

## Microstations de lavage du café en milieu de Butembo : défis pour une production de qualité

Kambale Musavandalo Galilée<sup>\*1</sup>, André Mbusa Lupatso<sup>2</sup>, Leopold Mumbere Panzu<sup>3</sup>, Vikanza Katembo Paul<sup>4</sup>, Paluku Mutiviti Gilbert<sup>5</sup>, Kambale Valimunzigha Charles<sup>5</sup>

### Résumé

Cette étude a été conduite dans le but de faire un diagnostic du mode de traitement du café au sein des microstations de lavage tout en identifiant les failles pouvant nuire à la qualité du café. Des enquêtes ont été conduites auprès de 29 microstations de lavage du café (MSL en sigle) regroupées au sein des coopératives Kawa Kabuya, Coopade, Soprocopiv et Kawa Kanzururu. Bien que les coopératives disposent de microstations de lavage du café, la généralisation des bonnes pratiques dans le traitement du café n'est pas effective. Outre l'irrégularité de la qualité des cerises récoltées dans les champs paysans, le triage manuel des cerises est souvent négligé en raison du manque de personnel et des difficultés financières. Les risques de perte de qualité du café sont également élevés pour l'ensemble des MSL en raison des conditions précaires de fermentation, de lavage, de séchage et de stockage du café constatées.

**Mots clés** : café, traitement post-récolte, microstations de lavage, défi, qualité.

### Abstract

The aim of this study was to assess coffee processing methods at micro-washing stations and identify any flaws that could affect coffee quality. Surveys were conducted at 29 micro-washing stations belonging to the Kawa Kabuya, Coopade, Soprocopiv and Kawa Kanzururu cooperatives. Despite having micro coffee washing stations, good coffee processing practices are not widely implemented by the cooperatives. In addition to the inconsistent quality of cherries harvested in farmers' fields, manual cherry sorting is often neglected due to staff shortages and financial difficulties. The risk of coffee quality loss is high for all MSLs due to precarious conditions in the fermentation, washing, drying and storage processes.

**Keywords**: coffee, post-harvest processing, micro-washing stations, challenges, quality.

---

\*1. Chef de Travaux en faculté des Sciences Agronomiques de l'Université Catholique du Graben, tel : +243994790531, e-mail : [kambalegalilee@gmail.com](mailto:kambalegalilee@gmail.com)  
2. Assistant en faculté des Sciences Agronomiques de l'Université Catholique du Graben,  
3. Directeur régional du programme Café et Cacao au sein de RIKOLTO en RD Congo  
4. Professeur en faculté des Sciences Agronomiques de l'Université Catholique du Graben,  
5. Professeur Ordinaire en faculté des Sciences Agronomiques de l'Université Catholique du Graben,

## 1. Introduction

Dans les échanges commerciaux internationaux, le café vert est une source majeure de revenu pour les pays producteurs et constitue la première denrée agricole échangée en volume et la deuxième matière première commercialisée après le pétrole (BONNIN, 2016; ELFINESH et al., 2022). Le café se situe devant le charbon, la viande, le blé et le sucre (SCHWANKNER, 2019). Pour un produit comme le café où il est important de préserver la diversité des saveurs et où la qualité des propriétés sensorielles crée de la valeur, il est d'une importance capitale que les pratiques utilisées dans sa manipulation visent à garantir cette qualité dans toute sa chaîne (BAREL, 2020; DEUGOUE, 2020; ORGANISATION INTERNATIONALE DU CAFÉ, 2006). Le café en tant que boisson est un produit d'une chaîne de valeur qui tire sa source d'une cerise produite par un arbre (BAREL, 2020). Sa qualité est affectée par des facteurs de diverses natures, dont les méthodes de traitement restent importants (CIRO-VELÁSQUEZ et al., 2010). Parmi celles-ci, les modes de traitement du café, séché au soleil (naturel), lavé (lavé) et semi-lavé sont les plus courants. Le traitement primaire et secondaire du café détermine 60 % de la qualité du café (ELFINESH et al., 2022; POL NICOLAS, 2013). Et comme chaque geste du manipulateur du café (planteur ou transformateur) impacte fortement la qualité du produit final, il est important de connaître les conséquences de chacune de ses actions.

Dans le contexte de la région de Butembo, à l'Est de la RD Congo, les producteurs de l'arabica font face à un défi d'amélioration de la qualité des productions réalisées dans leurs champs. Selon un rapport de (RIKOLTO, 2021), la commercialisation de l'arabica produit dans la région fait face à des problèmes de qualité. Malgré l'implication des mouvements coopératifs au tour du café dans la région de Butembo aux années et qui a permis la mise en place des microstations de lavage du café comme centres de traitement du café dans les villages de production, cette épineuse question de la qualité du café reste encore une préoccupation majeure des acteurs impliqués dans la filière. Les coopératives peinent à atteindre une production de haute qualité et de manière permanente. Ayant focalisé leurs efforts dans la production du café de spécialité, les coopératives sont loin d'atteindre ce but et par moment commercialise du café de qualité moindre. De plus, le processus de vieillissement rapide du café marchand, constaté par les acheteurs une fois

que le lot du café exporté est déchargé, semble s'intensifier ces derniers jours. Bien que ce problème soit actuellement reconnu à l'échelle mondiale comme un défi pour la culture du café, les lots exportés par les coopératives travaillant dans la région de Butembo ne sont pas du reste. La baisse de qualité du café se traduit, pour un même lot, par des disparités significatives de qualité entre l'échantillon de café de pré-embarquement et le lot exporté quelques mois après. Comme les conditions de traitement du café représentent une phase clé dans la définition de la qualité, ce travail a été conduit dans le but de faire une analyse du mode de traitement du café arabica par les microstations de lavage du café détenues par les coopératives tout en se focalisant sur les failles pouvant nuire à la qualité du café produit.

## **2. Matériels et méthode**

### **2.1. Milieu d'étude : Zone de collecte des données**

Cette étude a été centrée sur la région de Butembo, plus particulièrement dans les villages de production de l'arabica (KASAY, 1988; VIKANZA, 2011). La présente étude tire son origine des problèmes de qualité que rencontrent les quatre coopératives des caféiculteurs (KAWA KABUYA, COOPADE, SOPROCOPIV et KAWA KANZURUR) et l'envie de ces coopératives de pouvoir produire un café de qualité supérieur, communément appelé café de spécialité. Ces coopératives ne travaillant qu'avec les producteurs de l'arabica, l'étude a pris en compte les villages se trouvant dans leur rayon d'action et qui produisent et traitent du café arabica. Ainsi, quatre sites (ou axes) d'étude ont été pris en compte pour toute la phase de collecte des données et sont illustrés sur la carte ci-dessous.

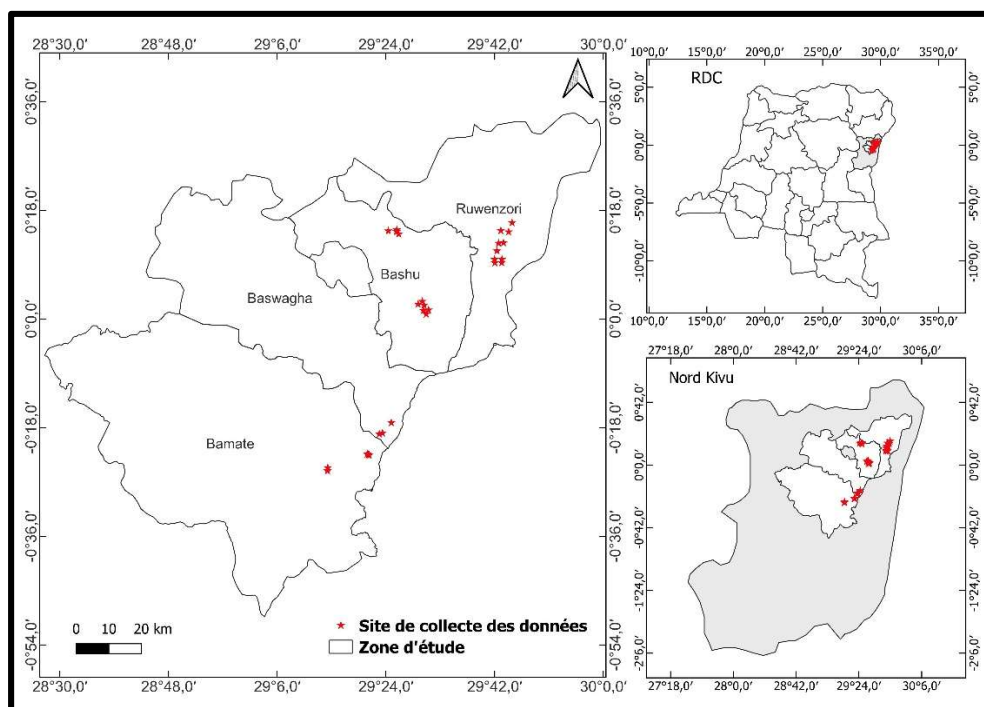


Figure 1 : Carte d'illustration de la zone et sites d'étude pour la collecte des données

