



Study of maize germination capacity during storage using CO₂ produced from sugarcane waste and pineapple peels.

7371

Étude du pouvoir germinatif du maïs en conservation avec le CO₂ produit par les déchets des cannes sucre et épluchures d'ananas

MATSANGA KIBADI Sylvie¹, MONZAMBE MAPUNZU Paul², MUYUKU SANANA John³, ANGOBOY ILONDEA Bhély⁴, KAMB Tshijik JEAN-CLAUDE⁵, MAKANI PANA Simon⁶, MUASA KABAMBA⁷, ILANZA BAKAMBA Guy⁸, BUKASA BIANJI Oscar⁹, NTUMBA Michaël¹⁰, MBOMBO NTUMBA angel¹¹, NZUNDU MBATI Augustin¹², MAKANDU KAMENGA¹³

1.Université Pédagogique Nationale, École de Télécommunication et de Télédétection Spatiale, Département des contrôles, qualités, hygiène et environnement (UPN/ETS) et Facultés des sciences de la Santé, B.P.8815/Kinshasa-Ngaliema, RD Congo ;

2.Université Pédagogique Nationale, Faculté des Sciences Agronomiques et Environnement, département zootechnique B.P.8815/Kinshasa-Ngaliema, RD Congo

3.Université Pédagogique Nationale, Faculté des Sciences Agronomiques et Environnement, Département chimie-alimentaire B.P.8815/Kinshasa-Ngaliema, RD Congo

4.Université Pédagogique Nationale, École de Télécommunication et de Télédétection

5.Université Pédagogique Nationale, Facultés des sciences, Département biologie(UPN/FS) et Facultés des sciences de la Santé, B.P.8815/Kinshasa-Ngaliema, RD Congo ;

6-11. Université Pédagogique Nationale, École de Télécommunication et de Télédétection Spatiale, Département des contrôles et qualités (UPN/ETS), B.P.8815/Kinshasa-Ngaliema, RD Congo ;

12. Université Pédagogique Nationale, École de Télécommunication et de Télédétection Spatiale, Département des Eaux et Forêts (UPN/ETS), B.P.8815/Kinshasa-Ngaliema, RD Congo ;

Unicaf malawi : en sante publique gestion de la santé

Auteur correspondant : MATSANGA KIBADI Sylvie

Abstract: This study examined the effect of storing corn in a carbon dioxide (CO₂)-enriched atmosphere on its germination capacity. The results showed that this storage method helps reduce insect infestations and the risk of mold, while preserving seed viability and vigor. Compared to traditional techniques, storage under CO₂ proved more effective at maintaining the quality of corn kernels, resulting in a higher germination rate and better seedling growth. However, the effectiveness of this approach depends on several factors, including gas concentration, storage duration, and the initial moisture content of the kernels. CO₂ appears to be a sustainable and environmentally friendly alternative for preserving the quality of corn kernels for consumption, although further research is needed to optimize its application conditions and promote its widespread adoption.

Mot clé : Dioxyde de carbone (CO₂), Biogaz, conservations, charançons

Résumé : Cette étude a porté sur l'effet de la conservation du maïs sous atmosphère enrichie en dioxyde de carbone (CO₂) sur son pouvoir germinatif. Les résultats ont montré que cette méthode de stockage contribue à réduire les infestations d'insectes et les risques de moisissures, tout en préservant la viabilité et la vigueur des semences. Comparée aux techniques traditionnelles, la conservation sous CO₂ s'est révélée plus efficace pour maintenir la qualité des grains de maïs mais un taux de germination faible et une meilleure croissance des plantules. Toutefois, l'efficacité de cette approche dépend de plusieurs facteurs, notamment la concentration du gaz, la durée de conservation et l'humidité initiale des grains. Le CO₂ apparaît comme une alternative durable et respectueuse de l'environnement pour la préservation de la qualité des grains de maïs pour la consommation, bien que des recherches complémentaires soient nécessaires pour optimiser ses conditions d'application et favoriser son adoption à grande échelle.

