

2024-05

Etude de la viabilité de Bifidobacterium lactis JYBR-190 et Lactobacillus casei JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du Dioscorea bulbifera et Coleus dysentericus

Ishimwe, Colombe

UB, EANSI

<https://repository.ub.edu.bi/handle/123456789/996>

Téléchargé depuis le dépôt institutionnel officiel de l'Université du Burundi

UNIVERSITE DU BURUNDI

EAST AFRICAN NUTRITIONAL SCIENCES INSTITUTE(EANSI)

DEPARTEMENT : SCIENCES DES ALIMENTS ET NUTRITION



Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

Par :

ISHIMWE Colombe

Sous la direction de :

Dr Ir Jean Félix KARIKURUBU

Mémoire présenté et défendu en vue de l'obtention du diplôme de Master en Sciences des Aliments et Nutrition

Spécialité : Technologie et Qualité des Aliments

Bujumbura, mai 2024

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

IDENTIFICATION DES MEMBRES DU JURY

NTEZIRYAYO Vincent, MSc : Président

Dr Ir NDIKUMANA Déo : Secrétaire

Dr Ir KARIKURUBU Jean Félix : Membre

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

DEDICACES

A Dieu Tout Puissant ;

A notre regretté père ;

A notre mère ;

A notre mari ;

A nos enfants ;

A notre belle-famille ;

A nos frères et sœurs ;

A tous ceux qui nous sont chers ;

Nous dédions ce mémoire

REMERCIEMENTS

Le travail que nous présentons est le fruit de plusieurs collaborations. Nos premiers et sincères remerciements vont à l'endroit du Tout Puissant qui nous a prêté vie et santé durant toutes ces années d'études.

Nous exprimons nos sincères gratitude à Monsieur Dr. Ir. KARIKURUBU Jean Félix, Directeur et Promoteur de ce mémoire, pour avoir inspiré et dirigé ce travail malgré ses multiples occupations et responsabilités. Votre accueil et encadrement, Votre simplicité, vos riches conseils, vos encouragements et surtout votre disponibilité, votre expérience et votre compétence nous ont été d'un grand intérêt. Pour tout ce que vous nous avez fait, soyez rassurés de notre sincère gratitude et notre profonde reconnaissance.

Nous tenons à remercier vivement nos parents qui se sont battus dès notre naissance, durant toutes les années d'études depuis l'école primaire jusqu'aujourd'hui. Malgré l'absence de notre père, nous reconnaissons vivement leurs bienfaits, que le Seigneur garde notre mère et tous nos frères et sœurs. Nos sincères remerciements s'adressent à notre mari, qui a compris et accepté une telle vie sans tenir compte des engagements et devoirs sociaux. Aussi à toute notre famille et belle-famille du fait de leurs contributions tant morales que matérielles qu'elles nous ont offertes.

Aux laboratoires ayant contribué à la réalisation des analyses ; celui de la FABI pour les analyses microbiologiques, le LASPA de l'ISABU et celui de chimie à la faculté des Sciences ; qui nous ont accueillis et donnés tout le nécessaire à la réalisation de notre étude, nous vous demandons d'accepter le témoignage de notre reconnaissance pour tous les bons moments, d'entente et d'entraide, que nous avons passés ensemble.

Nous adressons encore nos sentiments de remerciements à l'endroit du personnel de l'Unité de Gestion du Projet PA-EANSI avec qui, à travers la Banque Africaine de Développement, nous avons parvenu d'arriver jusqu'à cette étape.

Nous trouvons une occasion agréable pour remercier tous les enseignants et étudiants avec qui nous avons passé ce parcours ensemble trouvent dans ce travail le fruit de leurs efforts.

Que toute personne qui, de près ou de loin, a contribué à la réalisation de ce travail, soit rassuré que ce travail est considéré comme le couronnement de leurs efforts, un agréable souvenir et la marque de leur profond sens de l'humain.

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

RESUME

La fermentation des aliments est l'une des techniques de transformation et de conservation des aliments par la production des acides et autres métabolites utiles. L'utilisation des produits probiotiques est moins connue surtout au Burundi. La plupart des microorganismes largement utilisés dans les industries agroalimentaires (industries laitières et brassicoles) sont le *Streptococcus thermophilus*, le *Lactobacillus bulgaricus* et le *Saccharomyces cerevisiae*. Le végétarisme, le végétalisme ainsi que l'intolérance au lactose sont des problèmes majeurs limitant les gens à la consommation du lait. Certaines plantes autochtones de la flore naturelle du Burundi sont négligées et tendent à disparaître. L'objectif de ce travail est d'étudier la viabilité des bactéries probiotiques dans les extraits des plantes autochtones du Burundi.

Dans cette étude, une fermentation des extraits des substrats autochtones dont le *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus* a été réalisée par le *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374. L'inoculation a été faite en anaérobiose et nous avons incubé à 37°C pendant 72h et le dénombrement a été fait au compteur de colonies automatique SCAN300 grâce à son Logiciel. Les analyses physicochimiques concernant les éléments minéraux ont été réalisées par Spectrophotomètre d'absorption atomique à flamme (SAA) et ont donné des résultats en Ca, Mg, Na, K et Fe respectivement de 1240±401mg/Kg, 3332±642 mg/Kg, 58,5 ±2 mg/Kg, 18301 ± 5000mg/Kg et 510 ±186mg/Kg pour le *Dioscorea bulbifera* et de 437±200 mg/Kg, 2048 ±642mg/Kg, 109 ±2mg/Kg, 7182 ± 500 mg/Kg et 137 ± 186mg/Kg pour le *Coleus dysentericus*. L'indice de réfraction ainsi que le pH des extraits de ces plantes ont été mesurés. Les extraits crus et cuits de ces tubercules ont subis une fermentation par le *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 et le contrôle d'acidité a été fait en fonction du temps de conservation.

Ces résultats justifient la viabilité de ces bactéries dans ces extraits et par conséquent, plus le substrat est riche en éléments nutritifs (minéraux, fibres, sucre,...) et en d'autres paramètres comme le pH, la température, le milieu de culture et l'oxygène, plus le degré de la croissance de ces bactéries est meilleur. Les extraits des substrats crus présentent aussi des résultats satisfaisants par rapport à ceux qui sont cuits. Les produits de la fermentation de ces extraits sont exprimés par la mesure de l'acidité entre 7 à 14 jours variant entre 50-110°Th.

Mots clés : *Bifidobacterium lactis*, *Lactobacillus casei*, *extrait du Dioscorea bulbifera*, *extrait du Coleus dysentericus*

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

ABSTRACT

Food fermentation is one of the techniques for processing and preserving food by producing acids and other useful metabolites. The use of probiotic products is less known especially in Burundi. Most of the microorganisms widely used in the food industries (dairy and brewing industries) are *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus* and *Saccharomyces cerevisiae*. Vegetarianism, veganism and lactose intolerance are major problems limiting people to milk consumption. Some indigenous plants of the natural flora of Burundi are neglected and tend to disappear. The objective of this work is to study the viability of probiotic bacteria in extracts of indigenous plants of Burundi. In this study, fermentation of extracts of indigenous substrates including *Dioscorea bulbifera* and *Coleus dysentericus* was carried out by *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 and *Lactobacillus casei* JYLC-374. The inoculation was done anaerobically and we incubated at 37°C for 72 hours and the count was done with the automatic colony counter SCAN300 using its software. The physicochemical analyses concerning the mineral elements were carried out by flame atomic absorption spectrophotometer (SAA) and gave results in Ca, Mg, Na, K and Fe respectively of 1240±401mg/Kg, 3332±642 mg/Kg, 58.5 ±2 mg/Kg, 18301 ± 5000mg/Kg and 510 ±186mg/Kg for *Dioscorea bulbifera* and 437±200 mg/Kg, 2048 ±642mg/Kg, 109 ±2mg/Kg, 7182 ± 500 mg/Kg and 137 ± 186mg/Kg for *Coleus dysentericus*. The refractive index as well as the pH of the extracts of these plants were measured. The raw and cooked extracts of these tubers underwent fermentation by *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 and *Lactobacillus casei* JYLC-374 and the acidity control was done according to the storage time.

These results justify the viability of these bacteria in these extracts and consequently, the richer the substrate is in nutrients (minerals, fibers, sugar, ...) and in other parameters such as pH, temperature, culture medium and oxygen, the better the degree of growth of these bacteria. The extracts of raw substrates also present satisfactory results compared to those that are cooked. The fermentation products of these extracts are expressed by the measurement of acidity between 7 to 14 days varying between 50-110 ° Th.

Keys words: *Bifidobacterium lactis*, *Lactobacillus casei*, *Dioscorea bulbifera* extract, *Coleus dysentericus* extract

TABLE DES MATIÈRES

IDENTIFICATION DES MEMBRES DU JURY	i
DEDICACES	ii
REMERCIEMENTS	iii
RESUME.....	iv
ABSTRACT	v
TABLE DES MATIÈRES	vi
LISTE DES TABLEAUX.....	viii
LISTE DES FIGURES.....	ix
LISTE DES ABREVIATIONS, SIGLES ET SYMBOLES	x
AVANT PROPOS.....	xiii
INTRODUCTION GENERALE.....	1
Ière partie : REVUE DE LA LITTERATURE	5
CHAPITRE I. GENERALITES SUR LES PROBIOTIQUES	5
I.0. Introduction.....	5
I.1. Historique et Définitions.....	5
I.2. Classification des probiotiques	6
I.3. Propriétés et Critères de sélection des souches probiotiques.....	7
I.4. Les probiotiques et la santé de l’homme	9
CHAPITRE II. GENERALITES SUR LA CROISSANCE ET LA VIABILITE DES PROBIOTIQUES	13
II.1. Besoins nutritionnels pour la croissance des probiotiques	13
II.1.1. Besoins en glucides	14
II.1.2. Besoins en protéines	15
II.1.3. Besoins en fibres alimentaires	15
II.1.4. Besoins en éléments minéraux	15
II.2. Autres facteurs influençant la croissance des probiotiques.....	16
CHAPITRE III. GENERALITES SUR L’UTILISATION DES PROBIOTIQUES	17
III.1. Utilisation industrielle des bactéries probiotiques dans les substrats végétaux	17
III.2. Utilisation et bienfaits du <i>Lactobacillus casei</i> et du <i>Bifidobacterium lactis</i>	18
CHAPITRE IV. GENERALITES SUR LES PLANTES AUTOCHTONES UTILISEES EN TANT QUE SUBSTRATS DE CULTURE.....	19
IV.1. Introduction.....	19
IV.2. <i>Dioscorea bulbifera</i>	20

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

IV.3. <i>Coleus dysentericus</i>	22
IIème Partie : PARTIE EXPERIMENTALE	23
CHAPITRE V : MATERIEL ET METHODES	23
V.1. Collecte et préparation des substrats	23
V.2. Matériel utilisé.....	23
V.2.1. Matériel utilisé pour les analyses physicochimiques	23
V.2.2. Matériel utilisé pour les analyses microbiologiques	24
V.3. Méthodes d’analyses	25
V.3.1. Analyse physicochimique	25
V.3.1.2. Détermination des éléments minéraux	26
V.3.2. Analyse microbiologique	30
CHAPITRE VI. PRESENTATION ET DISCUSSION DES RESULTATS.....	36
VI.1. Présentation et Discussion des résultats physicochimiques.....	36
VI.1.1. La teneur en éléments minéraux	36
VI.1.2. Le pH et l’indice de réfraction	37
VI.2. Présentation et discussion des résultats microbiologiques.....	37
VI.2.1. Impact de la concentration et la nature des substrats sur la croissance des bactéries probiotiques	37
VI.2.2. Evaluation de la viabilité <i>Lactobacillus casei</i> JYLC-374 et <i>Bifidobacterium lactis</i> JYBR-190 entre le <i>Dioscorea bulbifera</i> et <i>Coleus dysentericus</i>	45
VI.2.3. Impact des nutriments sur la croissance des bactéries probiotiques	48
VI.2.4. Impact de la concentration des nutriments sur l’accumulation de l’acidité pendant la conservation.....	50
VI.2.5. Effet cryoprotecteur des extraits du CD et du DB sur la stabilisation du développement des microorganismes pendant la conservation au froid.....	51
CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	54
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	56
ANNEXES	68

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Exemple des microorganismes probiotiques.....	7
Tableau 2: Principaux critères de sélection des probiotiques	8
Tableau 3: Composition du DB en macronutriments.....	21
Tableau 4: Composition de DB en micronutriments.....	21
Tableau 5: Matériel utilisé au laboratoire physicochimique	24
Tableau 6: Teneurs en sels minéraux	36
Tableau 7: pH et indice de réfraction des substrats crus et cuits.....	37
Tableau 8: Détermination de significativité entre les nutriments et le type de substrat.....	49

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Récapitulatifs des bienfaits des bactéries probiotiques 12

Figure 2: *Dioscorea bulbifera* frais 26

Figure 3: Echantillons frais de *Coleus dysentericus* 26

Figure 4 : Détermination de l'indice de réfraction 28

Figure 5: Détermination du pH 29

Figure 6: Incubation à 37°C 32

Figure 7: Comptage des colonies 33

Figure 8: Impact de la concentration des extraits de DB sur la croissance de *L.casei*..... 38

Figure 9: Impact de la concentration des extraits de DB sur la croissance de *B.lactis* 39

