



Université Catholique du Graben

**CENTRE DE RECHERCHES
INTERDISCIPLINAIRES DU GRABEN
B.P. 29 BUTEMBO/NORD-KIVU**

PARCOURS ET INITIATIVES

Société, Économie, Environnement et Santé

Éditorial :	5
Usages d'arbres forestiers et potentiel en bois de la Concession Forestière des Communautés Locales Bamasobha, Est de la République Démocratique du Congo	9
Caractérisation des conditions d'entreposage et facteurs d'altération du café vert en milieu de Butembo, Est de la République Démocratique du Congo	35
Restructuration et autonomisation du marché urbain de Butembo : regard d'un urbaniste	61
Défis liés au choix du porte-parole de l'opposition politique en République Démocratique du Congo	79
État de siège, mobilisation des recettes et gouvernance de survie en Commune Bulengera en ville de Butembo	99
Déterminants du vote de la femme aux élections législatives nationales de 2023 à Butembo en République Démocratique du Congo	121
Les facteurs associés à la mortalité des poulets de chair dans les fermes avicoles de la ville de Goma, République Démocratique du Congo	147
Prévalence du paludisme placentaire et corrélation avec l'observance de la prise de sulfadoxine pyriméthamine à Bunia en République Démocratique du Congo	169
Approche didactique de correction des erreurs interférentielles	187
Enjeux pédagogiques de l'enseignement du français en contexte plurilingue et analyse des erreurs interférentielles chez les apprenants de 7e et 8e années en RD Congo : étude de cas à Tshofa	213

ISSN : 3008-1211
e-ISSN : 3008-122X

N° 34
Mars 2026

Caractérisation des conditions d'entreposage et facteurs d'altération du café vert en milieu de Butembo, Est de la République Démocratique du Congo

Galilée Kambale Musavandalo*¹, Musongora Kambale Muyisa¹, Patrick Nzanu Kitikyolo¹, André Mbusa Lupatso¹, Leopold Mumbere Punzu², Paul Vikanza Katembo¹, Gilbert Paluku Mutiviti¹, Charles Kambale Valimunzigha¹

Résumé

Cette étude évalue les conditions d'entreposage du café Arabica au sein de quatre coopératives à Butembo et Lume en Province de Nord-Kivu, République Démocratique du Congo (RDC). Pour cette fin, des enquêtes et observations ont été menées avec les chargés d'entreposage du café au sein de quatre coopératives (Kawa Kabuya, Coopade, Kawa Kanzururu et Soprocopiv). Les résultats montrent que l'usage exclusif de la ventilation naturelle limite le contrôle thermique bien que les infrastructures soient en matériaux durables. Les températures en entrepôt oscillent entre 20°C et 22°C alors que l'humidité relative est critique, dépassant souvent 80 %, ce qui sature l'atmosphère en vapeur d'eau. Ces deux variables sont négativement corrélées ($r = -0,72$ et $-0,52$ respectivement en grande et petite saison ; $p\text{-value} = 2,2 \times 10^{-16}$). Les défaillances logistiques comme le manque de palettes menant au stockage à même le sol exposent les produits mis en sac à l'humidité pondérale et la croissance fongique. Ces conditions induisent des défauts sensoriels irréversibles : blanchiment des fèves, fanage des grains et perte de biomasse par respiration cellulaire. Le triage manuel, bien que rigoureux, ne compense pas ces dégradations biochimiques post-récolte.

Mots clés : Entreposage, condition, café, risque de perte de la qualité, Butembo

Abstract

This study evaluates the storage conditions for Arabica coffee at four cooperatives in Butembo and Lume in North Kivu Province, Congo Democratic Republic (DRC). To this end, surveys and observations were conducted with the managers responsible for coffee storage at the four cooperatives (Kawa Kabuya, Coopade, Kawa Kanzururu and Soprocopiv). The results show that exclusive reliance on natural ventilation

¹ Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université Catholique du Graben

² Directeur régional du programme Café et Cacao au sein de RIKOLTO en RD Congo

* Auteur correspondant : Tel : +243994790531, e-mail : kambalegalilee@gmail.com

restricts temperature control, despite the infrastructure being made of durable materials. Warehouse temperatures range from 20°C to 22°C, while relative humidity often exceeds 80%, saturating the atmosphere with water vapor. There is a negative correlation between these two variables ($r = -0.72$ and -0.52 respectively during the high and low seasons; $p\text{-value} = 2.2 \times 10^{-16}$). Logistical failures, such as a lack of pallets resulting in storage directly on the floor, expose bagged products to moisture absorption and fungal growth. These conditions result in irreversible sensory defects, such as bleaching of the beans and shrinking of the grains, as well as loss of biomass due to cellular respiration. Manual sorting, although rigorous, does not compensate for these biochemical degradations that occur after harvest.

Keywords: storage, condition, coffee, risk of quality loss, Butembo

1. Introduction

Le café représente l'une des cultures les plus importantes au monde (Haddoudi et al., 2014; Sengupta et al., 2020). La boisson préparée à partir du café vert est, aujourd'hui, l'une des plus consommées au monde (Anne-Laure, 2016). Dans le commerce international du café, le volume de vente dépend de la qualité. De ce fait, une attention soutenue est accordée à l'amélioration et au maintien de cette qualité tout au long de la chaîne de valeur du café. La qualité du café vert est une résultante du potentiel génétique, des facteurs environnementaux et du niveau de technologie adopté depuis l'implantation de la culture dans le champ jusqu'aux traitements post-récolte (Haile & Hee Kang, 2020; Ribeiro et al., 2011). Des étapes post-récolte et les conditions de stockage du café restent déterminantes pour la conservation de ses qualités. Les transformations chimiques, physiques, biochimiques et sensorielles qui se produisent dans le café suite aux conditions de stockage peuvent compromettre ses qualités initiales, impactant ainsi sa valeur commerciale (Borém et al., 2021; Broissin-Vargas et al., 2018; Ribeiro et al., 2011).

La respiration cellulaire est naturelle dans les cellules des grains de café, entraînant une diminution de la matière sèche, une augmentation de la teneur en eau et une hausse de la concentration de dioxyde de carbone. Cette respiration consiste en l'oxydation des composés à haute énergie, tel que le glucose, et la formation des substances à faible énergie, tels que le dioxyde de carbone et l'eau (Haile & Hee Kang, 2020). Ainsi, l'intensification de l'activité métabolique des grains stockés entraîne une réduction de la masse spécifique, une augmentation de la teneur en eau et des modifications de la composition chimique et de sa qualité sensorielle. Pourtant, une accélération du métabolisme est inévitable lorsque les grains de café sont stockés dans

des conditions de haute température et humidité relative (Matias et al., 2023; Zarebska et al., 2022). De même, le stockage prolongée du café vert est susceptible de compromettre sa qualité, se traduisant par un aplatissement et un relâchement typique de la qualité de la tasse suite à une réduction du potentiel aromatique du grain vert (Matias et al., 2023).

À l'Est de la République Démocratique du Congo, quatre coopératives autour du café restent très actives dans la redynamisation de la filière café arabica. Il s'agit des coopératives Kawa Kabuya, Kawa Kanzururu, Coopade et Soprocopiv. Cependant, la production réalisée à partir de ces quatre coopératives reste confrontée à des soucis de qualité des grains durant les opérations d'exportation vers les multinationales européennes. Le vieillissement rapide du café reste l'un des principaux problèmes auxquels ces coopératives font face dans les opérations commerciales. Ce problème est actuellement reconnu à l'échelle mondiale comme un défi pour la culture du café, particulièrement pour les lots exportés par les coopératives de caféiculteurs travaillant dans la région de Butembo. Si au niveau de la production et du traitement post-récolte des efforts sont palpables dans la région de Butembo (Musavandalo et al., 2025), notamment dans l'accompagnement régulier des producteurs du café et dans la mise en place dans tous les villages de production de l'arabica des microstations de lavage du café comme centre de traitement des cerises, le problème de la qualité du café constaté très souvent par les coopératives interroge sur les conditions de son entreposage avant toute opération d'exportation, car elles restent très déterminantes pour la préservation des qualités physiques, chimiques et sensorielles du produit.

Il est donc crucial pour ces quatre coopératives que les conditions dans lesquelles se fait le conditionnement du café vert avant toute opération d'exportation soient examinées de manière approfondie afin d'identifier les pratiques malsaines pouvant impacter négativement sur les qualités du café en stock. Tel est l'objectif de ce travail qui vise à évaluer les conditions de stockage du café arabica au sein des quatre coopératives susmentionnées avant toute opération d'exportation à partir de la région de Butembo.

