



Conservation post-récolte des semences de maïs (*Zea mays* L.) : Impact de la nature des emballages et des conditions de stockage sur la qualité des lots en report

Ibouroi TAOUIK^{1*}, Mamadou NDOYE², Godar SENE¹, Samba Laha KA¹, Moustapha GUEYE³.

1. Département Biologie Végétale, Faculté des Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta DIOP, BP : 5005 Dakar, Sénégal.

2. Laboratoire nationale d'analyse des semences, Division des Semences (DISEM), BP 84 Dakar, Sénégal

3. Centre de Recherches Zootechniques de Kolda, ISRA/ CRZ, BP : 53 Kolda, Sénégal.

*Auteur pour correspondance : courriel : ibouroit@gmail.com

Mots clés : maïs, semences en report, condition de stockage, emballages, qualité.

Keywords: maize (*Zea mays* L.), carry-over, seed, storage, conditions, packaging, quality

Submitted 15/07/2024, Published online on 30th September 2024 in the [Journal of Animal and Plant Sciences \(J. Anim. Plant Sci.\) ISSN 2071 – 7024](#)

1 RESUME

Le milieu de conservation et la nature des emballages constituent des facteurs importants pour la préservation de la qualité des semences. L'évaluation de celle-ci permet d'identifier les meilleurs emballages et meilleurs conditions de stockages pour maintenir la qualité des semences. L'étude a été réalisée sur deux variétés de maïs (*Noor 96* et *Goor Yomboul*) stockées pendant 12 mois dans différents emballages et milieux. Un dispositif complètement aléatoire avec un arrangement factoriel était utilisé. Il était constitué de trois facteurs avec différentes modalités ; milieu de stockage (chambre réfrigérée, chambre froide et milieu ambiant), la nature de l'emballage (papier kraft, sac en polypropylène et sac en jute) et la variété (*Noor 96* et *Goor Yomboul*). Les analyses ont été effectuées selon les règles de l'ISTA. Les paramètres physiques (la teneur en eau), physiologiques (faculté germinative, longueur des plantules et indice de vigueur) et sanitaires (taux de semences attaquées par les insectes) ont été mesurés. Les résultats ont montré que les chambres réfrigérées (4,1- 6,9°C) et froide (10,7-13,2°C) présentent des meilleures aptitudes à conserver la faculté germinative des semences soit respectivement 96% et 97% par rapport au milieu ambiant. En revanche les graines stockées dans les conditions en milieu ambiant (23,5- 30,4°C) ont montré un taux de germination de 85%. Ces lots de graines ne répondent pas aux normes édictées par la CEDAO. En plus, dans ces deux milieux la longueur des plantules et l'indice de vigueur se sont révélées plus importantes qu'en milieu ambiant, soit respectivement 31,2 cm et 2987 (chambre réfrigérée) et 28,2 cm et 2727 (chambre froide). Le taux d'attaque par les insectes a été élevé dans le milieu ambiant (3,0%) par rapport aux deux chambres (0,0%). Une teneur en eau de 11,1% de la graine a été notée dans la chambre réfrigérée et elle est restée faible dans le papier kraft (11,9) et le sac en polypropylène (11,8). Alors que la teneur est élevée dans le milieu ambiant (12,4) et dans le sac en jute (12,4). Pour maintenir la qualité initiale des lots de semences en reports, cette étude recommande la conservation des semences dans des sacs en papier kraft ou en polypropylène et un stockage en conditions de chambre froide et réfrigérée.

ABSTRACT



The storage environment and the nature of the packaging are important factors in preserving seed quality. The evaluation of this allows to identify the best packaging and storage conditions to maintain the quality of seeds. The study was conducted on two varieties of maize (Noor 96 and Goor Yomboul) stored for 12 months in different packages and media. A completely random device with a factor arrangement was used. It was made up of three factors with different modalities; storage medium (refrigerated room, cold room and ambient environment), the nature of the packaging (kraft paper, polypropylene bag and jute bag) and variety (Noor 96 and Goor Yomboul). The analyses were carried out according to ISTA rules. Physical (water content), physiological (germination capacity, length of seedlings and vigor index) and sanitary (rate of seed attacked by insects) parameters were measured. The results showed that the refrigerated (4.1-6.9°C) and cold (10.7-13.2°C) chambers show the best ability to maintain seed germination, 96% and 97%, respectively, compared to the ambient environment. On the other hand, seeds stored in ambient conditions (23.5-30.4°C) showed a germination rate of 85%. These seed lots do not meet the standards set by ECOWAS. In addition, in these two environments the length of the seedlings and the vigor index were found to be greater than in ambient environment, respectively 31.2 cm and 2987 (refrigerated room) and 28.2 cm and 2727 (cold room). The rate of insect attack was high in the ambient environment (3.0%) compared to both chambers (0.0%). An 11.1% moisture content of the seed was noted in the refrigerated chamber and it remained low in the kraft paper (11.9) and polypropylene bag (11.8). While the content is high in the ambient environment (12.4) and in the jute bag (12.4). To maintain the initial quality of seed lots in carry-over, this study recommends storing seeds in kraft paper or polypropylene bags and storage in cold and refrigerated conditions.