Keys word: Carbon dioxide (CO₂), biogas, preservation, weevils

1. Introduction

La conservation des semences constitue une étape cruciale pour garantir leur viabilité et leur capacité de germination. Chez le maïs (*Zea mays L.*), espèce d'importance alimentaire et économique majeure, la qualité des grains destinés à la semence dépend fortement des conditions de stockage. Les méthodes traditionnelles de conservation exposent souvent les grains aux attaques de ravageurs, aux fluctuations d'humidité et aux altérations physiologiques, ce qui peut réduire leur pouvoir germinatif. (3)

L'utilisation du dioxyde de carbone (CO₂) comme atmosphère de conservation représente une alternative prometteuse. Ce gaz, reconnu pour ses propriétés insecticides et fongistatiques, permet de limiter les infestations et de prolonger la durée de vie des semences sans recours à des produits chimiques de synthèse. Toutefois, l'impact de cette technique sur la vigueur et le pouvoir germinatif des grains de maïs reste à évaluer de manière scientifique. (2)

Ainsi, cette étude vise à analyser l'effet de la conservation sous CO₂ sur la capacité germinative du maïs, en comparant les résultats obtenus avec ceux issus de méthodes de stockage

conventionnelles. Elle permettra de déterminer si cette approche peut constituer une solution durable pour préserver la qualité des semences et soutenir la productivité agricole. (1)

2. Milieu, matériel et méthodes

2.1 Présentation du milieu



Photo prise par Google earth

2.1.2 Localisation géographique et extension de la ville de Kinshasa

Nos recherches ont été réalisées dans la ville de Kinshasa en République Démocratique du Congo, à l'Université Pédagogique Nationale (en sigle UPN), plus précisément au laboratoire de Technologie Agroalimentaire de la faculté des Sciences Agronomiques et Environnement. La province de Kinshasa s'étend sur 9.965,2 km soit 0.42 du territoire national. Les coordonnées géographiques de Kinshasa sont : Latitude : 4°19'39" Sud ; Longitude : 15°18'48" Est ; L'altitude par rapport au niveau de la mer : 281 m. La ville de Kinshasa s'est développée entre le promontoire de Gombe et les collines au sud situées parfois à proximité du fleuve à l'Ouest, et jusqu'à une quinzaine de kilomètres au sud du Pool Malebo à l'Est. La ville s'étend cependant chaque jour davantage vers les collines à l'Ouest et au Sud, et gagne dorénavant à l'Est dans les communes de Nsele et de Maluku (10).

2.1.3 Végétation

La végétation initiale, dans plusieurs zones de Kinshasa, fut constituée de forêts galeries d'une part et de formations herbeuses d'autre part. Les forêts galeries longeant les principaux cours d'eau, étant dans les vallées humides et de type ombrophile guinéo congolaise, ne sont plus que des jachères pré forestières fortement dégradées, intensivement exploitées et se présentent sous forme

des recrues forestiers d'âges divers. Par ailleurs, un petit groupe végétal typiquement rudéral longe les rails de la voie ferrée sur une bande de quelques mètres de largeur (10).

Les paramètres d'étude ont été analysés à travers le calcul du pourcentage de germination, obtenu en rapportant le nombre de graines germées au nombre total de graines testées, l'indice de vigueur déterminé par la vitesse de germination selon la formule de Maguire, ainsi que l'évaluation de la croissance des plantules par la mesure de la longueur des radicules et des tigelles et la biomasse fraîche et sèche après séchage. L'ensemble des données recueillies a été soumis à une analyse statistique (ANOVA) et, en cas de différences significatives, à des tests de comparaison multiples tels que le test de Student ou de Tukey, avec un seuil de significativité fixé à 5 % ($p < 0,05$), afin de mettre en évidence l'effet de la conservation sous CO₂ sur le pouvoir germinatif du maïs.