2. Matériels et Méthode

2.1. Milieu d'étude

Les investigations réalisées dans le cadre de cette étude prennent en compte la situation d'entreposage du café des coopératives œuvrant dans la

ville de Butembo (Kawa Kabuya, Coopade et Soprocopiv), mais aussi dans la commune rurale de Lume (Kawa Kanzururu). Butembo est l'une des trois villes de la province du Nord-Kivu, positionnée à l'ouest du lac Edouard, entre la latitude 0°-5' et 0°-10' Nord et la longitude 29°-17' et 29°-18' Est et une altitude moyenne de 1-720 m (Sahani, 2011). Cette ville bénéficie d'un climat équatorial tempéré par l'altitude. On estime sa superficie à 190,34 km² répartis sur quatre municipalités subdivisées en 28 quartiers (Sahani, 2011). Le milieu de Butembo est à vocation agropastorale et commerciale et entretient des échanges commerciaux avec les pays d'Afrique orientale et du Moyen et Extrême-Orient (Mirembe, 2005). Dans ce commerce, le café (robusta et arabica) fait partie des matières premières agricoles les plus échangées ; et les organisations coopératives restent plus dynamiques dans ces échanges aux côtés de quelques sociétés comme Virunga coffee.

La commune rurale de Lume est située dans le secteur de Ruwenzori, en territoire de Beni, province du Nord-Kivu, à l'Est de la République Démocratique du Congo. Située sur l'axe routier Beni-Kasindi à une altitude moyenne qui avoisine 1050 m (Kabandauli, 2020). Selon la classification de Koppen-Geiger, la commune rurale de Lume, se situant dans le secteur de Ruwenzori posséderait un climat désertique chaud et sec (BWh), la température moyenne étant de 24,5°C et les précipitations moyennes annuelles varient entre 1500 et 1800 mm. La population de Lume dépend de l'agriculture comme activité principale (Kabandauli, 2020 ; Kamsasa, 2018).

2.2. Méthode

2.2.1. Collecte des données par enquête

En vue de comprendre les mécanismes de conditionnement du café au sein des quatre coopératives, les entretiens se sont déroulés à deux niveaux. Tout d'abord avec les responsables des entrepôts du café pour chaque coopérative, ensuite avec les femmes qui se chargent du triage manuel du café lors de la constitution du lot à exporter. Au total, 128 acteurs ont été questionnés durant la phase de collecte des données dont 4 responsables d'entrepôts, 4 responsables des équipes de triage du café et 120 trieuses à raison de 30 trieuses par coopérative. Au niveau des entrepôts des coopératives, les enquêtes menées ont porté sur trois grands points—: d'abord une caractérisation des entrepôts (nature de construction, capacité de contenance des sacs, dispositions des sacs, système de ventilation, nature des murs et du pavement, présence ou non des palettes, etc.) a été faite pour les quatre coopératives. Ensuite, avec les gestionnaires des entrepôts, des entretiens sur

les pratiques d'entreposage du café ont eu lieu. Ces entretiens ont porté essentiellement sur la provenance du café stocké, la nature du café en entrepôt (parche ou café vert), les durées d'entreposage avant exportation, les types des conteneurs (sacs) utilisés pour le stockage et le transport du café, les soins apportés dans les entrepôts, les types de déformation de la qualité du café constaté le plus souvent au cours de l'entreposage ainsi que les mesures de remédiation. Enfin, au cours des entretiens avec les trieuses du café, il a été aussi question de comprendre les modalités de triage du café en termes de formation reçue sur cette pratique, le critère de sélection des trieuses, les codes de qualité du café donné aux trieuses sur base des gammes de qualité à exporter, la nature des défauts rencontrés dans le café trié, le processus de bulckage du café, la gestion des invendus d'une campagne précédente, etc.

2.2.2. Mesure de quelques paramètres de qualité

En plus des enquêtes et observations réalisées au niveau des entrepôts du café, deux mesures ont été faites. Il s'agit d'une part de la mesure de l'évolution de la température et de l'humidité relative dans les pièces d'emmagasiner et d'autre part de la mesure de l'activité de l'eau des grains du café à la fin du processus d'usinage.

a) Mesure de la température et de l'humidité relative dans les entrepôts du café

Au niveau des entrepôts du café, deux paramètres importants (la température et l'humidité relative) ont été pris en considération. Le café étant un produit très sensible à des variations atmosphériques, ces deux paramètres influent beaucoup sur l'évolution de la qualité du grain, suite aux activités métaboliques des grains au cours de stockage et avant la torréfaction. Pour ce faire, trois mesures de ces paramètres ont été effectuées quotidiennement pendant une durée de 120 jours en raison de 60 jours par saison de récolte du café (grande saison et petite saison). Pendant la grande saison, les mesures ont été effectuées entre début octobre et fin décembre 2023 en prenant 20 jours de mesure pour chaque mois. Pour la petite saison, c'est entre début mai et fin juillet 2023 que les mesures avaient été réalisées. Pour chaque coopérative, l'entrepôt où s'effectuent le stockage et la constitution du lot à exporter a été sélectionné. Il s'agit de l'entrepôt de Mbanga pour les coopératives Kawa Kabuya et Coopade, l'entrepôt de Soprocopiv situé à Kyambogho et l'entrepôt de Kawa Kanzururu situé à Lume.

b) Mesure de l'activité de l'eau des grains du café avant mise dans le sac

Issue du domaine de l'agroalimentaire, l'activité de l'eau constitue un paramètre davantage pris en compte dans le contrôle de la qualité du café car elle influe beaucoup sur les qualités sensorielles de la tasse du café, résultant de la conservation des qualités des grains au cours d'entreposage (Bahia, 2013; Hamdouche, 2015). La mesure de l'activité de l'eau (a_w) permet de définir les interactions entre l'eau et les différentes molécules composant le produit. Ainsi, sur une échelle de 0 à 1, plus elle est élevée, plus les liaisons sont faibles ; l'eau est alors disponible pour des processus de dégradation des produits (Yué Bi et al., 2018). Pour ce qui est du café, sa capacité de conservation, la stabilité des couleurs, du goût, de la teneur en vitamines, de l'arôme ainsi que les conditions favorables à la formation de moisissures sont directement influencées par la valeur de a_w (Thomas, 2003).

Cette mesure avait essentiellement pour but de se faire une idée sur les valeurs de l' a_w qu'ont les grains du café à l'exportation. Comme la constitution d'un lot à exporter prend en compte les quantités venant de toutes les stations, l'appréciation du niveau de variabilité des valeurs de l' a_w pour les différentes graines de café qui constitue le lot a été d'une impérieuse nécessité. Pour chaque coopérative, 100 mesures dans des sacs différents ont été faites sur le café vert marchand. Le choix des sacs a été aléatoire tenant compte de l'évolution des activités de constitution du lot par la coopérative en étude. À titre d'illustration, les images ci-dessous (figure 1) montrent le processus de mesure.



Figure 2 : illustration de quelques mesures de l'activité de l'eau des grains du café avant la mise en sac pour exportation

2.2.3. *Analyse statistique des données collectées*

Les données quantitatives et/ou qualitatives ont été circonscrites dans des tableaux simples, parfois croisés, pour assurer un traitement statistique descriptif du phénomène observé sur le terrain. Pour les données quantitatives, le but était de déterminer les principaux paramètres (moyennes, paramètres de dispersion, médiane) et, le cas échéant, d'effectuer le test de significativité de la relation entre des variables. Le traitement de données qualitatives a nécessité le recours à l'analyse de contenu d'information donnée par l'enquête.

Dans l'ensemble et grâce au logiciel R Studio, l'analyse statistique réalisée essaie de montrer, pour les principales variables quantitatives, les points de convergence ou de divergence. Pour les principales variables observées, les box plots ont été utilisés pour la présentation. Avant toute comparaison des valeurs moyennes, le test de normalité de Shapiro-Wilk a été utilisé. L'analyse de la variance à deux critères de classification a été faite aux données de la température et l'humidité relative dans les entrepôts. À la suite des différences significatives observées, la comparaison deux à deux des valeurs moyennes de l'humidité relative et de la température dans les entrepôts du café a été faite grâce au test de Tukey. Pour ces deux variables, une analyse de corrélation a été faite à trois niveaux (entre les coopératives, entre les saisons de production et entre les mois durant lesquels les mesures ont été faites). La comparaison des valeurs moyennes de l'activité de l'eau entre les quatre coopératives a été faite au moyen du test non paramétrique de Kruskal Wallis. La conformité des valeurs obtenues par rapport à la norme pour l'activité de l'eau dans le café d'exportation a été vérifiée grâce au test t de Student.

