, M'Cissi et Hssiya) et une variété étrangère utilisée comme témoin (**Tableau 1**). Avant de déterminer les caractéristiques physiques, les graines du cumin ont été nettoyées manuellement pour éliminer toutes les matières étrangères telles que la poussière, la saleté, les pierres et pailles ainsi que les graines immatures et cassées. Par la suite, elles ont été emballées dans des boîtes hermétiques en plastique et conservées au laboratoire à la température ambiante.

Tableau 1 : sites de collecte des graines

Génotypes	Localité d'origine	Commune rurale
G1	Takacha	Hssiya
G2	Afrou	Hssiya
G3	Taaouilite	Alnif
G4	Boudib	M'Cissi
Témoin	Inde	-

2.1 LES PROPRIÉTÉS PHYSIQUES

Pour déterminer la taille et la forme des graines du cumin, 100 graines de chaque génotype étudié ont été choisies au hasard dans un lot en vrac. Pour chaque graine individuelle, trois dimensions axiales principales : la longueur (L), la largeur (l) et l'épaisseur (e) ont été mesurées à l'aide d'un pied à coulisse (Modèle : Sunrise ; 15 cm de long) avec une précision de lecture de $\pm 0,1$ mm)(Fig 1). La connaissance de ces dimensions axiales, ont permis de déterminer d'autres paramètres caractéristiques des graines à l'aide des relations ci-après :

*le diamètre arithmétique (Da) et le diamètre géométrique (Dg) ont été déterminés à l'aide des formules suivantes [31], [32]:

$$Da = \frac{L+l+e}{3} \quad Dg = \sqrt[3]{L \times l \times e}$$

*L'indice de sphéricité (IS) a été calculé selon la formule suivante [31]:

$$IS = \frac{\sqrt[3]{L \times l \times e}}{L} \quad \text{où } L = \text{longueur, } l = \text{largeur et } e = \text{épaisseur}$$

*La surface de la graine a été calculée à partir de la formule suivante [33]

$$S = \frac{\pi L^2 \sqrt{l \times e}}{2L - \sqrt{l \times e}}$$

Le poids de mille graines a été déterminé suivant la méthode décrite par [28]. Trois sous-échantillons composés chacun de cents graines ont été prélevés au hasard à partir de l'échantillon en vrac de chaque génotype du cumin étudié puis pesés en utilisant une balance électronique de précision (0,001 g). Ensuite, multiplié par 10 pour donner la masse de 1000 graines.

La densité en vrac (ρ_v) qui est définie comme étant le rapport de la masse des graines sur leur volume total, a été déterminée en utilisant la méthode du poids [34]. Un récipient vide de 250 ml est d'abord rempli de graines puis pesé. Le poids des graines est obtenu par soustraction du poids du récipient vide du poids total. Pour obtenir une densité en vrac uniforme le récipient rempli de graine a été secoué 10 fois. Le volume occupé est alors enregistré. Le processus a été répété quatre fois et la densité en vrac pour chaque répétition a été calculée selon la relation suivante : $\rho_v = \frac{m}{V}$ où m : Poids des graines (g) et V : Volume du récipient (ml)

