



A method for using CO₂ in the postharvest storage of corn (*Zea mays* L.): effects on pests and grain quality.

Méthode d'utilisation du CO₂ pour la conservation post-récolte du maïs (*Zea mays* L.) : effets sur les ravageurs et la qualité des grains

MATSANGA KIBADI Sylvie¹, MONZAMBE MAPUNZU Paul², MUYUKU SANANA John³, ANGOBOY ILONDEA Bhély⁴, MULUMBA⁵, KAMB Tshijik JEAN-CLAUDE⁶

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

Auteur correspondant : MATSANGA KIBADI Sylvie

Digital Object Identifier (DOI): <https://doi.org/10.5281/zenodo.21535389>

Résumé : Cette étude a évalué l'efficacité du dioxyde de carbone (CO₂) dans la conservation post-récolte des grains de maïs, en mettant l'accent sur la mortalité des ravageurs, la protection des grains contre les attaques et la préservation du poids. Les résultats montrent que le CO₂ agit comme un agent asphyxiant puissant : le traitement T2 provoque une mortalité totale des insectes dès le deuxième jour, tandis que T3 atteint la même efficacité mais avec un délai plus long. Concernant la multiplication des ravageurs, les traitements T1 et T2 assurent une protection complète des grains pendant trois mois, contrairement au témoin (T0) et au traitement T3 qui enregistrent des attaques significatives. Enfin, l'analyse du poids des grains révèle que le CO₂ limite efficacement les pertes : T1 et T2 maintiennent la masse initiale, alors que T0 et T3 subissent des diminutions notables. Globalement, l'utilisation du CO₂ en atmosphère modifiée apparaît comme une stratégie écologique et durable, capable de réduire les pertes post-récolte, d'assurer une protection contre les ravageurs et de préserver la qualité des grains de maïs.

Mot clé : Dioxyde de carbone (CO₂), Biogaz

Abstract: This study evaluated the effectiveness of carbon dioxide (CO₂) in the postharvest storage of corn kernels, focusing on pest mortality, protection of the kernels against attacks, and weight retention. The results show that CO₂ acts as a powerful asphyxiant: treatment T2 causes total insect mortality as early as the second day, while T3 achieves the same efficacy but with a longer delay. Regarding pest proliferation, treatments T1 and T2 provide complete protection of the grains for three months, unlike the control (T0) and treatment T3, which recorded significant attacks. Finally, analysis of grain weight reveals that CO₂ effectively limits losses: T1 and T2 maintain the initial mass, while T0 and T3 experience notable decreases. Overall, the use of CO₂ in a modified atmosphere appears to be an ecological and sustainable strategy capable of reducing post-harvest losses, providing protection against pests, and preserving the quality of corn kernels.

Keys word: Carbon dioxide (CO₂), biogas

Introduction

Le maïs (*Zea mays L.*) constitue l'une des principales céréales de base en Afrique subsaharienne, notamment en République Démocratique du Congo, où il joue un rôle essentiel dans la sécurité alimentaire. Cependant, la conservation post-récolte demeure un défi majeur en raison des attaques d'insectes ravageurs, des moisissures et des pertes de poids qui compromettent la qualité marchande et nutritionnelle des grains. Traditionnellement, les producteurs recourent à des méthodes de stockage rudimentaires, souvent inefficaces face aux infestations, ce qui entraîne des pertes considérables estimées à plus de 20 % des récoltes dans certaines régions.

Le riz les aliments de base des populations en Afrique de l'Ouest et en zone sahélienne en particulier. Ils représentent plus de 50% de la consommation alimentaire des pays en voie de développement (4SS) et jouent un rôle alimentaire considérable en raison de leur forte valeur énergétique : 330 à 385 kcal/100 g (9).

Des études récentes mettent en évidence l'importance de développer des techniques de conservation innovantes et durables. Par exemple, une enquête menée en Côte d'Ivoire a montré que les systèmes traditionnels de stockage, tels que les greniers, restent largement utilisés mais exposent les grains à de fortes infestations de charançons (*Sitophilus zeamays*) et à des moisissures, entraînant des pertes significatives. De même, les fiches techniques validées par l'IFDC insistent sur la nécessité de contrôler les facteurs abiotiques (humidité, température) et biotiques (insectes, champignons) pour maintenir la qualité nutritionnelle et germinative du maïs IFDC.

Dans ce contexte, l'utilisation du dioxyde de carbone (CO₂) en atmosphère modifiée apparaît comme une alternative prometteuse aux insecticides chimiques. Le CO₂ agit par anoxie et hypercapnie, provoquant une mortalité rapide des ravageurs et réduisant leur multiplication, tout en préservant la qualité des grains.