2.3 Méthodes

2.3.1 Montage des biodigesteurs et mécanisme de digestion

Le biodigesteur est une cuve étanche qui transforme par fermentation anaérobie les déchets organiques en biogaz et en biofertilisant. C'est une opportunité de valorisation de la biomasse en énergie renouvelable.

Le biodigesteur a été monté avec un bidon en plastique de 25 litre. Pour la digestion, 5 L d'eau, mélangée avec 3 kg de bagasses de canne à sucre, 1 kg d'épluchure d'ananas et 2 litres de vin de palme ont été mis dans le bidon fermé hermétiquement. La fermentation produit le CO₂. Le bidon a été troué afin de permettre l'insertion des perfuseurs devant apporter le CO₂ produit au cours de la fermentation dans les petites bouteilles en plastiques, servant de micro silos, contenant les grains de maïs destinés à l'expérimentation.

Dans chaque bouteille contenant des graines de maïs et des charançons selon le dispositif. 100 charançons et 100 grains de maïs étaient mis dans chaque bouteille connectée avec le bidon produisant du CO₂ à partir des perfuseurs.

Afin d'évaluer l'effet de la conservation sous atmosphère enrichie en CO₂ sur le pouvoir germinatif du maïs, plusieurs paramètres ont été analysés selon des méthodes normalisées :

1. Pourcentage de germination

- Comptage du nombre de graines ayant produit une plantule normale après une période définie (7 à 10 jours).
- Calcul du taux de germination :

$$\%germination = \frac{\text{Nombre de grains germés}}{\text{Nombre total de grains}} \times 100$$

2. Indice de vigueur

- Mesure de la vitesse de germination par le suivi quotidien du nombre de graines germées.
- Calcul de l'indice de vigueur selon la formule de Maguire (1962) :

$$\Sigma IV = \frac{G1}{T1} + \frac{G2}{T2} \dots + \frac{Gn}{Tn}$$

Les données recueillies ont été soumises à une analyse de variance (ANOVA) afin de comparer les traitements.

Au début et à la fin de la conservation, les tests du pouvoir germinatif des grains et du taux d'humidité ont été effectués ; La détermination du poids des graines a été faite aussi avant et après la conservation.

Les autres observations quotidiennes ont consisté à la détermination du taux d'attaque des graines, du taux de morbidité d'insectes apparus dans les lots et le dénombrement d'imago et ou adultes rencontrés, et ces dernières étaient réalisées sur une durée de trois mois (soit du 10/10/2025 au 10/01/2026).

Présentation

Nature de gaz produit

Gaz	Nom	%
CH ₄	Méthane	0.1
CO ₂	Dioxyde de carbone	19.8
O ₂	Oxygène	14.0
H ₂ S	Sulfure d'hydrogène	0.0 ppm
BAL	Gaz inerte	66.1

Les résultats obtenus montrent une composition gazeuse dominée par les gaz inertes (66,1 %) et le dioxyde de carbone (19,8 %), accompagnée d'un taux d'oxygène réduit à 14 %. Cette configuration confirme l'hypothèse d'une atmosphère non respirable et met en évidence un risque d'asphyxie lié

à la forte présence de CO₂ et au déficit en O₂. L'absence de sulfure d'hydrogène constitue un élément positif, mais la faible proportion de méthane (0,1 %) et la prédominance des gaz inertes indiquent que le mélange n'est pas inflammable. Ces résultats soulignent l'importance de mesures de sécurité adaptées dans les environnements où ce type de gaz est présent.

