

Contrôle de la qualité microbiologique et physico-chimique d'un couscous à base de mil mis au point par l'Institut de Technologie Alimentaire au Sénégal

Adjaratou BASSE^{1,3*}, Mamadou Salif SOW¹, Fallou SARR¹, Seynabou Momar FALL¹,
Donatien KABORE² et Mamoudou Hama DICKO³

¹ Institut de Technologie Alimentaire (ITA), Département Recherche et Développement, BP 2765,
Dakar, Sénégal

² Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST), Institut de Recherche en Sciences
Appliquées et Technologiques (IRSAT), Département Technologie Alimentaire, 03 BP 7047, Ouagadougou 03,
Burkina Faso

³ Université Joseph KI-ZERBO, Unité de Formation et de Recherche en Sciences de la Vie et de la Terre,
Laboratoire de Biochimie, Biotechnologie, Technologie Alimentaire et Nutrition (LABIOTAN), 03 BP 7021,
Ouagadougou 3, Burkina Faso

(Reçu le 07 Octobre 2023 ; Accepté le 22 Février 2024)

* Correspondance, courriel : adjabasse@gmail.com

Résumé

Le couscous à base de mil, produit traditionnel de grande consommation au Sénégal, souvent fabriqué par les Petites et Moyennes Entreprises (PME), nécessite plusieurs heures de préparation. Pour apporter une alternative à ce pénible travail et contribuer à l'augmentation de la productivité du couscous, l'Institut de Technologie Alimentaire (ITA) a mis au point un procédé allégé de fabrication du couscous de mil dénommé « *couscous économique* » dont le temps et le coût de production sont significativement réduits. Cependant, des informations sur le profil nutritionnel et sur la qualité sanitaire peuvent contribuer à la valorisation et à la compétitivité de cette innovation technologique. C'est dans ce contexte que l'objectif de cette étude a consisté à contrôler la qualité microbiologique et physico-chimique du couscous économique après expérimentation de la technologie. Les analyses microbiologiques ont été réalisées suivant les méthodes normalisées de dénombrement et d'identification des normes ISO. Les analyses physico-chimiques qui ont été réalisées sur les mêmes échantillons à l'aide des méthodes AOAC selon le paramètre à tester, ont montré une humidité de 6,91 % ; une acidité de 0,05 % ; une teneur en cendres de 0,92 % et une teneur en protéines de 9,49 % conformes aux critères de la norme NS ECOSTAND 062. La détection de certains minéraux tels le Zn (1,49 mg/100 g), Fe (5,79 mg/100 g), Ca (10,51 mg/100 g), Mg (56,41 mg/100 g) et K (257,63 mg/100 g) a permis de considérer le couscous économique comme une source importante de nutriments dans l'alimentation. Sur le plan microbiologique, les résultats ont montré une absence des *Salmonella spp.* et que parmi les paramètres analysés, les coliformes totaux, levures, *Bacillus cereus*, clostridium sulfite-réducteurs, *Staphylococcus aureus* et *E. coli* n'ont pu être dénombrés. Néanmoins, il a été noté une faible contamination par la flore mésophile aérobie à 30°C (1,5.10² UFC/g) et les moisissures (4,3.10¹ UFC/g) avec des valeurs conformes aux critères de la norme NS ECOSTAND 062. Ces résultats d'analyse fournissent des informations sur la qualité hygiénique et nutritionnelle qui contribuent à la valorisation du mil et la promotion du couscous économique.

Mots-clés : mil, *couscous économique*, analyses microbiologiques, analyses physico-chimiques, qualité.

Abstract

Microbiological and physico-chemical quality control of a millet-based couscous developed by the Institute of Food Technology in Senegal

Millet-based couscous, a traditional consumer product in Senegal, often produced by small and medium-sized enterprises (SMEs), takes several hours to prepare. To provide an alternative to this tedious work, and to help increase couscous productivity, the "Institut de Technologie Alimentaire (ITA) has developed a lighter millet couscous production process known as "economic *couscous*", which significantly reduces production time and costs. However, information on nutritional profile and sanitary quality can help to enhance the value and competitiveness of this technological innovation. With this in mind, the aim of this study was to monitor the microbiological and physico-chemical quality of economic couscous after testing the technology. Microbiological analyses were carried out according to standardized ISO enumeration and identification methods. The physico-chemical analyses, which were carried out on the same samples using AOAC methods according to the parameter to be tested, showed a moisture content of 6.91 % ; an acidity of 0.05 % ; an ash content of 0.92 % and a protein content of 9.49 %, in compliance with the criteria of NS ECOSTAND 062. The detection of certain minerals such as Zn (1.49 mg/100g), Fe (5.79 mg/100g), Ca (10.51 mg/100g), Mg (56.41 mg/100 g) and K (257.63 mg/100 g) enabled us to consider economic couscous as an important source of nutrients in the diet. Microbiologically, the results showed an absence of *Salmonella* spp. and that, among the parameters analyzed, total coliforms, yeasts, *Bacillus cereus*, sulfite-reducing clostridium, *Staphylococcus aureus* and *E. coli* could not be enumerated. Nevertheless, low contamination by aerobic mesophilic flora at 30°C ($1.5 \cdot 10^2$ CFU/g) and molds ($4.3 \cdot 10^1$ CFU/g) was noted, with values in line with NS ECOSTAND 062 criteria. These analytical results provide information on the hygienic and nutritional quality of the millet, helping to promote economic couscous.