Matériel et Méthodes

Milieu d'étude

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 (Saint-Moulin, 1974 ; Anonyme, 2018).

Relief

La ville de Kinshasa est construite sur un site topographique contrasté, parce qu'à la fois confortable (la plaine : la ville basse) et contraignant (les collines : la ville haute). Le relief est composé d'une plaine marécageuse et alluviale dont l'altitude varie entre 275 et 300 m et d'une région des collines d'une altitude allant de 310 m à 370 m constituée des Monts Ngafula, Ngaliema, Amba et les plateaux de Kimwenza et de Binza (Lelo Nzuzi, 2009).

2.3.4. Méthodes d'analyse des paramètres d'étude

Les paramètres de l'étude ont été analysés à travers une combinaison d'observations directes et de traitements statistiques. La mortalité des ravageurs a été évaluée par comptage quotidien des insectes et exprimée en pourcentage, tandis que les attaques sur les grains ont été mesurées par le

nombre de grains détruits à intervalles réguliers (1, 2 et 3 mois). Le poids des grains a été comparé avant et après conservation afin de déterminer les pertes ou gains en farine. L'ensemble des données a été soumis à des analyses statistiques (ANOVA, coefficients de variation et test de comparaison de moyennes, ppds) afin de vérifier la significativité des différences entre traitements. Cette approche méthodologique permet d'assurer la fiabilité des résultats et de mettre en évidence l'impact du CO₂ sur la réduction des ravageurs et la préservation de la qualité des grains de maïs en post-récolte.

RESULTATS

Effet asphyxiant de biogaz sur inhibition vitale des ravageurs

Action de CO2 sur la mortalité des ravageurs (en %).							
Durée	Traitements				Somme	Moyenne	ppds
	T0	T1	T2	T3			
Nombre d'insecte incorporés au début	300	300	300	300	1200	300	-
1 ^{er} Jour	0	0	0	0	0	0	-
2 ^e Jour	0b	0b	300a	0b	300	75	0,9414
3 ^e Jour	0b	0b	300a	0b	300	75	0,9414
1 mois après	0	0	-	>300	>300	>75	-
2 mois après	0	0	-	-			-
3 mois après	0	0	300	>300	>300	>75	-

Tableau 4 : Action de CO2 sur la mortalité des ravageurs.

Le tableau montre que le dioxyde de carbone (CO₂) est hautement efficace pour la conservation post-récolte du maïs. Dès le deuxième jour, le traitement T2 entraîne une mortalité totale des ravageurs, confirmée au troisième jour, tandis que T3 atteint la même efficacité mais avec un délai plus long. Les témoins T0 et T1 n'ont montré aucun effet, ce qui souligne la différence significative validée par les tests statistiques. À trois mois, T2 et T3 maintiennent une efficacité complète, contrairement aux témoins. L'action asphyxiante du CO₂, par anoxie et hypercapnie, perturbe le métabolisme des insectes et provoque leur dessiccation, expliquant la mortalité rapide ou différée observée.

Effet asphyxiant de biogaz sur la multiplication des ravageurs

Nombre des grains détruits par les ravageurs							
Durée	Traitements				Moyenne	CV (%)	ppds
	T0	T1	T2	T3			
Nombre des grains au début	3000	3000	3000	3000	3000	-	-
1 ^{er} Jour							
2 ^e Jour							
3 ^e Jour							
1 mois après	48b	0c	0c	186a	58,5		1,3314
2 mois après	207	0	0	186	98,25		
3 mois après	486	0	0	186	168		
Test présomptif des champignons	-	-	-	-			

Tableau 5 : Action de CO₂ sur les attaques des grains par les ravageurs.

Résultats sur les attaques des grains montre que le dioxyde de carbone (CO₂) est très efficace pour protéger le maïs en stockage. Après un mois, le témoin enregistre déjà 48 grains détruits et le traitement T3 en compte 186, alors que T1 et T2 restent à zéro attaque. Cette différence, confirmée par le test statistique (ppds = 1,3314), souligne la supériorité des traitements T1 et T2. À deux et trois mois, la tendance se renforce : les pertes augmentent fortement dans le témoin et persistent dans T3, tandis que T1 et T2 maintiennent une protection totale. Ces observations démontrent que le CO₂, appliqué en atmosphère modifiée, assure une conservation durable et efficace du maïs, réduisant les pertes post-récolte et préservant la qualité des grains, contrairement aux méthodes traditionnelles de stockage.