Figure 10: Impact de la concentration des extraits de DB sur la croissance de *B.lactis* combiné avec *L.casei* 40

Figure 11: Impact de la concentration des extraits de CD sur la croissance de *L.casei*..... 42

Figure 12: Impact de la concentration des extraits de CD sur la croissance de *B.lactis* 43

Figure 13: Impact de la concentration des extraits de CD sur la croissance de *B.lactis* combiné avec *L.casei* 44

Figure 14: Evaluation de la viabilité des probiotiques dans l'extrait de DB..... 46

Figure 15: Evaluation de la viabilité des probiotiques dans l'extrait de CD..... 47

Figure 16: Effet des nutriments du DB sur l'accumulation de l'acidité pendant la conservation 50

Figure 17: Effet des nutriments du CD sur l'accumulation de l'acidité pendant la conservation 50

Figure 18: Effet des extraits des substrats conservés à 6°C pendant trois jours sur le développement des microorganismes..... 51

Figure 19: Effet des extraits des substrats conservés à 6°C pendant dix jours sur le développement des microorganismes..... 51

Figure 20: Effet de la variation de l'acidité des extraits du CD ou DB à 6°C pendant 15 jours 52

Figure 21 : Effet de la variation de l'acidité des extraits du CD ou DB à 6°C pendant 25 jours 52

Figure 22: Effet de la variation de l'acidité des extraits du CD ou DB à 6°C pendant 30 jours 52

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

LISTE DES ABREVIATIONS, SIGLES ET SYMBOLES

% : Pourcent

°C : Degré Celsius

°D : Degré dornic

°Th : Degré Thörner

ADN : Acide Désoxyribonucléique

AOAC: Association of official analytical chemical

Atm.: Atmosphère

B.: *Bifidobacterium*

BIL: *Bifidobacterium lactis*

C: Cuit

Ca: Calcium

CD: *Coleus dysentericus*

DB: *Dioscorea bulbifera*

Dr. : Docteur

EANSI : East African Nutritional Sciences Institute

Et al. : Et ses collaborateurs

FABI : Faculté d'Agronomie et de Bio Ingénierie

FAO : Food Agriculture Organisation

Fe : Fer

g : Gramme

H₂O₂ : Peroxyde d'oxygène

HCl : Acide chloridrique

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

HDL : High density Lipoprotein

HNO₃ : Acide nitrique

ICD : infection à *Clostridium difficile*

Ir. : Ingénieur

ISABU : Institut des Sciences Agronomique du Burundi

K: Potassium

kDa: Kilodalton

Kg: Kilogramme

L. : *Lactobacillus*

LAC : *Lactobacillus casei*

LaCl₃ : Chlorure de Lanthane

LASPA : Laboratoires d'Analyses des Sols et Produits Agroalimentaires

LDL: Low Density Lipoprotein

mg : Milligramme

Mg: Magnesium

MICI : Maladies inflammatoires chroniques de l'intestin

ml : Millilitre

MnSO₄ ·H₂O : Sulfate de Manganèse monohydraté

MRS: Man Rogosa and Sharpe

MS: Matière sèche

N : normale

Na : Sodium

NaOH : Hydroxyde de Sodium

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

NC : Non cuit

NO : Monoxyde d'azote

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

pH : Potentiel d'hydrogène

ppm : Partie par millions

SAA : Spectrophotomètre d'Absorption Atomique

UFC : Unité formant colonie

UV : Ultra-Violet

β : Beta

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

AVANT PROPOS

Le présent mémoire entre dans le cadre de l'obtention d'un diplôme de master en Sciences des Aliments et Nutrition, option de Technologie et Qualité des Aliments. L'idée de cette étude est venue du fait que les cultures alimentaires autochtones négligées ou sous-utilisées localement comme les tubercules de *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus* tendent à disparaître en Afrique et particulièrement au Burundi et semblent être non valorisés ou y avoir peu ou pas d'informations sur leur composition nutritionnelle ainsi que leurs bienfaits nutritionnels que médicinales. Une autre idée est que la fermentation des aliments végétaux ainsi que la transformation des aliments en produits probiotiques et leur utilisation sont moins connus sur notre territoire.

La présente étude vise à déterminer les éléments nutritifs de ces plantes notamment les éléments minéraux ainsi que leur place dans la croissance et la viabilité des bactéries probiotiques comme le *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et le *Lactobacillus casei* JYLC-374. Ces deux plantes végétales sont utilisées en tant que substrats prébiotiques favorisant la culture de ces bactéries probiotiques.

C'est pourquoi le sujet est intitulé : **Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : cas de *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*.**

Des difficultés n'ont pas manqué au cours de cette étude surtout ceux liés au temps et aux moyens financiers qui étaient insuffisants pour les analyses physicochimiques approfondies surtout les analyses qualitatives des fibres alimentaires lesquelles ne sont pas réalisables au laboratoire de l'ISABU ainsi que dans d'autres institutions du Burundi, le manque de laboratoire de microbiologie spécialisé et le matériel pour la culture en bonnes conditions. Une autre difficulté la plus connue perturbant dans tous les domaines est la coupure du courant électrique qui nous a dérangée et perturbée durant notre étude et par conséquent l'élasticité du temps réservé aux analyses.

INTRODUCTION GENERALE

Le corps humain est couvert de nombreux microorganismes (microbes), qui sont des organismes très petits vivant surtout sur la peau, dans les fluides corporels et biologiques et beaucoup plus dans le tractus digestif. L'ensemble des microorganismes (bactéries, virus et champignons) peuplant l'organisme multicellulaire (corps humain) donné constituent le microbiote (Coudeyras, 2010). Le microbiote intestinal humain est exceptionnellement diversifié. Il est composé de milliards de microorganismes (approximativement de 10^{14} bactéries) qui ont une importance dans la régulation de la santé intestinale, dans l'immunité et dans l'absorption d'un grand nombre de nutriments. Il est variable qualitativement et quantitativement le long du tube digestif avec des densités bactériennes de 10^3 dans le duodénum, 10^5 dans le jéjunum, 10^8 dans l'iléon et 10^{12} dans le colon (Coudeyras, 2010; Medicus et al., 2014).

Parmi ces différentes espèces, sont différenciées celles qui sont nocives pour la santé humaine de celles qui sont bénéfiques sur la santé du corps humain. Il existe une relation symbiotique entre la santé humaine et les microorganismes où l'homme fournit de nourriture et un endroit où vivent les microbes et ces derniers contribuent à sa santé générale. Ils produisent certaines vitamines et acides à chaînes courtes, empêchent la croissance des bactéries nocives, améliorant ainsi le système immunitaire (Anne-marie & Muriel, 2019). Parmi les micro-organismes probiotiques, on distingue principalement les espèces de *Lactobacillus* et celles de *Bifidobacterium*, mais aussi les levures, *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Enterococcus*, *Propionibacterium* et *Saccharomyces* sont également importantes et largement existantes (Aguilar-galvez et al., 2012; Ibrahim et al., 2006).

Ces bactéries probiotiques sont utilisées dans la préparation de différents aliments fonctionnels, notamment les produits laitiers (lait, laits acidifiés, yaourts, fromages, crèmes et glaces) ainsi que les produits non laitiers (viandes), pain et collations à base de fibres céréalières, ainsi que jus et autres produits à base de fruits (Chugh & Kamal-Eldin, 2020). La fermentation des aliments par les bactéries probiotiques (respectivement par les lactobacilles et les bifidobactéries) produit les acides organiques contribuant à l'inhibition de la croissance des microorganismes pathogènes, l'acide lactique et l'acide acétique (Servin, 2004)

Ainsi, les produits probiotiques existent depuis longtemps à travers le monde et ont été généralement initiés pour compléter certaines déficiences liées à la flore du tube digestif.

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

Plusieurs arrangements technologiques ont été apportés pour augmenter l'efficacité fonctionnelle de ces produits à savoir, l'utilisation des extraits des végétaux tels que l'inuline (Jouzier & Berké, 2012).

Toutefois le rôle curatif de ces produits tant probiotiques que prébiotiques a été prouvé par plusieurs chercheurs.

L'effet des produits probiotiques sur la diarrhée modérée et sévère induite par le traitement lors des rayonnements prouvent des résultats satisfaisants (Ebel, 2014).

Ces produits améliorent l'innocuité et l'efficacité de la thérapie contre le cancer, même si des recherches cliniques supplémentaires sont toujours nécessaires (Im & Pothoulakis, 2010).

Plusieurs études faites ont montré de façon répétée l'efficacité des probiotiques à soulager les symptômes liés au syndrome du côlon irritable, réduire les ballonnements et les flatulances (production de gaz gastro-intestinaux provenant des ballonnements), accélérer le transit intestinal ce qui fait que les probiotiques soient reconnus comme agents préventifs de la diarrhée infectieuse autant chez les enfants que chez les adultes (Huot, 2009; Cregg et al., 2014).

Certaines souches jouent le rôle dans la prévention de la diarrhée associée à *Clostridium difficile*, une complication de la prise d'antimicrobiens qui survient chez de 5% à 25% des patients. Les probiotiques, notamment les espèces de genre *Bifidobacterium*, peuvent réduire la conversion des procarcinogènes en carcinogènes (nitrosamines, par exemple). (Huot, 2009)

L'application des produits probiotiques peuvent également prévenir et contrôler l'infection à *Helicobacter pylori* prévenant ainsi l'inflammation gastrique et duodénale. (Guéniche & al., 2009). L'introduction des probiotiques et des prébiotiques a pour but d'obtenir une flore intestinale équilibrée et convenable.

Ce travail fait objet d'adaptabilité de certains microorganismes probiotiques dans les substrats prébiotiques tels que les espèces des plantes autochtones de *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus* qui sont des substrats riches en fibres alimentaires et en sels minéraux et qui sont rarement consommés. Il consiste à mettre à la disposition des produits alimentaires améliorés et contenant des microorganismes d'intérêt pour la santé en général et particulièrement pour l'équilibre du tube de la flore du tractus digestif, ce qui maintient la santé du ventre et de tout l'organisme.

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

Au Burundi, le rôle des aliments fermentés est moins connu ; et notre pays est l'un des pays qui utilisent rarement les produits probiotiques dans l'alimentation courante. Certains aliments dont le *Dioscorea bulbifera* (amatugu) et le *Coleus dysentericus* (inumpu) sont négligés ou même oubliés et par conséquent tendent à disparaître de notre territoire.

Les bactéries probiotiques les plus connues dans l'industrie sont souvent le *Lactobacillus bulgaricus* et le *Streptococcus thermophilus* utilisés dans la fermentation du lait et produits laitiers ainsi que la levure *Saccharomyces cerevisiae* utilisée à d'autres fins technologiques dans les brasseries et pâtisseries.

Les produits probiotiques à base du lait (Yaourt, fromage et autres produits laitiers) sont plus chers et non accessibles pour toute la population burundaise. Certaines personnes présentent l'intolérance au lactose et d'autres sont incapables d'un régime alimentaire animal. De ce fait, ces substrats d'origine végétal pouvant être cultivés dans différentes régions contiennent aussi des substances prébiotiques capables de faciliter la croissance de ces microorganismes.

Les patients ayant des pathologies métaboliques liées au tube digestif font recours aux médicaments chimiques ; ce qui donne quelque fois des résultats moins satisfaisants. Ces maladies gastro-intestinales peuvent être à l'origine de statut nutritionnel inadéquat des sujets atteints.

Pour remédier à ces difficultés, l'exploitation de plantes autochtones oubliées et l'étude de l'adaptation des microorganismes probiotiques dans ces produits constituent une nécessité.

Les hypothèses sont :

- Les espèces de *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus* cultivées dans les zones agroécologiques du Burundi présentent des teneurs significatives en éléments minéraux favorisant la croissance des bactéries probiotiques,
- Le *Bifidobacterium lactis* et le *Lactobacillus casei* peuvent se développer dans les produits à base de *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*.

Les objectifs de ce travail sont :

L'objectif général de la recherche est d'étudier la viabilité du *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et du *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans le produit à base des extraits de *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus* cultivés au Burundi.

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

Les objectifs spécifiques sont :

- Introduire, dans les extraits liquides transformé à partir du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*, le *Bifidobacterium lactis* et le *Lactobacillus casei* responsables de la digestion des fibres alimentaires,
- Déterminer l'influence de la teneur en éléments minéraux, pH et taux du sucre de ces substrats sur la croissance du *Bifidobacterium lactis* et du *Lactobacillus casei*.

Cette étude est subdivisée en deux parties dont la revue bibliographique où les généralités sur les probiotiques et leurs bienfaits, les besoins pour leur croissance, leurs différentes utilisations ainsi que les généralités sur les substrats végétaux d'études ont été abordées. Une autre partie concerne la phase expérimentale qui parle de matériels et méthodes utilisés, une présentation et une discussion des résultats de l'expérimentation.

