

Modélisation de l'estimation à l'exposition du risque à certains germes pathogènes dans le foutou banane vendu dans trois lieux de restauration collective dans la ville de Yamoussoukro par la méthode de Monte Carlo

[Modeling of the estimation of the risk exposure to certain pathogenic germs in banana foutou sold in three collective catering establishments in the city of Yamoussoukro by the Monte Carlo method]

N'Guessan Verdier ABOUO^{1,2}, Kouassi Ernest KAKOU¹, Yevi Delphine N'GUESSAN², and Nougou Emmanuel ASSIDJO¹

¹Laboratoire des Procédés Industriels de Synthèses de l'Environnement et des Energies Nouvelles (LAPISEN), INPHB BP 1093 Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

²Laboratoire de Biotechnologie Agriculture et Valorisation des Ressources Biologiques (LBAVRB), UFHB 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Banana foutou is a food consumed in Côte d'Ivoire, particularly in the center of the country. It is made by hand and therefore presents enormous possibilities of contamination. The objective of this study is to determine the rates of non-compliance with standards and for certain pathogenic germs and to estimate the risk of exposure by the probabilistic Monte Carlo method. The results of the analyzes carried out on ninety (90) samples showed that thirty-nine (39) were of unsatisfactory microbiological quality ($N > 3.10^5$ CFU/g) i.e. a percentage of 43.33% due to the presence of GAM. Similarly, forty-five (45) were of unsatisfactory microbiological quality ($N > 10$ CFU/g), i.e. a percentage of 50% due to the presence of E. Coli. As for the total coliforms, 20% of the samples presented an unsatisfactory microbiological quality ($N > 10^3$ CFU/g) i.e. eighteen (18) samples. Finally, seventy-two (72) samples obtained amounts of *Clostridium perfringens* above the norm ($N > 10^4$ CFU/g), i.e. a rate of 80%. Regarding the level of exposure, the estimate is 45.50% risk of consuming foutou banana containing Total Coliform (TC) levels above the norm. Regarding E. coli, almost 90% possibility of consuming this dish with higher values in this area. The zero risk (0%) is practically zero for *Clostridium perfringens* because more than 99.99% of bad luck to consume this food with rates higher than its reference value.

KEYWORDS: Risk assessment, Banana foutou, Pathogenic germs, Monte Carlo method.

RESUME: Le foutou banane est un aliment consommé en Côte d'Ivoire particulièrement au centre du pays. Il se confectionne de façon manuelle et de ce fait présente d'énormes possibilités de contamination. L'objectif visé par cette étude est de déterminer les taux de non-conformité aux normes et pour certains germes pathogènes et d'en estimer le risque à l'exposition par la méthode probabiliste de Monte Carlo. Les résultats des analyses effectuées sur quatre-vingt-dix (90) échantillons ont montré que trente-neuf (39) ont été de qualité microbiologique non satisfaisantes ($N > 3.10^5$ UFC/g) soit un pourcentage de 43,33% due à la présence de GAM. De même, quarante-cinq (45) ont été de qualité microbiologique non satisfaisant ($N > 10$ UFC/g) soit un pourcentage de 50% due à une présence d'E. Coli. Quant aux coliformes totaux, 20% des échantillons ont présenté une qualité microbiologique non satisfaisantes ($N > 10^3$ UFC/g) soit dix-huit (18) échantillons. Enfin, soixante-douze (72) échantillons ont obtenu des quantités de *Clostridium perfringens* supérieures à la norme ($N > 10^4$ UFC/g) soit un taux de 80%. Pour ce qui est du niveau d'exposition, l'estimation est de 45,50% de risques de consommer du foutou banane contenant des taux en Coliforme Totaux (CT) au-delà de la norme. Concernant les E. coli, près de 90% de possibilité de consommer cet

aliment avec des valeurs supérieures en la matière. Le risque zéro (0%) est pratiquement nul pour ce qui des *Clostridium perfringens* car plus de 99,99% de malchance de consommer cet aliment avec des taux supérieurs à sa valeur de référence.

MOTS-CLEFS: Evaluation des risques, Foutou banane, Germes pathogènes, Monte Carlo.

1 INTRODUCTION

Il est établi un lien étroit entre l'alimentation et la santé [23]. Une bonne alimentation, saine et équilibrée est gage de santé. A cet effet, plusieurs facteurs pourraient influencer notre santé à savoir, l'hérédité, l'environnement, le stress, le tabac, les soins auxquels nous avons accès, les styles de vie mais aussi nos modes de consommation alimentaire [24]. Le lien entre la nutrition et la santé est une évidence tant il est vrai qu'une alimentation équilibrée est un réel facteur de prévention des maladies cardio-vasculaires, de certains cancers, de l'obésité et des maladies de carence, des intoxications. Les intoxications d'origine alimentaire sont à l'origine de nombreuses maladies qui posent un problème de santé publique [21]. En effet, elles constituent une cause importante de mortalité ([21], [8]). Ces maladies sont causées généralement par des parasites et/ou des bactéries. Ces derniers se retrouvent dans les aliments cuisinés dans les restaurants en raison, généralement, d'une mauvaise hygiène alimentaire et en particulier, au cours de la mauvaise manipulation des denrées alimentaires par le personnel du restaurant. L'incidence de ces maladies s'accroît avec le développement de la restauration collective, liée à l'obligation d'une alimentation hors foyer. Celle-ci résulte de l'urbanisation et de l'industrialisation accrue, ainsi que du développement du tourisme et des voyages [9]. Ainsi, pour préserver la santé des populations plusieurs institutions veillent et s'assurent de la qualité sanitaire des produits mis à la disposition des populations au moyen de l'outil qu'est l'analyse des risques ([4], [5]). L'analyse des risques est en plein essor dans tous les domaines d'activités ([27], [3]). Particulièrement, lorsqu'il s'agit de l'alimentation humaine qui est étroitement liée à la santé. Cette importante thématique est largement développée en Europe mais l'est très peu en Afrique notamment en République de Côte d'Ivoire. Dans cette région d'Afrique de l'Ouest, de nombreuses personnes se nourrissent dans les lieux de restaurations collectives. Endroits où de fois les règles d'hygiène sont très peu suivies [14]. La ville de Yamoussoukro est une parfaite illustration car elle regorge d'innombrables lieux de restauration collective dû à une forte urbanisation. Plusieurs denrées sont proposées dans ces lieux. Certains aliments servent à accompagner d'autres de ce fait sont de grande consommation [2]. Ce sont: le riz, l'attiéké, le foutou banane, etc. Ce dernier retient particulièrement notre attention car de confection manuelle qui exige une manipulation directe avec les mains est suivi de sa consommation directe. Ainsi, ce mets pourrait être assujetti à la contamination de germes d'origine fécale tels que les coliformes, les entérocoques, les germes indicateurs d'une contamination tellurique comme les anaérobies sulfite-réducteurs et les germes ubiquitaires et d'origine humaine ou animale ([15], [10]). Le principal objectif de ce travail est d'estimer l'exposition à certains agents biologiques dont les GAM, Coliformes totaux, *Escherichia coli* et *Clostridium perfringens*. Les objectifs spécifiques poursuivis dans cette étude sont:

- Échantillonner dans trois (3) lieux de restaurations collectives,
- Rechercher et quantifier les germes aérobies mésophiles (GAM), coliformes totaux, *Escherichia coli* et *Clostridium perfringens* dans les échantillons prélevés,
- Estimer le risque de l'exposition des populations cibles

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 MATÉRIEL BIOLOGIQUE ET ZONE DE L'ÉTUDE

Le matériel de travail était constitué de 90 (30 X 3) échantillons de foutou banane achetés et prélevés de manière stérile dans trois (3) lieux de restauration collective (très fréquenté) de la ville de Yamoussoukro (capitale politique de la Côte d'Ivoire) courant le mois de septembre 2022. La Figure 1 ci-dessous en est une illustration.



Fig. 1. Echantillon de "Foutou banane"

Source: nos travaux

2.2 MÉTHODES

2.2.1 ECHANTILLONNAGE

Les achats journaliers (vers 11H) des échantillons se sont effectués sur la période du 01 au 30 Septembre 2022. Ces échantillons ont été ramenés au laboratoire dans des glacières, contenant des carboglaces. Avant leur analyse, la pesée des masses des différents échantillons a été effectuée afin de constituer des échantillons moyens (30) journalier [7].

2.2.2 PRÉPARATION DES MILIEUX DE CULTURE

Trois milieux de culture ont permis d'évaluer la qualité sanitaire du foutou banane. Ce sont:

- Plate Count Agar (PCA) pour les germes aérobies mésophiles (GAM);
- Lactosée Biliée au Cristal Violet et au Rouge Neutre (VRBL) pour les coliformes totaux et *Escherichia coli* présumés;
- TSN: (Tryptone Sulfite Néomycine) pour le *Clostridium perfringens* spp

2.2.3 PRÉPARATION DE LA SOLUTION MÈRE ET DES DILUTIONS

Dix (10g) d'échantillon de Foutou banane ont été prélevés de façon aléatoire par petites portions sur la totalité de l'échantillon et mise dans quatre-vingt-dix (90) mL d'eau peptonée tamponnée préalablement stérilisée (solution mère, dilution 10^{-1}) et homogénéisé au stomacher. Par la suite, deux dilutions successives ont été réalisées. En effet, 1 mL de la dilution 10^{-1} est introduit dans un tube contenant 9 mL d'eau peptonée tamponnée; cela constitue la dilution 10^{-2} . Après homogénéisation au vortex la dilution 10^{-3} est réalisée à partir de la dilution 10^{-2} [7].

2.2.4 TECHNIQUE D'ENSEMENCEMENT ET INCUBATION

L'ensemencement en surface a été réalisé pour chaque échantillon. Cela a consisté à couler entre 12 et 15 mL de milieux de culture dans les boîtes de pétri de 90 mm de diamètre. Après solidification, 0,1 mL de chacune des dilutions (bien homogénéisée à l'aide d'un vortex) a été ensemencé par étalement. Les boîtes ont été par la suite incubées dans une étuve (Memmert), pour les GAM et *Coliformes totaux* à 37°C pendant 24 h et pour *Escherichia coli* présumés à 44°C pendant la même durée. Quant aux *Clostridium perfringens*, ils ont été incubés à 46 °C en condition d'anaérobiose ([7], [15]).

2.2.5 EXPRESSION DES RÉSULTATS

L'estimation de la population totale (N), exprimée en UFC.g⁻¹, est calculée selon la norme ISO (NF ISO 7218/A1) [1]. La quantification des germes se détermine selon la formule ci-dessous. Pour ce faire ne retenir que les boîtes dont le nombre de colonies est compris entre 30 et 300 pour les GAM (ou entre 15 et 150 UFC/g d'aliment pour les autres germes).

$$N = \frac{\sum C}{V(n_1 + n_2)d}$$

Avec $\sum C$ = somme des colonies comptées sur toutes les boîtes à la dilution retenue pour le comptage, V = volume de l'inoculum dans chaque boîte (mL), n_1 = nombre de boîtes retenues à la première dilution, n_2 = nombre de boîtes retenues à la deuxième dilution, d = taux de dilution correspondant à la première dilution retenue.

2.2.6 EVALUATION DE L'EXPOSITION

Le foutou banane est consommé directement après sa confection. Il ne subit aucun autre type de processus. L'ingestion (I) dans ce cas de scénario a été d'établir une relation entre la quantité de l'aliment consommé et la quantité de micro-organisme dénombrée [3]. L'ingestion est donc le produit de la quantité d'aliment (Q) consommé par le nombre d'UFC de micro-organisme (C). L'équation suivante traduit bien cette relation:

$$I = C * Q$$

2.2.7 ANALYSES STATISTIQUES

Les analyses statistiques ont été réalisées avec les logiciels Statistique 7.1 en ce qui concerne l'ajustement aux lois de distributions (Exponentiel, Normale et Uniforme) des variables et le logiciel MatLab R2016a a servi à la réalisation du programme qui implémenté a permis la mise en œuvre de la méthode de Monté Carlo pour l'estimation probabiliste du risque à l'exposition ([17], [2]).

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 RÉSULTATS

Les résultats de cette étude portent sur la détermination des quantités de contaminants biologiques (GAM, Coliformes totaux, *Escherichia coli* présumés et *Clostridium perfringens*) et la quantité d'aliment consommé appelés paramètres. Par la suite, chaque paramètre déterminé a été ajusté à la loi de distribution correspondante suivie de l'estimation à l'exposition par la méthode de Monté Carlo.