Keywords : *millet, economic couscous, microbiological analysis, physico-chemical analysis, quality.*

1. Introduction

Les céréales locales sont des produits de première importance en Afrique qui permettent de préparer de nombreux plats traditionnels destinés à l'alimentation humaine [1]. Elles contribuent à la réduction de la dépendance alimentaire vis-à-vis des produits importés. Elles constituent une bonne source énergétique et de micronutriments qui contribuent à la sécurité alimentaire de nombreuses populations aussi bien en milieu rural qu'en milieu urbain [2]. La valorisation des céréales locales qui est au centre des préoccupations des pouvoirs publics et de nombreux partenaires au développement, est principalement menée et dirigée par les femmes qui représentent 98 % des acteurs du secteur de la transformation artisanale et semi-industrielle [3]. Parmi les céréales locales au Sénégal, le mil qui est considéré comme une culture de subsistance [4], occupe à lui seul plus de 60 % en moyenne de la production [5]. Il fait partie d'une chaîne de valeur à croissance rapide [6] et est utilisé après transformation sous diverses formes (couscous, arraw, etc.). Compte tenu de l'importance de la sécurité sanitaire des aliments qui reste toujours une problématique majeure pour les professionnels de l'agroalimentaire [7] est devenue une exigence du marché [8] des produits destinés à la consommation humaine. Par conséquent, le contrôle de la qualité constitue un axe incontournable pour les entreprises de transformation agroalimentaires. En effet, la diversité des fournisseurs, l'origine méconnue des matières premières, les conditions de transformation, sont entre autres des facteurs qui préoccupent le consommateur vis-à-vis de la qualité sanitaire [9]. Parallèlement, les procédés de transformations secondaires par voies sèches s'accompagnent souvent de la perte de composés d'intérêt nutritionnel [10]. Dans la dynamique de la promotion du consommateur local, le couscous à base de mil, issu de la transformation

secondaire, tient une place importante dans les habitudes alimentaires des sénégalais. Il bénéficie aussi de l'intérêt nouveau porté aux céréales locales à travers notamment la vente de couscous précuit qui vise à développer sa consommation [11]. En milieu urbain, il est souvent élaboré par les petites et moyennes entreprises et nécessite plusieurs de préparation. Ainsi, la mise en œuvre de technologies de transformation améliorées est apparue indispensable pour diminuer la pénibilité du travail des opératrices [12]. C'est ce cadre que l'Institut de Technologie Alimentaire (ITA) apporte sa contribution par la mise au point d'un procédé allégé de fabrication du couscous à base de mil dénommé « *couscous économique* » dont le temps et le coût de production sont significativement réduits. Ce nouveau produit convient aux consommateurs notamment des grandes villes qui, dans un souci de diversification, tendent à alterner les plats traditionnels avec ceux du type européen [13]. Compte tenu de l'importance de la sécurité sanitaire et nutritionnelle qui est devenue une condition d'accès au marché de masse [14], il est indispensable de mettre en confiance les consommateurs par rapport aux céréales locales transformées mises à leur disposition. C'est dans ce contexte que l'objectif de cette présente étude est de contrôler la qualité microbiologique et physico-chimique du couscous économique après expérimentation de la technologie afin de vérifier la conformité par rapport à des normes reliées à l'innocuité et aux bonnes pratiques d'hygiène et de fabrication [15] et qui permettent d'avoir une assurance dans l'authenticité des aliments pour une bonne santé du consommateur [16]. Les résultats issus des analyses peuvent fournir des informations sur la qualité hygiénique et sur le profil nutritionnel qui sont essentielles pour contribuer à la valorisation et à la compétitivité du couscous économique surtout dans le marché des céréales locales transformées ainsi qu'à l'amélioration des revenus des producteurs et transformateurs du mil.

2. Matériel et méthodes

2-1. Cadre de l'étude

L'étude s'est déroulée dans trois services de l'Institut de Technologie alimentaire (ITA) de Dakar. L'expérimentation de la technologie du couscous économique a été réalisée au niveau de l'atelier des Céréales et Légumineuses, les analyses microbiologiques et physico-chimiques ont été réalisées respectivement dans les laboratoires d'analyses de contrôle de qualité des aliments de Microbiologie et de Chimie.