## 2.2. Matériels

Au cours de la phase de collectes des données, quelques matériels ont été utilisés. Il s'agit d'abord d'un questionnaire a été utilisé comme guide d'entretien avec les chargés du traitement post récolte du café au sein des microstations de lavage du café, d'un mètre ruban qui a servi du dimensionnement des tables conçues pour le séchage du café, d'une balance d'une capacité de 230 kg qui nous a permis de peser les quantités du café lors du contrôle de la qualité des cerises récoltées et livrées aux MSL pour le traitement.

## 2.3. Méthode

Cette étude aborde les déficit rencontrés au sein des MSL de quatre coopératives produisant du café arabica dit « lavé ». Il s'agit des coopératives Kawa Kabuya (CKK), Solidarité pour la Production et la Commercialisation de Produits Industriels et Vivriers (SOPROCOPIV), Coopérative Paysanne pour le Développement (COOPADE) et Coopérative Kawa Kanzururu (CoKKanz). Le choix de ces coopératives se justifie par leur politique et leur

vision dans l'amélioration de la qualité du café produit dans la région de Butembo mais aussi par le fait que toutes ces quatre coopératives ont été, plus d'une fois, frappées par le problème de la qualité du café exporté à partir de la région de Butembo. Ainsi, la collecte des données a pris en compte les microstations de lavage du café dans les zones où les activités de ces quatre coopératives sont permanentes. Cependant, la réalité sur terrain, surtout sécuritaire ne nous a pas permis d'atteindre toutes les stations de lavage du café. Parfois l'accès au site n'était pas possible du fait que le village était déjà abandonné par ses habitants, ou encore la station n'était plus opérationnelle. Ainsi, dans l'ensemble des villages enquêtés, 29 microstations de lavage du café ont été explorées au cours des investigations. Dix ont été étudiées dans la chefferie des Bashu, neuf dans celles des Baswagha et Bamate et dix dans le secteur de Ruwenzori.

### **2.3.1. Collecte des données par entretien et observations**

Au niveau de chaque microstations de lavage du café, les entretiens se sont réalisés avec les gestionnaires des stations de lavage et les personnes chargées du traitement du café. À ce niveau, la finalité des entretiens a été de comprendre le mode de traitement du café, notamment les conditions et modalités de triage des cerises, le fonctionnement des dépulpeuses, les conditions de fermentation et de séchage du café parche, etc. En plus des questions adressées directement aux personnes techniques au sein des microstations, plusieurs données ont été recueillies sur base des observations faites pendant le traitement du café. S'agissant des conditions de séchage du café parche, la nature des installations de séchage en termes de niveau de construction et de leur capacité d'accueil (dimension), la présence ou non du toit sur les tables de séchage, la durée de séchage de la parche, les modalités de prise de décision pour arrêter le séchage constituent les éléments examinés. Tenant compte des quantités de cerises réceptionnées et des dimensions des aires de séchage, il a été possible d'analyser si les installations sont suffisantes pour la bonne conduite de séchage du café. Au cours des entretiens, il a été indispensable de discuter, avec le personnel technique et de gestion de chaque microstation, des difficultés éprouvées lors du traitement du café.

### **2.3.2. Contrôle de la qualité de la récolte des cerises du café**

La qualité des cerises récoltées reste déterminante pour la qualité du café produit sur une ferme quelconque. Dans les bonnes pratiques, seules les

cerises mures (de coloration rouge devraient faire l'objet du traitement au sein des MSL. Cette mesure a été faite au niveau de 8 Stations de Lavage. Il s'agit des Stations Katanda 1, Vuvuya, Kitaragha, Bukununu, Hutwe (Kaviro), Lume, Mathungu et Rughetsi que nous avons jugé plus organisées et qui nous ont permis la prise régulière des valeurs. Vingt mesures ont été effectuées au niveau de chaque station et ont pris en compte 20 producteurs différents. Grace à cette formule, la qualité de la récolte a été déduite :

$$\% \text{ des bons grains} = \frac{(\text{poids total des grain} - \text{poids des grains immatures et surmature})}{\text{poids total des grains}} \times 100 \quad (1)$$

A titre illustratif, ces images montrent le processus de triage du café lors du contrôle de la qualité de la récolte.



Figure 2 : Illustration du processus de triage des cerises à l'arrivée à la station pour en évaluer la qualité de la récolte

### 2.3.3. Analyse des données

Au cours de cette étude, les données récoltées ont été de nature qualitative et quantitative. Pour les données qualitatives décrivant les modalités de

traitement du café au sein des MSL, l'analyse faite a consisté à une analyse du contenu de l'information donnée par l'enquête ou des observations faites au cours du traitement du café. Pour les véritables quantitatives, les box plot et les diagrammes à battons ont été utilisés pour la présentation. L'analyse de la variance à un critère de classification a été d'usage pour comparer la qualité de la récolte réceptionnée au sein des MSL. Grace au dendrogramme, une classification hiérarchisée a été faite pour l'ensemble des MSL. En plus de cette classification des MSL, une analyse de corrélation entre les différentes variables quantitatives a été faire pour l'ensemble des MSL auditées.

### **3. Résultats et Discussion**

#### **3.1. Pratiques de récolte et qualité des cerises traitées aux MSL**

Au cours des investigations, deux modalités de récolte des cerises du café ont été identifiées dans les champs de production du café traité aux microstations. Tout d'abord, tous les agriculteurs récoltent les cerises uniquement mûres. D'autres encore (44,6 % des enquêtes), en plus des cerises mûres, peuvent récolter des cerises partiellement mûres mais dont la couleur n'est plus verte. Cependant, la réalité sur terrain montre des failles dans cette pratique de récolte où les cerises immatures ou ramassées au sol en phase de décomposition sont mélangées aux bons grains. Comme il est constaté sur la figure 3, les résultats montrent qu'aucune MSL ne reçoit uniquement des bons grains. Le danger pour la qualité du café traité aux MSL est que les producteurs ne font pas un triage dans leur champ avant de ravitailler les MSL en cerise.