3. Résultats

3.1. Caractéristiques des entrepôts utilisés pour l'emmagasiner du café

Le stockage du café, particulièrement le café vert non encore torréfié ou moulu reste une opération très cruciale pour la conservation de ses qualités au fil du temps. Un bon entrepôt du café doit répondre à certaines exigences pour que le produit stocké garde ses qualités tout au long du temps. En ville de Butembo (à Kangote pour les Coopératives Kawa Kabuya et Coopade et à Kyambogho pour la Soprocopiv) tout comme à Lume (pour la coopérative

Kawa Kanzururu), l'entreposage du café, soit parche avant son usinage, soit café vert avant le gérage pour l'exportation, se fait dans des pièces construites avec des matériaux durables. Il s'agit des espaces bien aménagés à cette fin. Les salles d'entreposage ont des murs en briques, des pavements bien cimentés, et des fenêtres pour une bonne circulation de l'air. Les murs sont surélevés à des hauteurs de plus de 5 mètres de sorte que la chaleur provenant du toit pendant les périodes ensoleillées n'atteigne directement les sacs du café stockés. Ces salles sont très spacieuses. Au niveau de l'entrepôt de la Soprocopiv, la salle réservée pour le stockage du café a une capacité de plus de 500 tonnes ; celle de Kawa Kabuya dans le bâtiment de Mbanga est de plus de 100 tonnes. Il en est de même pour l'entrepôt de la Coopade se trouvant dans le même bâtiment de Mbanga où se situe l'entrepôt de Kawa Kabuya. Au niveau de Lume, l'entrepôt de Kawa Kanzururu a une capacité de plus de 50 tonnes de café également. Il s'agit donc des pièces bien spacieuses qui offriraient normalement des bonnes conditions pour l'emmagasiner du café. Cependant, malgré que ces différentes constructions offrent des espaces convenables pour le stockage du café, dans tous les entrepôts des coopératives, le système de ventilation naturel reste la seule pratique, ce qui montre qu'il est difficile pour les coopératives de modifier les conditions atmosphériques dans les entrepôts (température et humidité relative) pendant toute la durée d'entreposage du café.

3.2. Mécanisme d'entreposage du café avant son exportation

L'entreposage du café avant son exportation est un processus très complexe dans la région de Butembo et fait intervenir plusieurs conditions variables. Tout d'abord, les investigations réalisées ont montré que les entrepôts du café des coopératives peuvent contenir deux catégories du café. D'un côté, on y retrouve du café en parche et de l'autre côté du café vert marchand déjà usiné. Pour la parche, les entrepôts de Butembo et celui de Lume ne sont pas les seuls endroits d'entreposage. Au niveau des microstations de lavage du café (MSL en sigle), après les opérations de séchage du café, la parche y séjourne pendant un bon moment jusqu'à ce que la coopérative décide de son évacuation vers les centres de collecte, soit les entrepôts de Butembo ou de Lume. Le temps de séjour de la parche dans les petits entrepôts construits aux MSL reste variable pour toutes les coopératives. Il peut aller de quelques semaines à plus de trois mois selon la capacité de production du café de chaque village. Pour les MSL qui reçoivent des grandes quantités de cerises à traiter, l'évacuation de la parche peut se faire entre deux semaines à deux mois à partir du moment où le premier lot

traité a été mis en stockage. Pour les petites MSL et qui ne reçoivent pas des grandes quantités, l'évacuation peut se faire après plusieurs semaines, voire plusieurs mois selon que la coopérative la juge opportune.

Au niveau des centres de collecte de parche pour leur dernier traitement (usinage en café vert marchand), la durée d'entreposage de la parche reste aussi variable. Au cours des entretiens, aucune coopérative n'a su la déterminer avec précision. Tout dépend des conditions de travail dans l'entrepôt (préparation du lot à exporter ou simple entreposage de la parche). Si l'évacuation de la parche des MSL vers les centres de collecte se fait pendant la période de préparation d'un lot à exporter, le temps de séjour de la parche dans l'entrepôt est de courte durée. Par contre, si l'évacuation n'a pas pris en compte cette dimension, le temps de son séjour est long et peut facilement prendre deux mois ou plus. C'est surtout au début de campagne que ces cas sont souvent observés. Pour ce qui est du café vert marchand, le séjour du café dans les entrepôts dépasse rarement un mois. Dans toutes les coopératives, le conditionnement du café en parche reste l'idéal en ce sens que ces enveloppes protègent les grains du café contre les agressions extérieures. La production du café vert marchand est toujours motivée par la constitution du lot à exporter. Par ailleurs, il arrive par moment que la coopérative n'arrive pas à exporter toute la quantité du café déjà usiné, ce qui fait que dans l'entrepôt, on peut stocker du café vert marchand (communément appelé invendu) pendant plusieurs mois avec beaucoup de risque de perte de sa qualité. La gestion de ces invendus reste un casse-tête pour les coopératives, car très souvent, ils perdent leurs qualités au cours du stockage, même si les coopératives tentent d'utiliser des espaces propres au sein de la salle d'entreposage pour leur conservation. En stockant les invendus, les coopératives prennent aussi la précaution de les identifier en termes de lots auxquels ils font allusion et de la date du début de leur entreposage.

Le conditionnement du café en parche ou vert se fait dans des sacs ordinaires à polypropylène. Ces sacs sont généralement posés sur des palettes dans les entrepôts. Cependant, quelques cas d'irrégularités sont souvent observés dans les entrepôts des Coopératives. Pendant la grande campagne de 2023, chez Soprocopiv et Kawa kabuya, face au déficit des palettes dans les entrepôts, les agents affectés aux entrepôts étaient quelques fois obligés de poser les sacs sur le pavé, ce qui pouvait les humidifier et occasionner la croissance fongique dans les sacs.

S'agissant des soins à apporter aux entrepôts, à la fin de chaque saison de production du café, lorsque ceux-ci sont vides, on élimine tous les déchets, potentielles sources de contamination du café. Cette pratique est aussi faite au début de la campagne de production. L'organisation des locaux d'entreposage du café laisse des espaces entre les gerbes pour les manutentionnaires. Les allés sont créés entre plusieurs gerbes pour permettre à ce que la manipulation des sacs soit facile dans l'entrepôt. Pendant le conditionnement du café sans objectif d'exportation, il a été difficile de terminer si une gerbe contient combien de sacs en ce sens que pour ce type de stockage le poids à mettre dans le sac ne compte pas. Cependant, lors de la constitution d'un lot à exporter, une gerbe contient 320 sacs superposés les uns sur les autres, et réalise un total de 19200 kg, à raison de 60 kg par sac (unité retenue pour le marché du café).

3.3. Les pertes de qualités du café observées pendant l'entreposage

La connaissance de l'occurrence des failles pouvant intervenir pendant la période d'entreposage du café en parche ou marchand a été également notre préoccupation. Lors des investigations, il est ressorti que, suite au non-respect des conditions de manipulation des sacs dans les entrepôts, deux manifestations sont souvent constatées : le développement des moisissures et l'augmentation de l'humidité dans la masse de café entreposé. Ces manifestations interviennent souvent lors d'un stockage de longue durée, et elles concernent à la fois le café en parche et le café vert marchand.

En effet, à la suite du stockage de longue durée, les responsables des entrepôts ont révélé qu'il arrive par moment que les travailleurs, au lieu de disposer les sacs sur les palettes, les mettent à même le sol ou en contact avec les murs. C'est ainsi que pendant les périodes pluvieuses ou en cas de forte humidité dans les lieux d'emmagasiner du café, la croissance des moisissures et les mauvaises odeurs se font sentir dans les entrepôts. Ces cas sont surtout constatés lors des saisons de grande production, période durant laquelle les palettes disponibles sont insuffisantes par rapport au nombre de sacs à conditionner.

À la suite du développement des moisissures dans la masse du café, par moment, les responsables des entrepôts peuvent décider de procéder à un nouveau séchage. Malheureusement à l'issue de l'analyse au laboratoire, la qualité du produit est rétrogradée. En effet, l'attaque des moisissures sur le café marchand entraîne une décoloration des fèves, un phénomène qualifié du blanchissement du café par les enquêtés aboutissant à des fèves dont la

coloration va de bleu-vert au jaune. Outre la perte de qualité due au développement des moisissures suite à une forte humidité dans la masse de café, le nouveau séchage pour atteindre un taux d'humidité de 12% recommandé, entraînant d'une part l'apparition des grains dits « fanés » aux parois ridées et d'autre part une perte pondérale aux conséquences économiques préjudiciables aux intérêts des coopératives. La fixation de l'humidité n'est pas le seul phénomène souvent constaté par les coopératives.