2-2. Matériel végétal

Le matériel végétal de la présente étude est constitué du mil *Souna* (*Pennisetum glaucum*), illustré dans la **Figure 1**, acheté au marché Castors de Dakar.



Figure 1 : Mil *Souna* (*Pennisetum glaucum*) (*Pennisetum glaucum*)

2-3. Matériel technique

Le matériel technique a été constitué principalement d'une balance CAMRY série J1207696748 d'origine chinoise, d'un broyeur à marteaux mobiles fabriqué la société SISMAR au Sénégal, d'un vibro-tamiseur SWECO série 55692 d'origine belge, de tamis dont le diamètre des mailles est de 1,5 mm, d'un couscoussier en aluminium et d'un four de séchage OURAGAN 7 marque SINGER d'origine française.

2-4. Matériel de laboratoire

Il s'agit de matériel habituellement utilisé dans les laboratoires de chimie et de microbiologie pour réaliser les analyses de contrôle de qualité des denrées alimentaires.

2-5. Procédé de fabrication du couscous économique

La technologie du couscous économique à base de mil a été expérimentée au niveau de l'Atelier des Céréales et Légumineuses de l'ITA en deux phases. Le matériel végétal a fait l'objet d'un triage manuel et mécanique dont le but était d'éliminer les grains endommagés et les corps étrangers.

➤ *Production de la semoule de mil*

Du mil *Souna* (*Pennisetum glaucum*) acheté au marché de Castors a été nettoyé au vibro-tamiseur. Ensuite, 10 kg de grains propres du mil ont été décortiqués à sec, puis broyés à l'aide d'un moulin à marteaux mobiles pour obtenir de la semoule appelée *Sanxa*/au Sénégal. Après conditionnement à raison de 250 g par sachet, les échantillons de semoule ont été gardés au laboratoire dans des bacs propres en attente d'analyses microbiologiques et physico-chimiques.

➤ *Production de couscous économique*

Le couscous économique à base de mil est préparé à partir de la semoule (Sanxa) de granulométrie 1 mm obtenue après broyage du mil décortiqué à sec. La semoule ainsi humidifiée a été légèrement brassée avant d'être cuite à la vapeur pendant 15 minutes à l'aide d'un couscoussier en aluminium. Après émottage et tamisage, le couscous obtenu a subi une seconde cuisson à la vapeur pendant une durée de 5 minutes. Les granules de couscous, de taille 1,5 mm ont été calibrés à l'aide d'un tamis d'ouverture des mailles de 2 mm, ensuite ont été séchés pendant 3 heures dans le four OURAGAN réglé à 65°C. Après refroidissement, le couscous économique a été tamisé pour obtenir un produit homogène prêt à être consommé ou conditionné à raison de 250 g dans des sachets adéquats stériles pour une meilleure conservation et en attente d'analyses de contrôle de qualité. Les différentes étapes de la production de couscous économique sont résumées dans le diagramme de la *Figure 2*.