3.1.1 CONTAMINANTS MICROBIOLOGIQUES

3.1.1.1 GERMES AÉROBIES MÉSOPHILES (GAM)

La Figure 2 présente les taux de germes aérobies mésophiles (GAM) dénombrés dans les échantillons de "foutou banane". A l'analyse de cette figure, l'on constate que sur l'ensemble des échantillons prélevés, presque la moitié des échantillons ont une quantité en GAM supérieurs à la norme 3.10⁵ UFC/g. (Jours: 1, 2, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28 et 30).

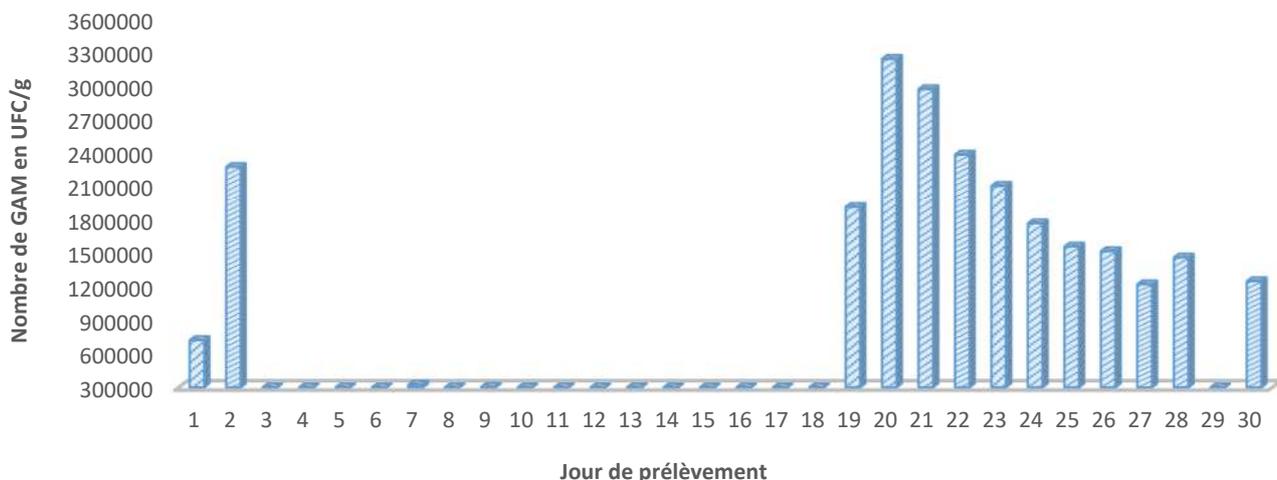


Fig. 2. Histogramme de la répartition du nombre d'UFC de GAM /g d'aliment

L'ajustement des données des quantités d'aliments consommés aux lois de probabilités permet d'obtenir le tableau 1. A l'analyse de celui-ci, les valeurs des paramètres Chi2 la plus faible est observée pour la distribution exponentielle avec la probabilité la plus importante (0,910). La valeur moyenne est de 851 503 UFC/g d'aliment.

Tableau 1. Paramètres d'ajustement aux distributions choisies des GAM

PARAMETRES	DISTRIBUTIONS		
	Normale	Exponentielle	Uniforme
Chi2	31,051	3,102	32,552
Probabilité	0,000	0,910	0,000

3.1.1.2 COLIFORMES TOTAUX

Les quantités de coliformes totaux dénombrés dans les échantillons sont mis en évidence à partir d'histogramme de la figure 3. En s'appuyant sur la valeur de référence de ce germe, pour six (18) échantillons, les taux obtenus sont non conformes (supérieurs à 10³ UFC/g). (Jours: 9, 20, 21, 25, 27 et 28)

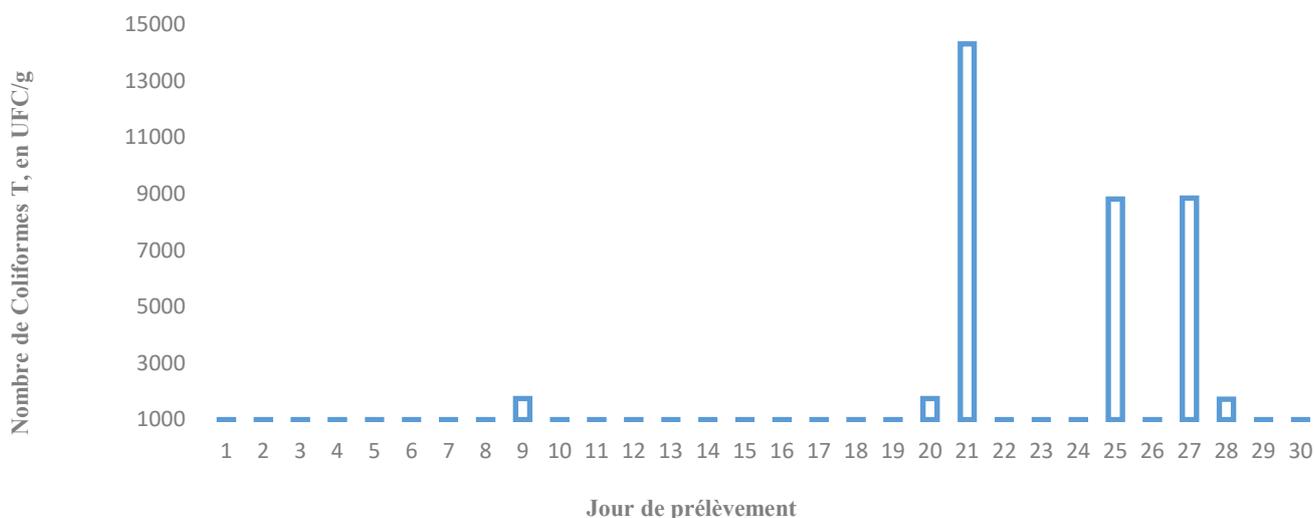


Fig. 3. Histogramme de la répartition du nombre d'UFC de Coliformes totaux /g d'aliment

L'exploitation des paramètres d'ajustement aux trois (3) lois de distributions utilisées pour l'étude montre que les valeurs des paramètres Chi2 la plus petite (1,463) et probabilité la plus grande (0,835) s'observent au niveau de la loi exponentielle dont la moyenne du taux de Coliformes totaux est de 1357 et exprimée en UFC/ g d'aliment.