3.4. Évolution de la température et humidité relative des locaux d'entreposage

3.4.1. Variation de la température

Les résultats de la variation de la température dans les entrepôts des coopératives au cours d'une période de six mois, coïncidant avec la période d'entreposage du café (trois mois en petite saison et trois mois en grande saison) sont repris à la figure 2 ci-dessous :

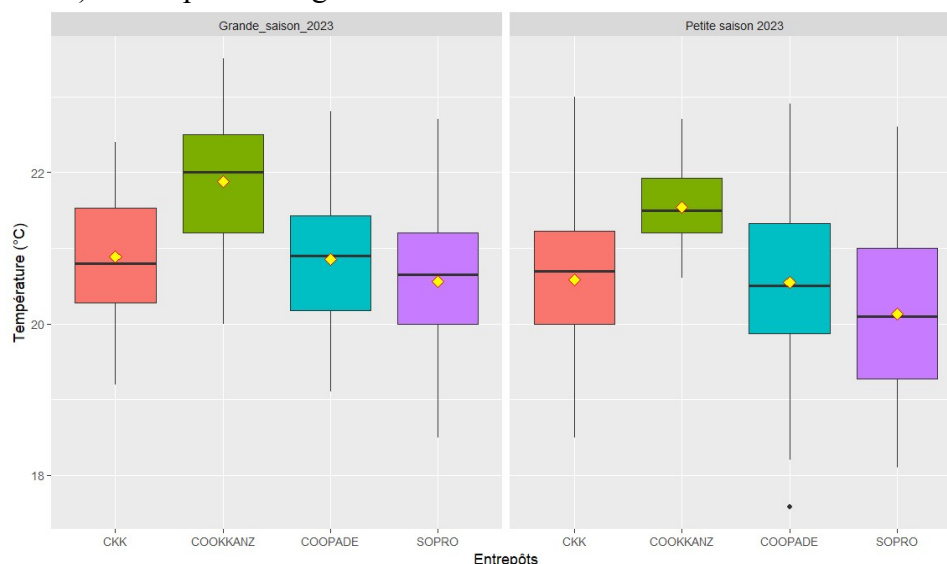


Figure 3 : variation de la température d'entreposage au cours des saisons de production.

Il ressort de cette figure qu'au cours de deux saisons de production, la température dans les entrepôts a été légèrement supérieure à 20°C sans dépasser 22°C. En plus par saison, des variations de la température sont perceptibles entre les entrepôts de quatre coopératives. Il en est de même pour une même coopérative au cours de deux saisons de production. Ces observations faites sont confirmées par l'analyse de la variance qui montre des différences très hautement significatives entre les entrepôts (p-value de

$1,2609^{e-29}$) et entre les saisons (p-value de $2,1369^{e-05}$). Cependant, aucune interaction positive n'a été observée entre les entrepôts et les saisons pour ce qui est des variations de la température. La comparaison deux à deux des valeurs moyennes par le test de Tukey montre des différences significatives entre les entrepôts de ces quatre coopératives sauf pour les entrepôts de la Kawa Kabuya et la Coopade dont les valeurs moyennes sont restées identiques au seuil de 95%.

3.4.2. Variation de l'humidité relative

Les résultats de la variation de l'humidité relative observée dans les entrepôts du café au cours de deux saisons de production sont consignés sur la figure 3 ci-dessous :

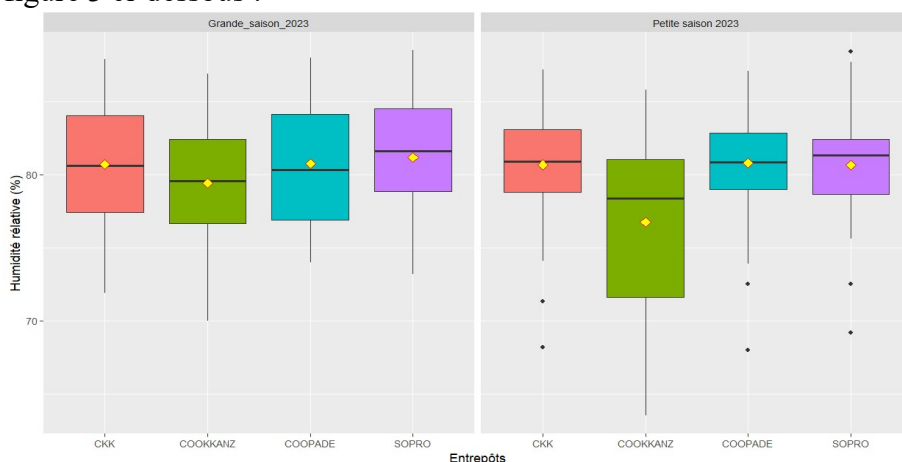


Figure 4 : variation de l'humidité relative dans les entrepôts du café

Cette figure renseigne qu'au cours de deux saisons de production, les entrepôts ont été caractérisés par une atmosphère suffisamment saturée en vapeur d'eau. En effet, à l'exception de l'entrepôt de la coopérative Kawa Kanzururu, les taux moyens d'humidité ont été légèrement supérieurs à 80%. Entre les quatre entrepôts, des différences très hautement significative (p-value de $1,2609^{e-29}$) ont été observées, alors qu'elles ont été juste significatives entre les deux saisons (p-value de 0,0406). Comme pour le cas de la température, la comparaison deux à deux de ces valeurs moyennes par le test de Tukey montre des différences significatives entre les entrepôts de Kawa Kanzururu et Kawa Kabuya, Coopade et Kawa Kabzururu et Soprocopiv et Kawa Kanzururu. Pour les autres cas, les valeurs moyennes sont identiques au seuil de 95%.

3.4.3. *Corrélations entre la température et l'humidité relative des entrepôts*

La corrélation entre la température et l'humidité relative dans les entrepôts a été évaluée à plusieurs niveaux. Tout d'abord entre les deux saisons toutes les coopératives confondues, ensuite au sein de chaque coopérative et enfin au cours de chacun de six mois de prélèvement de ces variables.

❖ **Corrélation entre les variables au cours de deux saisons de production pour toutes les coopératives**

Les valeurs obtenues pour la corrélation entre les variables température et humidité relative dans les entrepôts du café pour les deux saisons de production de 2023 sont consignées à la figure 4 ci-dessous :

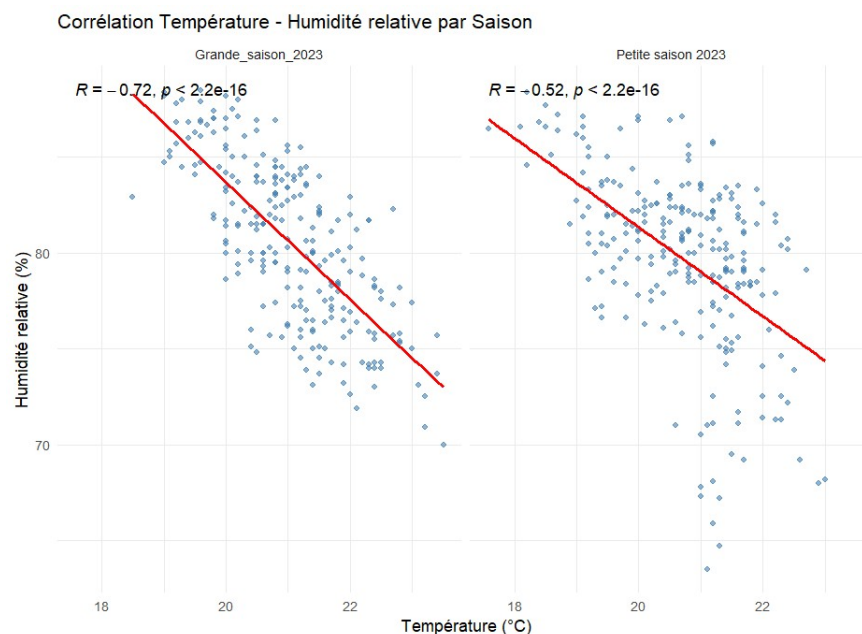


Figure 5 : corrélation entre la température et l'humidité relative dans les entrepôts du café

Les résultats de cette figure 4 montrent une corrélation négative entre l'évolution de la température et de l'humidité relative dans les entrepôts au cours de deux saisons de production. En effet, l'augmentation progressive de la température entraîne une diminution de l'humidité relative dans les entrepôts. Néanmoins, il apparaît que cette corrélation a été plus modérée

durant la petite saison de production de 2023 comparativement à la grande saison de production de la même année.