2 INTRODUCTION

Le maïs (*Zea mays*.L.) est l'une des cultures les plus importantes pour l'alimentation humaine. Il constitue l'une des principales cultures céréalières mondiales qui assure un rôle important sur la sécurité alimentaire. Cependant, il a été constaté que 25 à 33% des semences céréalière sont perdues chaque année dans le monde à cause des conditions de stockages (FAO, 2019). Cette situation est beaucoup plus récurrente et significative dans les pays en voie de développement où le déficit alimentaire et la démographie s'accroissent de jour en jour. Au Sénégal, le maïs représente la troisième céréale la plus produite après le mil et le riz (DAPSA, 2019). Le stockage/conservation des semences est une étape particulièrement importante du fait des changements globaux. De ce fait, l'entreposage des semences est très diversifié et dépend de la disponibilité des matériaux de construction (Benlameur, 2016). La réussite de cette entreposage et le maintien de la qualité des

semences dépendent également de plusieurs facteurs comme l'environnement de stockage (température et humidité), le type d'emballage utilisé, la teneur en eau des graines (Turner, 2013 ; Chala & Bekana, 2017 ; Baributsa et Cristine, 2020 ; Rahmawati & Aqil, 2020). À cet effet, la relation entre facteurs de stockage et détérioration de la viabilité de la graine continuent de faire l'objet de plusieurs études. La température et l'humidité constituent les principaux paramètres physiques de détérioration de la graine (Harrington & Kozlowski, 1972 ; Croatia *et al.*, 2015; Chala & Bekana, 2017). Des auteurs ont montré que des conditions de températures élevées et d'humidité relative dans le milieu de stockage accélèrent les activités biologiques des organismes vivants, le développement des microorganismes et des insectes qui provoquent une diminution plus rapide de la viabilité et de la vigueur des semences (Oyekale *et al.*, 2012 ; Suma *et al.*, 2013 ; Shalaby &



Shahein, 2021). Par ailleurs, certains auteurs ont confirmé que ; ce phénomène de vieillissement des graines peut être ralenti si le stockage est fait à certaines température (WatiRahma & Aqil, 2020 ; Shalaby & Shahein, 2021). L'utilisation d'un emballage approprié peut contribuer à minimiser les pertes quantitatives et qualitatives (Chala & Bekana, 2017). Cependant, le matériel constituant l'emballage repose sur un ensemble de critères comme le coût, la disponibilité du matériel, la facilité de manutention et d'entreposage, la protection contre les conditions environnementales, la possibilité de faire figurer des informations et de prélever facilement un échantillon (Cruz *et al.*, 2016). Il a été montré également que le type d'emballage utilisé peut avoir un effet sur les qualités germinatives des semences et donc un effet sur la viabilité des graines (Baributsa et Cristine, 2020). Sur quatre types d'emballages utilisés pour le stockage de semences, il a été constaté que le sac en jute a subi plus de dégâts sur le taux d'attaques aux insectes par rapport aux autres types d'emballages (Wambugu *et al.*, 2009). En Afrique sub-saharienne, le stockage

de semences de maïs peut s'étaler sur une longue période, d'une campagne agricole à une autre. En effet, les lots de semences du maïs produites sur la période de campagne agricole et certifiées par les organismes compétents peuvent faire l'objet d'un report jusqu'à la prochaine campagne agricole à cause d'une mévente ou d'un surplus de production. Plusieurs facteurs influencent la qualité germinative de ces semences en report, impactant ainsi leur valeur culturelle, commerciale et parfois leur retrait dans le marché semencier à cause d'une insatisfaction des normes de certification de la sous-région CEDEAO. Des nouvelles analyses sont parfois nécessaires pour vérifier la faculté germinative avant toute commercialisation. Cette étude s'est fixée comme objectif d'évaluer l'impact de la nature des emballages et des conditions de stockage et de conservation sur la qualité physique, physiologique et sanitaire des semences de maïs. Les résultats obtenus ont permis d'identifier les meilleurs emballages et conditions de stockage et de conservation pour maintenir la qualité initiale des lots en report de semences de maïs.