Ière partie : REVUE DE LA LITTERATURE

CHAPITRE I. GENERALITES SUR LES PROBIOTIQUES

I.0. Introduction

Les bactéries lactiques sont largement utilisées dans les aliments fermentés par l'industrie car ils améliorent les caractéristiques nutritionnelles, technologiques et sensorielles et jouent un rôle protecteur contre la détérioration et les microorganismes pathogènes en abaissant le pH, rivalisant les nutriments et produisant des composés antimicrobiens sous forme d'acides organiques, H₂O₂, diacétyle et bactériocines dans certains cas (Lacerda & al., 2013). Les aliments contenant des probiotiques chutent dans la catégorie des aliments fonctionnels ayant des effets positifs sur la santé à cause des effets bénéfiques offerts par ces bactéries lorsqu'ils atteignent l'intestin (Govender & al., 2014)

I.1. Historique et Définitions

Les probiotiques sont des microorganismes vivants qui, lorsqu'ils sont administrés en quantités adéquates, exercent une action bénéfique sur la santé de l'hôte (FAO, 2018)

D'ici plus d'un siècle, un scientifique russe, Elie Metchnikoff (lauréat du Prix Nobel et professeur à l'Institut Pasteur à Paris) a postulé les bénéfices pour la santé offerts par les bactéries produisant de l'acide lactique (LAB) conduisant à une plus grande longévité. Ce scientifique développa un régime alimentaire à base de lait fermenté par une bactérie qu'il appela "Bacille bulgare." Les troubles du tractus intestinal étaient fréquemment traités par des bactéries viables non pathogènes pour modifier ou remplacer la flore microbienne intestinale (Butel, 2014).

En 1917, le scientifique allemand Alfred Nissle, avant la découverte de la pénicilline par Sir Alexander Fleming, isola une souche non pathogène d'*Escherichia coli* à partir des selles d'un soldat de la première Guerre mondiale n'ayant pas développé l'entérococolite lors d'une épidémie sévère de shigellose (Guarner et al., 2017).

Selon le même auteur, un autre scientifique de l'Institut Pasteur, Henry Tissier isola un *Bifidobacterium* à partir d'un enfant nourri au sein avec l'intention de l'administrer aux enfants souffrant de diarrhée. Il déclara que la bifidobactérie corrigerait la diarrhée causée par la bactérie protéolytique. La souche *Lactobacillus casei* Shirota a été isolée au Japon par le Dr Minoru Shirota afin de l'utiliser pour combattre les épidémies de diarrhée et depuis 1935, un produit probiotique utilisant cette souche a été commercialisé.

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

En 2017, une recherche d'études cliniques sur les humains sur Pub Med révèle que plus de 1500 études sur les probiotiques ont été publiées ainsi que près de 350 sur les prébiotiques. Jusqu'à maintenant, les recherches sur les probiotiques sont d'actualité.

I.2. Classification des probiotiques

On peut classer les probiotiques en quatre catégories :

- ❖ Les espèces du genre *Lactobacillus* : Les lactobacilles sont des bactéries Gram-positif appartenant à la famille de *Lactobacillaceae*. Ils sont strictement fermentaires, anaérobies, acidophiles et possèdent des exigences nutritionnelles complexes en glucides, acides aminés, peptides, esters d'acides gras, sels, dérivés d'acides nucléiques et vitamines (Hammes & Vogel, 1995). Les *Lactobacillus* se présentent sous forme de bacilles ou de coques et sont anaérobies facultatives, immobiles, non flagellés et non sporogènes. Ces bactéries forment une grande partie des bactéries lactiques qui sont capables de produire de l'acide lactique par la fermentation de certains sucres comme le lactose. Les espèces de *Lactobacillus* colonisent l'être humain et sont généralement présentes dans le tractus gastro-intestinal, les muqueuses vaginales et la cavité buccale (Land et al., 2015).

Parmi les probiotiques, les *Lactobacilles* sont plus utilisés chez l'homme avec beaucoup d'applications connues notamment la fabrication des produits laitiers fermentés tel que le yogourt (Klaenhammer, 1998).

Les souches commerciales les plus utilisées sont *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus paracasei* et *Lactobacillus johnsonii* ; ce sont des souches probiotiques viables les plus fournies sur le marché et on les trouve soit sous forme de produits alimentaires fermentés, soit sous formes lyophilisées, à la fois sous forme de suppléments et de préparations pharmaceutiques (Holzapfel & Schillinger, 2002).

- ❖ Deuxièmement, on trouve des espèces de *Bifidobacterium* qui sont des bacilles à Gram-positif, anaérobies strictes, immobiles. Ces bactéries forment le groupe bactérien prédominant de la flore intestinale humaine (Mitsuoka, 1990). Elles sont utilisées en majorité comme probiotiques surtout par l'industrie agroalimentaire en raison de leurs bienfaits sur la santé comme le montre le cas de la souche commerciale *Bifidobacterium lactis* Bb12 (Kabeerdoss & al., 2011)
- ❖ La troisième catégorie de probiotiques comprend d'autres bactéries lactiques en forme de coques telles que les *Enterococcus* et les *Streptococcus*.

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

- ❖ Quant au quatrième groupe, il est constitué de microorganismes non lactiques notamment les bactéries sporulées (*Bacillus cereus*), les bactéries appartenant à l'espèce *Propionibacterium freudenreichii* ainsi que certaines levures de type *Saccharomyces* principalement utilisées par l'industrie agroalimentaire. Voici le tableau des microorganismes considérés comme des probiotiques (Holzapfel et al., 2018).

Tableau 1: Exemple des microorganismes probiotiques

Espèces de <i>Lactobacillus</i>	Espèces de <i>Bifidobacterium</i>	Autres bactéries lactiques	Bactéries non lactiques
- <i>L. acidophilus</i>	- <i>B. adolescentis</i>	- <i>Enterococcus faecalis</i>	- <i>Bacillus</i> spp.
- <i>L. amylovorus</i>	- <i>B. animalis</i>	- <i>Enterococcus faecium</i>	- <i>Escherichia coli</i> strain nissle
- <i>L. casei</i>	- <i>B. bifidum</i>	- <i>Lactococcus lactis</i>	- <i>Propionibacterium freudenreichii</i>
- <i>L. crispatus</i>	- <i>B. breve</i>	- <i>Leuconstoc mesenteroides</i>	- <i>Saccharomyces cerevisiae</i>
- <i>L. delbrueckii</i>	- <i>B. infantis</i>	- <i>Pediococcus acidilactici</i>	- <i>Saccharomyces boulardii</i>
subsp. <i>bulgaricus</i>	- <i>B. lactis</i>	- <i>Sporolactobacillus inulinus</i>	
- <i>L. gallinarum</i>	- <i>B. longum</i>	- <i>Streptococcus thermophilus</i>	
- <i>L. gasseri</i>			
- <i>L. johnsonii</i>			
- <i>L. paracasei</i>			
- <i>L. plantarum</i>			
- <i>L. reuteri</i>			
- <i>L. rhamnosus</i>			

Source : (Holzapfel et al., 2018)

En nutrition humaine, on utilise majoritairement les genres *Lactobacillus* et *Bifidobacterium* alors que le genre *Bacillus*, *Enterococcus* et *Saccharomyces* sont plus utilisés dans l'élevage.(Marion & Jean-paul, 2009)

I.3. Propriétés et Critères de sélection des souches probiotiques

Pour qu'un microorganisme puisse être reconnu en tant que potentiel probiotique, il faut qu'il réponde à certains critères. Ce microorganisme doit être non pathogène et être reconnu comme sécuritaire. Il doit avoir la capacité de survivre et de croître dans les conditions physiologiques du tube digestif, ainsi qu'avoir une bonne tolérance au pH acide rencontré au niveau de l'estomac et sels biliaires rencontrés au niveau du duodénum (Dunne et al., 2001).

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

Un autre critère de sélection est l'adhérence aux cellules épithéliales de l'intestin (Guarner & Schaafsma, 1998). Les bactéries probiotiques synthétisent des molécules à action bactéricide/bactériostatique comme les acides organiques, le peroxyde d'hydrogène, le dioxyde de carbone, le diacétyle et les bactériocines. Ces mécanismes antimicrobiens ont été exploités pour améliorer la préservation des aliments (Labioui et al., 2005). La résistance naturelle des bactéries lactiques aux antibiotiques est déterminée grâce à leur structure et physiologie comme le montrent les travaux de Temmerman et al. (2003) qui ont montré que 68,4% des probiotiques isolés ont une résistance à un antibiotique ou plus. Des souches de *Lactobacillus* ont été trouvées résistantes à la Kanamycine 81, à la tétracycline 29,5, à l'érythromycine 12 et au chloramphénicol 8,5 (Temmerman et al., 2003). Le tableau ci-dessous illustre les principaux critères de sélection des probiotiques.

Tableau 2: Principaux critères de sélection des probiotiques

Critères	Exigences
Critères de sécurité	<ul style="list-style-type: none"> • Identification taxonomique précise • Origine humaine pour utilisation chez l'humain • Souche caractérisée par des techniques phénotypiques et génotypiques • Historique de non pathogénicité et non-invasion de l'épithélium intestinal • Impossibilité de transmission de gènes de résistance aux antibiotiques • Pas d'activité métabolique nocive • Pas de production de toxine
Critères fonctionnels	<ul style="list-style-type: none"> • Tolérance à l'acidité, à la bile et aux enzymes digestives • Adhésion aux cellules intestinales et persistance dans le tractus intestinal • Production de substances antimicrobiennes (bactériocines, acides organiques, peroxyde d'hydrogène ou autres composés inhibiteurs) et antagonisme envers les pathogènes • Immunomodulation • Aptitude à produire des effets bénéfiques sur la santé
Critères technologiques	<ul style="list-style-type: none"> • Stabilité au cours des procédés de production et dans le produit fini • Conservation des propriétés probiotiques après production • Non modification des propriétés organoleptiques du produit fini

Sources :(Ammor & Mayo, 2007; Saarela et al., 2000)

I.4. Les probiotiques et la santé de l'homme

Les effets bénéfiques probiotiques ont été démontrés dans plusieurs études.

- Les probiotiques comme *Lactobacillus acidophilus* et *Lactobacillus casei* interviennent dans la prévention et le traitement de plusieurs diarrhées, notamment la diarrhée du voyageur et la diarrhée associée à la prise d'antibiotiques où parmi 44 patients traités sous lactobacilles, la diarrhée associée à la prise d'antibiotiques est survenue chez 7 patients (15,9 %) du groupe (Beausoleil et al., 2007 ; McFarland, 2007).

- **La réduction et le traitement de certaines infections gastro-intestinales** (Salminen & et, 2005). L'efficacité des probiotiques pour la prévention de l'infection à *Clostridium difficile* (ICD) est hautement démontrée chez les patients recevant des antibiotiques.

La combinaison probiotique *Lactobacillus acidophilus* CL1285 et *Lactobacillus casei* LBC80R et une analyse combinée utilisant *Saccharomyces boulardii*, a montré des taux d'ICD inférieurs chez les receveurs de probiotiques par rapport aux receveurs du placebo (Johnson et al., 2012). Ils contribuent également à la modulation du système immunitaire et au renforcement de la muqueuse intestinale (Matsuzaki & Chin, 2000).

- **L'amélioration de la digestion des aliments dans la réduction des symptômes de l'intolérance au lactose** (Nagpal et al., 2007). Les probiotiques possèdent une action antimicrobienne grâce à la production des bactériocines (Desmazeaud, 1996).

Certains probiotiques ont démontré leur capacité à prévenir certaines maladies chroniques telles que la maladie de Crohn, l'obésité et le diabète. On peut citer par exemple *Lactobacillus acidophilus* et *Lactobacillus casei* (Yadav et al., 2007). D'autres études montrent le rôle important joué par *Lactobacillus acidophilus* A1, *Bifidobacterium bifidus* B1, *Streptococcus lactis* et *Streptococcus cremoris* et *Lactobacillus casei* dans la prévention du cancer du côlon (Boutron-Ruault, 2007)

- **La modulation du système immunitaire de l'hôte** est l'une des propriétés des microorganismes probiotiques. Les effets présentés par l'individu sain ou présentant une pathologie liée à un dysfonctionnement immunitaire (allergies, maladies inflammatoires chroniques de l'intestin ou MICI) peuvent être très différents : en situation normale, la plupart des microorganismes probiotiques stimulent les défenses immunitaires innées (phagocytose, cytokines pro-inflammatoires) et agissent favorablement sur la durée des épisodes infectieux ou sur la réponse vaccinale. Il s'agit de l'effet immunostimulant chez l'homme.

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

En second cas, dans certaines situations pathologiques (allergies, MICI), un effet bénéfique anti-inflammatoire implique des métabolites sécrétés (butyrate, NO) ou des constituants bactériens (acides lipotéichoïques, séquence ADN) (Heyman, 2007)

• **L'inhibition de l'adhésion des agents pathogènes à la muqueuse intestinale :** Dans le tractus gastro-intestinal, les probiotiques diminuent l'adhésion des agents pathogènes et leurs toxines en produisant des produits antibactériens et assurent le blocage des sites de liaison des glucides pour les agents pathogènes sur cellules épithéliales associées, ils déclenchent des réponses méditées par les cellules épithéliales intestinales. les probiotiques régulent également l'homéostasie de l'épithélium intestinal en favorisant la survie des cellules épithéliales intestinales, en améliorant la fonction de barrière et en assurant la stimulation des réponses protectives (Vanderpool et al., 2008). Les souches de lactobacilles et de bifidobactéries sont capables de concurrencer les bactéries pathogènes, notamment *Bacteroides vulgatus*, *Clostridium histolyticum*, *Clostridium difficile*, *Enterobacter aerogenes*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella enterica*, *Yersinia enterocolitica* et *Escherichia enterotoxinogènes* (Collado et al., 2007; Roselli et al., 2007).