❖ Corrélation entre variables au sein de chacun des entrepôts des coopératives

Les valeurs obtenues pour la corrélation des variables températures et humidités relatives dans les entrepôts de quatre coopératives sont reprises sur la figure ci-dessous :

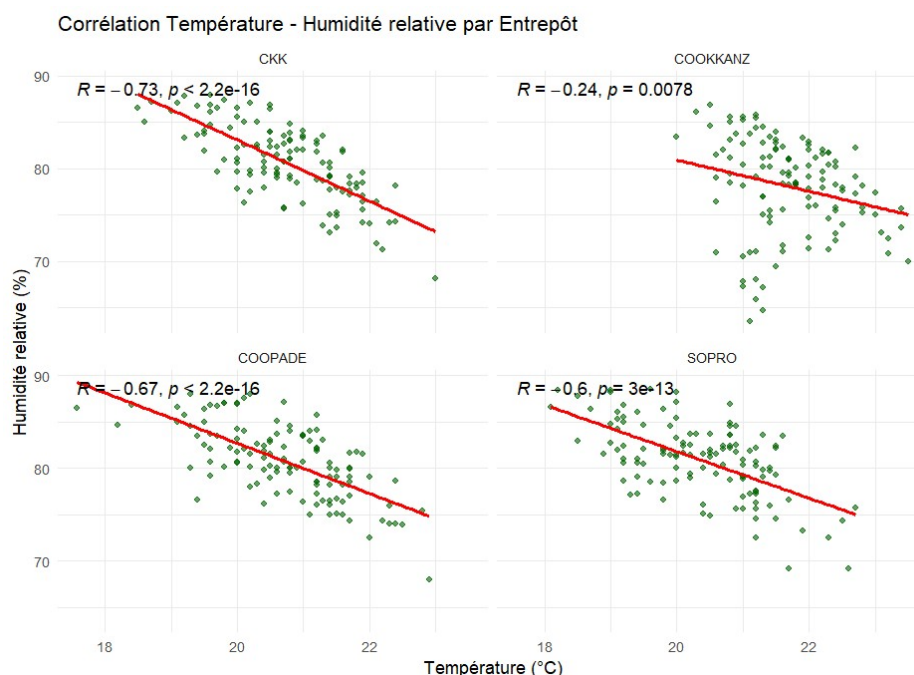


Figure 6 : corrélation entre la température et humidité relative dans les entrepôts de chaque coopérative

Comme pour le cas précédemment présenté, l'augmentation de la température dans les entrepôts du café entraîne une diminution de l'humidité relative. Les différentes images de cette figure montrent que cette corrélation négative diffère d'un entrepôt à un autre (valeurs différentes de R). Pour l'entrepôt de la coopérative Kawa Kanzururu, cette corrélation négative est faible alors qu'elle est modérée pour la Soprocopiv et la Coopade et forte pour la Kawa Kabuya.

❖ Corrélation entre des variables au cours de chacun de six mois de prélèvement des données

La figure 6 présente la corrélation entre les variables température et humidité relative au cours de de six mois d'observation, en compilant les données de quatre coopératives.

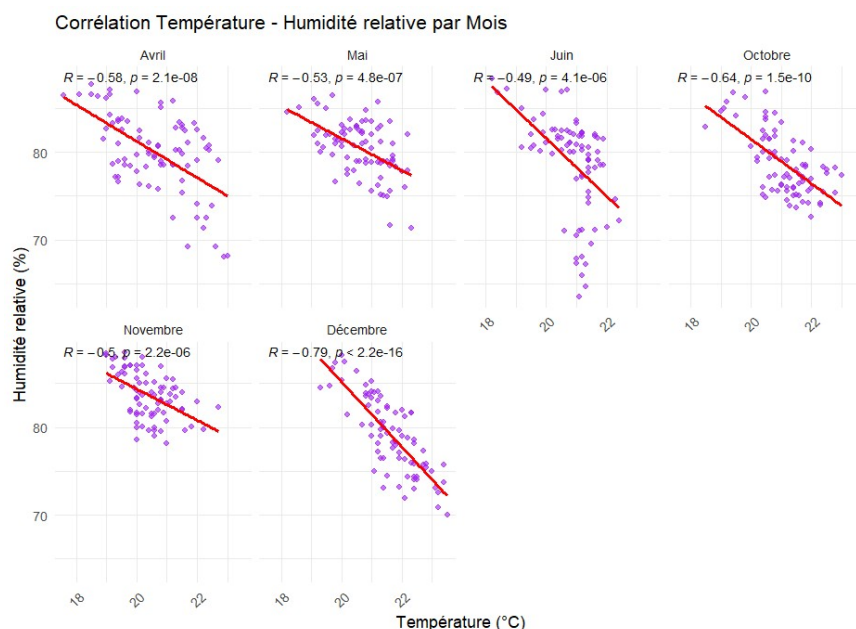


Figure 7 : corrélation entre variables température et humidité relative au cours de chacun de six mois d'observation

Au cours de chacun de six mois d'observation de l'évolution de l'humidité relative face à celle de la température dans les entrepôts du café, il ressort des résultats de la figure 6 qu'une corrélation négative entre ces deux variables est confirmée. Cependant cette corrélation apparaît plus forte pour le mois décembre alors qu'elle est modérée pour les autres mois.

3.5. Pratiques du triage du café aux entrepôts et types de défauts du café

À la suite de l'usinage du café et avant son conditionnement dans les sacs d'exportation, le triage manuel constitue une phase cruciale pour déterminer sa qualité. Au cours des investigations, il a été constaté que les critères de sélection des trieuses du café et le type de formation qu'elles reçoivent, les modalités de triage et de la validation des résultats, les types de défauts pour

déterminer un grade précis d'un lot du café ont été les mêmes pour les quatre coopératives.

Les entretiens avec les responsables des entrepôts ont révélé que les critères de sélection des trieurs du café sont basés sur le genre, la certification du café exigeant l'âge de maturité et l'habileté de maîtriser les défauts de qualité du café. Tenant compte de ces critères, il a été remarqué que le triage du café dans les entrepôts est réalisé par des individus ayant au moins 18 ans appartenant majoritairement au genre féminin.

La formation des trieuses porte sur certains aspects essentiels de la qualité du café. Elle insiste tout d'abord sur les règles d'hygiène. En effet, le café est un produit qui fixe facilement les odeurs étrangères. Une trieuse du café ne doit pas se parfumer avant de procéder au tri ni utiliser des lotions aux arômes très piquants. Les femmes allaitantes ne sont pas aussi censées faire le triage du café avec leurs bébés, car il y a des risques de contamination du café par les odeurs du lait maternel et des produits de soins des bébés. En plus des notions sur les règles d'hygiène, la formation des trieuses se focalise sur les défauts du café et leur gravité pour la qualité. Les différents signes de malformation du grain et leur valeur dans l'appréciation de la qualité du grain sont inculqués aux trieuses. Pour les signes accordés aux défauts, certains sont prépondérants dans la détermination de la qualité du café. Ainsi, la sévérité du triage dépend du grade que l'on voudrait imprimer à un lot de café à exporter.

Toutes les quatre coopératives disposent d'un nombre important de trieuses allant de 100 à plus de 250 individus, variable en fonction des quantités de café disponibles dans l'entrepôt et du délai donné avant l'exportation du lot du café. La tâche journalière minimum accordée à chaque trieuse est de 25 kg, mais cette quantité peut varier selon ses capacités de travail. Pour chaque coopérative, il existe un responsable de trieuses qui vérifie la conformité des grains après triage. Au cas où les grains ne sont pas conformes aux exigences de la qualité du café, les trieuses sont censées reprendre le travail. Souvent la pratique de triage du café présente des irrégularités si bien qu'au moment de contrevérification aux laboratoires des coopératives, on trouve qu'un café trié pour donner le grade K3 est classé au grade K4. Par moment, la gérance de la coopérative peut recommander un nouveau triage selon la gravité des erreurs constatées, soit elle peut décider que le café soit maintenu dans cet état si elle estime que le coût d'un nouveau triage peut augmenter le coût de production du café, mais avec les risques

que les clients constatent les mêmes erreurs et dégradent la qualité du lot exporté.

Pour ce qui est de la nature de défauts constaté dans le café, plusieurs types ont été distingués. Certains défauts sont considérés comme réguliers par les trieuses du café alors que pour d'autres, la présence dans le café est modérée voire rare. Dans le tableau 1 ci-dessous, la nature des défauts que les trieuses retrouvent souvent dans le café usiné au niveau des entrepôts des coopératives est présentée.