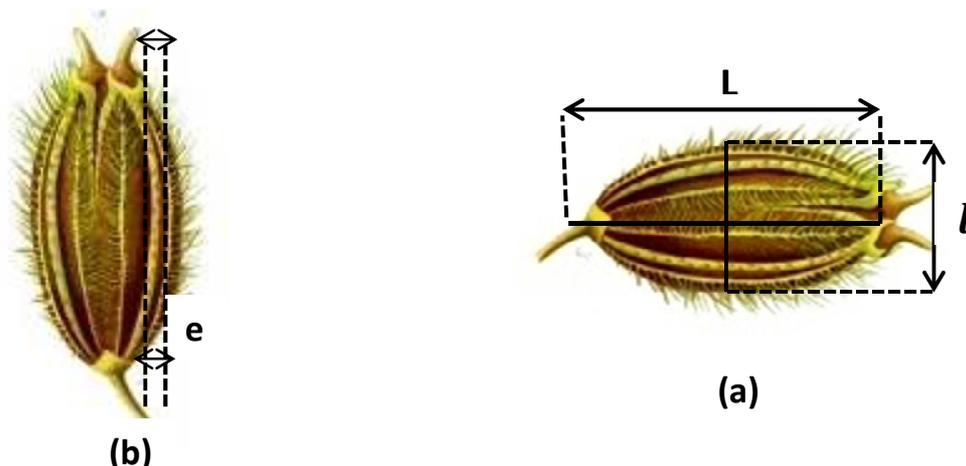


Fig 1 : Schéma des trois principales dimensions axiales du cumin : longueur (L), Largeur (l), Epaisseur (e), (a) vue de face, (b) vue de côté

2.2 ANALYSE STATISTIQUE

Les analyses statistiques des données ont été effectuées pour l'analyse de la variance et la comparaison multiple des moyennes au moyen du logiciel SPSS pour Windows version 10.0.5. La nature des relations entre les variables a été déterminée par l'analyse des corrélations.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

3.1 LES PROPRIÉTÉS PHYSIQUES

3.1.1 LES DIMENSIONS AXIALES

Les dimensions axiales des graines analysées par génotype sont présentées dans la **figure 2**. Il ressort de cette figure que les longueurs moyennes des graines varient de 5,07 à 6,18 mm, les largeurs moyennes de 1,46 à 1,76 mm et les épaisseurs moyennes de 0,76 à 0,95 mm. Par ailleurs, l'analyse statistique a révélé des différences très hautement significatives entre les génotypes du cumin pour l'ensemble des dimensions axiales étudiées. Généralement, le génotype local G_2 issu de l'Oasis d'Afrou est significativement plus longue, plus épaisse et plus large en comparaison aux autres génotypes évalués. Il a présenté des dimensions moyennes de 6,18 mm de long, 1,74 mm de large et 0,95 mm d'épaisseur avec des augmentations de 21,89 %, 18,75 % et 19,18 % respectivement par rapport au témoin. Les travaux de [34] ont montré que la longueur des graines du cumin oscille entre 5,14 à 5,58 mm, la largeur entre 1,33 à 1,55 mm et l'épaisseur entre 0,97 et 1,05 mm tandis que [35] ont indiqué que la longueur moyenne, la largeur et l'épaisseur sont de l'ordre de 5,61, 1,77 et 1,55 mm respectivement. Ces différences observées peuvent s'expliquer par une diversité génétique au sein des graines étudiées. D'ailleurs plusieurs auteurs ont montré que les propriétés physiques d'une graine varient en fonction de la teneur d'humidité, la variété et le lieu de provenance [36],[30],[22]. Les génotypes G_2 et G_3 issus du milieu oasien présentent des dimensions plus élevées que les graines de sésame et la sauge "chia" [21], [28] et inférieures à celles de l'orge [17]. En outre, l'intérêt de ces caractéristiques dimensionnelles des graines dans les différents procédés de séparation, de triage et de conditionnement a été rapporté par plusieurs auteurs [27],[16].