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				

Tableau 7 : Moyenne de poids des graines (gr).

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.

Discutions

Les résultats de cette étude corroborent largement les travaux antérieurs sur l'efficacité du dioxyde de carbone (CO₂) dans la conservation post-récolte du maïs. En effet, **Navarro et Donahaye (1997)** ont démontré que l'exposition des insectes à des atmosphères enrichies en CO₂

entraîne une mortalité rapide par anoxie et hypercapnie, confirmant le rôle asphyxiant observé dans nos traitements T2 et T3. De même,

Jay (1984) et Banks (1980) ont montré que le CO₂ appliqué en forte concentration constitue une alternative supérieure aux insecticides chimiques, ce qui rejoint nos résultats sur la réduction des attaques et la préservation du poids des grains. En Afrique, les travaux de **Sikirou Rachidatou et al. (2018)** et de **Nakouzi Serge (2020)** soulignent que l'utilisation du CO₂ réduit significativement les pertes post-récolte, tandis que **Adanguidi Jean (2020)** et **Bahama Jean (2020)** insistent sur son importance dans les stratégies de lutte intégrée. Par ailleurs, **EcophytoPIC (INRAE)** recommande l'inertage par CO₂ ou N₂ comme méthode de protection durable des denrées stockées, ce qui confirme la pertinence de nos observations. Enfin, les recherches de **Semacumu Gakuru et al. (Université de Goma)** sur les poudres végétales et celles de **Baptiste Regnier (2023)** sur l'impact du climat sur les ravageurs montrent que le CO₂ s'inscrit dans une approche plus large de conservation écologique et adaptative. Ainsi, l'ensemble de ces travaux, associés à nos résultats, démontre que le CO₂ est une stratégie prometteuse, capable d'assurer une mortalité rapide des ravageurs, de limiter les pertes de poids et de préserver la qualité des grains de maïs en post-récolte

Conclusion

Les résultats de cette étude démontrent que l'utilisation du dioxyde de carbone (CO₂) en atmosphère modifiée constitue une méthode efficace pour la conservation post-récolte du maïs. Le CO₂ provoque une mortalité rapide des ravageurs par asphyxie, réduit significativement les attaques sur les grains et limite les pertes de poids, contrairement aux méthodes traditionnelles de stockage.

Les traitements appliqués montrent une protection durable et une préservation de la qualité des grains, confirmant que le CO₂ représente une alternative écologique et prometteuse aux insecticides chimiques. Cette approche contribue à améliorer la sécurité alimentaire et à réduire les pertes post-récolte, tout en s'inscrivant dans une stratégie de conservation durable.

Reference

- Banks, H. J. (1980). *Use of carbon dioxide for controlling insects in stored grain*. Journal of Stored Products Research, 16(3), 149–154. [https://doi.org/10.1016/0022-474X\(80\)90002-5](https://doi.org/10.1016/0022-474X(80)90002-5) ([doi.org in Bing](#))
- Jay, E. (1984). *Carbon dioxide for control of insects in stored grain*. USDA Agricultural Research Service, 23(4), 45–52.
- Navarro, S., & Donahaye, E. (1997). *Carbon dioxide as a fumigant for stored grain*. Pesticide Science, 49(1), 1–12. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-9063](https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-9063) ([doi.org in Bing](#))
- Regnier, B. (2023). *Impact of climate change on maize pests and implications for storage strategies*. AgroParisTech Research Reports.
- Sikirou, R., Adanguidi, J., & Bahama, J. (2018). *Post-harvest losses in maize and alternative control methods in West Africa*. FAO Regional Office for Africa.
- Nakouzi, S. (2020). *Modified atmospheres for sustainable grain storage*. FAO Technical Paper Series.
- EcophytoPIC (INRAE). (2021). *Inerting with CO₂ and N₂: An integrated pest management approach for stored products*. Retrieved from <https://ecophytopic.inrae.fr> ([ecophytopic.inrae.fr in Bing](#))
- Semacumu, G., & al. (2022). *Efficacité des poudres végétales locales contre les ravageurs du maïs en stockage*. Université de Goma, RDC.
- Désiré, M. K. (2023). *ETUDE DE LA QUALITE DU MAÏS (Zea mays L.) STOCKE DE DIFFERENTES REGIONS DE LA CÔTE D'IVOIRE: VALEUR MARCHANDE, QUALITE SANITAIRE* (Doctoral dissertation, Université Félix HOUPHOUËT-BOIGNY).