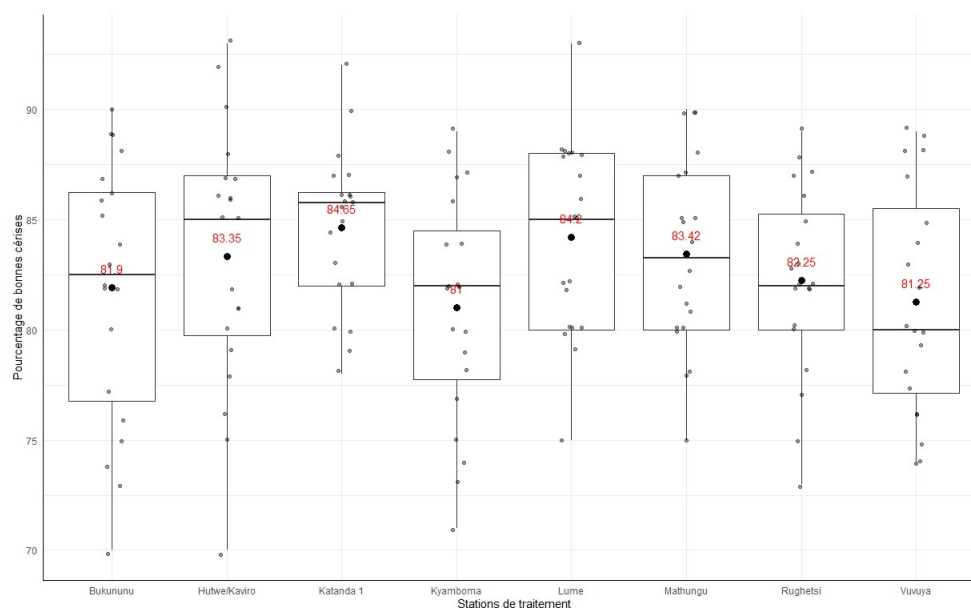


Figure 3 : Qualité des cerises de l'arabica livrées aux MSL pour le traitement

Au regard de ce graphique, les cerises rouges représentent plus de 80% des quantités apportées aux MSL pour les différentes opérations de traitement du café. Aucune station n'a présenté une moyenne de moins de 80 % ni de plus de 85%. La dispersion des valeurs montre que les MSL Bukununu, Hutwe (Kaviro) et Kyamboma reçoivent parfois des cerises de très faibles qualités. Les stations Katanda 1 (sous le contrôle de Kawa Kabuya) et Lume (sous le contrôle de Kawa Kanzururu) montrent des moyennes légèrement supérieures aux autres MSL. L'analyse de la variance y relative (p-value de **0,167**) montre que les différences entre les valeurs moyennes de toutes les MSL étudiées ne sont pas significatives.

### 3.2. Etapes dans le traitement du café au niveau des microstations

Au cours des enquêtes et observations réalisées au sein des MSL, deux schémas différents de traitement du café ont été observés dans la production de la parche du café. D'une part, le traitement du café au sein des MSL des Coopératives KAWA KABUYA, SOPROCOPIV ET KAWA KANZURURU reste identique alors qu'au niveau de la coopérative COOPADE il existe un autre modèle dans le traitement du café.

### 3.2.1. Modèle de traitement du café au sein de KAWA KABUYA, SOPROCOPIV et KAWA KANZURURU

Au sein des MSL de ces trois coopératives, le traitement du café arabica se fait selon le schéma classique. A leur réception, les cerises sont soumises aux opérations de pesage puis flottaison dans l'eau puis triage manuel. Cette opération permet une séparation des cerises selon leur qualité et se base sur les différences densimétriques. La deuxième opération consiste au dépulpage. Des machines appropriées pour cette opération sont mises à la disposition des MSL visitées. Au cours de cette opération de dépulpage, la pellicule rouge couvrant la graine du café est éliminée. À la sortie des dépulpeuses, les parches de café, contenant encore une couche gélatineuse de mucilage sont soumises au processus de fermentation. Dans la conduite de cette opération de fermentation, des durées différentes sont utilisées par les MSL visitées. Elles varient entre 12 heures et 48 heures. Une fois la fermentation terminée, les personnels affectés aux MSL procèdent aux lavages de la parche de café, à son triage visuel puis au séchage. Deux qualités de parche sont obtenues à la suite de cette opération de triage. La parche de bonne qualité sur le plan visuel est appelé « **premier** » alors que celle de qualité hétérogène à multiples aspects est appelé « **deuxième** ».

Le séchage du café constitue la dernière phase de traitement du café au niveau des MSL. Son importance reste capitale dans la production d'un café de bonne ou mauvaise qualité. Pour certaines stations, les constructions améliorées permettent de sécher le café sur les tables à deux ou trois étages. Cependant, malgré la présence des tables, certaines stations sèchent le café à ciel ouvert alors que pour d'autres les tables sont couvertes des toits en tôle ou en plastique. Il convient également de souligner que des points de divergences sont observés entre les MSL pour ce qui est de la durée de séchage. Pour toutes les MSL, la durée de séchage n'est pas fixe, elle reste variable. Pour certaines stations, quand il fait beau (temps ensoleillé), le séchage peut se faire entre 3, 4, 5 ou 6 jours. Ces pratiques sont souvent faites pour les MSL dont les aires de séchage ou une partie des tables de séchage ne sont pas couvertes. Pour les autres MSL dont les aires de séchage disposent d'un toit, la durée de séchage varie de 10 à 14 jours, voire même 21 jours. La prise de décision d'arrêter le séchage du café à la MSL prend en compte des pratiques non rassurantes pour la qualité du café. Si pour les MSL disposant des hygromètres, la valeur de 12- 13 % d'humidité des graines marque la fin du séchage, pour les autres MSL deux pratiques sont faites.

Soit on fait le test à la dent, soit on frotte la parche entre les deux mains pour décider s'il faut continuer ou arrêter le processus de séchage. Au niveau des MSL, le conditionnement du café se fait dans les sacs ordinaires (sacs à polypropylène). Les constructions des entrepôts restent encore anarchiques au sein des MSL. Il convient de souligner, pour diverses raisons, on peut soit produire du « Full washed » ou café entièrement lavé du « Semi-washed » ou café semi-lavé. De manière très simplifiée, la succession des étapes dans la production de la parche de l'arabica par la voie humide se résume sur le graphique ci-dessous :

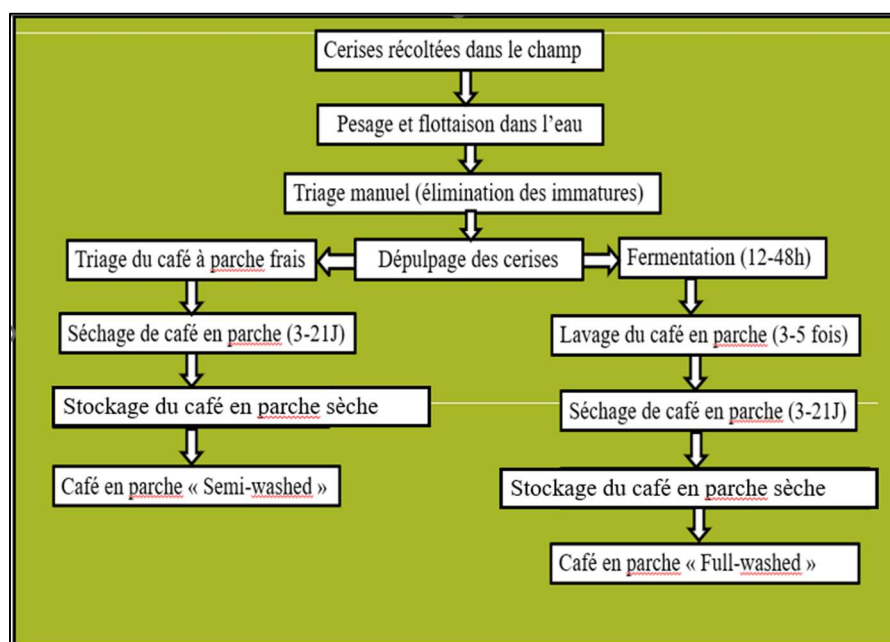


Figure 4 : Schéma classique de production du café arabica Full washed et Semi-washed au sein des coopératives KAWA KABUYA, SOPROCOPIV et KAWA KANZURURU

### 3.2.2. Modèle non classique de traitement post-récolte du café arabica

Contrairement au modèle classique, au sein des MSL de la COOPADE, le schéma de traitement présente quelques particularités. En plus des opérations de pesage, flottaison et triage manuel des cerises qui restent identiques à celles expliquées ci-haut, à la suite du dépulpage, la parche est d'abord triée manuellement. La première fermentation est une fermentation à sec qui ne nécessite pas l'ajout de l'eau dans la masse dépulpée et elle ne dure que 12

h. À l'issue de cette fermentation, une partie du mucilage se détache de la parche. Après un deuxième processus de triage, une deuxième fermentation humide (trempage de la parche dans un tank rempli d'eau) est réalisée et dure 24 h. A la suite de cette fermentation, le processus de traitement reste identique au modèle classique en ce sens que la parche humide est lavée, pré séchée (pendant 3 jours sur des tables couvertes) puis séchée de manière à réduire l'eau contenue dans les graines jusqu' à la valeur de 12-13%.