3 MATÉRIEL ET MÉTHODES

3.1 Variétés de maïs utilisées : Cette étude a été réalisée de juillet à Décembre 2022 au niveau du laboratoire national de la Division des Semences du Sénégal (DISEM) de la Direction de l'Agriculture (DA). Les lots de de semences en report de deux variétés de maïs certifiées en 2021 ont été utilisés. Il s'agit des variétés *Noor 96* ou *Early Thai* (maïs jaune, cycle cultural 80 jours) et *Goor Yomboul* ou *Suman 1* (maïs jaune à cycle cultural comprise entre 90 et 100 jours).

3.2 Conditionnements et milieux de conservation des semences: Après certification des lots de semences, des échantillons de 1 kg ont été prélevés pour chaque variété et conditionnés dans trois emballages différents avant d'être stockés dans trois milieux différents pendant 1 an. Le matériel de conditionnement des semences était constitué de trois types de sacs : en jute,

en polypropylènes et en papiers Kraft. Ces trois types d'emballages ont été stockés dans trois environnements différents : milieu ambiant, chambre froide et chambre réfrigérée. Trois facteurs ont été étudiés, l'environnement de stockage et de conservation avec trois modalités (chambre réfrigérée, chambre froide et milieu ambiant), la nature de l'emballage avec trois modalités (papier kraft, sac en polypropylène et sac en jute) et la variété avec deux modalités (*Noor 96* et *Goor Yomboul*). Le dispositif expérimental était complètement aléatoire avec un arrangement factoriel, avec 18 le nombre de traitements définis, répétés 4 fois.

3.3 Mesure et suivi de la qualité des semences

3.3.1 La température des milieux : Elle a été déterminée grâce à une sonde ou un capteur connecté aux trois milieux et qui permet



d'enregistrer toute variation de la température durant toute la période de conservation.

Tableau 1 : Variations des températures moyennes dans les trois milieux de conservations

Milieu de conservation	Température (°C)		
	Minimum	Moyenne	Maximum
Milieu ambiant	23,5	26,0	30,4
Chambre froide	10,7	11,7	13,2
Chambre réfrigérée	3,0	4,1	6,9

3.3.2 Teneur en eau (TES) : Un échantillon de 10g soit 3 à 4 cuillerées, a été broyé à l'aide d'un broyeur équipé d'un système de refroidissement, puis pesé dans une balance de précision. Le broyat est ensuite mis dans les nacelles avec un poids qui varie entre 4 et 5g, puis pesé à la balance de précision avant de les mettre à l'étuve réglé à 131,5°C pendant 4heures. Les nacelles sont retirées de l'étuve puis placées dans un dessiccateur pendant 30 minutes pour refroidir. Elles ont été ensuite pesées à l'aide de la balance (ISTA, 2021). La teneur en eau a été déterminée par la formule suivante :

$$TES(\%) = \frac{M2 - M3}{M2 - M1} * 100$$

Avec

- M1 est le poids en gramme du récipient et de son couvercle.
- M2 est le poids en gramme du récipient, de son couvercle et de son contenu avant séchage.
- M3 est le poids en gramme du récipient de son couvercle et de son contenu après séchage.

• **Taux des semences attaquées par les insectes (TSAI)** : il représente le poids de semences attaquées par les insectes (PSAI) dans un échantillon donné. L'analyse consistait à séparer les semences attaquées par les insectes et ceux qui ne le sont pas.

$$TSAI(\%) = \frac{PSAI}{\text{poids de l'échantillon}} * 100$$

• **Faculté germinative (FG)** : Quatre échantillons répétés ont été semés dans des

boîtes en plastiques remplies du sable de dune à raison de 100 graines chacun, puis placés dans une enceinte de germination réglée à 25°C. Le septième jour les semis ont été évalués puis classés en 3 catégories : les plantules normales, les plantules anormales et les graines non germées ou mortes (ISTA, 2021). Le pourcentage de germination a été ensuite calculé par la relation :

$$FG(\%) = \frac{\text{Plantules normales}}{\text{Nombre de graines semées}} * 100$$

• **Longueur des plantules** : À la fin de l'essai de germination au moment du comptage, 10 plantules ont été choisies pour mesurer la longueur des plantules (LP) à l'aide d'une règle graduée.

• **Indice de vigueur (Iv)** : Il a été calculé par la relation donné par Abdul Bakri (1973).

$$Iv = FG \times LP$$

Avec : FG : Faculté Germinative et LP : longueur de la plantule

3.3.3 Analyses statistiques : Les données obtenues ont été saisies sur le tableur Excel. Le logiciel Statistix version 10.0 a été utilisé pour réaliser l'analyse de la variance (ANOVA), sur un modèle linéaire général (MLG). Le test de comparaison des moyennes a été effectué par la méthode *Least Significant Difference* (LSD) au seuil de 5 %.