Tableau 8 : nature des défauts retrouvés au cours du triage du café dans les entrepôts.

Défauts plus fréquents	Défauts moins fréquents	Défauts rarement observés
Grains cassés, grains partiellement noirs, grains blanchis, grains troués par les insectes, grains brun rougeâtre	Grains moisiss, grains noires, grains vert pâle, fragment de cerises, fèves fendues, grains fanés, caracoli,	Cailloux, cerise entière en coque, parche non usiné, haricot, bois, pulpe issue du café

De ce tableau 1, il se dégage que certains défauts du café sont plus fréquemment rencontrés que d'autres au cours du triage manuel et d'autres sont rarement constatés. Selon les trieuses, ce constat se justifie par le fait que les traitements préliminaires du café permettent de les éliminer d'avance. Il s'agit par exemple des cailloux, des coques ou parches qui sont éliminés de manière systématique par la machine au cours de l'usinage. Les corps étrangers (haricot, bois, pulpe) sont aussi rares compte tenu des conditions de traitement au sein des MSL qui permettent d'éliminer ces impuretés à plusieurs niveaux.

Le caracoli est considéré comme un défaut selon le contexte. Il existe des clients très exigeants qui ne tolèrent pas la présence des grains caracoli dans les lots de café à exporter. Face à une telle exigence, le triage manuel se fait en éliminant tous les grains caracoli. Néanmoins, il arrive des moments où certains clients demandent des sacs uniquement constitués des grains caracoli. Compte tenu du fait que ces grains sont rarement développés au cours de la fructification, des telles commandes sont rares et considérées par les coopératives comme spéciales.

3.6. Activité de l'eau des grains du café à l'exportation, paramètre oublié, mais essentiel

Dans les mécanismes de contrôle de la qualité du café, les coopératives se limitent à la mesure de l'humidité des grains du café. Malgré son importance dans la stabilité des qualités du café durant le stockage, aucune coopérative ne mesure la valeur de l'activité de l'eau des grains du café en entreposage. Pour les quatre coopératives prises en compte dans cette étude, les valeurs moyennes et les variations observées pour l'activité de l'eau à la fin de la phase de traitement du café (après usinage) sont consignées à la figure 7 ci-dessous.

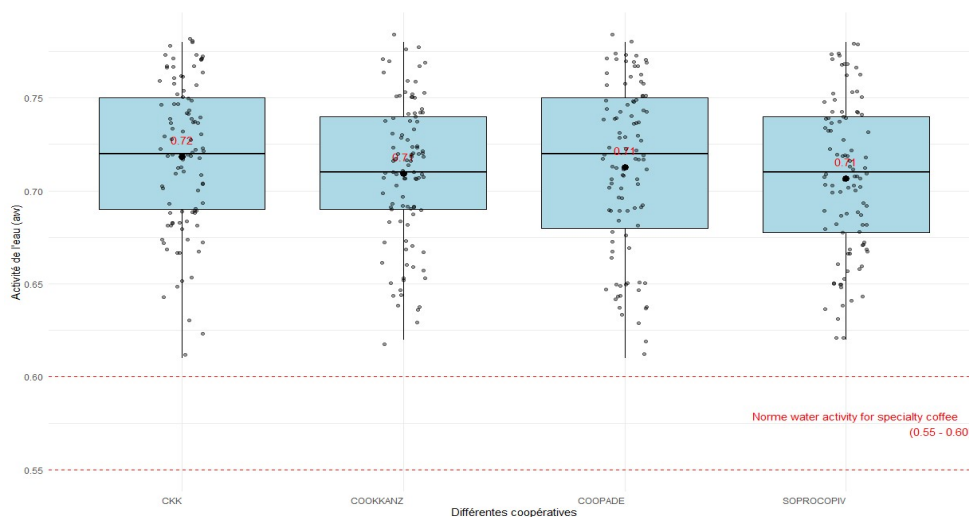


Figure 8 : valeurs moyennes et niveau de variabilité de l'activité de l'eau du café vert marchand

L'activité de l'eau est une variable oubliée de quatre coopératives et pourtant très importante pour la stabilité de la qualité du café. Les résultats présentés sur la figure 7 ci-dessus montrent que les échantillons de cafés prélevés dans les entrepôts de coopératives présentent des valeurs nettement supérieures à la norme requise pour un café de spécialité (valeur de 0,55-0,60). Pour ces coopératives, les valeurs médianes se situent bien au-dessus de 0,70. En examinant le cas de chaque coopérative, la CKK (Coopérative Kawa Kabuya) et la Coopade (Coopérative pour le Développement), ont des plages de valeurs presque identiques avec une forte dispersion des données élémentaires. Les valeurs sont beaucoup plus concentrées entre 0,68 et 0,75. Pour la CooKKanz (Coopérative Kawa Kanzururu), la distribution des données semble un peu plus serrée autour de la médiane comparativement

aux deux précédentes coopératives. Au niveau de la Soprocopiv, la médiane reste la plus basse de toutes les coopératives et l'ensemble des données semble avoir la plus faible valeur moyenne bien que les écarts soient aussi considérables comme pour les autres cas. La comparaison des valeurs moyennes de l'activité de l'eau de quatre coopératives par le test de Kruskal Wallis n'a montré aucune différence significative ($p\text{-value}=0,1519$). Cependant, le test de conformité considérant la limite de 0,6 a indiqué d'importants écarts pour les quatre coopératives ($p\text{-value}=2,2 \times 10^{-16}$). Aucune coopérative n'a montré une valeur moyenne tendant à se rapprocher de la norme.

4. Discussion

L'entreposage du café par les coopératives en milieu de Butembo se fait dans des enceintes qui offrent normalement des conditions favorables pour un bon stockage du produit. La nature des constructions ne poserait pas de problèmes pour ce qui est de la conservation des bonnes qualités des grains du café. Cependant, quelques imperfections susceptibles de faire perdre aux grains leurs qualités ont été observées durant les investigations.

Quand les opérations de conditionnement dans les entrepôts ne sont pas correctement réalisées, le café peut subir des dégradations importantes qui se traduisent par une perte de ses qualités organoleptiques d'arômes, de goût, de corps, ... (Coradi et al., 2007; Eshete et al., 2024). Si certaines des conditions d'entreposage du café par les coopératives œuvrant dans la région de Butembo sont convenables, il faut tout de même souligner que d'autres méritent des améliorations pour réduire les risques de dépréciation des qualités du café. En titre d'exemple, tous les entrepôts utilisent un système de ventilation naturelle. Or, le système de ventilation naturelle, tout en étant un système très simple, présente plusieurs inconvénients (Fadri et al., 2020). Avec ce système, les températures et les conditions d'humidité relative à l'intérieur des entrepôts sont très proches de celles de l'extérieur ; ce système ne convient pas pour des produits agricoles hygroscopiques comme le café qui est d'ailleurs très sensible aux variations des conditions atmosphériques (Yusri et al., 2012). Ensuite, comme tout autre fluide, l'air suit le chemin de moindre de résistance. Au niveau des entrepôts, en constituant les gerbes, les sacs de café sont entassés les uns sur les autres en masse compacte. Par conséquent, au lieu que l'air s'infilte dans la masse des grains pour évacuer la chaleur accumulée et les gaz dus à la respiration, il circulera autour des

sacs (Duguma & Van deer Meer, 2018). Les risques de sur-fermentation et de développement des moisissures sont alors élevés.

La température idéale pour préserver les qualités de café au cours de l'entreposage est comprise entre 15-20°C. En examinant les valeurs de températures consignées sur la figure 2, le risque de perte de qualité du café lié à la température dans les entrepôts dans la région de Butembo reste modéré (Abreu et al., 2017). En effet, les valeurs moyennes de températures d'entreposage sont restées concentrées autour de 20°C largement inférieures à celles comprises entre 25-30°C jugées dangereuses pour la conservation de la qualité du café, car entraînant des risques majeurs d'accélération de l'activité enzymatique responsable de l'oxydation des lipides et de la dégradation des composés aromatiques du café (Abreu et al., 2023).

Une autre source importante de perte de qualité du café au cours de l'entreposage est le taux d'humidité relative dans les entrepôts. Les valeurs moyennes reprises sur la figure 3 indiquent que tous les entrepôts du café visités au cours de cette étude sont caractérisés par une forte humidité relative supérieure à 80%. Face à un produit hygroscopique comme le café, le risque de résorber cette humidité est élevé pour les quatre coopératives (Rendón et al., 2014). Ces fortes valeurs observées seraient justifiées par les temps pluvieux qui prévalent toujours pendant les campagnes de production du café. En plus, la présence du boisement autour des entrepôts de Kangote et de Kyambogho exacerberait le taux de sursaturation de l'air en eau dans les entrepôts.