### **3.2.3. Analyse des pratiques : Identification des failles dans le traitement**

Dans le traitement du café arabica par les quatre coopératives prises en compte dans cette étude ; plusieurs irrégularités pouvant nuire à la qualité du café ont été identifiées depuis la réception des cerises jusqu'au conditionnement de la parche avant son usinage (transformation de la parche en café vert marchand). A la réception des cerises à la microstation, deux pratiques dangereuses pour la qualité du café ont été identifiées. Il s'agit de l'absence de triage manuel des cerises et le maintien des flottants dans les lots des cerises à traiter. Très souvent les personnels chargés du traitement du café prennent tout ce qui arrivent à la MSL pour le traitement. L'élimination des cerises immatures ou en phase de décomposition ne se fait pas. Pour plusieurs raisons, les gestionnaires de ces MSL parviennent à traiter le café sans les opérations de triage. Le problème du personnel, qui découle des difficultés financières, constitue la base de cette pratique. Pour la majeure partie des MSL, le nombre de travailleurs permanents est réduit (entre 4 et 6 personnes). Ainsi, pendant les saisons de production, les MSL reçoivent quelques fois des quantités énormes, supérieures aux capacités des trieurs des cerises. Ce qui oblige que les cerises soient parfois traitées sans triages. Derrière le non-recrutement d'un personnel suffisant pour trier les cerises du café se cache les difficultés financières. Dans tous les cas recensés, ni les gestionnaires des MSL, ni les agents permanents aux MSL n'ont des salaires. Pour l'achat du café, la coopérative met en jeu un montant fixe par campagne de production du café dans les villages. C'est de ce montant que les gestionnaires des MSL doivent acheter les cerises, payer les prestations des agents affectés aux MSL, nourrir les travailleurs au cours des journées, achat du carburant pour les dépulpeuses, etc. pour chaque campagne de production, par kg de cerise à acheter, La MSL n'a que 100 à 200 FC comme bénéfice et c'est de cette somme que tous les consommables doivent provenir. Face aux

conditions de vie précaires dans les zones de production du café, le recours à la main d'œuvre supplémentaire est rare, mais aussi difficile étant donné que chaque producteur se trouve concentré dans son champ de production.

À ce problème s'ajoute celui de traitement des flottants mélangés aux grains de bonne densité. Pour les mêmes MSL qui ne trient pas les cerises, les flottants sont aussi dépulpés ensemble avec les bonnes cerises. Les mêmes raisons sus-évoquées sont à l'origine de ce phénomène. L'approvisionnement des MSL en cerises se fait aux alentours de 15 à 18h 30, les temps durant lesquels les producteurs quittent leurs champs de production. Couplé à l'insécurité de plus en plus grandissante dans les zones de production, les travailleurs affectés aux MSL se trouvent dans une situation qui ne permet pas de trainer aux MSL. Dans la pratique, l'étude a montré que la flottaison est utilisée pour différencier le prix à payer au producteur car les flottants coûtent moins chers que les bonnes cerises. Face à ces pratiques malveillantes, la réception et le contrôle de la qualité des cerises constituent un point de contrôle critique qui impacterait beaucoup sur la qualité du café.

L'analyse de la procédure de dépulpage ne montre pas beaucoup d'irrégularité, sauf que deux cas de dysfonctionnement ont été appréhendés. Soit le passage dans la machine des graines de petites dimensions non dépulpées, soit l'écrasement de la parche par la machine, ce qui affecte directement les grains à l'intérieur. Au cours de la fermentation, dans la majorité des cas, les coopératives exploitent des ressources en eau de bonne qualité (sources d'eau potable). Cependant, ce constat n'est pas généralisé dans l'ensemble des zones de traitement du café visitées. Au niveau des quelques MSL (Vumori, Vugherwa, Rughetsi, Ngonde, Kighutu et Vusololo) les ruisseaux ou rivières les plus proches sont exploités pour obtenir de l'eau de fermentation et lavage du café. Au niveau de la station de Kyamboma sous le contrôle de la COOPADE, la ressource en eau n'existe pas. L'eau est transportée de la station de Kitaragha vers Kyamboma par des véhicules. Cette situation fragilise le processus de fermentation et réduit le nombre de lavage du café avant le. En plus, au cours de la fermentation, il a été souvent observé des cas des petits tanks de fermentation partiellement remplis de l'eau. Une partie des parches se trouve en flottaison à la surface libre du récipient utilisé. Dans ces conditions, pour un même lot du café, certaines parches peuvent subir une fermentation totale alors que pour d'autres, cette pratique n'a été que partiellement réalisée. En outre, le non-respect d'une

durée identique dans la pratique de la fermentation constitue une faille constatée. Si dans les zones de haute altitude, les basses températures peuvent expliquer le recours à des durées de fermentation beaucoup plus longue de 24 à 36 h ou de 36 à 48 h, ces mêmes durées sont aussi constatées dans les zones de faible altitude du Ruwenzori où il fait normalement chaud. Ainsi, augmenter la durée de fermentation jusqu' à 48 h sans avoir une maîtrise de la flore microbienne présent dans l'eau et dans l'environnement de fermentation prédispose le café au développement des odeurs et arômes étrangères. A la suite de la fermentation, la parche est normalement lavée à l'eau propre et plusieurs fois. Généralement le maximum de lavage constaté était de deux, la première étant réalisé dans l'eau ayant servi pour la fermentation du café. Au niveau de certaines MSL où le transport et la disponibilité de l'eau font défaut, un seul lavage est fait soit à partir d'une eau propre, soit à partir de l'eau ayant été utilisée pour les opérations de fermentation. Cette façon de faire prédispose le café au développement d'un profil aromatique médiocre.

Le séchage de la parche du café au niveau des MSL pose aussi des sérieux problèmes pouvant impacter négativement sur la qualité du café. La grande difficulté pour la région de Butembo est que toutes les deux saisons de production du café (la petite saison et la grande saison) coïncident avec les saisons pluvieuses dans la région. Cette situation constitue un casse-tête pour le séchage du café, en ce sens que le séchage par la voie naturelle reste la seule autorité pour la production d'un café biologique. Pour certaines stations, les constructions améliorées permettent de sécher le café sur les tables à deux ou trois étages sous un toit bien construit. Cependant, pour d'autres MSL, la parche, à la sortie de l'eau est immédiatement exposé au rayon direct du soleil. Les observations faites montrent qu'avec un contenu en eau élevé à la sortie des tanks de fermentation, l'éclatement de la parche est provoqué par les rayons incidents du soleil. En plus, pendant un temps ensoleillé, le séchage du café ne pose pas un sérieux problème pour les villageois. Pendant les temps pluvieux, le café séché sur des tables sans protection sont permanent exposé à des risques de réhydratation (mouillage) comparativement aux parches séchées sur des tables avec des toits.

Une autre difficulté régulièrement observée chez toutes les MSL c'est l'insuffisance des tables construites pour le séchage du café par rapport à la capacité de production du village en cerise de café. Comme c'est montré au point 3.5., le séchage du café reste confronté au problème de disponibilité

des tables construites pour cette fin. Dans la moindre mesure, les bâches sont utilisées et prédisposent la parche soit à une nouvelle humidification, soit à un risque de sur-fermentation (surtout en cas de forte précipitation et à des jours successifs). Toutes ces pratiques créent des conditions favorables pour une sur-fermentation, avec des risques grave sur le profil aromatique de la tasse du café mais aussi le développement des moisissures dans le café. En plus, le séchage rapide (qui se fait en moins de 10 jours pour la majorité des cas) couplé aux tests de contrôle d'humidité moins crédibles ne rassure pas la bonne conservation des qualités du café. Ce qui fait qu'à certaines périodes, la parche se trouve stockée aux MSL avec un contenu en eau de plus de 18 %, avec toutes les conséquences possibles pour la qualité du café à la fin du processus. Les séchages ultérieurs qui se font souvent avant l'usinage du café ne peuvent pas corriger un profil aromatique déjà compromis par cet état d'humidité élevé des grains pendant leur stockage aux MSL.

### 3.3. Caractérisation des microstations de Lavage du café

#### 3.3.1. Analyse des similarités entre les Micro-Stations de Lavage du café

L'analyse de la similarité (ou ressemblance) entre les MSL est montré sur le dendrogramme ci-dessous (figure 5).