4 RÉSULTATS

4.1 Variation de la température : Dans le milieu ambiant, la température a varié de 23,5°C à 30,4°C. En chambre froide la fluctuation était de 10,7°C à 13,2°C. La chambre réfrigérée enregistre comme valeur minimale 3,0°C et comme valeur maximale 6,9°C.

4.2 Effet des milieux de conservations, de la variété et de l'emballage sur les paramètres physiques des semences : Les résultats obtenus sur l'effet des milieux de

conservations, des variétés et des emballages sur la teneur en eau sont consignés dans le **Tableau 2.** L'analyse de la variance (ANOVA) suivie du test de LSD révèle que la teneur en eau a varié significativement en fonction de la variété, de l'emballage et du milieu. Les valeurs les plus fortes de la teneur en eau ont été notées chez la variété *Early thai* ($12,10 \pm 0,1$), le sac en jute ($12,2 \pm 0,1$), en milieu ambiant ($12,4 \pm 0,1$) et en chambre froide ($12,4 \pm 0,0$).

Tableau 2 : Effet de la variété, de l'emballage et du milieu sur l'activité de l'eau, la teneur en eau et le poids de 1000 graines de maïs.

Source de variation	Teneur en eau (%)
Variété (V)	
Early thai	$12,1 \pm 0,1^a$
Suwan 1	$11,8 \pm 0,1^b$
Emballage (E)	
Papier Kraft	$11,9 \pm 0,1^b$
Polypropylène	$11,8 \pm 0,1^b$
Sac en Jute	$12,2 \pm 0,1^a$
Milieux de conservation (M)	
Chambre Froide	$12,4 \pm 0,0^a$
Chambre Réfrigérée	$11,1 \pm 0,1^b$
Milieu ambiant	$12,4 \pm 0,1^a$
Moyenne \pm écart type (n=4)	$12,0 \pm 0,8$
Coefficient de Variation (%)	1,54
Probabilité et signification du test	
V	0,0000 ***
E	0,0000 ***
M	0,0000 ***
V*E	0,1925 ^{ns}
V*M	0,0018 **
E*M	0,0000 ***
V*E*M	0,0002 ***

4.3 Effet des milieux de conservation, de la variété et de l'emballage sur les paramètres physiologiques des semences : Le **Tableau 3** présente les résultats obtenus sur la faculté germinative, la longueur des plantules et l'indice de vigueur des plantules. Les

paramètres physiologiques sont significativement influencés par le milieu de stockage. Les résultats ne montrent que des différences significatives des milieux de stockages ($p = 0,0000$) sur la faculté germinative. La faculté germinative la plus



élevée a été notée en chambre froide (97 ± 0) et en chambre réfrigérée (96 ± 1). En revanche, l'influence est beaucoup plus importante dans le milieu ambiant où la faculté germinative est de (85 ± 1). La longueur des plantules et l'indice de vigueur ont été significativement affectés par le milieu de conservation. La

longueur de plantule la plus élevée ($31,2 \text{ cm} \pm 0,3$) et l'indice de vigueur le plus important (2987 ± 45) ont été notés dans la chambre réfrigérée. Ces paramètres diminuent de façon considérable dans le milieu ambiant ($25,7 \text{ cm} \pm 0,4$) et (2180 ± 38).

Tableau 3 : Effet de la variété, de l'emballage et du milieu sur la faculté germinative, la longueur des plantules et l'indice de vigueur.

Source de variation	Faculté germinative (%)	Longueur des plantules (cm)	Indice de vigueur
Variété (V)			
Early thaï	$93,0 \pm 1,0$	$28,4 \pm 0,5$	2653 ± 68
Suwan 1	$92,0 \pm 1,0$	$28,3 \pm 0,5$	2609 ± 62
Emballage (E)			
Papier Kraft	$93,0 \pm 1,0$	$28,2 \pm 0,5$	2618 ± 73
Polypropylène	$92,0 \pm 1,0$	$28,2 \pm 0,6$	2614 ± 81
Sac en Jute	$92,0 \pm 1,0$	$28,7 \pm 0,7$	2663 ± 87
Milieu de conservation (M)			
Chambre Froide	$97,0 \pm 0,0^a$	$28,2 \pm 0,3^b$	2727 ± 35^b
Chambre Réfrigérée	$96,0 \pm 1,0^a$	$31,2 \pm 0,3^a$	2987 ± 45^a
Milieu ambiant	$85,0 \pm 1,0^b$	$25,7 \pm 0,4^c$	2180 ± 38^c
Moyenne \pm écart type (n=4)	$92,0 \pm 6,0$	$28,4 \pm 2,9$	$2631 \pm 389,3$
Coefficient de Variation (%)	3,78	6,26	7,06
Probabilité et signification			
V	0,2853 ^{ns}	0,7314 ^{ns}	0,3197 ^{ns}
E	0,9686 ^{ns}	0,4929 ^{ns}	0,5975 ^{ns}
M	0,0000 ^{***}	0,0000 ^{***}	0,0000 ^{***}
V*E	0,7585 ^{ns}	0,4425 ^{ns}	0,3204 ^{ns}
V*M	0,4561 ^{ns}	0,3028 ^{ns}	0,2959 ^{ns}
E*M	0,6506 ^{ns}	0,6362 ^{ns}	0,9032 ^{ns}
V*E*M	0,6602 ^{ns}	0,1312 ^{ns}	0,0872 ^{ns}