• **Production de substances antimicrobiennes :** La limitation de la croissance des pathogènes par les probiotiques se réalise grâce une action antimicrobienne indirecte par la production de différents composés antimicrobiens tel que :

- **Les bactériocines :** Ce sont des composés protéiques qui ralentissent respectivement les invasions des souches bactériennes (Klaenhammer, 1993). Elles sont généralement produites à la fin de la phase exponentielle et au début de la phase stationnaire de croissance et peuvent être appliquées soit sous une forme purifiée, soit semi-purifiée, soit sous la forme d'un concentré obtenu après fermentation d'un substrat alimentaire (Dortu et Thonart, 2009).

Elles sont classées en 4 classes à savoir :

- ✓ La classe I des lantibiotiques qui sont des peptides de taille inférieure à 5 kDa, stables à la chaleur et qui contiennent des acides aminés inhabituels soufrés (la lanthionine, la β -méthyl lanthionine, la déhydrobutyrine et la déhydroalanine).
- ✓ La classe II : Peptides de taille inférieure à 10 kDa, stables à la chaleur, ne contenant pas d'acides aminés modifiés. Leur point isoélectrique varie entre 8 et 10.
- ✓ La classe III : Protéines de taille supérieure à 30 kDa et sensibles à la chaleur. Dans cette classe, on ne trouve que quatre bactériocines : l'helveticin J produite par

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

Lactobacillus helveticus A, l'enterolysin A produite par *Enterococcus faecium*, la zoocin A produite par *Streptococcus zooepidemicus* et la millericin B produite par *Streptococcus milleri*

- ✓ La classe IV : Peptides requérant une partie carbohydratée ou lipidique pour avoir une activité. (Dortu & Thonart, 2009)

Ces substances antimicrobiennes présentent des activités inhibitrices dirigées contre des bactéries proches de la souche productrice. Elles agissent principalement sur la membrane externe des bactéries cibles en formant des pores qui mènent à la libération du contenu intracellulaire et à la mort de la bactérie affectée. Les lactobacilles et les lactocoques, contrairement aux souches de bifidobactéries, sont le plus souvent associés à la production de bactériocines (Fooks & Gibson, 2002).

➤ **Les acides organiques** : Les bactéries probiotiques possèdent la capacité de produire des acides organiques contribuant à l'inhibition de la croissance des microorganismes entérovirulants. l'acide lactique et l'acide acétique sont produits respectivement par les lactobacilles et les bifidobactéries à travers la fermentation des hexoses (Servin, 2004).

➤ **Le peroxyde d'hydrogène** : En milieu humide, certaines bactéries lactiques produisent du peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) qui inhibe de nombreuses souches bactériennes pathogènes (Ouwehand & Vesterlund, 2004). La production du peroxyde d'hydrogène accompagnée par celle d'acide lactique permet l'inhibition du développement de certaines espèces pathogènes.

La figure ci-dessous illustre les bienfaits des probiotiques :

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

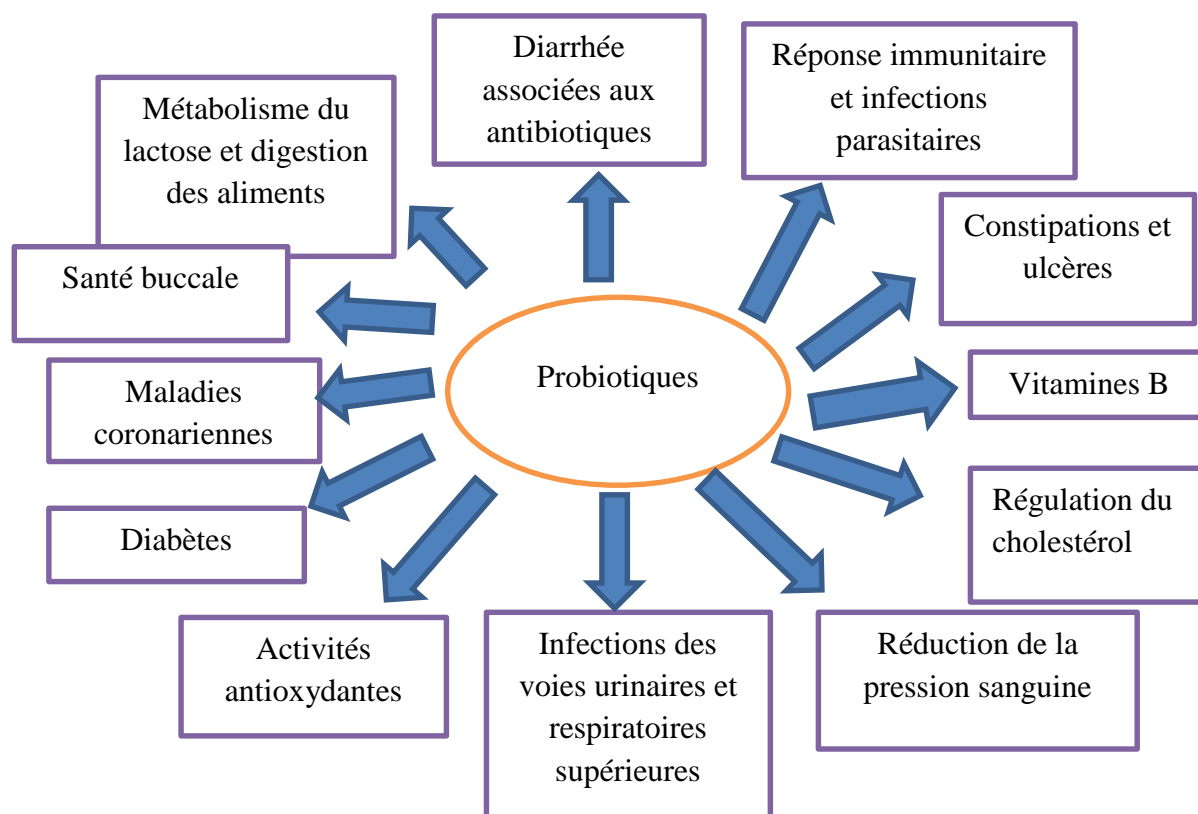


Figure 1: Récapitulatifs des bienfaits des bactéries probiotiques

Source :(Nagpal et al., 2012)

CHAPITRE II. GENERALITES SUR LA CROISSANCE ET LA VIABILITE DES PROBIOTIQUES

Dans de nombreux cas, la stratégie visant à améliorer la croissance des cultures probiotiques par l'ajout de nouveaux ingrédients a conduit au développement de nouveaux produits laitiers. Ces nouveaux mélanges laitiers comprennent le jus de tomate, le lait d'arachide, le lait de soja (Dufrene et al., 2021), le lactosérum de bufflonne/lait de soja et le riz. Ces données suggèrent que certains suppléments à base de plantes sont utiles pour favoriser la croissance des probiotiques, et il existe un nombre croissant de rapports sur la valeur des substrats à base de plantes pour la croissance des probiotiques. On rapporte que *Lactobacillus acidophilus* se développe beaucoup mieux sur le lait de soja que sur le lait de vache (Desmazeaud, 1993; Mital et al., 1970; Taylor et al., 2015). Ceci explique pourquoi une supplémentation du lait de vache avec des extraits de soja a été proposée, et pourquoi de nombreux groupes ont examiné la production de yaourt. produits de type à base de lait de soja (Shelef et al., 1988). Les bifidobactéries, en revanche, semblent préférer le lait de vache au lait de soja pour leur croissance. Les cultures lactiques se développent également bien dans les jus de légumes de chou et de carotte (Tamminen et al., 2013).

II.1. Besoins nutritionnels pour la croissance des probiotiques

La croissance des bactéries lactiques est influencée par plusieurs nutriments variant d'une espèce à l'autre. La croissance des bactéries probiotiques nécessite une variété de nutriments (particulièrement les glucides, protéines, vitamines et éléments minéraux) et par conséquent l'amélioration des caractéristiques organoleptiques et la diminution du temps de fermentation (Zhang et al., 2019). Généralement, la croissance du *Bifidobacterium lactis* et *Lactobacillus casei* nécessite des substrats riches en composés azotés, vitamines et sels minéraux, facteurs de croissance : Le lactulose, les chaînes courtes de fructooligosaccharides appelées néosugars car elles empêchent la croissance de *Clostridium* et d'*Escherichia coli*. D'autres substances comme le lactosucrose, le lactisol et les xylooligosaccharides (Delcenserie et al., 2002).

Le rôle de ces nutriments est de faciliter la capacité de prolifération du microorganisme dans un milieu. On peut citer les glucides, les protéines et les composés azotés, les éléments minéraux, les vitamines et les acides gras (Yeboah et al., 2023).

En plus des besoins nutritionnels, la science prouve l'influence des facteurs tels que la génétique, les nutriments et surtout la santé du consommateur sur le développement des bactéries probiotiques (Marco & Tachon, 2013).

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

II.1.1. Besoins en glucides

La croissance des microorganismes nécessite la présence de différentes sources de carbone ce qui n'influence pas seulement le taux de croissance et la production de biomasse, mais aussi on observe un effet grave sur l'expression des enzymes cataboliques où la présence de glucose réprime fortement l'expression de la synthèse enzymatique inductible : un phénomène appelé à l'origine «effet glucose» et plus tard respectivement «transitoire» et «répression catabolique permanente» (Dalhoff, 1979).

Chaque type de probiotique présente une préférence de croissance vis-à-vis des doses en sucres qui lui sont favorables (Farnworth, 2005).

Les substrats riches en amidon, en maltose, en raffinose, en fructose, en saccharose et en glucose sont meilleurs pour la croissance des *Lactobacillus* (Calderon et al., 2001).

Les fortes concentrations en sucres inhibent la croissance des bactéries (activité antimicrobienne) tandis que des faibles concentrations la stimule d'où il convient de déterminer une concentration seuil agissant non comme antimicrobienne, plutôt concentration le qualifiant comme agent médium (Mizzi et al., 2020). Les meilleurs glucides tels que l'arabinose, le xylose, le fructose, le glucose, le saccharose, le raffinose, le galactose et le lactose ont été définis comme source de carbone où un exemple de la culture sur un milieu MRS dont 10g de saccharose favorise la croissance des *Bifidobacterim lactis* (Schöpping et al., 2021).

Les bactéries pathogènes comme *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Enterococcus faecium* peuvent être tuées par une concentration de sucre de 40% équivalente à celle du miel (contenant 333 g/kg de glucose, 385 g/kg de fructose, 73 g/kg de saccharose et 62 g/kg de maltose) (Kwakman et al., 2010). Une concentration de 5.3g/L de glucose a été trouvé bonne pour la croissance de *Lactobacillus casei* (Khoshayand et al., 2011).

Une étude faite sur la croissance des bactéries probiotiques en présence de galactooligosaccharides (oligosaccharides non digestibles) montre que le *Bifidobacterium lactis* utilise préférentiellement les tri-et tétra-saccharides alors que le *Lactobacillus rhamnosus* préfère les sucres à un degré de polymérisation plus faibles(mono-et disaccharides) d'où un substrat riche en galactooligosaccharides favorise la croissance de *Bifidobacterium lactis* (Gopal et al., 2001).

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

II.1.2. Besoins en protéines

La croissance des probiotiques nécessite la présence des acides aminés. Les bifidobactéries ont besoin de cystéine comme source de soufre organique car elles sont incapables d'assimiler le soufre inorganique ; par conséquent, la méthionine et la cystéine peuvent servir de seule source d'acides aminés et de soufre pour la croissance des bifidobactéries (Schöpping et al., 2021).

II.1.3. Besoins en fibres alimentaires

La nutrition des bactéries probiotiques nécessite la présence de fibres dites prébiotiques. Les principaux agents prébiotiques sont constitués d'oligosaccharides et de fibres alimentaires (principalement inuline) (Grizard & Barthomeuf, 1999). Parmi les fibres alimentaires à potentiel prébiotique, l'inuline et l'oligofructose sont les plus utilisés en industrie agroalimentaire (Riazi & Ziar, 2010).

Etant des glucides à chaîne courte, les fibres solubles stimulent la croissance des bifidobactéries, sont nécessaires à la prolifération des *Lactobacillus* dans le tractus intestinal et constituent le substrat idéal pour la génération de certains métabolites essentiels pour la nutrition des cellules du côlon, par exemple les acides gras à chaîne courte (Losada et al., 2002).

L'exemple le plus parlant est l'impact des fibres du citron et ceux des oranges sur le développement intégral des bactéries lactiques. Les fibres peuvent prouver un impact positif, comme quoi pouvant jouer le rôle d'inhibiteur (Esther Sendra. et al. 2007).

II.1.4. Besoins en éléments minéraux

Le calcium semble être un cation impliqué dans la capacité adhésive des propionibactéries et améliore l'adhérence des cellules bactériales des *Lactobacillus* dans l'intestin (Zárate et al., 2002).

Lors de la croissance du *Lactobacillus casei*, une supplémentation en manganèse sous forme $MnSO_4 \cdot H_2O$ à des concentrations comprises entre 0.005 à 0.03 g/l réduit le temps de fermentation tout en maintenant une conversion élevée en sucre et un rendement élevé en acide lactique (Fitzpatrick et al., 2001).