Tableau 2. Paramètres d'ajustement aux distributions choisies de C.T

PARAMETRES	DISTRIBUTIONS		
	Normale	Exponentielle	Uniforme
Chi2	5,363	1,463	78,056
Probabilité	0,021	0,835	0,000

3.1.1.3 ESCHERICHIA COLI

Les résultats d'analyses effectuées révèlent que sur un total de quatre-vingt-dix (90) échantillons analysés, quarante-cinq (45) ont des taux en *Escherichia coli* supérieurs à 10 UFC/g d'échantillon de foutou banane. Ce sont les jours: 10, 11, 12,14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 25, 27, 28 et 29.

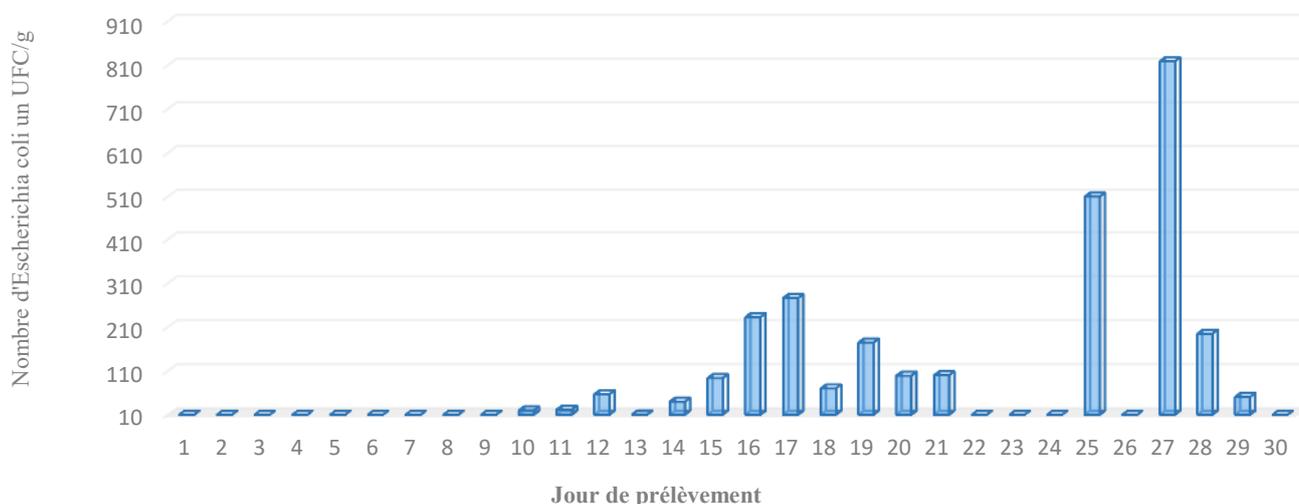


Fig. 4. Histogramme de la répartition du nombre d'UFC d'Escherichia coli /g d'aliment

Les données expérimentales des quantités d'aliments consommés ont été ajustées aux lois de distributions telles que consignées dans le tableau 3 dont l'analyse indique une valeur de probabilité plus élevée et un Chi2 le plus bas pour la distribution exponentielle de moyenne 93 UFC/g d'aliment.

Tableau 3. Paramètres d'ajustement aux distributions choisies d'E. coli

PARAMETRES	DISTRIBUTIONS		
	Normale	Exponentielle	Uniforme
Chi2	59,827	2,333	86,719
Probabilité	0,000	0,952	0,000

3.1.1.4 CLOSTRIDIUM PERFRINGENS

Les *Clostridium perfringens* ont été dénombrés dans les échantillons de foutou banane et les résultats présentés sous forme d'histogramme (Figure 5). En s'appuyant sur la valeur de référence de ce germe, pour soixante-douze (72) échantillons, les taux obtenus sont non conformes (supérieurs à 10⁴ UFC/g) exceptés les jours: 22, 23, 24, 25, 26 et 27

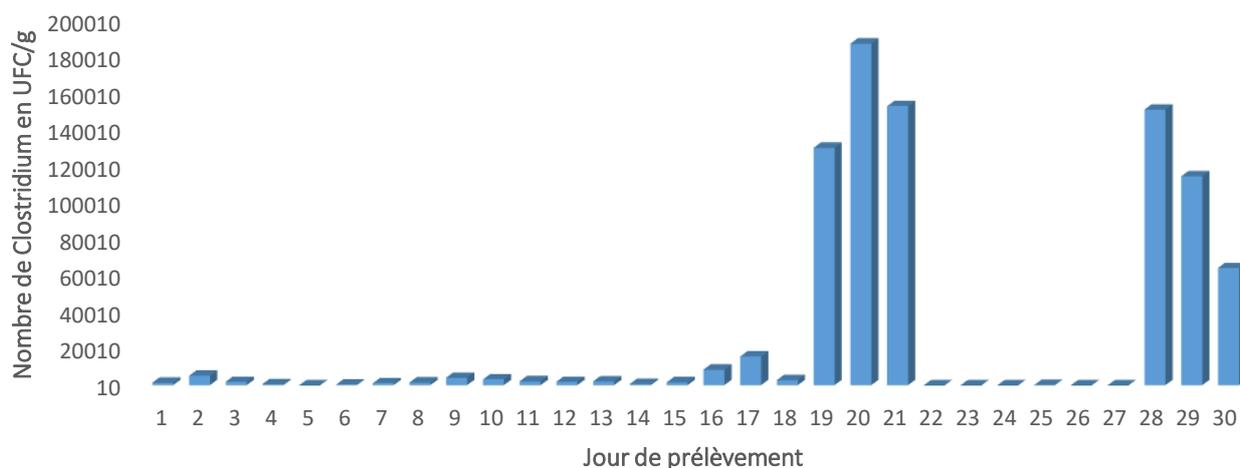


Fig. 5. Histogramme de la répartition du nombre d'UFC de Clostridium perfringens /g d'aliment

L'exploitation de l'ajustement aux trois (3) lois de distributions utilisées pour l'étude montre que les valeurs du paramètre Chi2 la plus petite (1,077) et probabilité la plus grande (0,965) s'observent au niveau de la loi exponentielle dont la moyenne du taux est de 28514 UFC / g d'aliment.