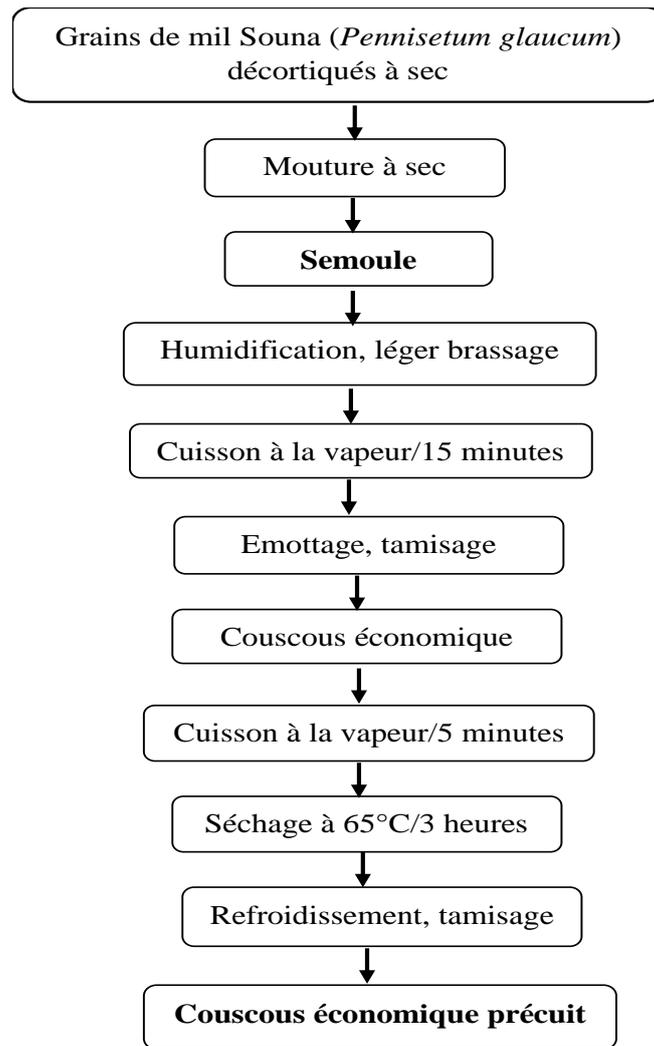


Figure 2 : *Diagramme de la technologie du couscous économique à base de mil*

2-6. Méthodes d'analyses

Pour un meilleur suivi de la qualité du produit fini, les différentes analyses physico-chimiques et microbiologiques ont été réalisées sur les échantillons de mil décortiqué prélevé aseptiquement dans une bassine, de semoule (*Sanxal*) et de couscous économique conditionnés dans des sachets stériles.

2-6-1. Analyses physico-chimiques

Les analyses physico-chimiques réalisées sur les différents échantillons ont porté sur la détermination des taux d'humidité, d'acidité, de cendres, de protéines et de quelques minéraux : calcium (Ca), fer (Fe), zinc (Zn), magnésium (Mg) et potassium (K).

2-6-1-1. Détermination de l'humidité

Le taux d'humidité a été déterminé à partir d'un séchage de 5 g d'échantillon dans une étuve réglée à $105 \pm 2^\circ\text{C}$ jusqu'à poids constant. La perte de poids est calculée comme étant la teneur en eau de l'échantillon à l'aide de la méthode AOAC : 945.15 (27.4.03).

2-6-1-2. Détermination de l'acidité

L'acidité a été déterminée suivant la méthode ISO 7305 par titrage du surnageant obtenu après centrifugation d'une solution préparée à partir de $5 \pm 0,001$ g d'échantillon dans 30 ml d'alcool à 95°.

2-6-1-3. Détermination de la teneur en cendres

Les cendres ont été déterminées à partir de $4 \pm 0,001$ g d'échantillon finement broyés puis incinérés au four réglé à 550°C selon la méthode AOAC : 923.03 (32.1.05). La teneur en protéines a été déterminée à partir du dosage de l'azote total par la méthode de Kjeldahl décrite dans AOAC : 920.87.

2-6-1-4. Détermination de la teneur en minéraux

Les minéraux ont été déterminés par Spectrophotométrie d'Absorption Atomique (SAA) après incinération des échantillons et dissolution des cendres suivant la méthode AOAC : 968.08 (4.8.02).

2-6-2. Analyses microbiologiques

Les analyses microbiologiques, qui ont précédé celles physico-chimiques, ont été réalisées dans des conditions aseptiques à partir d'une suspension mère préparée avec 25 g d'échantillons de couscous dans 225 ml d'eau peptonée tamponnée stérile. La suspension mère contenue dans un sac stérile a été homogénéisée à l'aide d'un appareil péristaltique de type STOMACHER pour servir à la préparation des dilutions décimales successives à partir desquelles les milieux de cultures ont été ensemencés. Les paramètres microbiologiques ont été évalués suivant les méthodes classiques d'isolement et d'identification des normes ISO pour la recherche des *Salmonella* spp. (ISO 6579-1) et les dénombrements de la flore mésophile aérobie à 30°C (ISO 4833-1), des levures et moisissures (NF V08-059), des coliformes totaux (ISO 4832), des *E. coli* (ISO 16649-2), des *Bacillus cereus* (ISO 7932) et des *Staphylococcus aureus* à coagulase positive (ISO 6888-1).

2-6-3. Analyses statistiques et interprétations des résultats

Les données des analyses ont été traitées à partir du logiciel Excel 2016. Les interprétations des résultats ont été réalisées sur la base des critères des normes standards NS ECOSTAND 062, NS 03-113 et CXS 169-1989/A2019). Par ailleurs, certains résultats physico-chimiques ont aussi été comparés à ceux trouvés par des auteurs, de même que les limites HACCP microbiologiques des denrées sèches [17] ont été utilisées comme références. Les tests ANOVA (analyse de variance) à un facteur utilisé dans ce travail de recherche ont été réalisés avec le logiciel XLSAT version 7.1. L'objectif est de comparer la significativité des résultats analytiques des échantillons pour chaque paramètre. Les différences statistiques avec une valeur de probabilité inférieure à 0,05 ($P < 0,05$) sont considérées comme significatives.

3. Résultats et discussion

Les résultats des analyses physico-chimiques et microbiologiques, qui ont été réalisées en trois répétitions sur chaque échantillon, sont présentés et discutés respectivement.