Une étude sur la supplémentation du lait en sels de Magnésium (30mg/100g d'échantillon) a montré une augmentation de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* au seuil de 0.05 pour le gluconate de Magnésium et le Pidolate de Magnésium (Szajnar et al., 2019).

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

Le magnésium et le calcium sont des minéraux essentiels où le Ca est le cation extracellulaire qui est maintenu constant au niveau cellulaire pour aider la régulation cellulaire en maintenant les fonctions physiologiques et le Mg qui est intracellulaire est impliqué dans l'activation des enzymes. Le Mg possède des effets antagonistes sur les fonctions du Ca y compris le transport du Ca et K dans les cellules (Suliburska et al., 2021).

II.2. Autres facteurs influençant la croissance des probiotiques

Le milieu de culture, la température, le pH et l'oxygène sont des éléments pouvant influencer la croissance des bactéries probiotiques (Zohra, 2017).

Le milieu de culture : Le milieu de culture pour la culture et l'énumération des bactéries probiotiques doit être un milieu sélectif favorisant leur croissance. Le milieu MRS Agar est un milieu sélectif et spécifique pour la culture des *Lactobacillus* sp. et *Bifidobacterium* sp. (Onkor et al., 2007)

La température de croissance des probiotiques varie entre 37 et 43°C sauf le *Lactobacillus acidophilus* qui peut atteindre 45°C mais la croissance optimale est de 40-42°C. (Tripathi & Giri, 2014). Selon Khoshayand et al., (2011), le *Lactobacillus casei* peut se développer à une température de 15.77 °C.

Le pH : le pH optimale pour la croissance des lactobacillus est de 5.5-6 tandis que pour les bifidobacteries, il varie de 6-7 (Gomes & Malcata, 1999).

L'oxygène : Du fait que les Bifidobactéries sont anaérobies, l'oxygène est un facteur important et critique d'où leur croissance nécessite un équipement spécial facilitant l'anaérobiose (Shah, 2000).

CHAPITRE III. GENERALITES SUR L'UTILISATION DES PROBIOTIQUES

III.1. Utilisation industrielle des bactéries probiotiques dans les substrats végétaux

Plusieurs recherches sur les produits probiotiques mettent l'accent sur l'utilisation des bactéries lactiques probiotiques dans le lait et ses produits dérivés. Les aliments d'origine végétale peuvent aussi être transformés en produits probiotiques comme on le trouve dans beaucoup de travaux.

Ils peuvent être fabriqués à partir de la matière première, tels que les céréales, les laits, les légumineuses, les tubercules. Les matières agricoles fraîches telles que les légumes, les fruits et les légumes-feuilles et racines sont fermentés en raison des personnes ayant une intolérance au lactose et allergiques au gluten (Barengeke *et al.*, 2022). Les matériaux non laitiers pourraient poser de problème lors de la fermentation pour l'introduction des bactéries lactiques traditionnelles, qui se développent de préférence dans des milieux lactiques tels que les bactéries probiotiques comme *Lactobacillus acidophilus* et *Bifidobacterium* mais les souches probiotiques de *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus casei* et *Lactobacillus plantarum* s'avèrent mieux adaptées aux matrices non laitières pendant la fermentation (Chugh & Kamal-Eldin, 2020).

Des produits probiotiques solides non laitiers à base des tubercules de pomme de terre (*Solanum tuberosum* spp *andigena*), groseille (*Oxalis tuberosa*), papalisa (*Ullucus tuberosus*) ont été fermentés au *Lactobacillus brevis* CJ25 et les résultats trouvés ont montré un aliment fonctionnel contenant des cellules vivantes viables de cette bactérie probiotique (Mosso *et al.*, 2016). Outre les propriétés probiotiques, les aliments sont fermentés en raison de l'amélioration des caractéristiques organoleptiques et nutritionnelles, l'inhibition des pathogènes, la préservation et l'innocuité des aliments (Yao *et al.*, 2009).

Une étude sur la fermentation de jus de betterave par *Lactobacillus acidophilus* a montré la production d'acide lactique et qu'un milieu riche en sucres et en sels minéraux (calcium, potassium, magnésium) et enrichi avec de l'azote et des vitamines est nécessaire constitue un milieu favorable au développement de ce microorganisme (Djilali *et al.*, 2020). D'autres études ont justifiés l'utilisation des dattes dans la production des jus probiotiques et de l'acide lactique par l'utilisation de *Lactobacillus rhamnosus* (Boudjelal, 2001).

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

Le végétarisme, l'intolérance au lactose, la teneur en cholestérol et les protéines allergènes du lait sont des inconvénients majeurs liés à la consommation des produits laitiers d'où le développement de nouveaux aliments probiotiques non laitiers ; les espèces de *Bifidobacterium* et *Lactobacillus* sont largement utilisés dans la production de ces aliments probiotiques (Buruleanu et al., 2014).

III.2. Utilisation et bienfaits du *Lactobacillus casei* et du *Bifidobacterium lactis*

Le *Lactobacillus casei* fait partie de trois espèces de son groupe (*Lactobacillus casei*, *Lactobacillus paracasei* et *Lactobacillus rhamnosus*) reconnues en raison de leur potentiel commercial en produisant les aliments de saveur et texture améliorées, industriel et sanitaire dans la production des métabolites bioactifs (Hill et al., 2018).

Les aliments contenant le *Bifidobacterium lactis* ont présenté des effets sur le métabolisme dans la diminution du cholestérol LDL sérique chez les diabétiques du type 2, une augmentation du cholestérol HDL chez les femmes adultes et une amélioration de la tolérance pendant la grossesse ainsi que l'avantage en rapport avec la sécrétion fécale chez les prématurés a été démontré (Kabeerdoss et al., 2011). Les formules infantiles supplémentées en *Bifidobacterium lactis* présentent des avantages dans la croissance normale, une tolérance digestive meilleure et une réduction de consommation d'antibiotique et préviennent la survenue des diarrhées (Huet et al., 2006).-

Dans l'écosystème microbien intestinal de l'homme, les *Lactobacillus* doivent être présents en quantité supérieure à 10^6 UFC/g et les Bifidobactéries doivent être supérieurs à 10^8 UFC/g (Heyman & Heuvelin, 2006).

Une étude menée sur l'utilisation du *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 dans le traitement plus efficace contre la mortalité et la perte du poids corporel causées par l'infection à *Salmonella pullorum* a montré un taux de réduction de la mortalité de 33% sans antibiotique et de 40-45% avec ajout d'antibiotiques et une augmentation de poids de 32,17g sans antibiotique et 13,73-15.40 de l'alimentation enrichie en *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 avec ajout d'antibiotique (Yang et al., 2022).

Le *Lactobacillus casei* JYLC-374 et quatre autres espèces de *Lactobacillus* ont été étudiés où on a démontré leur aptitude d'amélioration la capacité antioxydante et des caractéristiques organoleptiques apportées par ces espèces (Wang et al., 2021).

CHAPITRE IV. GENERALITES SUR LES PLANTES AUTOCHTONES UTILISEES EN TANT QUE SUBSTRATS DE CULTURE

IV.1. Introduction

La flore naturelle du Burundi est constituée des espèces sauvages comestibles susceptibles de servir en alimentation humaine et/ou animale réduisant ainsi la malnutrition dont les uns sont déjà domestiqués. Ces espèces présentent une richesse en nutriments dont les glucides et les fibres alimentaires ce qui leur confère leur potentiel prébiotique.

En effet, on entend par prébiotiques, les ingrédients alimentaires résistants à la digestion qui induisent des changements spécifiques dans la composition et/ou l'activité du microbiote intestinal produisant ainsi un effet bénéfique sur la santé de l'hôte (Guarner et al., 2017; Saavedra, 2023). Les prébiotiques sont des hydrates de carbones à chaînes courtes qui ne sont pas digérés dans l'intestin grêle, qui arrivent ainsi inchangés dans le colon et servent de substrat à la flore bactérienne du colon. Quantitativement les plus importants présents naturellement dans nos aliments sont les fructo-oligosaccharides (FOS) et l'inuline (Braegger, 2004).

On entend par fibres alimentaires, les parties des végétaux (fruits, céréales, légumes,...), faisant partie des hydrates de carbone complexes généralement les glucides, que le système digestif ne peut ni les transformer ni les absorber. Ces fibres favorisent et sont indispensables au bon fonctionnement de notre transit intestinal (Durrer, 2016).

En présence des prébiotiques et des bactéries probiotiques, les aliments subissent une fermentation avec la production des métabolites. La fermentation est un processus par lequel un microorganisme transforme la nourriture en d'autres produits, habituellement par la production d'acide lactique, d'éthanol et d'autres produits finaux du métabolisme (Guarner et al., 2017).

A part les céréales (sorgho et mil) et les légumineuses (Inkore et Impande), l'alimentation Burundaise se basait sur trois tubercules importants telles que l'igname qui est une variété fournissant des tubercules souterraines (ibisunzu) et aériennes (amatugu), le taro (amateke) et les tubercules de *Coleus* (inumpu) ainsi que les légumes indigènes y compris les épinards amers et plusieurs sorte de Cucurbitaceae. Par conséquent, les cultures d'origine américaine se sont progressivement rependues pendant la période coloniale par le fait que l'autorité coloniale recommandait la réduction de nos cultures et l'introduction des cultures vivrières (Niragira et al., 2019).

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

IV.2. *Dioscorea bulbifera*

Dioscorea bulbifera est une plante originaire d'Asie tropicale, du nord de l'Australie, d'Amérique et d'Afrique subsaharienne connue par ces activités thérapeutiques et médicinales (il est anticancéreux antibactérien, antiviral, anti-obésité, antidiabétique, anti-inflammatoire, neuroprotecteur et troubles neurologiques) (Bhusan et al., 2020).

L'utilisation de bulbilles aériennes de *Dioscorea bulbifera* dans le traitement des hémorroïdes, de la dysenterie, de syphilis, des ulcères, de la toux, de la lèpre, du diabète, de l'asthme et du cancer ainsi que le fait qu'elles sont des matières premières pour les contraceptifs justifie les propriétés médicinales cités ci haut (Ikiriza & al., 2019).

L'utilisation traditionnelle de *Dioscorea bulbifera* pour le traitement des plaies et de l'inflammation prouve l'effet cicatrisant de cette plante attribuée principalement à ses propriétés antioxydants et son potentiel élevé de cicatrisation des plaies présentés par un composé actif majeur (la catéchine) se trouvant dans ses bulbilles en favorisant la prolifération cellulaire et la migration cellulaire de fibroblastes humains (Chaniad & al., 2020).

Les tubercules de *Dioscorea bulbifera* contiennent des oligosaccharides qui prouvent leur aspect technologique et ce dernier peut être déterminé par croissance des bactéries probiotiques (*Lactobacillus* et *Bifidobacterium*) en anaérobie. (Herawati & al., 2019).

La composition en nutriments varie d'une espèce à l'autre et en fonction des cultivar où on distingue *Dioscorea bulbifera* blanc, violet et jaune (Abia & Abia, 2017). Une étude sur le *Dioscorea bulbifera* a montré que les écorces de ses tubercules sont plus riches en cendres, graisses, protéines alors que les tissus de ce tubercule présente une valeur élevée en fibres ce qui le rend plus digestible et par conséquent la présence de son aspect prébiotique. Les teneurs en macronutriments, en humidité et en éléments minéraux sont présentés dans les tableaux 3 et 4 (Abara, 2011) :

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

Teneur en macronutriments (g/100g)

Tableau 3: Composition du DB en macronutriments

Paramètres	Tissu		Ecorces	
	Frais	Sec	Frais	Sec
Humidité	62.50±0.31	9.20±0.24	73.66±0.12	12.00±0.00
Amidon	1.50±0.02	2.77±0.16	3.35±0.08	6.15±0.64
Fibres brutes	1.68±0.15	2.89±0.28	3.75±0.03	6.36±0.45
Protéine brute	2.55±0.24	6.35±0.87	3.00±0.42	0.61±0.24
Lipide brute	0.20±0.09	0.49±0.19	0.25±0.01	7.47±0.95
Glucides	34.60±1.56	82.50±2.81	15.99±0.46	67.41±2.63
Valeur énergétique(Kcal/100g)	150.40±00.76	359.81±12.63	78.21±03.61	305.01±16.48

Teneur en éléments minéraux (mg/100g)

Tableau 4: Composition de DB en micronutriments

Eléments minéraux	Tubercule frais			Tubercule sec		
	Epluché	Ecorce	Rapport épluché/écorce	Epluché	Ecorce	Rapport épluché/écorce
Calcium	35.30±0.71	54.60±0.04	0.65±0.01	205.60±4.24	316.31±4.34	0.65±0.00
Magnésium	24.30±0.85	28.10±0.21	0.86±0.01	139.00±2.83	161.00±2.80	0.86±0.01
Potassium	176.00±1.41	368.00±2.12	0.48±0.02	440.00±3.54	920.00±7.07	0.49±0.01
Sodium	220.00±4.54	256.00±2.83	0.84±0.03	550.00±6.36	640.00±5.66	0.86±0.02
Fer	2.36±0.20	6.90±0.08	0.34±0.01	5.90±0.28	17.35±0.95	0.34±0.01
Zinc	0.53±0.01	1.43±0.09	0.37±0.01	1.52±0.16	4.12±0.06	0.37±0.01
Phosphore	64.40±0.42	80.70±0.65	0.80±0.03	150.00±0.74	184.00±0.95	0.82±0.02
Manganèse (ppm)	1.60±0.15	6.90±0.41	0.23±0.02	4.00±0.18	18.00±0.13	0.22±0.01
Cuivre (ppm)	2.00±0.29	3.20±0.12	0.63±0.01	5.00±0.45	8.00±0.07	0.63±0.01

Source : (Abara, 2011)

IV.3. *Coleus dysentericus*

Autrement dit Patate haoussa ou Patate cafre, le *Coleus dysentericus*(inumpu) est une plante vieille autrefois répandue mais qui est en voie de disparition (Chretien, 2014). Le nom de *Coleus dysentericus* est donné en raison de l'affirmation selon laquelle elle guérit la dysenterie, cette plante de la famille des *Lamiaceae* est aussi appelée *Solenostemon rotundifolius* Poir, *Coleus rotundifolius*, *Plectranthus esculentus*, *Coleus parviflorus* selon le cycle de Culture(Sugri et al., 2013).