Les fortes valeurs du taux d'humidité relative dans les entrepôts du café constituent un danger permanent menaçant la qualité du café (Abreu et al., 2023, 2017; Rendón et al., 2014). En effet, elles sont à l'origine du développement des moisissures dans le produit stocké, constaté quelques fois par les coopératives au cours de stockage du café. Avec ces fortes valeurs, comme l'ont montré Borém et ses collaborateurs (2013), le risque de production des toxines fongiques, à l'occurrence l'Ochratoxine A (OTA) est élevé. Ce danger pourrait être accru lorsque les sacs du café doivent faire beaucoup de temps en entrepôt avant l'exportation. Tel est le cas du café invendu qui doit être mélangé au café de la campagne suivante. Or, le café ne peut être stocké pendant plus de six mois tout en conservant ses qualités physiques et sensorielles que si les gammes de température et d'humidité relative sont comprises entre 15-20°C et 50-60% respectivement (Borém et al., 2013).

Les notions de café de spécialité sont nouvelles et dynamiques. Il est peu probable que les normes et perceptions qui prévalaient en matière de qualité du café, il y a 10 ans, soient toujours valables aujourd'hui (Fretheim, 2019). Dans le contexte de la région de Butembo, l'inadéquation de qualité constatée entre les échantillons à l'achat et le lot du café à la livraison au client suscite des interrogations. L'un des principaux domaines d'intérêt dans la discussion sur la stabilité des qualités du café vert de spécialité concerne les méthodes de mesure des caractéristiques déterminant ces qualités. Une mesure relativement nouvelle pour le café de spécialité, bien qu'elle soit bien établie dans d'autres industries, est celle de l'activité de l'eau. Alors que la teneur en humidité est une mesure de la quantité d'eau dans un système, l'activité de l'eau est une mesure de l'état énergétique de cette eau.

Les résultats présentés sur la figure 6 montrent des valeurs moyennes de l'activité de l'eau supérieure à 0,7 pour les quatre coopératives. La comparaison des moyennes n'a pas montré des différences significatives entre elles ($p\text{-value}=0,1519$). Le test de conformité des valeurs a montré qu'aucune des quatre coopératives n'est dans la gamme de 0,55-0,60 admissible pour le café de spécialité. Ces valeurs de l'activité de l'eau supérieures à 0,7 ne peuvent pas garantir une conservation de longue durée (Fretheim, 2019).

Comme l'affirment Yué Bi et al., (2018), l'activité de l'eau (a_w) des grains de café constitue un paramètre prépondérant affectant de manière significative la qualité du café et sa durée de conservation. Contrairement à la simple teneur en humidité (le pourcentage de l'eau dans les grains du café), l'activité de l'eau mesure la quantité de l'eau « libre » disponible pour les réactions chimiques entre les composants du grain du café et la croissance microbienne (Bahia, 2013). Certains auteurs, affirment que l'activité de l'eau est l'indicateur le plus précis pour la stabilité du café pendant le processus de stockage et transport (Bucheli & Taniwaki, 2002; Pardo et al., 2005; Yué Bi et al., 2018). Une valeur élevée de l'activité de l'eau crée un environnement idéal pour le développement des moisissures, des bactéries et des levures.

Les micro-organismes peuvent altérer le goût du café en produisant des arômes désagréables et peuvent générer des toxines, comme l'ochratoxine A (OTA), dangereuses pour la santé des consommateurs (Bucheli & Taniwaki, 2002). Avec des valeurs supérieures à 0,70 trouvées dans les échantillons du café exporté par les quatre coopératives, il est clair que l'activité de l'eau constitue l'un des facteurs à la base du vieillissement rapide du café exporté à partir de la région de Butembo. L'oxydation des lipides est un processus

naturel qui dégrade les composés aromatiques du café. L'eau libre agit comme un catalyseur de cette oxydation, en particulier pour les huiles contenues dans les grains du café. Ainsi, une activité de l'eau élevée accélère ce processus, entraînant un rancissement d'huiles et une perte de fraîcheur, ce qui se traduit par un goût plat ou désagréable.

En comparant les résultats de cette étude (figure 6) avec ceux de Fretheim, (2019) qui estime que les valeurs au-delà de 0,65 sont très fatales pour la préservation des qualités du café, il est constaté que les risques de la croissance des moisissures et des levures sont élevés pour les quatre coopératives évaluées. Il en est de même pour l'activité enzymatique des grains et de l'oxydation des lipides. Même si pour ce dernier paramètre, il faut une forte contribution de l'humidité relative dans les entrepôts, les résultats présentés sur la figure 3 montrent que les entrepôts sont dans un état de saturation de vapeur d'eau avec des valeurs moyennes supérieures à 80%. Cette situation de forte activité de l'eau dans les grains peut provenir de deux phénomènes : l'insuffisance de séchage au sein des MSL et les conditions de stockage du café. Selon l'étude menée par Pardo et al., (2005), il a été constaté que les grains de café conservés dans un endroit humide ont tendance à absorber de l'eau pour maintenir l'équilibre. Ainsi, ayant au départ une faible activité de l'eau, ces auteurs ont observé une augmentation de cette activité durant le stockage. C'est ce qui se passe probablement dans les entrepôts du café des coopératives ouvrant dans la région de Butembo.

5. Conclusion

Cette étude met en exergue une vulnérabilité systémique des infrastructures d'entreposage du café Arabica dans la région de Butembo. Bien que les unités de stockage soient construites en matériaux durables, l'exclusivité du recours à une ventilation naturelle ne permet pas de réguler les paramètres thermo-hygrométriques ambiants. Les résultats révèlent une atmosphère délétère, caractérisée par une humidité relative excédant fréquemment le seuil critique de 80 %, favorisant ainsi une activité métabolique intense au sein des grains. Cette saturation hygrométrique, corrélée négativement à la température, exacerbe les risques de dégradation biochimique, notamment via la respiration cellulaire et la prolifération fongique, particulièrement lors de stockages prolongés ou d'anomalies logistiques comme le gerbage à même le pavement. L'altération sensorielle des grains du café qui en résulte, marquée par le blanchiment des fèves et l'apparition de grains fanés, a des conséquences négatives sur la valeur

marchande du café à son exportation. En définitive, la pérennisation de la qualité du café d'exportation requiert une transition impérative vers des technologies de monitoring actif et une optimisation rigoureuse de la gestion des stocks invendus.

Remerciements

Avec une immense gratitude, nos vifs remerciements s'adressent aux responsables de RIKOLTO, de qui, grâce au PASA-NK sous le financement du Ministère congolais de l'agriculture et du FIDA, nous avons été soutenus financièrement pour mener à bien cette étude. Cet appui décisif a non seulement permis de mener à bien les recherches, mais a surtout rendu possible la publication de l'article qui en découle.

Conflits d'intérêts

L'étude a été réalisée sans aucun conflit d'intérêts.

Références bibliographiques

- Abreu, G. F., Rosa, S., Cirillo, M., Malta, M., Clemente, A., & Borém, F. (2017). Simultaneous optimization of coffee quality variables during storage. *Bras Eng Agríc Ambiental*, 21(1), 56-60. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n1p56-60>
- Abreu, G., Rosa, S., Coelho, V. B. S., Pereira, C., Malta, M., Fantazzini, T. B., & Vilela, A. L. (2023). Influence Of Hulling And Storage Conditions On Maintaining Coffee Quality. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 95(4), 12. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202320190612>
- Anne-Laure, B. (2016). *Autour du Café*, [Thèse de doctorat en Pharmacie]. Université Angers.
- Bahia, B. (2013). *Contribution à l'étude qualitative des cafés de consommation dans la région de Tlemcen* [Memoire de Master]. Université Abou Bekr Belkaid-Tlemcen.
- Borém, F., Abreu, G. F., De Alves, A. P., De Santos, C. M., & Dos Teixeira, D. E. (2021). Volatile compounds indicating latent damage to sensory attributes in coffee stored in permeable and hermetic packaging. *Food Packaging and Shelf Life*, 21. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2021.100705>