3-1. Données des analyses physico-chimiques

Les valeurs moyennes des résultats de la teneur en humidité obtenues pour les différents échantillons ont été de 9,81 %, 10,38 % et 6,91 % respectivement pour le mil, la semoule et le couscous économique. Ces résultats sont conformes aux critères relatifs à l'humidité qui sont de 13 %, de 12 % et de 11 % maximum

pour respectivement le mil, la semoule et le couscous de mil. Les résultats du **Tableau 1** ont aussi permis de constater que le couscous économique a la plus faible teneur en humidité par rapport à celles des autres échantillons. Toutefois, l'humidité est un facteur important pour une meilleure conservation du couscous dans un long temps sans risque d'altération par les microorganismes [18]. L'analyse des résultats consignés dans le **Tableau 1** montre qu'il existe une variabilité entre les valeurs des paramètres physico-chimiques dans les différents échantillons. Le taux d'acidité du couscous économique (0,05 %) a été beaucoup plus faible que ceux trouvés dans la semoule (0,17 %) et le mil (0,13 %). Une grande différence a aussi été notée entre les résultats de cette présente étude sur la semoule et d'autres avec un taux d'acidité de 0,04 % sur le même type de produit [19]. Cette différence peut être due à la nature de la matière première ou aux conditions de transformation [20]. Les teneurs en cendres trouvées dans les échantillons de mil (0,95 %), de semoule (0,89 %) et de couscous (0,92 %) ont été toutes conformes aux normes requises. Toutefois, il a été constaté que la variation du taux de cendres est faible et est inférieure à 1 % entre les échantillons. Cette faible différence permet de supposer que la technologie du couscous économique n'a pas eu d'impact négatif sur la teneur en cendres. En outre, le taux de cendres dans le couscous économique est supérieur à celui dans la semoule, ce qui peut se justifier par les matières minérales contenues dans l'eau qui a été utilisée au cours de la transformation [21]. L'analyse statistique montre qu'il n'existe pas de différence significative sur la teneur en protéines des différents échantillons de mil, semoule et couscous économique. Les résultats trouvés ont été conformes aux critères des normes sénégalaises NS 03-111, NS 03-113 et NS ECOSTAND 062. Par ailleurs, la **Figure 3** a mis en évidence une variation des teneurs en minéraux dans les différents échantillons. Ainsi, il est noté des teneurs en Ca (16,82 %), Zn (2,13 %) et Mg (65,80 %) qui sont plus élevées dans le mil. Parallèlement, les teneurs en Fe (5,79 %) et en K (257,63 %) le sont dans le couscous économique. Toutefois, les analyses ont mis en évidence une richesse en minéraux du couscous économique avec des proportions de 28 %, 38 %, 30 %, 31 %, et 35 % respectivement en Ca, Fe, Zn, Mg et K. Ces résultats permettent de supposer que le mil ainsi que les produits dérivés sont des aliments de base et sources importantes de nutriments dans l'alimentation [1].

Tableau 1 : Caractéristiques physico-chimiques

Paramètres	Mil	Semoule	Couscous économique
Humidité (%)	9,81 ± 0,06 ^b	10,38 ± 0,14 ^c	6,91 ± 0,03 ^a
Acidité (% de H ₂ SO ₄)	0,13 ± 0,00 ^b	0,17 ± 0,01 ^c	0,05 ± 0,00 ^a
Cendres (%)	0,95 ± 0,01 ^c	0,89 ± 0,05 ^a	0,92 ± 0,03 ^b
Protéines (%)	10,16 ± 0,29 ^a	9,71 ± 0,17 ^a	9,49 ± 0,18 ^a
Ca (mg/100 g)	16,82 ± 0,17 ^b	10,12 ± 0,24 ^a	10,51 ± 0,47 ^a
Fe (mg/100 g)	4,37 ± 0,48 ^a	4,57 ± 0,98 ^{ab}	5,79 ± 0,17 ^b
Zn (mg/100 g)	2,13 ± 0,31 ^c	1,38 ± 0,04 ^a	1,49 ± 0,08 ^b
Mg (mg/100 g)	65,80 ± 4,17 ^b	59,92 ± 4,37 ^{ab}	56,41 ± 3,86 ^a
K (mg/100 g)	233,06 ± 11,51 ^a	249,68 ± 20,42 ^b	257,63 ± 10,56 ^b

NB : Les valeurs portant les mêmes lettres sur la ligne sont statistiquement identiques