4.4 Effet des milieux de conservations, de la variété et de l'emballage sur les paramètres sanitaires des semences : L'analyse de la variance suivie du test LSD montre que, le taux de semences attaquées par les insectes est significativement influencé par le milieu et le type d'emballage ($p = 0,0000$).

Les valeurs les plus faibles étaient enregistrées dans la chambre réfrigérée et froide ($0,0 \pm 0$) et le papier kraft ($0,6 \pm 0,2$). L'effet est plus important avec le sac en jute ($1,5 \pm 0,4$) et visible uniquement dans le milieu ambiant ($3,0 \pm 0,3$).

**Tableau 4** : Effet de la variété, milieu et emballage sur le taux d'attaque d'insectes sur les semences.

Source de variation	Taux des semences attaquées par les insectes (%)
Variété (V)	
Early thaï	1,3 ± 0,3 ^a
Suwan 1	0,7 ± 0,2 ^b
Emballage (E)	
Papier Kraft	0,6 ± 0,2 ^c
Polypropylène	0,9 ± 0,3 ^b
Sac en Jute	1,5 ± 0,4 ^a
Milieu de conservation (M)	
Chambre Froide	0,0 ± 0 ^b
Chambre Réfrigérée	0,0 ± 0 ^b
Milieu ambiant	3,0 ± 0,3 ^a
Moyenne ± écart type (n=4)	1,0 ± 1,7
Coefficient de Variation (%)	31,04
Probabilité et signification	
V	0,0000 ***
E	0,0000 ***
M	0,0000 ***
V*E	0,0067 *
V*M	0,0000 ***
E*M	0,0000 ***
V*E*M	0,0009 ***

5 DISCUSSION

La température est l'un des paramètres qui influence la détérioration des graines (Chala & Bekana, 2017 ; Ouahzizi B. *et al.*, 2022). Une diminution de 5°C de la température prolongera deux fois la durée de vie des graines stockées (Harington, 1972). En plus, toute augmentation de la température ou de l'humidité relative provoque directement une réduction de la durée de vie des semences stockées (Turner, 2013). Des travaux antérieurs ont montré que des températures et une humidité relative de stockage élevées accélèrent la détérioration des graines et provoquent ainsi leur vieillissement (Shalaby & Shahein, 2021 ; Ouahzizi B. *et al.*, 2022). Cependant, la détérioration des graines peut être ralenti si la température et l'humidité des graines sont faibles (Shalaby & Shahein, 2021). Dans le cas de cette étude, les résultats de la teneur en eau

dans les différents facteurs considérés montrent des différences significatives. Celles-ci peuvent être expliquées par la nature hygroscopique de la semence (Turner, 2013). Il est connu qu'une semence peut absorber et perdre de l'eau en fonction de la température et de l'humidité relative du milieu (Cruz *et al.*, 2016). Il a été constaté durant l'expérimentation une variation de la température dans les différents milieux. Le suivi de ces variations thermique ; a montré que la teneur enregistrée dans le milieu ambiant n'est pas conforme aux normes CEDEAO de certification des semences de maïs fixée à 12,0%. Toutefois, la valeur critique de la teneur en eau des céréales fixée entre 4,5% - 5% n'est pas franchie (Rao *et al.*, 2006). Ces résultats sont similaires à ceux rapportés dans des études antérieures (Reed, 2005 ; Oyekale *et al.*, 2012 ;