- Borém, F., Ribeiro, F., Figueiredo, L., Giomo, G., Fortunato, V., & Inquierdo, E. (2013). Evaluation of the sensory and color quality of coffee beans stored in hermetic packaging. *J Stored Prod Res*, 52, 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2012.08.004>
- Broissin-Vargas, L. M., Snell-Castro, R., Godon, J. J., González-Ríos, O., & Suárez-Quiroz, M. L. (2018). Impact of storage conditions on fungal community composition of green coffee beans *Coffea arabica* L. stored in jute sacks during 1 year. *Journal of Applied Microbiology*, 124(2), 547-558. <https://doi.org/10.1111/jam.13656>
- Bucheli, P., & Taniwaki, M. H. (2002). Research on the origin, and on the impact of post-harvest handling and manufacturing on the presence of ochratoxin A in coffee. Review. *Food Addit. Contam.*, 19, 655-665.
- Coradi, P. C., Borém, Fm, Saath, R., & Marques, E. R. (2007). Effect of drying and storage conditions on the quality of natural and washed coffee. *Coffee Science*, 2(1), 38-47.
- Duguma, T. F., & Van deer Meer, P. (2018). Value Chain Analysis of the Pre and Post-Harvest Factors Deteriorating the Quality of Coffee in the Chole District, Oromia Region, Ethiopia,. *Food Science and Quality Management*, 17, 6P.
- Eshete, F. A., Yetenayet, Kuyu, C. G., KASSAYE, T, Mulugeta, D., & Gure, S. (2024). Physicochemical stability and sensory quality of selected Ethiopian coffee (*Coffea arabica* L.) brands as affected by packaging materials during storage,. *Heliyon 10 Published by Elsevier Ltd*, 18p. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29323>
- Fadri, R. A., Sayuti, K., Nazir, N., & Suliansyah, I. (2020). Production process and quality testing of arabica ground coffee (*Coffea arabica* L) solok regency, West Sumatera. *Journal of Applied Agricultural Science and Technology*, 4(1), 36-5.
- Fretheim. (2019). *Water Activity in Specialty Green Coffee : A Long-Term Observational Study*.. Cafe Imports,.
- Haddoudi, M., Mellouk, H., Bejjany, B., Dani, A., & Digua, K. (2014). *Valorisation du marc du café : Extraction de l'huile et évaluation de son activité antioxydante Valorization of spent coffee grounds : Oil extraction and evaluation of antioxidant a... ; Laboratoire de Génie des Procédés et Environnement*, (Faculté des Sciences et Techniques Mohammedia, Université Hassan II, BP 140 Mohammedia). Faculté

- des Sciences et Techniques Mohammedia, Université Hassan II, BP 140 Mohammedia.
- Haile, M., & Hee Kang, W. (2020). The Harvest and Post-Harvest Management Practices' Impact on Coffee Quality. *Coffee. Production and Research*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.89224>
- Hamdouche, Y. (2015). *Discrimination des procédés de transformation post-récolte du Cacao et du Café par analyse globale de l'écologie microbienne* [Thèse de doctorat]. Montpellier SupAgro.
- Kabandauli, A. K. (2020). Analyse socio-politique et économique de l'insécurité dans les régions frontalières congolaises (RD.Congo) : Cas du secteur Ruwenzori de 1986 à 1996. *Journal of Business and Management (IOSR-JBM)*, 22(3), 11-18.
- Kamsasa, N. (2018). *Province du Nord-Kivu, Territoire de Beni, Secteur de Rwenzori, Groupement Bolema, Malambo et Basongora, Zone de sante Mutwanga* (Rapport de l'Evaluation Rapide des besoins No. 12; p. 15). Zone de Santé de Mutwanga.
- Matias, G. C., Borém, F., Alves, A. P., De C., Haeberlin, L., Santos, C. M., & Dos Rosa, S. D. V. F. (2023). Effect of storage conditions on the physical properties of coffee beans with different qualities. *EUREKA. Life Sciences*, 5, 35-49. <https://doi.org/10.21303/2504-5695.2023.003008>
- Mirembe, K. O. (2005). *Echanges transnationaux, réseaux informels et développement local. Une étude au Nord-est de la République démocratique du Congo* [Thèse de doctorat]. Louvain-la-Neuve,.
- Musavandalo, K. G., Lupatso, M. A., Leopold, M. P., Vikanza, K. P., Mutiviti, P. G., & Valimunzigha, K. C. (2025). Microstations de lavage du café en milieu de Butembo : Défis pour une production de qualité. *Droit et société, PUG – CRIG*, (31), 47-72. <https://doi.org/10.57988/crig-2126>
- Pardo, E., Mari', S. N., Ramos, A. J., & Sanchis, V. (2005). Effect of Water Activity and Temperature on Mycelial Growth and Ochratoxin A Production by Isolates of *Aspergillus ochraceus* on Irradiated Green Coffee Beans. *Journal of Food Protection*, 68(1), 133-138.
- Rendón, M. Y., Salva, T. J. G., & Bragagnolo, N. (2014). Impact of chemical changes on the sensory characteristics of coffee beans during storage. *Food Chem*, 147, 279-286.

- Ribeiro, F., Borém, F., Giomo, G., De Lima, R. R., Malta, M., & Figueiredo, L. (2011). Storage of green coffee in hermetic packaging injected with CO₂. *Journal of Stored Products Research*, 47(4), 341-348. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2011.05.007>
- Sahani, W. M. (2011). *Le contexte urbain et climatique des risques hydrologiques de la ville de Butembo, Nord-Kivu /RDC* [Thèse de doctorat]. Université de Liège.
- Sengupta, B., Priyadarshinee, R., Roy, A., Banerjee, A., Malaviya, A., Singha, S., & Kumar, A. (2020). Toward sustainable and eco-friendly production of coffee : Abatement of wastewater and evaluation of its potential valorization. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 22, 995-1014. <https://doi.org/10.1007/s10098-020-01841-y>
- Thomas, R. (2003). *L'activité de l'eau, une autre façon de voir l'humidité* (ed Rotonic,). ed Rotonic,.
- Yué Bi, Y. C., Yao N'zué, B., Konan, B. R., Akmel, D. C., & Tano, K. (2018). Moisture Adsorption Isotherms Characteristic of Coffee (Arabusta) Powder at Various Fitting Models. *Int. J. Curr. Res. Biosci. Plant Biol.*, 5(2), 26-35. <https://doi.org/10.20546/ijcrbp.2018.502.004>
- Yusri, A., Mursalim, B., & Tulisa, D. (2012). The temperature and Duration of Storage Before Roasting can Affect the Quality of the coffee. *Journal of Applied Agricultural Science and Technology*, 4(1), 36-55.
- Zarebska, M., Stanek, N., Barabosz, K., Jaszkiwicz, A., Kulesza, R., & Matejuk, R. (2022). Comparison of chemical compounds and their influence on the taste of coffee depending on green beans storage conditions. *Scientific Reports*, 12(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-06676-9>

Brève présentation du CRIG

Le Centre des Recherches Interdisciplinaires du Graben (CRIG), créé par la Décision rectorale n° UCG/RECT/022/98 du 15 juillet 1998, est l'institution qui gère les recherches à l'Université Catholique du Graben. Il regroupe les Professeurs, Chefs de Travaux et Assistants autour de plusieurs cellules de recherche dont la Santé animale et végétale, l'environnement, les sciences juridiques et politiques, les sciences économiques, sociales, anthropologiques et de développement, les Sciences appliquées et Technologie, l'assainissement et santé publique.

Le CRIG publie une revue scientifique dénommée « *Parcours et Initiatives* » reconnue par le Conseil d'Administration des Universités du Congo à travers la correspondance CAU/SP/NS.NL/MJ/162/2005 du 28 novembre 2005 et l'Arrêté ministériel n° 555/MINESU/CAB.MIN/MNB/RMM/2023 du 24/10/2023 portant reconnaissance d'un centre de recherche dénommé « Centre de Recherches Interdisciplinaires du Graben » et de ses revues scientifiques « Les Revues du Graben » de l'Université Catholique du Graben. D'autres travaux de recherche peuvent être également publiés au CRIG sous forme de : *Parcours et Initiatives*, Textes de conférences ou colloques ; *Notes de recherche et Documents* : cette collection publie les résultats des recherches particulières réalisées individuellement ou collectivement jugées scientifiques par le Comité scientifique. Elle concerne aussi la publication des travaux scientifiques sous forme *d'ouvrages*. D'autres revues du Graben seront bientôt disponibles.

Dans le souci de faciliter les publications du CRIG, les manuscrits sont reçus toute l'année via les adresses crigucg@gmail.com, crig@ucgraben.ac.cd. Les instructions aux auteurs et le canevas des articles sont disponibles sur le site www.crigpug-ucg.org. Pour plus d'amples informations, prière consulter ce site.

Les articles de la revue sont consultables en ligne sur <https://www.crigpug-ucg.org/index.php/pirig>, <https://www.ajol.info/index.php/pirig> (Revue indexée chez AJOL)