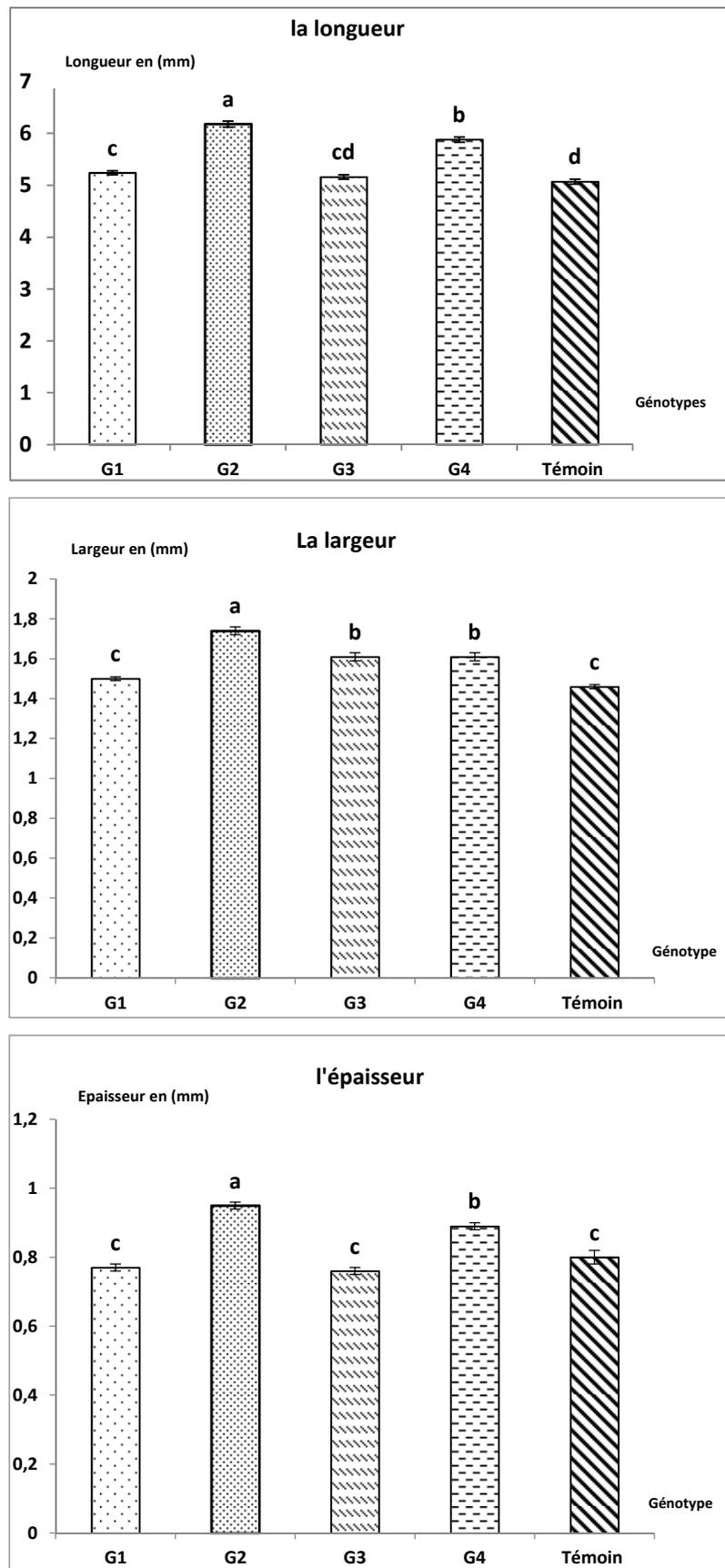


Fig 2 : Principales dimensions axiales des graines des génotypes du cumin évalués

3.1.2 LES PROPRIÉTÉS GÉOMÉTRIQUES ET GRAVIMÉTRIQUES

L'évaluation des propriétés physiques a montré une variabilité entre les géotypes du cumin pour le diamètre arithmétique, le diamètre géométrique, l'indice de sphéricité, la surface de la graine, la densité en vrac et le PMG (**Tableau 2**).

Le diamètre arithmétique moyen est compris entre 2,44 et 2,96 mm, Le diamètre géométrique moyen entre 1,80 et 2,16 et la surface moyenne entre 9,83 et 13,91 mm². Cependant, le géotype G₂ originaire de la localité d'Afrou s'est distingué par sa supériorité en comparaison aux autres géotypes testés. Aussi, l'ensemble des géotypes oasiens présentent des propriétés géométriques qui dépassent celles du témoin. Des tendances similaires ont été rapportées dans la littérature par [34] pour ces mêmes paramètres.