Geetanjali *et al.*, 2019). Quant à l'augmentation de la teneur en eau dans le sac en jute s'explique également par la présence des micros perforations facilitant ainsi les échanges atmosphériques entre la graine et son milieu de conservation. Les paramètres physiologiques enregistrent une différence significative sur le milieu de conservation. Cette situation peut être expliquée par les températures élevées, qui favorisent le développement des insectes et entraînent l'échauffement des graines et leur détérioration par diminution de la capacité germinative : entraînant une réduction de leur viabilité (FAO, 2019), comme le montre le milieu ambiant. En effet, la faculté germinative enregistrée dans le milieu ambiant n'est pas conforme aux normes CEDEAO de certification fixée à 90%, contrairement aux deux autres milieux, dont leur faculté dépasse largement les normes édictées. Ces résultats corroborent ceux trouvés par Alhamdan *et al.* (2011) et Geetanjali *et al.* (2019) sur des semences maraichères. En outre, Genes et Nyomora (2018) et Ouahzizi B. *et al.*, (2022) ont montré que la température d'entreposage affecte négativement la capacité germinative des semences. De même Khatri *et al.* (2019) ont montré qu'une teneur faible en eau et une température basse augmentent le pourcentage de germination, comme le cas des chambres froide et réfrigérée. Toutefois, nos résultats confirment ceux de Al-Yahya (2001) qui montrent que le pourcentage de germination diminue lorsque les dommages mécaniques augmentent, corroborant ainsi avec les résultats du milieu ambiant. Il a été constaté une diminution de la longueur des plantules ainsi que la vigueur dans le milieu ambiant, qui s'expliquent par une baisse de la faculté germinative des semences stockées dans cet environnement. Ces résultats sont comparables à ceux trouvés par Assefa & Srinivasan (2016) et Shahein (2021). Ces auteurs ont montré que la germination des graines et la vigueur des plantules diminuent de manière significative si les graines sont stockées à des températures et à une humidité très élevées. Ces conditions de

stockage entraînent une diminution de la longueur des plantules et l'indice de vigueur. En revanche, ces paramètres physiologiques restent maintenus avec une humidité relative et une température de stockage très basse, comme le montre la chambre froide et réfrigérée. Les effets observés sur les paramètres physiologiques ne sont pas significatifs sur le type d'emballage, ce qui peut être dû aux conditions d'entreposage dans le milieu. Ces résultats ne corroborent pas les résultats trouvés par N'Gesso *et al.* (2010), Cristine (2020), Shahein & Shalaby (2021), qui montrent que l'emballage a un effet sur la qualité germinative des semences. De même que le type d'emballage a un effet sur la qualité sanitaire des semences. Sur les paramètres sanitaires la différence significative notée sur le milieu de conservation et l'emballage, peut être due à la température du milieu de stockage et au type d'emballage qui présente des micros perforations pouvant faciliter la circulation de l'air et le développement des insectes, comme le cas du milieu ambiant et le sac en jute. Nos résultats sont en accord avec ceux de Dieudonné & Cristine (2020) qui ont montré que l'effet enregistré sur le type d'emballage est dû au fait que certains emballages préservent les semences de l'infestation par les insectes, garantissant ainsi la qualité de la graine. En plus, Baldassari *et al.* (2005) montrent qu'à basse température le développement des insectes n'est pas favorable. Nos résultats obtenus dans la chambre réfrigérée et froide corroborent ceux de Baldassari *et al.* (2005) et Ziegler *et al.* (2015). Une étude réalisée par Wambugu *et al.* (2009) montre également que le sac en jute est l'emballage dont les insectes ont causé le plus de dommages. Les résultats des interactions entre les facteurs étudiés et les paramètres physiques ont montré que : la teneur en eau a été influencée de manière significative sur l'ensemble des interactions considérées. La seule exception a été notée pour l'interaction entre variété et emballage (V*E) où la différence est non significative. Les interactions entre les facteurs étudiés sont restées sans effets sur la faculté germinative, la



longueur des plantules et l'indice de vigueur. Ces résultats sont en désaccord avec ceux de Shahein et Shalaby (2021). Ces auteurs ont montré une interaction significative entre le type d'emballage et l'humidité relative en référence à la température sur le taux de germination et la longueur des plantules. De plus, l'ensemble des interactions sont très significatives sur le taux de semences attaquées par les insectes. L'interaction entre variété et emballage (V*E) est sans effets sur la teneur en eau. Ces résultats suggèrent que ces deux variables ne sont pas à eux seuls déterminants sur le comportement des semences. Leurs effets ne se manifestent significativement que lorsqu'ils sont combinés ou couplés avec le milieu de conservation. Cela signifie que les deux variables n'agissent pas en synergie, pas d'interaction positive entre ces deux variables, donc les variables sont indépendantes.