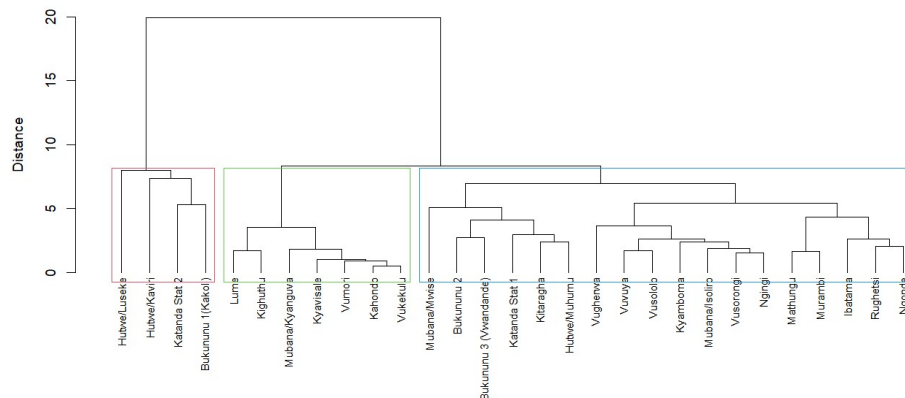


Figure 5 : Dendrogramme de similarité entre les Micro-Stations de Lavage du café

Ce dendrogramme classe les MSL en trois groupes selon leur similitude. Dans le premier groupe (encadré en rouge à gauche) nous trouvons quatre MSL qui présentent une forte homogénéité. Des observations que nous avons

réalisées sur terrain, ces quatre MSL restent les mieux équipées en termes d'infrastructure construite et des matériels utilisés pour le traitement du café et reçoivent des quantités énormes en cerises. Les sept MSL qui suivent (encadrées en vert au centre) montrent une diversité modérée entre elles, mais restent cependant les moins performant sur terrain au vu des observations faites lors du traitement du café au cours des enquêtes y réalisées. Dans la troisième catégorie (encadré en bleu, à droite), nous trouvons un ensemble de MSL de classe intermédiaire entre ces deux premières classes. C'est le plus grand et le plus hétérogène des groupes des MSL auditées. Dans ce groupe, l'axe vertical (Distance) indique plusieurs petits niveaux de dissimilarité entre les MSL.

### 3.4. Analyse des corrélations entre les variables

En considérant quelques variables quantitatives, nous avons trouvé une certaine corrélation entre elles. Les valeurs observées sont mentionnées sur la figure 6.

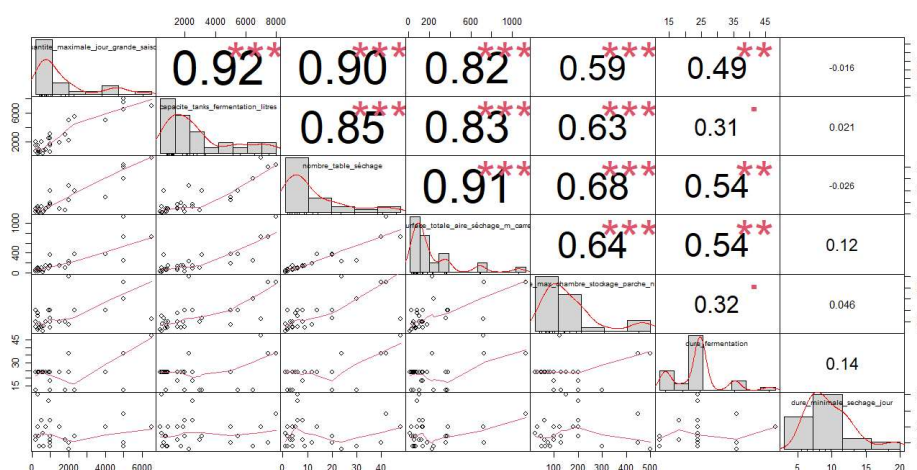


Figure 6 : analyse des corrélations entre les variables quantitatives récoltées aux MSL

En prenant en considération un ensemble de variables quantitatives prises en compte dans le traitement du café au sein des MSL, ce graphique 6 montre des corrélations très hautement positives entre les variables. Les coopératives ont tendance à adapter les installations de traitement du café en fonction des potentialités de production de chaque village contrôlé. Cependant tous ces paramètres ne montrent pas des corrélations avec la durée de séchage. Cette

variable dépendrait d'autres conditions réunies au sein de la microstation de lavage du café.

### 3.5. Insuffisance des aires de séchage : un essai de simulation des valeurs

A l'issu de l'analyse des corrélations entre les variables, il a été trouvé que les coopératives tentent d'adapter les capacités des MSL aux quantités des cerises produites par le village. Il s'agit uniquement d'une dimension statistique. Cependant, en pleine campagne de production, les MSL reçoivent des quantités énormes de cerises au point que les aires de séchage construites deviennent insuffisantes. La production d'un café de spécialité étant exigeante pour ce qui est de la quantité du café parche, notamment une quantité de 10-12 kg de parche frais au  $m^2$  et une profondeur maximale de la couche de 3 cm, les tables montrent des déficits pour des durées allant de 10 à 21 jours (figures 7 et 8).

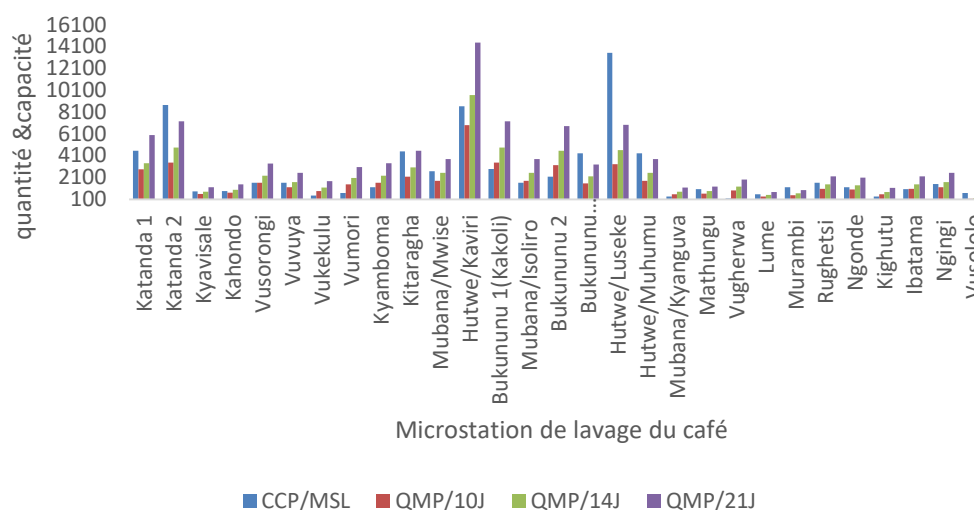


Figure 7 : Capacité des aires de séchage du café construites au niveau des MSL/ Petite saison

**Légende :** CCP/MSL : Capacité de charge en parche frais/MSL ; QMP/10J : Quantité moyenne de parche frais reçue pour 10 jours ; QMP/14J : Quantité moyenne de parche frais reçue pour 14 jours ; QMP/21J : Quantité moyenne de parche frais reçue pour 21 jours.

Pour un séchage de 12 kg au  $m^2$ , ce graphique montre que pendant la petite saison de production du café dans les différents villages, seules les stations

Katanda 2 et Hutwe Luseke disposent des aires de séchage pouvant contenir la parche à sécher pendant 21 jours. Pour les autres MSL, les surfaces réservées pour le séchage du café sont déficitaires au point de ne pas résorber toute la quantité de la parche pour une durée de plus de 14 jours, voire même de plus de 10 jours.