Tableau 4. Paramètres d'ajustement aux distributions choisies de Clostridium perfringens

PARAMETRES	DISTRIBUTIONS		
	Normale	Exponentielle	Uniforme
Chi2	21,295	1,077	61,687
Probabilité	0,000	0,965	0,000

3.1.2 QUANTITÉ (KG) D'ALIMENTS CONSOMMÉS

Les quantités d'aliments consommés dans les trois (3) grands lieux de restauration collective choisies se répartissent comme le montre la Figure 6. Les quantités enregistrées varient de 205,493 à 488,345 g par plat consommé.

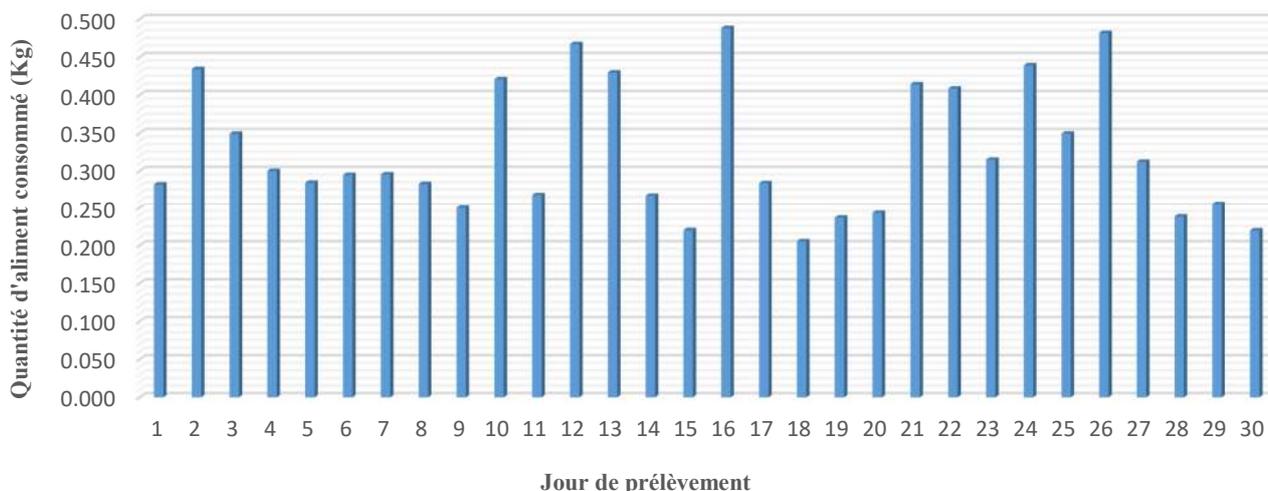


Fig. 6. Histogramme de la répartition des quantités d'aliments consommés

L'ajustement des données relatives aux quantités d'aliments consommés aux trois (3) lois de distribution indique que ceux-ci suivent une loi uniforme à travers l'analyse des paramètres de Chi2 et la probabilité.

Tableau 5. Paramètres d'ajustement aux distributions choisies de la quantité d'aliment

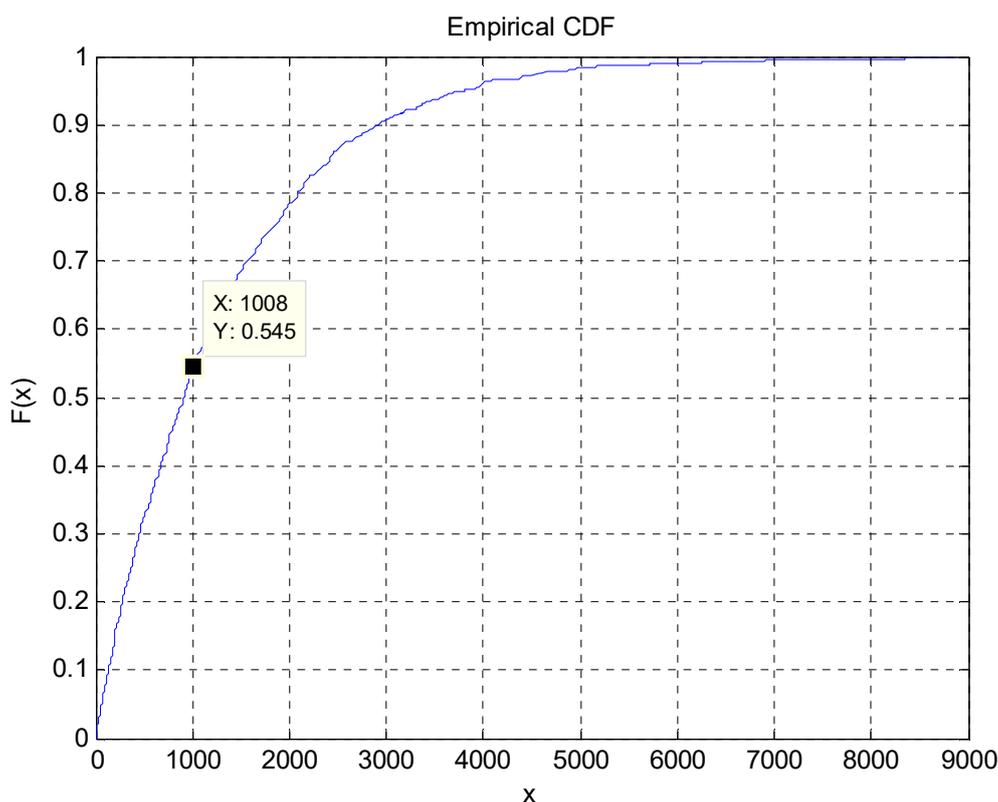
PARAMETRES	DISTRIBUTIONS		
	Normale	Exponentielle	Uniforme
Chi2	8,125	47,077	4,091
Probabilité	0,017	0,000	0,943

3.1.3 ESTIMATION À L'EXPOSITION

L'estimation à l'exposition donne la valeur numérique de celle-ci sous forme de probabilité de survenue et interprétable à partir des courbes de densités de probabilités (CDP ou CDF en anglais). Pour chaque contaminant, il été évalué et les conclusions sont faites en s'appuyant sur les valeurs de références pour le type d'aliment.