L'indice de sphéricité moyen se situe dans l'intervalle de 0,35 à 0,36. Ceci renseigne sur la faible tendance de la forme des graines du cumin testées vers une sphère. Egalement, le diamètre géométrique inférieur à la longueur est une indication de la forme non sphérique des graines et une confirmation de leur allongement. Toutefois, Le géotype G₃ issu de l'oasis Taaouilite et le témoin sont plus sphériques que les autres géotypes. En effet, la sphéricité est importante pour déduire la forme de la graine et la conception du dispositif de transport et d'autres équipements de stockage. D'ailleurs, plusieurs auteurs ont rapporté qu'une sphéricité élevée des graines leur permet de rouler plutôt que de glisser pendant le processus de transport [37], [28].

La densité en vrac moyenne se situe dans l'intervalle de 0,37 et 0,52 g/ml. Le témoin s'est caractérisé par la densité en vrac la plus élevée suivi des géotypes oasiens G₁, G₃ et G₄ provenant des zones de Takacha, Taaouilite et Boudib respectivement. Ces valeurs sont dans la même gamme que celle rapportée dans la littérature pour les graines du cumin [35] et inférieures à celles des graines de sésame, la sauge, le lin et le millet [21], [28], [25], [19]. La densité en vrac est un paramètre essentiel dans la détermination de la capacité du stockage et le matériel de manutention des graines [28], [38].

Le poids de mille graines varie de 3,33 à 4,67 g. Les graines du cumin issues de la localité de Takacha sont significativement plus légères que celles d'Afrou et Boudib (P=0,004). Celles-ci présentent des PMG qui se situent dans le même intervalle rapporté par [35] et supérieurs à ceux signalés par plusieurs auteurs [34],[39]. Le PMG demeure nécessaire pour une conception appropriée des appareilles de nettoyage à force aérodynamique [28], [40], [41].

Tableau 2 : Les propriétés géométriques et gravimétriques des graines des géotypes du cumin étudiés

Géotypes	Propriétés géométriques				Propriétés gravimétriques	
	Diamètre arithmétique moyen (mm)	Diamètre Géométrique moyen (mm)	Indice de sphéricité moyen	Surface moyenne de la graine (mm ²)	Densité en vrac (g/ml)	PMG (g)
G1	2,50±0,01c	1,81±0,01c	0,34±0,002b	9,83±0,15c	0,42 ± b	3,33 ± 0,33b
G2	2,96± 0,02a	2,16 ±0,02a	0,35± 0,003ab	13,91± 0,25a	0,37 ± c	4,67 ± 0,33a
G3	2,51±0,01c	1,84±0,01c	0,36 ±0,002a	10,06 ± 0,16c	0,44 ± b	4,00 ± 0,00ab
G4	2,80±0,02b	2,03±0,01b	0,34 ±0,002b	12,36 ± 0,19b	0,42 ± b	4,67 ± 0,33a
Témoin	2,44±0,02d	1,80±0,01c	0,36 ±0,004a	9,63 ± 0,17c	0,52 ± a	4,00 ± 0,00ab

Les valeurs qui sont suivies de la même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité de 5%

3.2 CORRELATION ENTRE LES CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DES GRAINES DU CUMIN EVALUEES

La matrice de corrélation illustrée au **tableau 3** met en évidence qu'une corrélation positive et hautement significative ($p = 0,01$; $r = 0,960$) est observée entre la longueur moyenne et l'épaisseur moyenne. Autrement dit, les géotypes du cumin ayant présentés les graines les plus longues sont également les plus épaisses notamment les géotypes G₂ et G₄ relevant des localités d'Afrou et Boudib respectivement. Par contre, il n'y a pas de corrélation significative entre la longueur moyenne et la largeur ($p = 0,074$; $r = 0,842$). Par ailleurs, la longueur moyenne, la largeur et l'épaisseur sont significativement liées au diamètre moyen arithmétique, le diamètre moyen géométrique et la surface moyenne d'une graine. Ce ci traduit l'effet positifs des dimensions axiales sur certaines propriétés géométriques. D'un autre côté, l'indice de sphéricité, la densité apparente et le PMG ont présenté une liaison non significative avec les autres variables mesurés. Il ressort de tout ce qui précède que les graines des géotypes oasiennes G₂ et G₄ les plus longues sont les plus larges, les plus épaisses, avec des diamètres arithmétique et géométrique les plus élevés et aussi la plus grande surface.