Les tubercules de *Coleus dysentericus* sont riches en nutriments notamment les glucides, les fibres (principalement les fructooligosaccharides et l'inuline) à 80% de matière sèche, les acides aminés, les éléments minéraux comme le phosphore, le potassium, le Zinc, le Fer et le calcium ; contiennent également des acides organiques et gras ainsi que des vitamines(B, C et E).Ce qui le rend un aliment prébiotique susceptible de de stimuler biologiquement les bactéries bénéfiques pour la santé(Iraporda et al., 2018).

Dans une étude sur la valorisation des ressources biologiques du Burundi en commune Matana en 2001 par Ntakarutimana et ses collaborateurs, le *Dioscorea bulbifera* présente des teneurs en Fer de 1,6mg/100g , Calcium 11,25 mg/100g et Magnésium 23,3 mg/100g (Ntakarutimana et al., 2019).

La richesse du *Coleus dysentericus* est de l'ordre de : eau(74.6) et en glucides(24) ;et pauvres en protéines(1.3),cellulose(1.3) et cendres(0.9) ainsi qu'en lipides sous forme de traces(Dupin, 1963). La valeur énergétique des espèces de *Coleus* est d'environ 394Kj et la teneur en Vitamine C est de 1mg/100g(Safwan & Mohammed, 2016).

IIème Partie : PARTIE EXPERIMENTALE

CHAPITRE V : MATERIEL ET METHODES

V.1. Collecte et préparation des substrats

Les substrats de *Coleus dysentericus* utilisés ont été récoltés à Kinyinya en province Ruyigi tandis que ceux de *Dioscorea bulbifera* ont été récoltés en commune ISARE de la province Bujumbura. Le choix de la zone d'étude est justifié par la disponibilité des échantillons par le fait que la collecte des échantillons a été faite hors saison.

Arrivés à Bujumbura, ils ont été scindés en deux parties. Ceux qui sont destinés aux analyses microbiologiques ont été conservés au frigo à 4°C afin de garder leur fraîcheur et une autre partie destinée aux analyses physicochimiques ont été acheminés vers l'ISABU où ils ont été épluchés, découpés et séchés à l'étuve et enfin broyés pour attendre le début des analyses.

Le matériel utilisé pour la collecte et la préparation des substrats sont :

La houe, Les sacs, Les couteaux, les bassins, Les plats, L'étuve, Le frigo, Le broyeur, ...

V.2. Matériel utilisé

Les analyses physicochimiques effectuées concernent l'analyse des cations tels que le Fer, Calcium, Magnésium, le Sodium et le Potassium ; l'indice de réfraction et le pH des substrats frais et la mesure de l'acidité et nous avons fait les analyses microbiologiques.

V.2.1. Matériel utilisé pour les analyses physicochimiques

Pour les analyses physicochimiques, le matériel utilisé est détaillé dans le tableau 5 :

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

Tableau 5: Matériel utilisé au laboratoire physicochimique

Appareils et verrerie	Réactifs
➤ Distillateur	➤ Eau distillée
➤ Broyeur	➤ Hydroxyde de soude
➤ Dessiccateur	➤ Solution de Chlorure de lanthane(LaCl_3) 0,2%
➤ Balance analytique	➤ Acide chlorhydrique 0.05N
➤ Tube à essai	➤ Acide chlorhydrique 1/1 ou V/V
➤ Burette graduée	➤ Acétylène
➤ Bécher	➤ HNO_3
➤ Eprouvette graduée	➤ Gel Silice
➤ Papier filtre	➤ Phénolphtaléine
➤ Etuve	➤ NaOH 0.05 mol/L
➤ Fioles jaugés	
➤ Logiciel (WinLab32 ^T)	
➤ Réfractomètre	
➤ pH-mètre,...	

V.2.2. Matériel utilisé pour les analyses microbiologiques

A part la verrerie montrée dans le tableau 5, pour les analyses microbiologiques, nous avons utilisé les substrats crus et cuits de *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus* et deux bactéries probiotiques telles que le *Lactobacillus casei* JYLC-374 et le *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 ainsi que le milieu de culture MRS agar.

Ces bactéries probiotiques avec le milieu de culture MRS Agar proviennent de la Chine et ont été fabriquées au laboratoire de Shaanxi Yuzhou Biotechnology Co., Ltd en 2023. Chaque poudre probiotique contient 10^{10} d'UFC/g de cellules vivantes de ces bactéries. Elles ont été transportées par voie aérienne avec une solution liquide maintenant et stabilisant la température au cours du transport où on observe une variation énorme des températures.

Les équipements de laboratoire de microbiologie sont entre autre l'autoclave, l'étuve, l'incubateur, le hotte à flux laminaire et le compteur de colonie, la balance de précision, la micropipette et les embouts, les boîtes de pétri, des tubes à essai, le porte-tube ou support, le lavabo, une cuillerée, le papier filtre, le papier parafilm, un ciseau, marmite, couteau, tamis, agitateur magnétique, le téflon et l'aimant, ...

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

La composition exprimée en g/l de ce milieu déshydraté est de :

- ✓ Protéine peptone : 10
- ✓ Extrait de bœuf : 8
- ✓ Extrait de levure : 4
- ✓ Glucose (C₆H₁₂O₆): 20
- ✓ Phosphate dipotassique (K₂HPO₄) : 2
- ✓ Citrate d'ammonium (C₆H₁₁NO) : 2
- ✓ Acétate de sodium (C₂H₃NaO₂) : 5
- ✓ Sulfate de Magnésium (MgSO₄) : 0.2
- ✓ Sulfate de Manganèse (MnSO₄): 0.04
- ✓ Tween 80 : 1
- ✓ Agar : 15

V.3. Méthodes d'analyses

V.3.1. Analyse physicochimique

V.3.3.1. Préparation de l'échantillon

Après la collecte des tubercules de *Coleus dysentericus* et *Dioscorea bulbifera*, nous les avons acheminés vers l'ISABU au LASPA pour les analyses physicochimiques particulièrement l'analyse des éléments minéraux.

Ces tubercules ont subi de prétraitements préalables suivant la norme AOAC 922.02, 21st Edition, 2019.

Arrivés là, nous les avons lavés, épluchés, découpés et pesés avant qu'ils subissent le séchage à l'étuve. Le séchage avait pour but l'élimination de l'eau libre se trouvant dans ces tubercules afin de pouvoir les conserver sans altération.



Figure 3: *Dioscorea bulbifera* frais



Figure 2: Echantillons frais de *Coleus dysentericus*

Les échantillons frais épluchés et découpés avaient respectivement 816,3g et 339,98g pour *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*. Nous les avons mis à l'étuve à 105°C pendant 48h et les poids respectifs de ces échantillons étaient de 124,8g de *Dioscorea bulbifera* et 90,17g de *Coleus dysentericus*.

Après le séchage, le broyage et le tamisage, les tubercules ont été transformés en farine. ces deux types de farines ont été conservés au dessiccateur contenant du silicagel (Oxyde de Silice) afin de maintenir l'humidité de l'échantillon et de le protéger contre l'humidité extérieur.

Selon la méthode AOAC 930.04 ; 21st Edition, 2019, la formule de détermination de l'humidité utilisée au LASPA est la suivante :

$$H = \frac{\text{poids de l'échantillon sec}}{\text{poids de l'échantillon frais}} * 100$$

V.3.1.2. Détermination des éléments minéraux

L'analyse des éléments minéraux a été effectuée par méthode de spectrophotométrie d'absorption atomique à flamme à l'ISABU en 4 grandes étapes selon la méthode AOAC 975.03, 21st Edition, 2019 :

- Le pesage des échantillons,
- La calcination,
- La minéralisation
- La lecture

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

Nous avons d'abord pesé 2g de l'échantillon sur la balance analytique dans un creuset en porcelaine. L'échantillon est porté au four à moufle à 450°C pendant 24 heures pour en faire une calcination. On le refroidit à température ambiante dans un dessiccateur. Après, on verse dans le creuset 3,5 ml de HNO₃ par gramme de l'échantillon pesée initialement. Nous avons ensuite ajouté 10 ml d'eau distillée et puis le mélange est mis sous hotte jusqu'à l'ébullition et après, on laisse digérer pendant 30 minutes au bain de sable. Nous avons procédé à la minéralisation par les acides et filtré à l'aide du papier filtre dans une fiole jaugée de 500ml par le HCl 0,5N.

On met ensuite la fiole jaugée à volume jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée en rinçant plusieurs fois le papier filtre et le creuset avec de l'eau distillée.

On pipette 1/20 de la solution filtré (en se référant de la fiole jaugée qu'on veut utiliser) et on la verse dans la fiole de 100ml, puis on met à volume après avoir mis le LaCl₃ (pour éviter les interférences)

Nous avons ensuite préparé la courbe d'étalonnage. A partir d'une solution standard à 1000 ppm de Mg, K, Fe, Ca, et Na, on prépare une solution de 10 ppm en pipetant 1 ml dans une fiole jaugée de 100 ml. On l'a porté à volume avec de l'eau distillée. Nous avons pipeté 5 ; 10 et 20 ml de la solution 10 ppm dans un jaugé de 100 ml et On a ajouté 10 ml de LaCl₃ 10%. On l'a porté à volume avec de l'eau distillée. Enfin, on procède à la lecture où l'absorption est faite par une flamme générée par la combustion d'un mélange air/acétylène à 2500°C.

La concentration pour un élément minéral (ppm) est donnée par la relation suivante :

$$ZYV/100 \times 100/X = ZYV/X$$

Où X : poids de l'échantillon pesé (g)

V : volume après filtration (ml)

Y : Dilution

Z : Concentration de la prise d'essai (mg/l)

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

V.3.1.3. Détermination de l'indice de réfraction

Le degré brix est déterminé suivant la méthode **AOAC 921.08, 21st Edition**, 2019. Nous avons fait la détermination du sucre se trouvant dans nos échantillons frais et cuits au laboratoire de chimie de la faculté des sciences à l'UB à l'aide d'un réfractomètre qui est un instrument utilisé pour déterminer la quantité du sucre se trouvant dans une solution.

Le processus est le suivant :

- Mettre l'eau distillée dans le prisme du réfractomètre pour calibrer et nettoyer ce dernier (température corrigée ou compensée)
- Enlever l'eau et mettre l'échantillon liquide préparé,
- Couvrir le prisme
- Lire les résultats

La figure suivante montre la détermination du sucre par l'indice de réfraction :



Figure 4 : Détermination de l'indice de réfraction

V.3.1.4. Détermination du pH des échantillons

Le pH indique le degré d'acidité ou d'alcalinité du produit et est déterminé par la méthode AOAC 981.12. Nous l'avons aussi déterminé au laboratoire de chimie de la faculté des sciences avec le pH-mètre. Il consiste à plonger la sonde du pH-mètre dans l'échantillon liquide et on lit les valeurs données comme le montre la figure suivante :

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

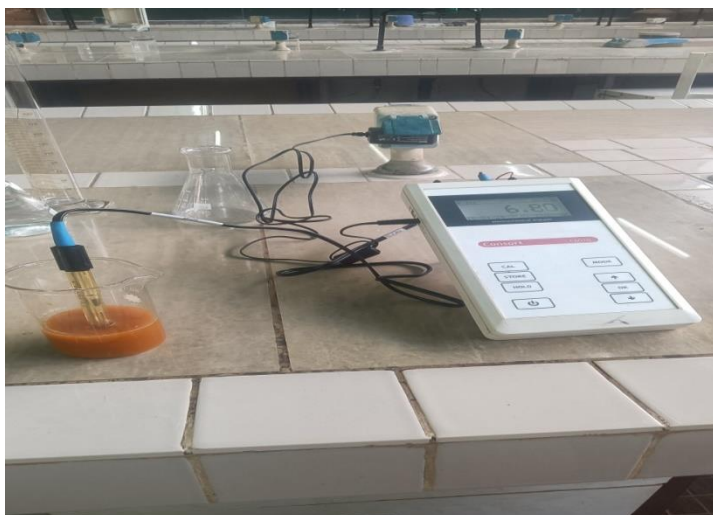
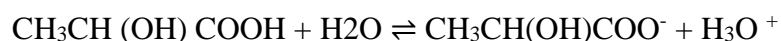


Figure 5: Détermination du pH

V.3.1.5. Détermination de l'acidité

La détermination de l'acidité est une méthode titrimétrique qui consiste à doser l'acide lactique contenu dans une solution avec 3 gouttes de phénolphaléine et le NaOH 0.05 mol/l en titrant jusqu'à l'obtention du changement de couleur de cette solution. L'acidité est exprimée en Degré dornic (°D) où 1°D correspond à 1g d'acide lactique/l du produit.