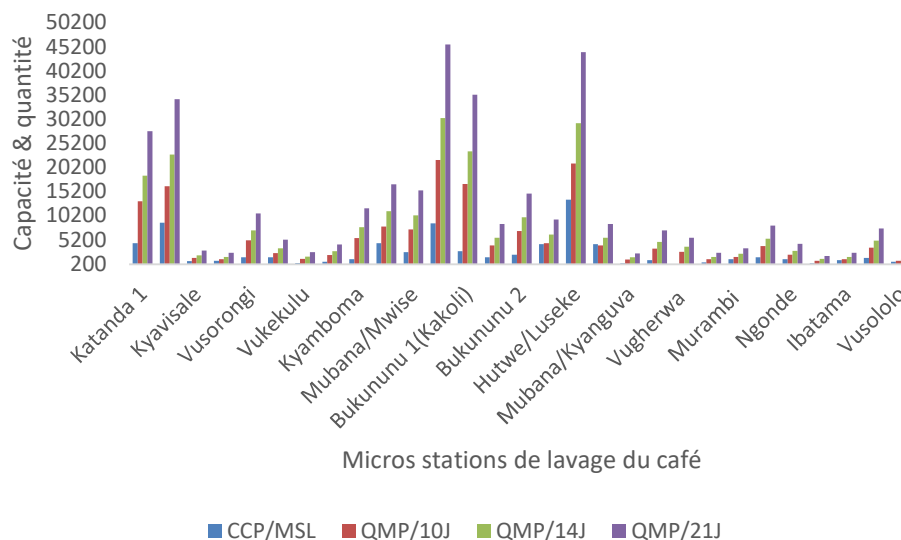


Figure 8 : Capacité des aires de séchage du café construites au niveau des MSL/ Grande saison

Contrairement à la petite saison où l'on pouvait avoir des MSL disposant des grandes espaces construites pouvant contenir de la parche du café pour des longues durées de séchage, les simulations faites en fonctions des productions réalisées en grande saison montrent que les aires de séchages sont très déficitaires par rapport aux quantités réceptionnées aux MSL et cela dans tous les sites d'investigation. Pour la majorité des MSL, déjà à 10 jours de séchage, les quantités réceptionnées sont largement supérieures aux capacités des aires construites aux MSL. Cette situation d'insuffisance des tables reste l'origine principale du recours à des pratiques moins adaptées, notamment l'usage des bâches pour combler le vide.

#### 4. Discussion

La qualité du café est affectée par des facteurs de diverses natures, dont les méthodes de traitement (WU et al., 2023). Parmi celles-ci, les modes de traitement du café, séché au soleil (naturel), lavé (lavé) et semi-lavé sont les

plus courants et déterminent 60% de la qualité du café (SINAGA & JULIANTI, 2021). Se basant sur les pratiques faites au sein des MSL où les cerises sont traitées pour en faire de la parche du café, des pratiques malveillantes pouvant nuire à la qualité du café produit à la fin de la chaîne ont été observées.

La pratique de la récolte des cerises dans les champs montre que la couleur reste l'élément primordial pour décider du moment et des cerises à récolter pour le traitement ultérieur. En plus des cerises rouges, l'étude a montré que les cerises immatures ou sur-matures (ayant dépassé la phase optimale de murissement ou tombé au sol) font partie des cerises en approvisionnement aux MSL. Ce résultat montre qu'aucun producteur ne pratique le *finger picking* (BAREL, 2020), une méthode promise par toutes les coopératives et consistant à ne récolter qu'uniquement les cerises rouges sur une branche en fructification. Les résultats présentés sur la figure 3 tout en ne montrant pas des différences significatives entre les MSL, présente quand-même une situation inquiétante pour la qualité du café. Même si toutes les MSL ont montré des valeurs moyennes de plus de 80% avec des scores élevés pour les stations Katanda 1 (84,65%) et Lume (84,2%), un risque élevé pour la qualité du café demeure et résulte du non-triage des cerises avant le traitement aux MSL.

Les coopératives, malgré leur souci manifeste de promouvoir une production de haute qualité semblent être moins exigeantes pour la qualité de la récolte par peur d'être dépassés par les concurrents installés dans les mêmes zones de production. Le contexte de Butembo pour ce qui est de la qualité du café n'est pas différent de ce qui a été observé par (BIGIRIMANA et al., 2019) pour le café Ougandais, (KASSAYE et al., 2019) pour le café Ethiopien, (VELÁSQUEZ et al., 2021) pour le café Colombien et (BERTRAND et al., 2006) pour le café produit au Costa-Rica. Pour ces auteurs, comme c'est le cas constaté dans la région d'étude, les producteurs n'arrivent toujours pas à faire une récolte très sélective manuellement. Seul un bon contrôle avant les opérations de traitement pourrait réduire les risques de perte de qualité du café liés aux imperfections constatées au cours de la récolte. Cette pratique de mélanger les cerises aux degrés de murissement différents dans un même lot reste très préjudiciable pour la qualité du café. La qualité des cerises de café récoltées reste un facteur déterminant et fondamental pour la qualité finale de la tasse du café. C'est l'étape de la récolte qui, plus que toute autre, va verrouiller le potentiel aromatique et

gustatif du grain (KASSAYE et al., 2019) Une cerise de mauvaise qualité, cueillie au mauvais moment ou de manière inadéquate, ne pourra jamais donner un excellent café, quelles que soient les étapes de traitement et de torréfaction ultérieures. Selon les recherches publiées par (ARCILA et al., 2007) et SILVA et al., (2014), il a été suggéré qu'une cerise du café ne doit être cueillie qu'en pleine maturité pour révéler son potentiel. A ce stade, elles ont une teneur en sucre et en acides organiques maximale et équilibrée, elles contiennent les précurseurs des arômes complexes et désirables (notes fruitées, florales, chocolatées, etc.) (MARRACCINI, 2010). Par contre les cerises immatures sont pauvres en sucres et en acides, elles contiennent des acides chlorogéniques et d'autres composés qui, une fois torréfiés, donnent un goût amer, astringent et herbacé, souvent qualifié de « goût de poivre » ou « goût vert » (ARCILA et al., 2007; S. SILVA et al., 2014). Quant aux cerises sur-matures, les recherches ont montré qu'elles commencent à fermenter sur l'arbre et peuvent développer des saveurs désagréables et âcres, souvent un goût de moisi, de terre ou de fruit fermenté trop fort (ENDALE et al., 2009). Le risque pour la contamination par les moisissures productrices de l'Ochratoxine A sont élevée pour les producteurs qui ramassent les fruits tombés au sol plusieurs jours avant la récolte (BERTRAND et al., 2006; MARRACCINI, 2010). Tenant compte de tous ces impacts sur la qualité du café et au vue des qualités des cerises constatées dans le cadre de cette étude, le risque pour la perte de la qualité du café n'est plus à démontrer. Il est réel et les pratiques de récoltes en sont une des principales causes.

Au niveau des microstations de lavage du café, avoir du café à parche à partir de la cerise fait intervenir une succession des épates. Comme c'est montré sur la figure 4, les Coopératives KAWA KABUYA, KAWA KANZURURU et SOPROCOPIV suivent le schéma classique proposé par plusieurs auteurs pour la production du café lavé (PAYEL & VENKATACHALAPATHY, 2014). Par contre la coopérative COOPADE utilise une autre voie avec une double fermentation, la première étant faite en sec alors que la seconde fait intervenir de l'eau dans un tank. Ce système de traitement adopté par la COOPADE s'apparente à la pratique prônée par (WOOTTON, 1971). Selon cet auteur, le procédé de fermentation qui permet d'obtenir la meilleure qualité, ainsi qu'une routine industrielle relativement pratique et rapide, est la fermentation en deux. Au cours de la première étape, le mucilage est dégradé et au cours de la deuxième étape, il est trempé dans l'eau pendant 24 à 48 heures. Cependant, pour l'ensemble des MSL dont