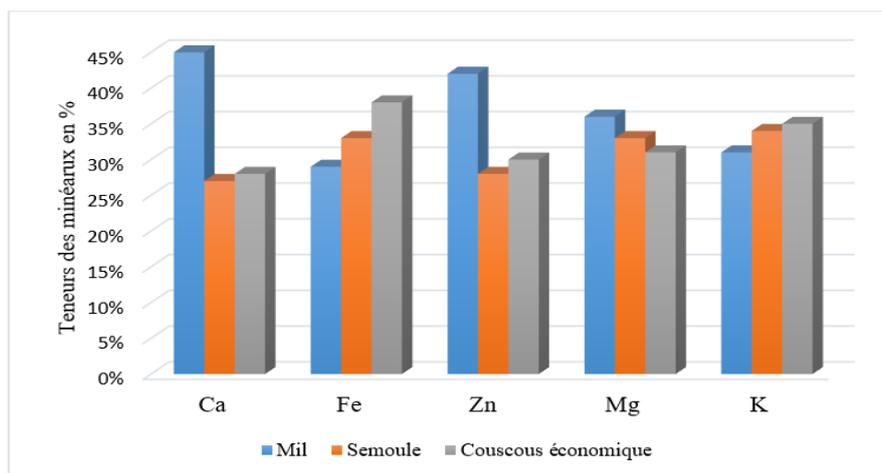


Figure 3 : Variation des teneurs en minéraux dans les échantillons

3-2. Données des analyses microbiologiques

Les résultats des analyses microbiologiques (**Tableau 2**) ont montré une absence des *Salmonella spp.* dans tous les échantillons (mil, semoule, couscous économique). Pour le dénombrement, les résultats obtenus ont été exprimés en unités formant colonies par gramme (UFC/g) selon les formules de la norme ISO 7218-A/1. A l'exception de la flore mésophile aérobie à 30°C et des moisissures qui ont été présentes dans tous les échantillons et qui sont néanmoins conformes aux critères, les paramètres levures, *Bacillus cereus*, Clostridium sulfito-réducteurs, *Staphylococcus aureus* et *E. coli* n'ont pu être dénombrés. Les coliformes totaux n'ont été présents que dans les échantillons de mil ($1,6 \cdot 10^3$ UFC/g) et de semoule ($5,7 \cdot 10^2$ UFC/g) à des charges satisfaisantes [17]. Ils peuvent se retrouver dans les produits transformés d'où leur présence dans la semoule peut être jugé normal du fait de leur caractère ubiquiste [22]. Toutefois, la disparition de cette flore dans le couscous économique a permis de supposer que les coliformes totaux ont été sensibles au traitement thermique et que la cuisson à la vapeur a été efficace. La flore mésophile aérobie à 30°C ($1,5 \cdot 10^2$ UFC/g) et les moisissures ($4,3 \cdot 10^1$ UFC/g) dénombrées dans le couscous économique ont été considérées comme des indicateurs d'hygiène dans le processus de transformation des aliments [23]. Ainsi, un respect des bonnes pratiques d'hygiène et de fabrication et/ou une meilleure sélection des matières premières est nécessaire dans la transformation du mil pour obtenir des produits primaires de bonne qualité microbiologique. Cependant, bien que la mouture constitue une étape critique [24] les résultats (**Figure 4**) ont montré une décroissance de la charge microbienne dans les échantillons de semoule et de couscous économique. Ceci peut témoigner non seulement d'une matière première propre mais aussi d'un respect des bonnes pratiques d'hygiène du procédé et d'un nettoyage efficace du matériel qui a été utilisé au cours de la production du couscous économique.

Tableau 2 : Résultats d'analyses microbiologiques

Paramètres	Mil	Semoule	Couscous économique
FMA à 30°C (ufc/g)	$1,2 \cdot 10^5$	$1,6 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^2$
Levures (ufc/g)	< 10	< 10	< 10
Moisissures (ufc/g)	$3,9 \cdot 10^3$	$3,5 \cdot 10^3$	$4,3 \cdot 10^1$
Coliformes totaux (ufc/g)	$1,6 \cdot 10^3$	$5,7 \cdot 10^2$	< 10
<i>E. coli</i> (ufc/g)	< 10	< 10	< 10
CSR (ufc/g)	< 10	< 10	< 10
<i>Bacillus cereus</i> (ufc/g)	< 100	< 100	< 100
<i>Staphylococcus aureus</i> (ufc/g)	< 100	< 100	< 100
<i>Salmonella spp.</i> (/25g)	Absence	Absence	Absence

FMA : Flore mésophile aérobie ; *E. coli* : *Escherichia coli* ; CSR : *Clostridium sulfito-réducteurs*.