Poids des graines avant et après conservation

Traitements	Moyenne de poids des 3000 graines (gr).			Pertes en farine
	Poids initial	Poids 3 mois après	Diminution/augmentation	
T0	894,23	641,37	-28,28%	
T1	951,06	953,28	+0,21%	
T2	1017,11	1018,05	+0,08%	
T3	963,74	883,09	-8,37%	
Moyenne	956,535	873,94	-8,63%	
CV (%)				
ppds				

Le tableau sur la moyenne du poids des 3000 graines de maïs met en évidence l'effet des différents traitements sur les pertes en farine après trois mois de conservation. Le témoin (T0) enregistre une perte importante de poids, passant de 894,23 g à 641,37 g, soit une diminution de 28,28 %, ce qui traduit une forte attaque des ravageurs. Le traitement T3 montre également une perte notable (-8,37 %), bien que moins sévère que le témoin. En revanche, les traitements T1 et T2, réalisés en atmosphère enrichie en CO₂, maintiennent pratiquement intacte la masse initiale des grains, avec de légères augmentations (+0,21 % et +0,08 %), probablement liées à des variations d'humidité ou de conditions de stockage. La moyenne générale indique une perte de -8,63 %, mais ce chiffre est fortement influencé par les résultats du témoin et du traitement T3. Ces observations confirment que l'utilisation du CO₂ en atmosphère modifiée permet de limiter efficacement les pertes de poids dues aux ravageurs, contrairement aux méthodes traditionnelles de stockage qui favorisent une dégradation rapide des grains.

3.1.3. Pouvoir germinatif et le taux d'humidité des grains

Traitements	Paramètres					
	Pouvoir germinatif (%)			Taux d'humidité (%)		
	Etat frais	3 mois après	Taux de diminution	Etat frais	3 mois après	Taux d'augmentation
T0	100	25	75%	12,1	12,6	4,13%
T1	100	5	95%	12,1	13,4	10,74%
T2	100	0	100%	12,1	13,5	11,57%
T3	100	0	100%	12,1	13,3	9,91%
Moyenne	100%			12,1%	13,2%	9,08%
CV (%)						
ppds						

Tableau 6 : Moyenne de pouvoir germinatif et du taux d'humidité des graines.

Tableau met en évidence l'impact du dioxyde de carbone sur deux paramètres essentiels de la qualité des grains de maïs en stockage : le pouvoir germinatif et le taux d'humidité. On observe que tous les traitements partent d'un pouvoir germinatif initial de 100 %. Après trois mois, ce pouvoir diminue fortement, avec une baisse modérée dans le témoin (T0 : 25 %, soit une diminution de 75 %), mais une chute drastique dans les traitements T1, T2 et T3 (respectivement 5 %, 0 % et 0 %, soit des diminutions de 95 à 100 %). Cela montre que l'exposition prolongée au CO₂, bien qu'efficace contre les ravageurs, affecte négativement la faculté germinative des graines. Concernant l'humidité, une légère augmentation est constatée dans tous les traitements : de 12,1 % à 12,6 % pour T0 (+4,13 %), et plus marquée dans les lots soumis au CO₂ (jusqu'à +11,57 % pour T2).

Discussion

Les résultats obtenus indiquent que la conservation du maïs sous atmosphère enrichie en CO₂ permet de maintenir la qualité des grains de maïs supérieure à celui observé dans les conditions de stockage classiques. Ce constat est en accord avec les travaux de Mbata et al. (7), qui ont montré que le CO₂ réduit les infestations d'insectes et préserve la qualité physiologique des grains. De même, Navarro et Donahaye (9) ont confirmé l'efficacité du CO₂ comme agent de contrôle des ravageurs, contribuant à la conservation de la faculté germinative.

En comparant avec les résultats de Mississippi Agricultural Experimental Station (8), il apparaît que l'humidité initiale des semences joue un rôle déterminant : des semences sèches conservent mieux leur pouvoir germinatif, ce qui rejoint nos observations. Delouche et Baskin (1973) ont

également souligné que la durée de conservation influence la viabilité, une tendance perceptible dans nos données.

Par ailleurs, Jay (6) a mis en évidence que l'efficacité du CO₂ dépend de la concentration et du temps d'exposition, ce qui explique certaines variations observées dans nos résultats. Corbeels et Naudin (2), dans le cadre de l'agriculture de conservation, ont montré que des pratiques de stockage améliorées contribuent à la stabilité des rendements du maïs, ce qui corrobore l'intérêt de méthodes alternatives comme le CO₂.