3.1.3.1 ESTIMATION DE L'EXPOSITION AUX COLIFORMES TOTAUX

L'analyse de la courbe CDP des taux en coliformes totaux des échantillons montre qu'à la valeur limite de référence 10^3 UFC/g, la probabilité de consommer un aliment non conforme est de 1-0,545 soit 0,455 ≈ 45,50% (Voir Figure 7) [22].

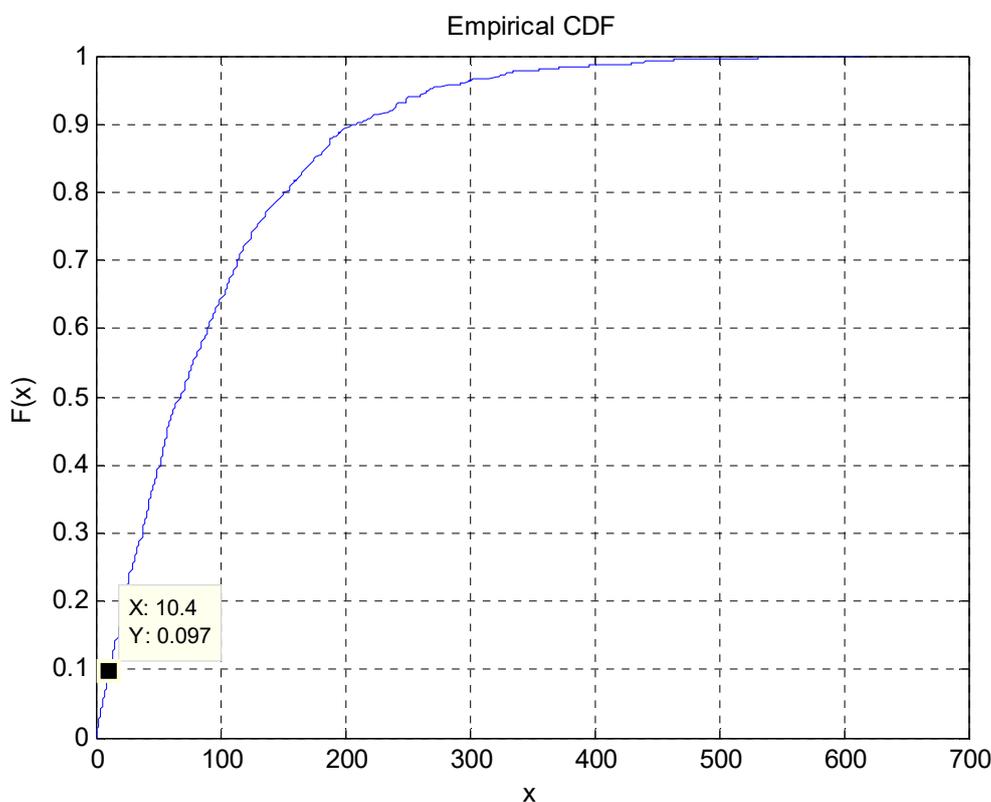


F(x): Probabilité; X: Unité Formant Colonie (UFC)

Fig. 7. Courbe cumulative de densité de probabilité des Coliformes totaux

3.1.3.2 ESTIMATION DE L'EXPOSITION À ESCHERICHIA COLI

La Figure 8 présente l'évolution des probabilités en fonction du taux d'*Escherichia coli* dénombré dans les échantillons. L'analyse de la CDF montre que dans 90,30% ($1-0,097=0,903$) des cas, le taux de microorganisme est supérieur à sa valeur limite (tolérable) qui est de 10 UFC/g d'aliment [22].



F (x): Probabilité; X: Unité Formant Colonie (UFC)

Fig. 8. Courbe cumulative de densité de probabilité des *Escherichia coli*

3.1.3.3 ESTIMATION DE L'EXPOSITION AUX CLOSTRIDIUM PERFRINGENS

L'estimation à l'exposition donne la valeur numérique de celle-ci sous forme de probabilité de survenue et interprétable à partir des courbes de densités de probabilités (CDP ou CDF en anglais). Il a été évalué et les conclusions sont faites en s'appuyant sur la valeur de référence pour le type d'aliment. La norme relative au foutou banane stipule que la quantité de *Clostridium perfringens* admissible est de 10^4 UFC/g [26]. En analysant la courbe cumulative de distribution de densité de probabilité comme indiqué à la Figure 9, la quasi-totalité ($1-0= 1$ soit 100%) des échantillons présente un risque de présence absolue et avérée de *Clostridium perfringens*.