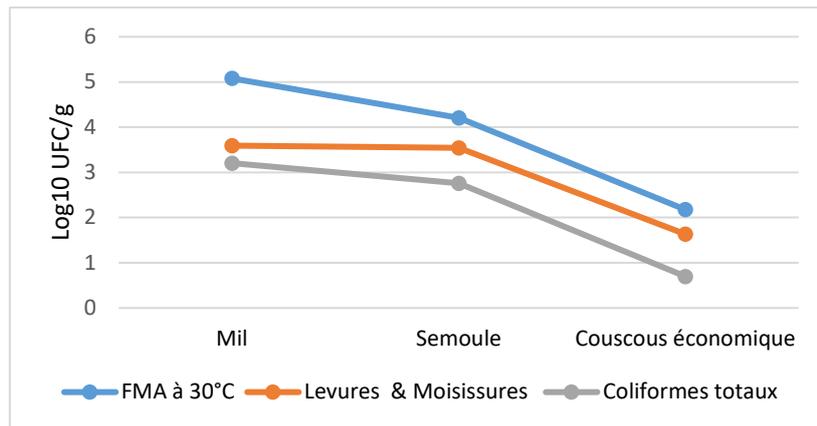


Figure 4 : Évolution de la charge microbienne au cours de la production de couscous

4. Conclusion

Le couscous économique est une innovation technologique qui a été mis au point par l'Institut de Technologie Alimentaire dans l'objectif d'apporter une alternative pour réduire le temps, la pénibilité de fabrication et les risques de contamination du produit fini. L'étude effectuée a permis d'avoir des informations sur la composition minérale et d'apprécier la qualité du couscous économique. Les résultats des analyses comparés aux critères de la norme sénégalaise requise, ont été satisfaisants sur le plan microbiologique et physico-chimique et ont mis en évidence des teneurs en composants nutritionnels satisfaisants dans le couscous économique. Les résultats des analyses microbiologiques ont révélé l'absence des *Salmonella spp.*, de même les levures, les *Bacillus cereus*, les *Staphylococcus aureus* ainsi que les *E. coli* n'ont pu être dénombrés dans le couscous économique à l'exception de la flore mésophile aérobie à 30°C et des moisissures qui ont été présentes à des quantités conformes aux normes. Toutefois, l'application des bonnes pratiques d'hygiène et de fabrication, une meilleure sélection des matières premières et du matériel propre sont nécessaires dans la transformation pour obtenir un produit fini de meilleure qualité microbiologique. Les résultats de l'étude permettent de rassurer les utilisateurs sur la qualité hygiénique et nutritionnelle et de contribuer à la valorisation du mil pour la promotion du « consommé local » à partir de cette innovation technologique qui est le *couscous économique*.

Références

- [1] - I. LESTIENNE, M. BUISSON, V. LULLIEN-PELLERIN, C. PICQ et S. TREECHE, Losses of nutrients and anti-nutritional factors during abrasive decortication of two pearl millet cultivars (*Pennisetum glaucum*), *Food Chemistry*, 100 (2007) 1316 - 1323
- [2] - L. AKISSOE, M. HEMERY, C. ICARD-VERNIERE, Y. MADOBE, A. ROGER, D. J. HOUNHOUGAN et C. MOUQUET-RIVIER, Fréquence et formes de consommation du niébé en milieu urbain au Bénin et freins potentiels à cette consommation. *Innovations Agronomiques*, 74 (2019) 176 - 182
- [3] - S. B. SAMB, Promotion du consommé local, à travers la valorisation des céréales locales et la connexion aux marchés, Rapport final, Vue d'ensemble sur les chaînes de valeur agricoles, (2021)
- [4] - A. KADRI, H. HALILOU et I. KARIMOU, Culture du mil [*Pennisetum glaucum* (L) R. Br] et ses contraintes à la production, *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 13 (1) (2019) 503 - 524