La production d'acide lactique suit la réaction suivante :



Nous avons effectué ce dosage au laboratoire de la Faculté des Sciences en suivant ce principe :

Nous avons d'abord calculé la concentration massique C_0 en g/l ; c'est-à-dire la masse d'acide lactique contenu dans un litre de l'extrait. Pour calculer cette concentration C_0 , on utilise la formule suivante :

$$C_0 = \frac{C_1 * V_{\text{éq}} * M_{\text{ac}}}{V_0}$$

Où C_1 est la concentration d'hydroxyde de sodium (soude) : $C_1 = 0.05 \text{ mol/l}$

$V_{\text{éq}}$ le volume équivalent, en ml, d'hydroxyde de sodium déterminé précédemment

M_{ac} est la masse molaire de la molécule d'acide lactique.

V_0 est le volume du produit

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

Pour Calculer le degré Dornic D, nous avons utilisé la formule suivante :

$$D = \frac{C_0}{0.1}$$

Le degré dornic est converti en degré Thörner en appliquant la formule suivante :

$$2,25^{\circ}D = 2,5^{\circ}Th$$

V.3.2. Analyse microbiologique

Après la collecte de matériel nécessaire, les substrats conservés au réfrigérateur y sont retirés pour la culture des *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374.

V.3.2.1. Prétraitement des substrats

Premièrement, les tubercules sont pesés, lavés et épluchés. A chaque type de tubercule, nous les avons divisés en deux ; une partie utilisée frais et une autre partie qui subissait la cuisson. Les substrats frais et cuit sont tous broyés, pressés manuellement et filtrés afin d'obtenir un extrait liquide qui va être utilisé en culture.

V.3.2.2. Préparation de l'eau peptonée

L'eau peptonée est le résultat de la dissolution d'une poudre composée de peptides de différentes sortes. Il s'agit de peser 15g de la poudre puis la verser dans un litre d'eau distillée. Ensuite, agiter sur un agitateur magnétique pour avoir un mélange homogène. Le mélange est stérilisé dans l'autoclave) à 121°C pendant 15min. Elle est utilisée pour la préparation de l'inoculum (préenrichissement) et la préparation des dilutions.

V.3.2.3. Pré-enrichissement de l'inoculum

Le probiotiques ont été achetés sous forme de la poudre et doivent subir une préparation préalable pour obtenir une solution liquide prête à l'emploi contenant des microorganismes vivants. L'objectif dudit pré-enrichissement est d'activer les bactéries.

Après avoir préparé le matériel nécessaire, sous hotte, un gramme est pris dans le sachet contenant les bactéries probiotiques et est mis dans un tube à essai contenant 9ml d'eau peptonée. Le mélange est agité manuellement et en fin incubé à 37°C pendant 24h.

V.3.2.4. Préparation du milieu de culture(Lab M Limited, 2012)

Le milieu de culture utilisé est le milieu MRS (Man, Rogosa et Sharpe) Agar déshydraté spécifique pour la culture des *Lactobacillus* et *Bifidobacterium*. Sa préparation a été faite comme le fabricant l'a indiqué. Il s'agissait de peser 63.3g et le mettre dans une fiole jaugée puis ajouter 1000 ml de l'eau distillée. Le mélange est homogénéisé en agitant sur un agitateur magnétique jusqu'à la disparition des particules en suspension. Il est encore stérilisé à l'autoclave. Le milieu étant prêt à l'emploi est déposé sous hotte pour limiter les sources de contamination.

V.3.2.5. Culture des bactéries probiotiques (ISO, 2010)

La culture des bactéries nécessite toujours des conditions aseptiques raison pour laquelle la hotte à flux laminaire subit la création des conditions en faisant une désinfection par injection des rayons UV pendant environ 15min. On éteint ces UV et on injecte un éclairage et une ventilation supérieure à celle de l'extérieur de la hotte pour éviter l'entrée de l'air extérieur. Le milieu de culture, les embouts, l'eau peptonée et les boîtes de Pétri doivent être stérilisés à l'autoclave à une température de 120°C pendant 15min à une pression de 1atm.

L'eau peptonée faite, les bactéries activées et le milieu de culture prêt ; nous avons étiqueté les boîtes de pétri suivant l'ordre des dilutions souhaitées et nous avons par la suite préparé les dilutions décimales jusqu'à 10^{-5} selon la norme ISO 6887-1. Les dilutions décimales sont préparées en utilisant la solution préenrichie qui constitue la solution mère. A chaque dilution, nous avons fait 5 répétitions où les boîtes ayant des résultats positifs ont été considérées pour la réalisation des moyennes. Celles dont les valeurs trop minimales ont été rejetées.

Nous avons ensuite procédé à la culture proprement dite en pipetant à l'aide d'une micropipette les substrats préparés selon l'ordre bien précis (1ml, 3ml, 5ml cuit ou non) vers les boîtes de pétri étiquetées (prises d'essais).

Après avoir fait les prises d'essais pour chaque extrait des substrats dans la boîte, on a ajouté 1ml de chaque dilution de la culture préalablement activée correspondant à chaque boîte. Après l'ensemencement, on procède à la couverture des boîtes avec des papiers parafilm pour respecter les conditions d'anaérobiose. On attend à ce que le milieu de culture se solidifie et les boîtes sont renversées et mis dans l'incubateur à 37°C pendant 72h.

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*



Figure 6: Incubation à 37°C

V.3.2.6. Dénombrement des bactéries probiotiques (Barrett & al., 2012)

Après la période d'incubation de 72h à 37°C, nous avons retiré les boîtes de Pétri et un comptage a été conduit puis nous avons conservées les extraits de substratsensemencés au réfrigérateur à 4°C pendant 14jours et à chaque 7 jours un comptage des colonies a été effectué pour constater l'évolution des colonies mais aussi l'évolution de l'acidité pendant la conservation au frigo ISO 15214(D. Man & Rogosa, 2017). Des échantillons types, en considérant la moyenne de dilution la plus productive, a été formulée pour étudier leur conservabilité au frigo où nous avons pris le paramètre acidité en considération.

Voici les figures illustrant le comptage de colonies :

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

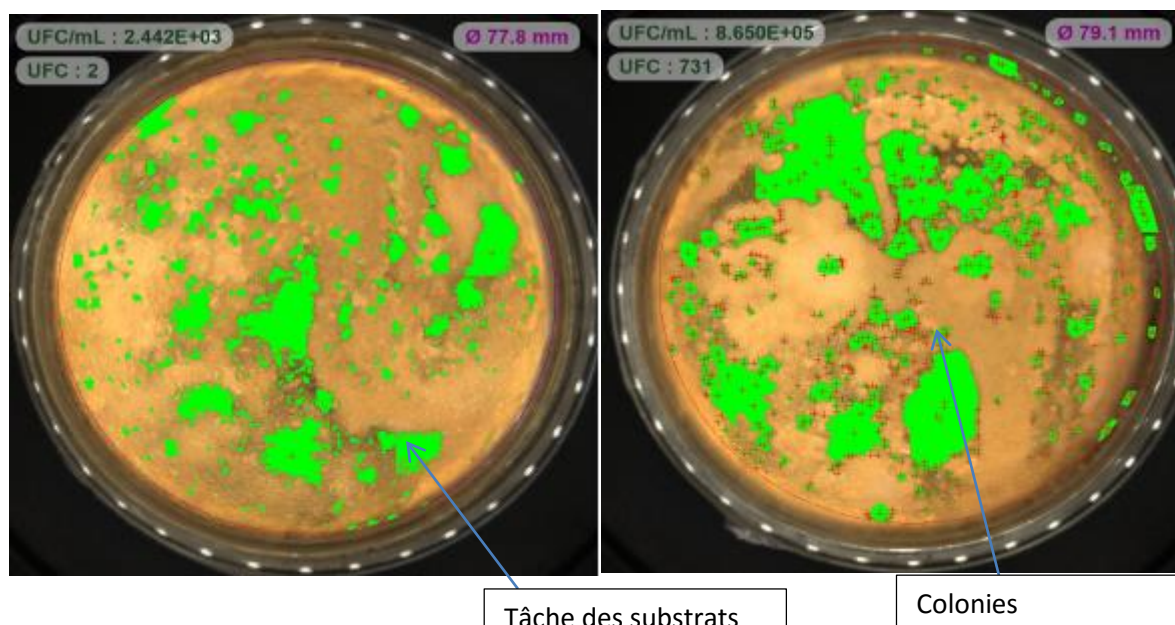


Figure 7: Comptage des colonies

Nous avons alors procédé au comptage de colonies à l'aide d'un compteur automatique de colonies SCAN[®] 300 de la société « interscience » utilisant le logiciel SCAN[®] version 8. Ce logiciel est utilisé en fonction du type de compteurs de colonies choisi et on trouve SCAN[®]300/500/1200/4000.

Avec leur logiciel, les compteurs automatiques de colonies SCAN[®] permettent de compter les colonies des microorganismes qui se sont développés dans ou sur un milieu de culture soit en boîte de Pétri soit sur membrane de filtration.

Le dénombrement du *Lactobacillus casei* et *Bifidobacterium lactis* a été fait en milieu MRS Agar de Man Rogosa et Sharpe qui est un Milieu spécifique pour la croissance des lactobacillus ayant été pris comme témoin (Man & al, 1960).

Mode opératoire de dénombrement au SCAN[®] 300 :

Le dénombrement des bactéries présentes dans nos cultures a été fait suivant le manuel d'utilisation du SCAN[®].

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

Nous avons d'abord installé le logiciel SCAN® en connectant le câble USB du SCAN® à l'ordinateur, puis nous avons créé et ouvert une session de travail et paramétré les réglages possibles dont :

- Le type d'ensemencement : ce paramètre décrit la manière dont la boîte de Pétri a été inoculée. Pour nous, l'ensemencement a été fait en profondeur (en masse). Si l'ensemencement n'est pas fait selon la méthode spirale, il est dit uniforme ;
- Le type d'affichage : avec l'onglet d'affichage, parmi les modes possibles (marquage en aplat, par entourage ou en carré encadrant la colonie) nous avons choisi le marquage en aplat des colonies trouvées ;
- Le mode d'éclairage : le compteur des colonies possède de lampes d'éclairage dont l'éclairage du haut allumé, du haut éteint, du bas allumé, du bas éteint, le fond d'écran et le fond sombre doivent être réglés pour un comptage optimal et la couleur de colonie est représentée par la couleur rouge en forme de + ;

Pour la détermination des concentrations bactériennes, Le SCAN® suit les formules données par la norme internationale ISO 7218.

La concentration moyenne est donnée par la formule suivante(ISO,2013) :

$$N = \frac{\Sigma C}{V * [n_1 + (0.1 * n_2)] * D}$$

Où

ΣC est la somme des colonies comptées sur toutes les boites retenues à deux dilutions successives et dont au moins une contient au moins « X » colonies où « X » représente la borne minimale définie dans le réglage ;

V est le volume de l'inoculum appliqué à chaque boîte, en ml ;

n_1 est le nombre de colonies retenues à la première dilution ;

n_2 est le nombre de colonies retenues à la seconde dilution ;

D est le nombre de dilution correspondant à la première dilution retenue (d=1 pour un produit liquide non dilué).

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

V.4. Analyse des données

Les analyses statistiques des résultats obtenus ont été effectuées à l'aide des logiciels STATA 15 et SPSS 20 où nous avons fait le test de Régression linéaire et le test de comparaison des moyennes.

CHAPITRE VI. PRESENTATION ET DISCUSSION DES RESULTATS

VI.1. Présentation et Discussion des résultats physicochimiques

VI.1.1. La teneur en éléments minéraux

Les résultats de la composition en éléments minéraux sont exprimés en mg/kg de MS dans le tableau suivant :

Tableau 6: Teneurs en sels minéraux

Eléments minéraux Nom de l'échantillon	mg/kg de Ca en MS	mg/kg de Mg en MS	mg/kg de Na en MS	mg/kg de K en MS	mg/kg de Fe en MS
<i>Dioscorea bulbifera</i> (Amatugu)	1240	3332	58,5	18301	510
<i>Coleus dysentericus</i> (Inumpu),	437	2048	109	7182	137
Std. Error of Mean	2	2	2	2	2
	401.500	642.000		5559.500	186.500

Il s'avère que les teneurs en sels minéraux des tubercules secs de *Dioscorea bulbifera* analysés au laboratoire de LASPA étaient de 1240mg/kg de Ca, 3332mg/kg de Mg, 58.5mg/kg de Na, 1301mg/kg de K et de 510mg/kg de Fe. Les résultats des analyses des teneurs en éléments minéraux de *Coleus dysentericus* sont respectivement de 437 mg/Kg, 2048 mg/Kg, 109 mg/Kg, 7182 mg/Kg et 137 mg/Kg de Ca, Mg, Na, K et Fe.