disposent les coopératives, l'analyse détaillée des étapes montrent plusieurs insuffisances pouvant nuire à la qualité du café. Pour la majeure partie, les pratiques malveillantes observées proviennent d'un niveau d'organisation faible au sein de certaines branches des coopératives, notamment la logistique. L'insuffisance quelques fois des aires des séchages par rapport aux quantités à traiter (figures 7 et 8), l'indisponibilité des équipements de contrôle de l'humidité au cours du séchage et un niveau faible de contrôle des travailleurs affectés aux MSL témoignent du manque d'un personnel qualifié pour assurer la logistique et d'un problème de leadership au sein des coopératives. L'absence des opérations sérieuses de contrôle de la qualité du café récolté par la population par manque d'un nombre suffisant des agents aux MSL expose le café à tous les risques de perte de la qualité. A la suite du dépulpage, les investigations ont montré que la parche est trempée dans l'eau pour les opérations de fermentation dont les durées varient entre 12 et 48 h selon le mode de fonctionnement propre à chaque MSL. Ce résultat montre que pour une même coopérative, le lot du café à exporter subit plusieurs façons de traitement. Il convient de savoir que la durée de fermentation reste de même un facteur critique dans le processus par voie humide, qui influe de manière significative sur la qualité finale du café (GONZALEZ-RIOS et al., 2007). La fermentation est un processus biochimique au cours duquel les microorganismes (bactéries et levures) naturellement présents sur la cerise du café ou dans l'eau décomposent le mucilage, cette couche gélatineuse et sucrée qui entoure le grain (WU et al., 2023). La composition chimique des graines de café peut être modifiée pendant la fermentation par des processus métaboliques, en particulier la concentration en composés hydrosolubles, notamment les acides aminés libres, les sucres libres (glucose et fructose), la caféine, la trigonelline et les acides chlorogéniques (DUARTE et al., 2010; PEREIRA et al., 2020). Au cours de ce processus, il y a aussi développement dans les grains de café des enzymes, des alcools et des acides provenant de la consommation de sucre, ce qui peut influencer le goût sucré, l'acidité et la teneur en sel des grains de café (BARBOSA et al., 2019; SILVA et al., 2000). Les acides aminés libres et les hydrates de carbone solubles sont des précurseurs importants des composés volatils et non volatils qui affecte et le développement de l'arôme et de la couleur du café au cours du processus de torréfaction (BHUMIRATANA et al., 2011; HAILE & KANG, 2019; KNOPP et al., 2006).

Un contrôle précis de ce processus (surtout sa durée et la qualité de l'eau utilisée) reste essentiel en ce sens qu'une fermentation de courte ou de longue durée entraîne l'apparition des défauts majeurs du café. Si les auteurs (SILVA et al., 2000 ; JACKELS & JACKELS, 2005) s'attèlent aux variations de la température, de l'humidité relative et de l'attitude pour expliquer la durée pouvant optimiser le processus de fermentation du café, le contexte de Butembo montre que dans les zones de hautes altitudes comme Hutwe, Mubana, etc. il existe des MSL qui fermentent le café à moins de 12h. Très souvent, pour les parche trempé dans l'eau entre 18 et 20 h, le lavage intervient quelque fois le matin pour permettre aux travailleurs d'avoir le temps de faire le triage de la parche en premier et deuxième qualité comme nous l'avons précédemment explicité. Dans ces conditions, fermentation reste partiellement faite.

Comme l'ont indiqué CAO et al., (2022); WU et al., (2023), l'objectif principale de la fermentation du café est de décomposer suffisamment le mucilage pour qu'il puisse être facilement lavé, tout en favorisant un développement optimal des arômes (AVALLONE et al., 2002; JACKELS & JACKELS, 2005). Recourir à des fermentations de trop courte durée (moins de 12h dans les zones de haute altitude) sans un contrôle programmé de l'évaluation du niveau d'élimination du mucilage conduirait à produire un café avec du mucilage restant (semi-washed). En opposé, aller jusqu'à 48 h de fermentation expose la parche à des risques de sur-fermentation. Une fermentation prolongée permet aux microorganismes indésirables de se développer, ce qui peut entraîner des goût étrangers (aigreur) à la suite d'une production en grande quantité de l'acide acétique dans le milieu (PEREIRA et al., 2020).

Le séchage du café, utilisant uniquement la voie naturelle (séchage au soleil) reste un casse-tête pour le traitement de l'arabica compte tenu des conditions climatiques de la région de Butembo. Dans tous les villages de production de l'arabica, les deux saisons de production du café, connaissent des moments de forte précipitation. Si le problème ne se pose pas pour les MSL dont les aires de séchage sont couvertes de toits, soit en tôle ou en film plastique, les difficultés résident au niveau des MSL dont les tables sont à ciel ouvert ou pendant les moments de surproduction qui affecte directement la disponibilité de ces aires de séchage. Les irrégularités dans la qualité, notamment ce problème majeur de vieillissement rapide du café que connaissent actuellement les coopératives seraient en partie liés à ces

difficultés de séchage de la parche du café. Etant une phase cruciale dans la mesure où elle vise à réduire l'humidité des grains à un niveau sûr (généralement entre 10 et 12 %) (PEREZ-ALEGRIA & CIRO-VELASQUEZ, 2001) pour un bon stockage et une bonne torréfaction, sa conduite demande des bonnes conditions. Un dysfonctionnement de ce système, comme il a été constaté dans cette étude peut entraîner des conséquences désastreuses sur la qualité du café. Le développement de défauts de saveur majeurs dans le café reste l'une des principales conséquences d'un défaut de séchage (AMIN et al., 2004). A la suite du processus de fermentation au cours duquel la plupart des composés responsables du profil aromatique du café sont également formés, le séchage est le moment idéal pour leur stabilité dans le grain du café (AMIN et al., 2004; CORRÊA et al., 2006). Un séchage incorrect, sur tout le cas d'interruption par la pluie constatée le plus souvent au sein des MSL non couvert par les toits ou celles utilisant des bâches favoriserait la prolifération de micro-organismes indésirables, notamment les moisissures. Le goût de moisi ou de terre qui témoigne du vieillissement rapide constaté par les acheteurs du café constituerait l'une des conséquences directes de ce dysfonctionnement. Comme l'ont indiqué (CUNHA et al., 2003; MUHIDONG et al., 2013), une humidité résiduelle trop élevée et une mauvaise aération pendant le séchage créent un environnement propice à la croissance des moisissures.

## Conclusion

Au terme de ce travail réalisé dans le but de faire un diagnostic sur les conditions de traitement du café arabica au sein des micros-stations de lavage du café de quatre coopératives, il a été remarqué que le traitement post récolte du café se fait dans des conditions très particulières et que les coopératives ont encore une longue route à parcourir pour stabiliser la qualité du café. Toutes les MSL ne disposent pas les mêmes infrastructures pour le traitement du café, ce qui peut, en plus de compromettre le déroulement des opérations, conduire à une qualité très hétérogène. Ce dysfonctionnement du système résulte en grande partie des problèmes financier des coopératives, mais également de la négligence des agents affectés aux MSL sur le respect des bonnes pratiques. Il est nécessaire que les acteurs prennent conscience des risques qui découlent de la banalisation des pratiques faites d'autant plus que la perte de la qualité du café reste dommageable pour la survie des

coopératives dont la survie ne dépend que des exportations du café. Des efforts sont à fournir à tous les niveaux pour pouvoir stabiliser la qualité afin de se maintenir dans le commerce international au tour du café.

## Remerciements

Avec une immense gratitude, nos vifs remerciements s'adressent aux responsables de RIKOLTO, du projet PASA-NK et de la FIDA pour le soutien intégral et déterminant apporté à nos travaux de recherche. Leur engagement financier et logistique a été la pierre angulaire de cette démarche scientifique. 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

- AMIN, M. N., HOSSAIN, M. A., & ROY, K. C. (2004). Effects of moisture content on some physical properties of lentil seeds. *Journal of Food Engineering*, 65, 83-87.
- ARCILA, P. J., FARFAN, V. F. F., MORENO, B. A. M., SALAZAR, G. L. F., & HINCAPIE, G. E. (2007). *Coffee production systems in Colombia* (Chinchiná).
- AVALLONE, S., BRILLOUET, J. M., GUYOT, B., OLGUIN, E., & GUIRAUD, J. P. (2002). Involvement of pectolytic micro-organisms in coffee fermentation. *International Journal of Food Science and Technology*, 27, 191-198.
- BARBOSA, M. D. S. G., DOS SANTOS SCHOLZ, M. B., KITZBERGER, C. S. G., & DE TOLEDO BENASSI, M. (2019). Correlation between the composition of green Arabica coffee beans and the sensory quality of coffee brews. *Food Chem*, 292, 275-280.
- BAREL, M. (2020). *Qualité du café. L'impact du traitement post-récolte*, éditions Qua, Versailles (édition Quae). Qua.
- BERTRAND, B., VAAST, P., EDGARDO, A., ETIENNE, H., DAVRIEUX, F., & CHARMETANT, P. (2006). Comparison of bean biochemical composition and beverage quality of Arabica hybrids involving Sudanese -Ethiopian origins with traditional varieties at various elevations in Central America. *Tree Physiology*, 26(2), 1239-1248.