- [5] - ANSD, (Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie), Situation économique et sociale du Sénégal, Ed. 2017-2018/Agriculture, *Bulletin mensuel des statistiques économiques*, (2020)
- [6] - G. TADESSE and O. BADIANE, Policy responses to rapidly transforming midstream value chain segments in Africa : the case of the millet sector in Senegal, Annual trends and outlook report: Sustaining Africa's agrifood system transformation : The role of public policies, International Food Policy Research Institute (IFPRI) and AKADEMIYA2063, (2020)
- [7] - A. CORTESI, Qualité environnementale des aliments : comment l'évaluer pour l'intégrer aux autres dimensions de la qualité dans la conception des produits ? Ingénierie des aliments, thèse de doctorat à l'Université Paris-Saclay, (2022)
- [8] - B. HERVIEU, CIHEAM La sécurité sanitaire : une exigence du marché », dans : Bertrand Hervieu éd., *MediTERRA 2007. Identités et qualité des produits alimentaires méditerranéens*. Paris, Presses de Sciences Po, « Annuels », (2007) 93 - 112 p. DOI : 10.3917/scpo.cihea.2007.01.0093 <https://www.cairn.info/mediterr-2007--978272461027-page-93.htm> (24 février 2024)
- [9] - E. B. Z. N'GORAN-AW, Qualité microbiologique des farines de maïs commercialisées sur les marchés de la ville d'Abidjan, *Rev. Mar. Sci. Agron. Vét.*, 6 (4) (2018) 476 - 482 https://www.agrimaroc.org/index.php/Actes_IAPH2/article/view/592/1108# (07 juillet 2021)
- [10] - A. FARDET, S. BONNY, D. MARION et V. LULLIEN-PELLERIN, Transformation, qualités nutritionnelles et consommation des produits céréaliers, (2019), [file:///C:/Users/hp/Downloads/3570720774DD_AgrAliDur_Cor1%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/hp/Downloads/3570720774DD_AgrAliDur_Cor1%20(1).pdf) (08 mai 2023)
- [11] - M. CHASTANET, H. FRANCONIE et F. SIGAUT, Couscous à la sahélienne (Sénégal, Mali, Mauritanie), Couscous, boulgour et polenta, Transformer et consommer les céréales dans le monde, Karthala, (2010) 149 - 187
- [12] - J. F. C. HOUNHOUIGAN, M. HAVARD et T. FERRE, La transformation des grains. Collection Agricultures tropicales en Poche, Qua, Presses agronomiques de Gembloux, CTA, Versailles, Gembloux, Wageningen, (2019)
- [13] - F. SARR, M. SAMBE et Y. NDIAYE, Systèmes innovants du Sénégal, promotion du couscous économique, (2015) <https://www.senepplus.com/article/l%20%80%99ita-lance-le-projet-couscous-economique> (02 mai 2022)
- [14] - A. DAVEZAC et A. F. TAISNE, CFSI, Les batailles du consommer local en Afrique de l'Ouest, Revue spécialisée, (2019) <https://www.alimenterre.org/system/files/2019-01/batailles-consommer-local-pp-bd.pdf> (24 février 2024)
- [15] - G. COUTURE, F. GOULET-GRONDIN, M. M. DUMONT et J. SAMSON, Lignes directrices et normes pour l'interprétation des résultats analytiques en microbiologie alimentaire, Edition, (2019) <http://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Publications/recueil.pdf> (24 mai 2021)
- [16] - FAO OMS, Journées internationales de la sécurité sanitaire des aliments, la sécurité sanitaire des aliments, c'est l'affaire de tous, (2019) <https://www.fao.org/3/ca4449fr/> (18 janvier 2023)
- [17] - C. BROUTIN, La démarche qualité dans le secteur de la transformation des céréales en Afrique. *Communication, Cotonou, septembre 2005*, 14 (2005)
- [18] - H. GHEZALI, Contrôle physico-chimique et microbiologique du couscous fabriqué à base de blé dur au niveau de l'unité « Moula pates » BLIDA, Mémoire de Fin d'Etudes en vue de l'obtention du Diplôme de Master en Sciences de la Nature et de la Vie, Option : Microbiologie et Toxicologie Alimentaire, (2014) <http://di.univ-blida.dz:8080/xmlui/handle/123456789/1051> (25 novembre 2020)
- [19] - A. BASSE, D. KABORE, M. S. SOW, S. M. FALL, E. DIEME, F. DIALLO, M. FALL et M. H. DICKO, Influence of mechanical shelling on the microbiological and physico-chemical quality of *souna* millet (*Pennisetum glaucum*) and its derivative, *International Journal of Sciences*, Vol. 11, (04) (2022) 8 - 12

- [20] - S. LOUAFI et H. KHEDIM, Diagnostique et caractéristique physicochimique et microbiologique du couscous industriel, Mémoire de Master en Biologie, Spécialité : Biotechnologie des microorganismes, (2016)
- [21] - W. SEGHAIRIA et S. SEHILI, Evaluation de la qualité de trois types de couscous AMOR BENAMOR, Mémoire de Master en Biologie, Spécialité : Qualité des produits et sécurité alimentaire, (2015) 57
- [22] - E. B. Z. N'GORAN-AW, Qualité microbiologique des farines de maïs commercialisées sur les marchés de la ville d'Abidjan, *Rev. Mar. Sci. Agron. Vét.*, 6 (4) (2018) 476 - 482
https://www.agrimaroc.org/index.php/Actes_IAPH2/article/view/592/1108# (07 juillet 2021)
- [23] - G. BIROLLO, J. A. REINHEIMER et C. G. VINDEROLA, Enterococci vs. nonlactic acid microflora as hygiene indicators for sweetened yoghurt, *Food Microbiology*, (2001) 597 - 604
- [24] - A. N. ADJILE, A. P. HOUSSOU, N. MONTEIRO, M. C. FAINOU, N. H. AKISSOE et F. TOUKOUROU, Caractérisation du procédé de gambari-lifin (farine de maïs décortiqué dégermé) et influence de la variété de maïs sur la qualité physico-chimique et rhéologique, *Nature & Technologie. B- Sciences Agronomiques et Biologiques*, N° 12 (2015) 141 - 149