6 CONCLUSION

Cette étude est une contribution à l'amélioration des conditions de stockages et de conservations des semences de maïs. Les résultats montrent que le milieu de stockage des semences de maïs entraîne des modifications sur la qualité physique, physiologique et sanitaire. Le milieu de stockage/conservation et la nature de l'emballage exercent également une influence sur la qualité physique, physiologique et sanitaire des semences de maïs. Durant le stockage, une augmentation de la teneur en eau a été notée en milieu ambiant. Cet environnement a également enregistré une diminution de la faculté germinative, de la longueur des plantules et de l'indice de vigueur des plants. Il s'en est suivi un taux d'attaques aux insectes trop élevé lorsque les semences sont conservées en milieu ambiant.

7 REMERCIEMENT

Nos remerciements vont au personnel du laboratoire national de la division des semences du Sénégal.

Conflits d'intérêts : Les auteurs déclarent qu'aucun conflit d'intérêt relatif à ce travail ne

Cependant, les combinaisons (V*M, E*M et V*E*M) influencent la teneur en eau. Ces résultats montrent que le milieu (température) est le facteur le plus important à contrôler et qui agit sur le comportement des semences selon le type d'emballage utilisé et le type de sac utilisé. Ces résultats corroborent ceux rapportés par Shahein et Shalaby (2021) entre le type d'emballage et l'humidité relative sur la teneur en eau. Les résultats des interactions sur les paramètres sanitaires (**Tableau 4**), montrent que chaque facteur pris indépendamment affecte la qualité sanitaire des semences de même que lorsqu'ils sont ensemble. Pour garantir une bonne qualité sanitaire des semences, les résultats de cette étude suggèrent de veiller à l'emballage de conditionnement, au milieu de conservation et la qualité sanitaire initiale de la variété.

Contrairement au milieu ambiant, la chambre réfrigérée et la chambre froide avec quelques légères différences prés ont donnés des meilleurs résultats. Une teneur en eau plus basse a été enregistrée sur les lots de semences stockés en chambre réfrigérée. La faculté germinative de ces semences est restée élevée et supérieur aux normes CEDEAO de certification fixée à 90%. Cette chambre réfrigérée enregistre aussi une longueur des plantules et un indice de vigueur élevé comparé au milieu ambiant. Aucun signe d'attaques aux insectes n'a été relevé dans la chambre réfrigérée et froide. Le papier kraft et le sac en polypropylène se sont révélées plus efficaces pour maintenir la qualité physique et sanitaire des semences. Ces emballages ont enregistré une teneur en eau plus faible avec un taux plus faible d'attaques aux insectes.

les lie avec des personnes physiques ou morales.

Contributions des auteurs : GS, MN et MG ont conçu l'étude, IT, MN et SLK ont collecté et analysé les données. IT et MN ont rédigé le



premier draft du manuscrit. Tous les auteurs ont corrigé substantiellement et approuvé le manuscrit.

8 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Alhamdan AM, Alsadon AA, Khalil SO, Wahb-Allah MA, Nagar ME, Ibrahim AA. 2011. Influence of Storage Conditions on Seed Quality and Longevity of Four Vegetable Crops. *Environ. Sci.*, 7.
- Al-Yahya. 2001. Effect of storage conditions on germination in wheat. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 186, 273–279. DOI:10.1046/j.1439-037x.2001.00402.x
- Assefa F, Srinivasan K. 2016. Effect of relative humidity and temperature on shelf life of sorghum, lentil and niger Seeds. *International Journal of Applied Agricultural Sciences*, 2, 83–91. DOI:10.11648/j.ijaas.20160206.12
- Association Internationale d'Essais de Semences (ISTA), 2021. Règles Internationales pour les essais de semences 2021. Introduction des Règles *ISTA Chapitres 1-19*.
- Baldassari N, Martini A, Cavicchi S, Baronio P. 2005. Effects of low temperatures on adult survival and reproduction of *Rhyzopertha dominica*. *Bulletin of Insectology*, 58, 131.
- Baributsa D, Cristine M. 2020. Developments in the use of hermetic bags for grain storage. In: *Advances in postharvest management of cereals and grains*, pp. 171–198. Burleigh Dodds Science Publishing. DOI: 10.19103/AS.2020.0072.06
- Benlameur Z. 2016. Les ravageurs des denrées stockées et leur impact sur la santé humaine. *Ecole Nationale Supérieur Agronomique El-Harrach Alger*.
- CEDEAO, 2008. Règlement C/REG.4/2008 portant harmonisation des règles régissant le contrôle de qualité, la certification et la commercialisation des semences végétales et plants dans l'espace CEDEAO. *Abuja* 17-18 Mai 2008, *Soixantième session ordinaire du conseil des ministres*. 30p.
- Chala M, Bekana G. 2017. Review on Seed Process and Storage Condition in Relation to Seed Moisture and Ecological Factor. *Journal of Natural Sciences Research*, 7. DOI:10.13140/RG.2.2.14493.82401
- Croatia, Bukvić G., Gantner R., Grljušić S., Popović B., Agić D., Stanisavljević A. 2015. Effects of storage period and temperature upon seed and seedling traits of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). *Poljoprivreda*, 21, 3–9.
- Cruz JF, Joseph Hounhouigan D, Fleurat-Lessard F, Troude F. 2016. La conservation des grains après récolte. éditions Quae.
- Direction de l'Analyse de la Prévision et des Statistiques Agricoles (DAPSA). 2021. Rapport de l'Enquête Agricole Annuelle (EAA) 2020-2021. , 149.
- Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO). 2019. Outils de formation pour la production de semences - Module 6 : Entreposage des semences. , 120.
- FAO et AfricaSeeds. 2019. Outils de formation pour la production de semences - Module 2: Traitement des semences: Principes, matériel et pratiques. , 92.
- Geetanjali C, Sangeeta IM, vegowda B, Prashant SM, Beladhadi RV. 2019. Effect of Storage Conditions on Seed Longevity of Onion (*Allium cepa* L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 8, 1897–1905. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.802.221>.
- Genes F, Nyomora A. 2018. Effect of storage time and temperature on germination ability of *escoecaria bussei*. , 44, 11.