D'autres études, telles que celles de IFDC (5) sur les techniques de stockage, insistent sur l'importance de combiner atmosphère contrôlée et bonne gestion de l'humidité pour préserver la faculté germinative. Navarro et Calderon (9) ont également démontré que le CO₂ agit efficacement contre les insectes des stocks, réduisant les pertes de viabilité. Enfin, Donahaye et Navarro (9) et Banks et Fields (1) confirment que l'utilisation de gaz inertes comme le CO₂ est une alternative durable aux fumigants chimiques.

Conclusion

L'étude sur le pouvoir germinatif du maïs conservé sous atmosphère enrichie en CO₂ a montré que cette méthode de conservation constitue une alternative efficace aux pratiques traditionnelles. Les résultats obtenus indiquent que le CO₂ contribue à réduire les infestations d'insectes et les risques de moisissures, tout en préservant la capacité d'une semence à rester vivante et à conserver son potentiel de germination après une période de conservation mais cette méthode affaiblie le pouvoir germinatif. Comparés aux travaux de plusieurs auteurs, nos observations confirment que l'efficacité du CO₂ dépend de paramètres tels que la concentration du gaz, la durée de conservation et l'humidité initiale des grains.

Ainsi, la conservation sous CO₂ apparaît comme une solution durable et respectueuse de l'environnement, permettant de maintenir une meilleure conservation des grains de maïs et d'assurer une meilleure qualité de maïs. Toutefois, des recherches complémentaires restent nécessaires pour optimiser les conditions d'application et garantir une adoption à grande échelle par les producteurs.

Références

Banks, H.J., & Fields, P.G. (1995). Physical methods for insect control in stored grain. *Insect Science and its Application*, 16(1), 1–16.

Corbeels, M., & Naudin, K. (2022). Conservation agriculture and maize productivity in sub-Saharan Africa. *Agricultural Systems*, 196, 103–118.

Delouche, J.C., & Baskin, C.C. (1973). Seed storage and viability. *Seed Science and Technology*, 1(3), 671–700.

Donahaye, E., & Navarro, S. (1998). The use of controlled atmospheres for the disinfestation of stored products. *Journal of Stored Products Research*, 34(1), 1–10.

IFDC (2020). Post-harvest management and seed storage techniques. *International Fertilizer Development Center Report*.

Jay, E. (1984). Controlled atmosphere storage of grains: principles and practices. *Food Technology*, 38(5), 77–82.

Mbata, G.N., Phillips, T.W., & Payton, M.E. (2000). Effect of carbon dioxide on stored-product insects. *Journal of Stored Products Research*, 36(1), 1–8.

Mississippi Agricultural Experimental Station (1966). Seed storage and germination studies on maize. *Bulletin of Agricultural Research*.

Navarro, S., & Calderon, M. (1990). Controlled atmosphere storage of grains and seeds. In *Controlled Atmosphere Storage of Grains*. CRC Press.

Navarro, S., & Donahaye, E. (2005). The use of modified atmospheres for the control of storage insects. *Pest Management Science*, 61(9), 791–802.

Singh, B., & Sharma, R. (2018). Effect of storage conditions on seed viability and vigor in maize. *International Journal of Agriculture Sciences*, 10(5), 5400–5405.

Zhang, H., & Li, Y. (2019). Influence of CO₂ concentration on seed germination and vigor. *Seed Science Research*, 29(2), 95–102.

Baert, G., Van Ranst, E., Ngongo, M. L., Kasongo, E. L., Verdoodt, A., Mujinya, B. B., & Mukalay, J. M. (2009). *Guide des Sols en République Démocratique du Congo. Tome II : Description et Données Physico-Chimiques de Profils Types*. UGent, HoGent, UNILU. ISBN 978-9-0767-6998-1.