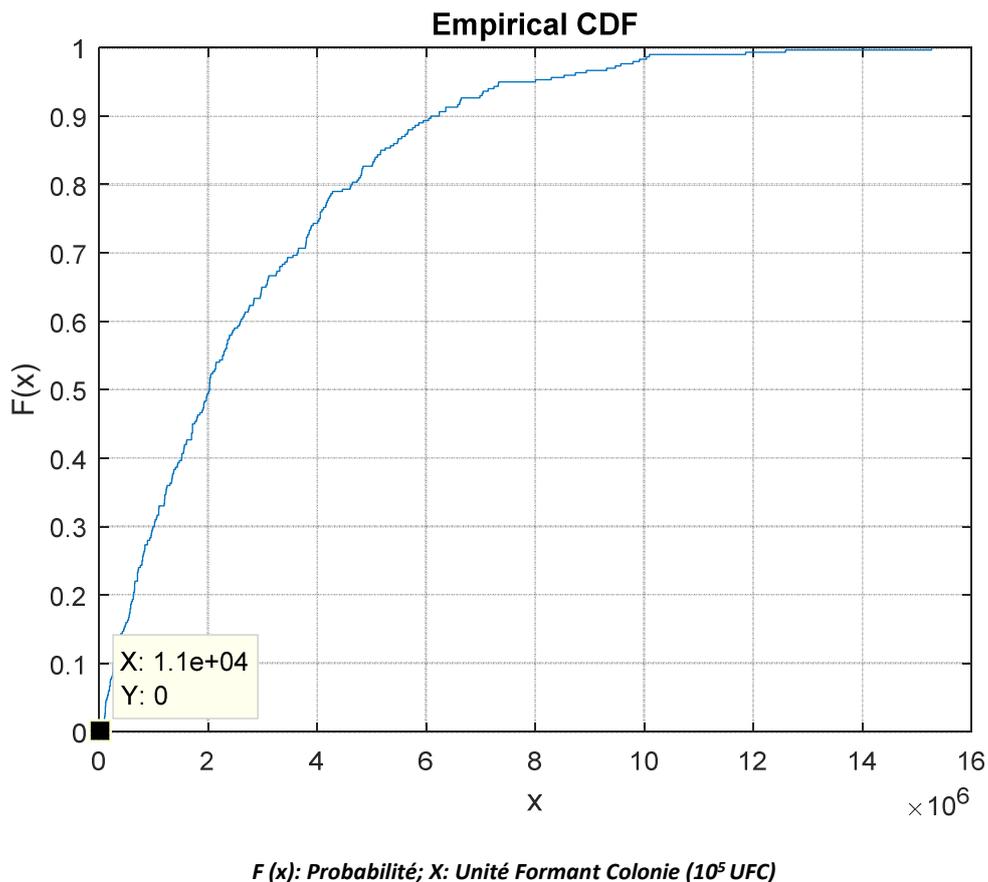


Fig. 9. Courbe cumulative de densité de probabilité des *Clostridium perfringens*

3.2 DISCUSSION

Cette étude s'est focalisée sur les germes totaux (GAM), les coliformes totaux, *E. coli* présumés et *Clostridium perfringens* [15]. La distribution des flores par classes de contamination permet de comparer les résultats obtenus aux critères de référence et partant, apprécier la salubrité des échantillons analysés [12]. Les résultats des analyses effectuées sur les 90 échantillons de foutou banane ont montré que, 39 échantillons ont été de qualité microbiologique non satisfaisantes ($N > 3.10^5$ UFC/g) soit un pourcentage due à la présence de GAM. De même, 45 échantillons ont été de qualité microbiologique non satisfaisant ($N > 10$ UFC/g) soit un pourcentage de 50% due à une présence d'*E. Coli*. Quant aux coliformes totaux, 20% des échantillons ont présenté une qualité microbiologique non satisfaisantes ($N > 10^3$ UFC/g) soit 18 échantillons. Enfin, 72 échantillons ont obtenu des quantités de *Clostridium perfringens* supérieures à la norme ($N > 10^4$ UFC/g) soit un taux de 80%. Les germes totaux représentent la flore totale présente dans un aliment. Mais en réalité il est impossible de réaliser en un seul test le dénombrement de la flore totale réelle (composition du milieu, température d'incubation, atmosphère etc...). En fait, le dénombrement des germes totaux concerne surtout les bactéries aérobies mésophiles hétérotrophes neutrophiles revivifiables après 24 h d'incubation à 37°C dans un milieu de culture bien défini. Ce dénombrement effectué dans l'analyse type d'un aliment constitue un indicateur de la qualité sanitaire et reflète l'histoire du produit naturel. Ce nombre de germes totaux pourra représenter l'état de fraîcheur ou l'état de décomposition du produit ([15], [16]). Cette étude a montré que sur 90 échantillons prélevés 43,33% ont dépassé le seuil de 3.10^5 UFC/g. Cela démontre que les conditions hygiéniques de préparation et de stockage sont le plus souvent négligées. En effet, le mode de préparation du foutou dans tous les lieux de restaurations reste encore manuel. Il se fait par contact physique avec la main. Ces germes peuvent provenir des instruments de préparation (mortier, pilon), de l'eau utilisé en vue de faciliter le malaxage et aussi de la manipulatrice [14]. Cela indique que des efforts restent toujours à faire en matière des bonnes pratiques d'hygiène. Car la présence de cette flore dans les aliments entrainerait à la longue des toxi-infections aux consommateurs [10]. Cependant, il est très important de savoir qu'un nombre peu élevé de germes peut ne pas correspondre à un produit sain (présence de germes pathogènes, présence de toxines actives). Ainsi, pour les autres échantillons respectant la norme il serait donc important de rechercher spécifiquement les germes potentiellement pathogènes [15]. La présence de coliformes en nombre supérieur au critère microbiologique pourrait

s'expliquer par le fait que les coliformes totaux, souvent d'origine fécale humaine ou animale, témoignent d'un non-respect des règles d'hygiène par contamination direct [2]. Cette première hypothèse pourrait ainsi expliquer la contamination observée sur les dix-huit échantillons. La charge ou la concentration des coliformes totaux était de 1857 UFC/g dans le foutou banane, ce qui est largement supérieur à la valeur réglementaire qui est de 10 UFC/g. C'est à l'issue de ces résultats que les dix-huit échantillons ont été de qualité microbiologique non satisfaisante [11]. La contamination des aliments par les *E. Coli* est actuellement considérée avec beaucoup d'attention en raison de certaines sources pathogènes présentes dans ce groupe [15]. La charge des *E. Coli* était de 93UFC/g dans le foutou banane, ce qui est supérieur à la valeur réglementaire qui est de 10UFC/g. Les *E. Coli* sont en général des bactéries intestinales des mammifères en forme de bâtonnet très commune chez l'être humaine [13]. *E. Coli* est une bactérie anaérobie facultative que l'on trouve dans l'intestin des vertèbres. En effet, elle compose environ 80% de notre flore intestinale aérobie. Cependant, certaines souches d'*E. Coli* peuvent être pathogènes, entraînant alors des gastro entérites, infections urinaires, méningites ou sepsis. Lors des analyses, la présence du clostridium dans le foutou banane a été détectée en nombre supérieur au critère microbiologique. Les *Clostridium perfringens* constituent un genre de germes largement distribués dans le sol, l'air et l'eau [2]. Ils peuvent alors germer et se multiplier, ce qui entraîne la formation d'un grand nombre de bactéries. Les *Clostridium perfringens* est responsable de nombreuses infections digestives). En effet, il est capable de produire et sécréter plusieurs toxines et enzymes hydrolytiques dont l'entérotoxine, responsable de toxications alimentaires. Les principaux symptômes sont: les douleurs abdominales, la diarrhée explosive, la fièvre, la nausée et les vomissements ([6], [17], [18]).

4 CONCLUSION & PERSPECTIVES

Au terme de cette étude qui a consisté à évaluer le niveau de risque de contamination par certains germes dans le foutou banane, soixante-dix (70%) de non-conformité est à relever au niveau des GAM. Quant au CT 45,50% des échantillons se sont avérés non conformes. En ce qui concerne les *E. Coli*, le niveau de risque était à 90% des échantillons et enfin pour le *Clostridium perfringens*, le niveau de risque était maximal soit 100% de présomption. Dans un tel contexte, le foutou banane mérite plus d'attention quant au respect des règles d'hygiène.