- BHUMIRATANA, N., ADHIKARI, K., & CHAMBERS, E. IV. (2011). Evolution of sensory aroma attributes from coffee beans to brewed coffee. *LWT-Food Sci. Technol.*, 44, 2185-2192.
- BIGIRIMANA, J., GATARAYIHA, C., ADAMS, C., MUHUTU, J., & GUT, L. (2019). Occurrence of potato taste defect in coffee and its relations with management practices in Rwanda. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 269, 82-87. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.09.022>
- BONNIN, A. L. (2016). *Autour du café* [Thèse de doctorat en Pharmacie]. Université d'Angers.
- CAO, X., WU, H., GONZALEZ VIEJO, C., DUNSHEA, F. R., & SULERIA, H. A. (2022). Effects of Postharvest Processing on Aroma Formation in Roasted Coffee—A Review. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 58, 1007-1027.
- CIRO-VELÁSQUEZ, H. J., ABUD-CANO, L. C., & PÉREZ-ALEGRÍA, L. R. (2010). Numerical simulation of thin layer coffee drying by control volumes. *DYNA*, 77(163), 270-2780.
- CORRÊA, P. C., RESENDE, O., & RIBEIRO, D. M. (2006). Drying characteristics and kinetics of coffee berry. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, 8(1), 1-10.
- CUNHA, M., CORNER, M., & MARSAIOLI, A. (2003). Drying coffee cherry stripped for hot air and microwave. *Ciênc Techn. Aliment*, 23(3), 381-385.
- DEUGOUE, M. D. (2020). *L'analyse du Commerce du Café: Cas des producteurs en Afrique*, (Haute école de gestion). Haute école de gestion.
- DUARTE, G. S., PEREIRA, A. A., & FARAH, A. (2010). Chlorogenic acids and other relevant compounds in Brazilian coffees processed by semi-dry and wet post-harvesting methods. *Food Chem.*, 118, 851-855.
- ELFINESH, F., MOHAMMED, D., BERECHA, G., & GAREDEW, W. (2022). Coffee Drying and Processing Method Influence Quality of Arabica Coffee Varieties (Coffee arabica L.) at Gomma and Limmu Kossa, Southwest Ethiopia,. *Hindawi Journal of Food Quality*, 20(22), 8. <https://doi.org/10.1155/2022/9184374>
- ENDALE, T., KUFA, T., NESTRE, A., SHIMBER, T., YILMA, A., & AYANO, T. (2009). Research on coffee field management. In: *G Adugna, B Belachew, T Shimber, E Taye and T Kufa (eds.). Coffee Diversity and Knowledge. Proceedings of a national workshop four decades of coffee research and development in Ethiopia*, 14(17), 187-195.

- GONZALEZ-RIOS, O., SUAREZ-QUIROZ, M. L., BOULANGER, R., BAREL, M., GUYOT, B., & GUIRAUD, J. P. (2007). Impact of “ecological” post-harvest processing on the volatile fractions of coffee beans : I. Green coffee. *Journal of food Composition and Analysis*, 20, 289-296.
- HAILE, M., & KANG, W. H. (2019). The role of microbes in coffee fermentation and their impact on coffee quality. *J. Food Qual*, 6(3), 1-18. <https://doi.org/10.1155/2019/4836709>
- JACKELS, S. C., & JACKELS, C. H. (2005). Characterization of the coffee mucilage fermentation process using chemical indicator : A field study in Nicaragua. *Journal of Food Science*, 70, 321-325.
- KASAY, K. (1988). *Dynamisme Démo-Géographique et mise en valeur de l'Espace en milieu équatorial d'altitude : Cas du Pays Nande au Kivu Septentrional, Zaïre* [Thèse Doctorat : Géographie]. Université de Lubumbashi.
- KASSAYE, T., DESALEGN, A., DERBEW, B., & BOECKX, P. (2019). Biochemical composition of Ethiopian coffees (*Coffea arabica* L.) as influenced by variety and postharvest processing methods. *African Journal of Food Science*, 13(2), 48-56.
- KNOPP, S., BYTOF, G., & SELMAR, D. (2006). Influence of processing on the content of sugars in green Arabica coffee beans. *Eur. Food Res Technol*, 223, 195-201.
- MARRACCINI, P. (2010). *Biologie et physiologie moléculaire du développement du fruit de café, Biologie du fruit du caféier* (Editions Universitaires européennes). Editions Universitaires européennes.
- MUHIDONG, J., MURSALIM, N., & RAHMAN, A. (2013). The effect of air flow rate on single-layer drying characteristics of Arabica coffee. *International Food Research Journal*, 20(4), 1633-1637.
- Organisation Internationale du Café. (2006). *Directives pour la prévention du développement de moisissures dans le café* (Rapport de l'atelier sur la prevention de la contamination No. 123; p. 28). Organisation Internationale du café.
- PAYEL, G., & VENKATACHALAPATHY, N. (2014). Processing and Drying of Coffee – A Review. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 3(12), 1-11.
- PEREIRA, L. L., GUARÇONI, R. C., PINHEIRO, P. F., OSÓRIO, V. M., PINHEIRO, C. A., MOREIRA, T. R., & TEN CATEN, C. S. (2020). New propositions about coffee wet processing : Chemical and sensory perspectives. *Food Chem*, 5(2), 47-59.

- PEREZ-ALEGRIA, L. R., & CIRO-VELASQUEZ, H. J. (2001). Mathematical simulation of parchment coffee drying in a deep bed with airflow reversal. *T ASAE*, 44, 1229-1234.
- POL NICOLAS, G. H. (2013). *le café : Les effets bénéfiques et néfastes sur la santé* [Thèse de doctorat en Pharmacie,]. Université de Lorraine.
- RIKOLTO. (2021). *La renaissance du café arabica à l'Est de la RDC*. Retrieved July 18, 2021. <https://congo.rikolto.org/fr/project/la-renaissance-du-cafe-arabica-lest-de-lardc-tabcontac>
- SCHWANKNER, J. (2019). *Analyse de la durabilité du café : Production et Consommation En Amérique* [Mémoire de maîtrise en Environnement]. Université de Sherbrooke.
- SILVA, C. F., SCHWAN, R. F., DIAS, E. S., & WHEALS, A. E. (2000). Microbial diversity during maturation and natural processing of coffee cherries of *Coffea arabica* in Brazil. *Int. J. Food Microbiol.*, 60, 251-260.
- SILVA, S., QUEIROZ, D., PINTO, F., & SANTOS, N. (2014). Coffee quality and its relationship with brix degree and colorimetric information of coffee cherries. *Precision Agriculture*, 15(2), 543-554.
- SINAGA, S. H., & JULIANTI, E. (2021). Physical characteristics of Gayo arabica coffee with semi-washed processing. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 782(3), 32-93.
- VELÁSQUEZ, S., FRANCO, A. P., NÉSTOR, P., BOHÓRQUEZ, J. C., & GUTIÉRREZ, N. (2021). Classification of the maturity stage of coffee cherries using comparative feature and machine learning,. *Coffee Science*, 3(1), 1-12. <https://doi.org/10.25186/v16i.1710>
- VIKANZA, K. P. (2011). *Aires protégées, espaces disputés et développement au Nord-est de la R D Congo* [Thèse de doctorat]. , Louvain-la-Neuve.
- WOOTTON, A. E. (1971). *The dry matter loss from parchment and green coffee*. 316-324.
- WU, H., VIEJO, C. G., FUENTES, S., DUNSHEA, F. R., & SULERIA, H. A. R. (2023). The Impact of Wet Fermentation on Coffee Quality Traits and Volatile Compounds Using Digital Technologies. *Fermentation*, 9(68), 1-14. <https://doi.org/10.3390/fermentation9010068>