Tableau 3 : corrélation entre les principales caractéristiques physiques des graines du cumin évaluées.

	Longueur	Largeur	Epaisseur	Diamètre arithmétique	Diamètre géométrique	Indice de sphéricité	Surface	Densité apparente	PMG
Longueur	1	0,842	0,960**	0,997**	0,989**	-0,451	0,991**	-0,781	0,795
Largeur	0,842	1	0,751	0,880*	0,889*	-0,091	0,883*	-0,822	0,725
Epaisseur	0,960**	0,751	1	0,956*	0,966**	-0,303	0,967**	-0,592	0,853
Diamètre arithmétique	0,997**	0,880*	0,956*	1	0,997**	-0,387	0,998**	-0,785	0,817
Diamètre géométrique	0,989**	0,889*	0,966**	0,997**	1	-0,313	1,000**	-0,749	0,845
Indice de sphéricité	-0,451	-0,091	-0,303	-0,387	-0,313	1	-0,330	0,550	0,000
Surface	0,991**	0,883*	0,967**	0,998**	1,000**	-0,330	1	-0,756	0,834
Densité apparente	-0,781	-0,822	-0,592	-0,785	-0,749	0,550	-0,756	1	-0,350
PMG	0,795	0,725	0,853	0,817	0,845	0,000	0,834	-0,350	1

** la corrélation est significative au niveau 0.01 * la corrélation est significative au niveau 0.05

4 CONCLUSION

L'étude réalisée nous a permis de caractériser sur le plan physique les graines du cumin provenant du milieu oasien. Les géotypes étudiés sont très variables en taille, en propriétés géométriques et gravimétriques. Ces différences observées pourraient s'expliquer par une diversité génétique au sein des graines étudiées. Cette variabilité génétique mérite d'être examinée et exploitée dans les programmes d'améliorations variétales. Généralement, les géotypes G₂ et G₄ issus des localités d'Afrou et Boudib respectivement affichent une supériorité pour l'ensemble des paramètres mesurés en comparaison aux autres géotypes évalués. Aussi, cette étude nous a permis d'élargir les connaissances sur le cumin oasien et fournir des données utiles pour le traitement technologique des graines ce qui peut, sans doute, contribuer d'une part à la valorisation du potentiel de production et d'autre part à résoudre la rareté de la main d'œuvre en milieu oasien. D'autres études doivent être menées pour étudier les caractères agro morphologiques dans la perspective d'identifier parmi ces géotypes oasiens, ceux qui ont une valeur agronomique intéressante.