- Harrington, JF. 1972. Stockage et longévité des semences. Dans : Kozłowski, TT, Ed., Seed Biology, Insects, and Seed Collection, Storage, Testing and Certification, Academic Press, New York, 145-245. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-395605-7.50009-0>
- Khatri N, Pokhrel D, Pandey BP, Pant KR, Bista M. 2019. Effect of different storage materials on the seed temperature, seed moisture content and germination of wheat under farmer's field condition of Kailali district, Nepal. *Agricultural Science and Technology*, 11, 352–355. DOI: 10.15547/ast.2019.04.060
- N'gbesso F, N'guetta S, Kouame C, Foua K. 2010. Impact de trois méthodes de conservation sur les taux de germination, d'humidité et de parasitage des semences de soja (*Glycine max* L. Merrill). *Agronomie Africaine*, 21.
- Ouahzizi B, ElBouny H, Sellam K, Alem C, Homrani Bakali A. 2022. Influence des températures alternées et la durée de stockage sur la germination des semences de *Thymus satureioides*. 149–164.
- Oyekale K, Daniel I, Ajala M, Sanni L. 2012. Potential longevity of maize seeds under storage in humid tropical seed stores. *Nature and Science*, 10, 114–124.
- Rao N, Hanson J, Dulloo M, Ghosh K, Nowell A. 2006. Manuel de manipulation des semences dans les banques de gènes- *Manuels pour les banques de gènes No. 8*. Bioversity International. ISBN 978-92-9043-741-3.
- Reed SM. 2005. Effect of storage temperature and seed moisture on germination of stored flowering dogwood seed. *Journal of Environmental Horticulture*, 23, 29–32.
- Shalaby N, Shahein A. 2021. Longevity of maize seed (*Zea mays* L.) under different storage conditions. *Journal of Sustainable Agricultural Sciences*, 0, 0–0. DOI : 10.21608/jsas.2021.88439.1300
- Suma A, Sreenivasan K, Singh A, Radhamani J. 2013. Role of relative humidity in processing and storage of seeds and assessment of variability in storage behaviour in Brassica spp. and *Eruca sativa*. *The Scientific World Journal*, 2013. <https://doi.org/10.1155/2013/504141>
- Turner M. 2013. *Les semences*, 1–224. *Collection: Agricultures tropicales en poche (CTA, PAG, Quae) Édition : Claire Parmentier, Presses agronomiques de Gembloux*. ISBN : 978-2-7592-1892-9.
- Wambugu P, Mathenge P, Auma E, Van Rheenen H. 2009. Efficacy of traditional maize (*Zea mays* L.) seed storage methods in western Kenya. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 9. DOI : 10.4314/ajfand.v9i4.43882
- WatiRahma et Aqil M. 2020. The effect of temperature and humidity of storage on maize seed quality. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 484, 012116. DOI : 10.1088/1755-1315/484/1/012116
- Ziegler V, Marini LJ, Ferreira CD, Bertinetti IA, da Silva WSV, Goebel JTS, de Oliveira M, Elias MC. 2016. Effects of temperature and moisture during semi-hermetic storage on the quality evaluation parameters of soybean grain and oil. *Semina: Ciências Agrárias*, 37, 131–144. DOI : 10.5433/1679-0359.2016v37n1p131.