Aussi, il serait plus intéressant d'approfondir l'étude en:

- Augmentant la taille des échantillons afin de rendre cette étude plus générale.
- Poussant les analyses microbiologiques par la réalisation des tests PCR afin d'authentifier la présence de ces germes.

REFERENCES

- [1] AFNOR. Microbiologie alimentaire. Tome 1, Méthodes horizontales de référence Saint-Denis La Plaine Cedex. Paris: pp. 661-662, 2002.
- [2] D. C. Akmel, S. Aw, D. Montet, N. Assidjo, M. L. Degni, D. Akaki, C. Moretti, E. Elleingand, C. Brabet, G. Baud, F. Mens, B. Yao, T. Michel, N. Durand, H. Assin, L. Berthiot, T. Tapé, «Quantitative assessment of the microbiological risk associated with the consumption of attiéke in Côte d'Ivoire», *Food Control*, 81, pp. 65-73, 2017.
- [3] E. Assidjo, S. Aw, D. Akmel, D. Akaki, E. Elleingand and B. Yao, «L'analyse des risques: Outil innovant de la sécurité sanitaire des aliments», *Revue Africaine de Santé et de Production animales*, Vol 11, N°S, pp. 3-13, 2013.
- [4] ANSES, Fiche de description de danger microbien transmissible par les aliments; *Clostridium Perfringens* Famille des clostridiaceae, 2010.
- [5] ANSES, Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation de l'environnement et du travail. Mis à jour le 14/03/2013 site, 2013.
- [6] P.R. Baron, E.J.O Jorgensen, J.H. Allen SD. *Clostridium*. In: Murray Manual of clinical microbiology. 8 ed; p. 835-856. 2003.
- [7] C. Bonnefoy, F. Guillet, G. Leyral and E. Verne-Bourdais, Microbiologie et qualité dans les industries agroalimentaires, Collection Biosciences et Techniques, 238 P, 2018.
- [8] BRYAN, F.L., L'analyse des risques points critiques pour leur maîtrise. Comment apprécier les risques liés à la préparation et à la conservation des aliments ? Genève: OMS, 78 p, 1994.
- [9] Charles, R.H.G., La restauration collective. Copenhague: OMS; Publication Régionale, 72 p (Série européenne, 15), 1986.
- [10] D. E. Dibi, D. C. Akmel, K. Tano, N. E. Assidjo, D. Akaki, D. Montet, «Quantitative assessment of the risk linked to the consumption of braised beef meat »*Choukouya*« contaminated with pathogenic *Clostridium perfringens* in Côte D'Ivoire», *Food and Nutrition Sciences*, 8 (12), pp. 1137-1155, 2017.

- [11] L. Delhalle, C. Saegerman, F. Farnir, N. Korsak and G. Daube, «L'évaluation quantitative du risque microbiologique: revue de trois modèles liés à *Salmonella* dans les aliments» *Ann. Méd. Vét.*, Vol 152, pp. 116-129, 2008.
- [12] Dromigny, E., Les critères microbiologiques. Règlementation Agents microbiologiques—Autocontrôle. Technique et Documentation Lavoisier, Paris, 231 p, 2012.
- [13] Eslava, C., Villaseca, J., Hernandez, U., and Cravioto, A., *Escherichia coli*. In: Miliotis M. Bier J. (Ed), International handbook of foodborne pathogens. Marcel Dekker: New York: pp. 123-135, 2003.
- [14] Y. Ghafir and G. Daube, «Le point sur les méthodes de surveillance de la contamination microbienne des denrées alimentaires d'origine animale», *Ann. Méd. Vét.*, Vol 151, pp. 79-100, 2007.
- [15] Guiraud, J. P., Microbiologie alimentaire, Technique et ingénierie, Série Agro-alimentaire, Dunod, Paris, 625 p, 1998.
- [16] Ginn, R.E, Packard, V.S and Fox, T.L., Enumeration of total bacteria and coliforms in milk, 1986.
- [17] Griva, I., Nash, G., and Sofer, A., Linear and Nonlinear Optimization, Edition SIAM, p 581, 2009.
- [18] C.L. Hatheway, Toxigenic clostridia. *Clin Microbiol Rev*, pp. 3: 66-98. 1990.
- [19] M. Hutchison, L. Walters, G. Mead, M. Howell and V. Allen, «An assessment of sampling methods and microbiological hygiene indicators for process verification in poultry slaughterhouses», *Journal of Food Proteins*, Vol 69: 145-153, 2006.
- [20] Jaloustre, S., Appréciation quantitative des risques pour l'évaluation de mesures de maîtrise sanitaire dans une filière Agro-alimentaire. Application à *Clostridium Perfringens* en restauration hospitalière. Thèse de doctorat, Université de Lyon Instituts des Sciences et Industries du vivant et de l'environnement (Agro Paris Tech) 276p, Paris, 2011.
- [21] Michael, J., Sécurité dans la manipulation des aliments. Guide pour la formation des responsables d'établissement de restauration. Genève: OMS, 141p, 1990.
- [22] Organisation Internationale de Normalisation ISO 4833: microbiologie des aliments: méthode horizontale pour le dénombrement des micro-organismes: technique de comptage des colonies à 30°C. Organisation internationale de normalisation, Genève, 18p, 2003.
- [23] OMS, Rapport sur la santé mondiale. Un avenir plus sûr: la sécurité sanitaire mondiale XXI siècle. 91p, 2007.
- [24] OMS, Rapport sur la santé dans le monde. Pour un système de santé plus performant. ISBN 92 4 256198 3, 2000.
- [25] OMS (W.H.O), WORLD HEALTH ORGANISATION, Guidelines for Drinking Water Quality, 564p, 2006.
- [26] K. Vijay, A. Juneja, L. Huang, A. Harshvardhan, and H. Thippareddi, «Predictive Model for Growth of *Clostridium perfringens* in Cooked Cured Pork». *International Journal Food Microbiology*, 110, pp. 85-92. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2006.01.038>, 2006.
- [27] Vose, D., In quantitative risk analysis: A guide to Monte Carlo simulation modelling, Wiley, New York., 1996.