REFERENCES

- [1] L. Bézanger-Beauquesne, M. Pinkas, M. Torck, Les plantes dans la thérapeutique moderne. 2^{ème} édition, Maloine (éd.), Paris., pp. 469, 1986.
- [2] H. Hajlaoui, H. Mighri, E. Noumi, M. Snoussi, N. Trabelsi, R. Ksouri, A. Bakhrouf, Chemical composition and biological activities of Tunisian *Cuminum cyminum* L. essential oil : a high effectiveness against *Vibrio* spp. strains. Food Chem Toxicol 48(8–9), pp.2186–2192, 2010.
- [3] T.K. Lim, Cuminum cyminum. Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants. Fruits, Volume 5. Springer Science + Business Media Dordrecht. DOI 10.1007/978-94-007-5653-3_3, 2013.
- [4] A. El-Hamidi, SS. Ahmed, The content and composition of some Umbelliferous essential oils. Pharmazie 21, pp. 438–439, 1966.
- [5] KHC. Baser, M. Kurkcuoglu, T. Ozek, Composition of the Turkish cumin seed oil. J Essent Oil Res 4(2), pp 133–138, 1992.
- [6] K. Sahana, S. Nagarajan, LJM. Rao Cumin (*Cuminum cyminum* L) seed volatile oil: chemistry and role in health and disease. In : Preedy VR, Watson RR, Patel VB (eds) Nuts and seeds in health and disease prevention. Academic Press, London, pp. 417–427, 2011.
- [7] B. Shan, Y. Z. Cai, M. Sun, H. Corke, Antioxidant capacity of 26 spice extracts and characterization of their phenolic constituents. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53, pp. 7749–7759, 2005.
- [8] USDA, Agricultural Research Service. USDA National nutrient database for standard reference, release 25. Nutrient Data, 2012.
- [9] V. Ani, M. C. Varadaraj, K. A. Naidu, Antioxidant and antibacterial activities of polyphenolic compounds from bitter cumin (*Cuminum nigrum* L.). European Food Research and Technology, 224, pp.109-115, 2006.
- [10] M. Jalali-Heravi, B. Zekavat, H. Sereshti, Use of gas chromatography mass spectrometry combined with resolution methods to characterize the essential oil components of Iranian cumin and caraway. Journal of Chromatography A, 1143, pp.215-226, 2007.
- [11] P. Hashemi, M. Shamizadeh, A. Badiiei, A. R.Ghiasvand, K. Azizi, Study of the essential oil composition of cumin seeds by an amino ethyl-functionalized nanoporous SPME fiber. Chromatographia, 70, pp.1147-1151, 2009.
- [12] T. Allahghadri, I. Rasooli, P. Owlia, M. J. Nadooshan, T. Ghazanfari, M. Taghizadeh, Antimicrobial property,

- antioxidant capacity, and cytotoxicity of essential oil from cumin produced in Iran. *Journal of Food Science*, 75 (2), pp.H54-H61, 2010.
- [13] I. Bettaieb, S. Bourgou, WA. Wannes, I. Hamrouni, F. Limam, B. Marzouk, Essential oils, phenolics, and antioxidant activities of different parts of cumin (*Cuminum cyminum* L.). *J Agric Food Chem* 58 (19), pp. 10410–10418, 2010.
- [14] DS. Gagandeep, E. Méndiz, AR. Rao, RK. Kale, Chemopreventive effects of *Cuminum cyminum* in chemically induced forestomach and uterine cervix tumors in murine model systems. *Nutr Cancer* 47(2), pp. 171–180, 2003.
- [15] A. Sessiz, R. Esgici, S. Kızıl, Moisture-dependent physical properties of caper (*Capparis ssp.*) fruit. *J. Food Eng.*, 79, pp.1426-1431, 2007.
- [16] W.K. Solomon, A.D. Zewdu, Moisture-dependent physical properties of niger (*Guizotia abyssinica* Cass.) seed. *Ind. Crop. Prod.*, 29, pp.165-170, 2009.
- [17] C.A. Sologubika, L.A. Campanone, A.M. Pagano, M.C. Gely, Effect of moisture content on some physical properties of barley. *Industrial Crops and Products*. 43, pp.762– 767, 2013.
- [18] E.A. Baryeh, B.K. Mangope, Some physical properties of QP-38 variety pigeon pea. *Journal of Food Engineering*. 56, pp. 59–65. 2002.
- [19] E.A. Baryeh, Some physical properties of Millet. *Journal of Food Engineering*. 51, pp. 39–46, 2002.
- [20] I. Yalçın, O. Ozarslan, Physical Properties of Vetch Seed. *Biosystems Engineering*. 88 (4), pp.507–512, 2004.
- [21] T.Y. Tunde-Akintunde, B.O. Akintunde, Some physical properties of Sesame seed. *Biosyst. Eng.* 88, pp.127–129, 2004.
- [22] E. Karababa, Physical properties of popcorn kernels. *Journal of Food Engineering*. 72, pp.100–107, 2006
- [23] E. Baumler, A. Cuniberti, S.M. Nolasco, I.C. Riccobene, Moisture dependent physical and compression properties of safflower seed. *J. Food Eng.* 72, pp.134–140, 2006
- [24] Y. Coskuner, E. Karababa, Physical properties of coriander seeds (*Coriandrum sativum* L.). *J. Food Eng.* 80, pp. 408–416, 2007.
- [25] Y. Coskuner, E. Karababa, Some physical properties of flaxseed (*Linum usitatissimum* L.). *J. Food Eng.* 78, pp.1067–1073, 2007.
- [26] S.M.A. Razavi, B. Emadzadeh, A. Rafe, A. Mohammad Amini, The physical properties of pistachio nut and its kernel as a function of moisture content and variety : Part I. Geometrical properties. *Journal of Food Engineering*. 81, pp.209–217, 2007.
- [27] M. Cetin, Physical properties of barbutia bean (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Barbutia) seed. *Journal of Food Engineering*. 80, pp.353–358, 2007.
- [28] V.Y. Ixtainaa, S.M. Nolascoa, M.C. Tomas, Physical properties of chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. *Industrial crops and products*. 28, pp. 286–293, 2008.
- [29] V. Sharma, L. Das, R.C. Pradhan, S.N. Naik, N. Bhatnagar, R.S. Kureel, Physical properties of tung seed: Industrial oil yielding crop. *Industrial Crops and Products*. 33, pp. 440–444, 2011.
- [30] N.A. Aviara, P.P. Power, T. Abbas, Moisture-dependent physical properties of Moringa oleifera seed relevant in bulk handling and mechanical processing. *Industrial Crops and Products*. 42, pp. 96–104, 2013.
- [31] N.N. Mohsenin, *Physical Properties of Plant and Animal Materials*. Gordon and Breach Science Publishers, New York, 1970.
- [32] D. C. Joshi, S. K. Das, R. K. Mukherjee, Physical properties of pumpkin seeds. *J Agric Eng Res*, 54, pp.219-229, 1993.
- [33] A. Tabatabaeefar, Moisture-dependent physical properties of wheat. *Inter Agrophysic*, 17, pp. 207-211, 2003.
- [34] K. Mollazade, H. Ahmadi, J. Khorshidi, A. Rajabipour, S.S. Mohtasebi, Moisture-dependent physical and mechanical properties of cumin (*Cuminum cyminum* L.) seed. *Int J Agric et Biol Eng*. Vol. 2 No.2, 2009.
- [35] K.K. Singh, T.K. Goswami, Physical properties of Cumin seed. *J. Agric. Eng. Res.* 64, pp. 93–98, 1996.
- [36] K. Koura, P.I.G. Ouidoh, P. Azokpota, J.C. Ganglo, D.J., Hounhouigan, Caractérisation physique et composition chimique des graines de *Parkia biglobosa* (Jacq) en usage au Nord Bénin. *Journal of Applied Biosciences*. 75, pp.6232– 6238, 2014.
- [37] S.M. Mpotokwane, E. Gaditlhatlhelwe, A. Sebaka, V.A. Jideani, Physical properties of Bambara groundnuts from Botswana. *J. Food Eng.*, 89, pp. 93-98, 2008.
- [38] K.J. Simonyan, Y.D. Yiljep, O.B. Oyatoyan, G.S. Bawa, Effects of moisture content on some physical properties of Lablab purple (L.) sweet seeds. *Agri-cultural Engineering International: The CIGR e-Journal XI*, manuscript 1279, 2009.
- [39] S. Alinian, J. Razmjoo, Phenological, yield, essential oil yield and oil content of cumin accessions as affected by irrigation regimes. *Industrial Crops and Products*. 54, pp.167–174, 2014.
- [40] S.M.T. Gharibzahedi, V. Etemad, J. Mirarab-Razi, M. Foshat, Study of some engineering attributes of pine nut (*Pinus pinea*) to design of processing equip-ment. *Research in Agricultural Engineering* 56 (3), pp.99-106, 2010.
- [41] M. Shakeri, R. Khodabakhshian, The physical attributes of safflower seed as a function of moisture content, variety and size. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities* 14 (3), article 06, 2011.