Tous ces tubercules possèdent des teneurs en K très élevées et sont pauvres en Na. Pour le *Dioscorea bulbifera*, la teneur en K est en peu supérieure à celle trouvée par Koledoye & Lucky (2019) qui varie entre 971-1560 mg/100g. Sa teneur en Na a été trouvée dans les limites de 4.15–17.8 trouvée dans une étude faite par Bhandari & al., (2003). La teneur en Ca est proche de celle de 160.45mg/100g Nwachukwu & Okoroafor (2019) et plus proche à celle de 121.3mg/100g (Bekele & Bekele, 2018). Bekele & Bekele(2018) ont aussi trouvé une teneur en Fer de ces tubercules variant entre 20.26-90.5. Ces auteurs ont trouvés une teneur en Mg qui varie entre 72-139mg/100g de matière sèche des échantillons de *Dioscorea bulbifera*.

Le *Coleus dysentericus* présente des teneurs en Ca, Fe, Na, Mg et K différentes de celles trouvées dans d'autres études ce qui peut être expliqué par des différences de la composition du sol, des zones agroécologiques, ...

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

Toutes ces tubercules présentent des teneurs suffisantes en ces minéraux ; ce qui serait l'un des facteurs favorisant la croissance des probiotiques.

VI.1.2. Le pH et l'indice de réfraction

Le pH et l'indice de réfraction des jus extraits de *Dioscorea bulbifera* et de *Coleus dysentericus* qu'ils soient cuits ou non crus sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 7: pH et indice de réfraction des substrats crus et cuits

<i>Coleus dysentericus</i>				<i>Dioscorea bulbifera</i>			
Cuit		Non cuit		Cuit		Non cuit	
pH	D.Brix	pH	D.Brix	pH	D.Brix	pH	D.Brix
5.5	4.75	5.28	5	5,92	2	5,6	1.5

Les jus extraits des tubercules de *Dioscorea bulbifera* cuits ont un pH de 5.92 et 2% des sucres fermentescibles tandis que ces tubercules lorsqu'ils sont crus le pH et le degré brix sont respectivement de 5.6 et 1.5. Pour le *Coleus dysentericus*, les valeurs de ces tubercules cuit et crus sont plus proches les uns des autres et se sont de l'ordre de 5.5 (pH) et 4.75 % pour le degré brix des tubercules cuits ; et 5.28 pour le pH et le degré brix de 5% des tubercules non cuits. Le pH favorisant la croissance des *Lactobacillus* et des *Bifidobacterium* varie entre 5.5-6 (Gomes & Malcata, 1999).

VI.2. Présentation et discussion des résultats microbiologiques

VI.2.1. Impact de la concentration et la nature des substrats sur la croissance des bactéries probiotiques

Les substrats cuits et crus présentent des comportements différents vis-à-vis de la croissance de ces microorganismes. Ce comportement est étudié et estimé dans les figures ci-dessous :

VI.2.1.1. Impact de la concentration et la nature du *Dioscorea bulbifera* sur la croissance des bactéries probiotiques

Les figures 8, 9 et 10 nous montrent la viabilité de *Lactobacillus casei* et *Bifidobacterium lactis* dans les extraits de *Dioscorea bulbifera* en fonction de la nature et des différentes concentrations de cet extrait.

A. Impact sur le *Lactobacillus casei*

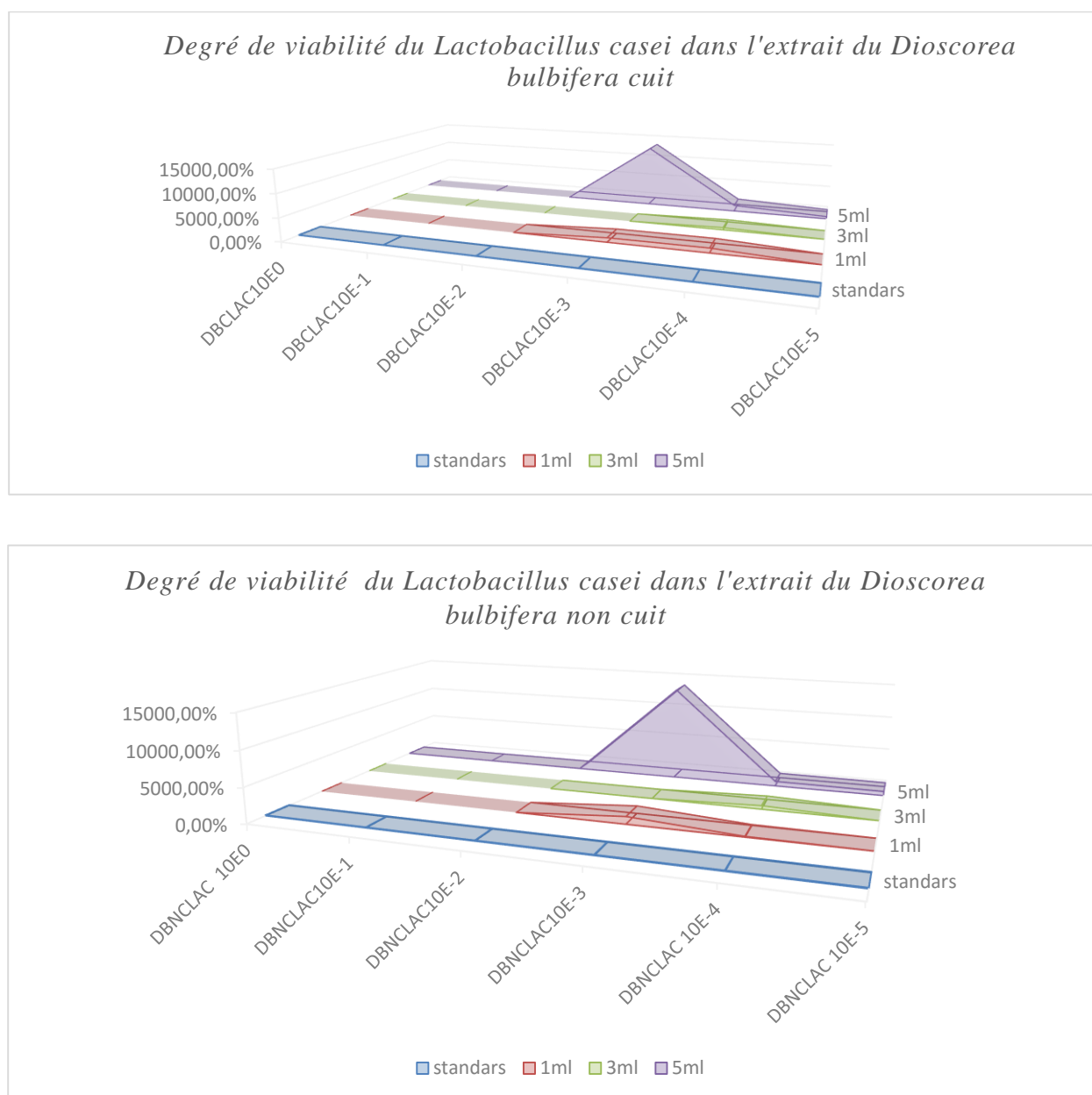


Figure 8: Impact de la concentration des extraits de DB sur la croissance de *L.casei*

La croissance du *Lactobacillus casei* augmente en fonction de l'augmentation de la concentration du *Dioscorea bulbifera*. Pour l'extrait du *Dioscorea bulbifera* cuit avec 1ml d'extrait, la croissance s'observe à une dilution de 10⁻³ et 10⁻⁴ et à 10⁻³ pour la culture en ce substrat non cuit ; lorsque on augmente la concentration jusqu'à 3ml, la croissance maximale s'observe à la dilution de 10⁻⁴ mais l'augmentation jusqu'à 5ml de ce substrat entraîne une croissance considérable de ces bactéries pour une dilution optimale de 10⁻³.

Indépendamment de la dose en extrait du *Dioscorea bulbifera*, il s'observe une nécessité de mener la dilution pour faciliter la croissance des lactobacilles.

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

Toutefois, la dilution la plus idéale est de 10^{-3} , avec une concentration en substrat de 5ml. Plus la concentration en extrait augmente plus la croissance s'améliore et la dilution optimale diminue.

Il s'observe également que la diminution de la viscosité est une nécessité pour que les bactéries lactiques puissent se développer en toute sérénité.

B. Impact de la concentration du substrat sur le développement du *Bifidobacterium lactis*

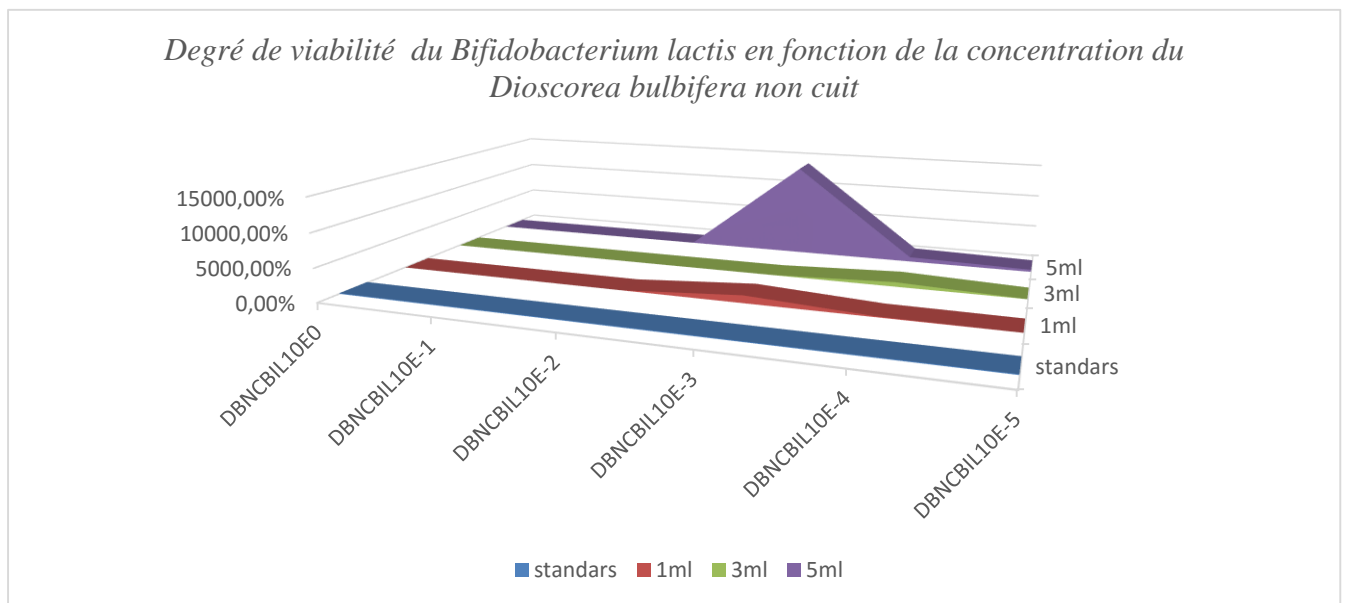
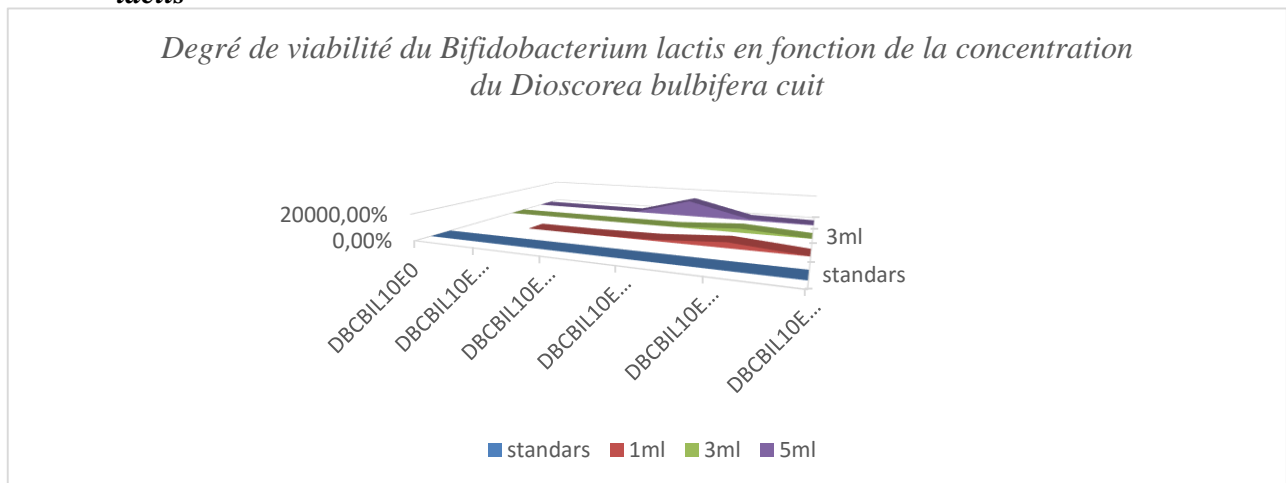


Figure 9: Impact de la concentration des extraits de DB sur la croissance de *B.lactis*

culture en ce substrat non cuit ; lorsque on augmente la concentration jusqu'à 3ml, il s'observe à 10^{-4} . L'augmentation de l'extrait jusqu'à 5ml de ce substrat entraine une croissance considérable de ces bactéries à 10^{-3} . En général plus le volume de l'extrait augmente plus les bactéries se multiplient rapidement même à des dilutions les plus faibles.

C. Impact de la concentration du substrat sur le développement symbiotique du *Lactobacillus casei* et *Bifidobacterium lactis*

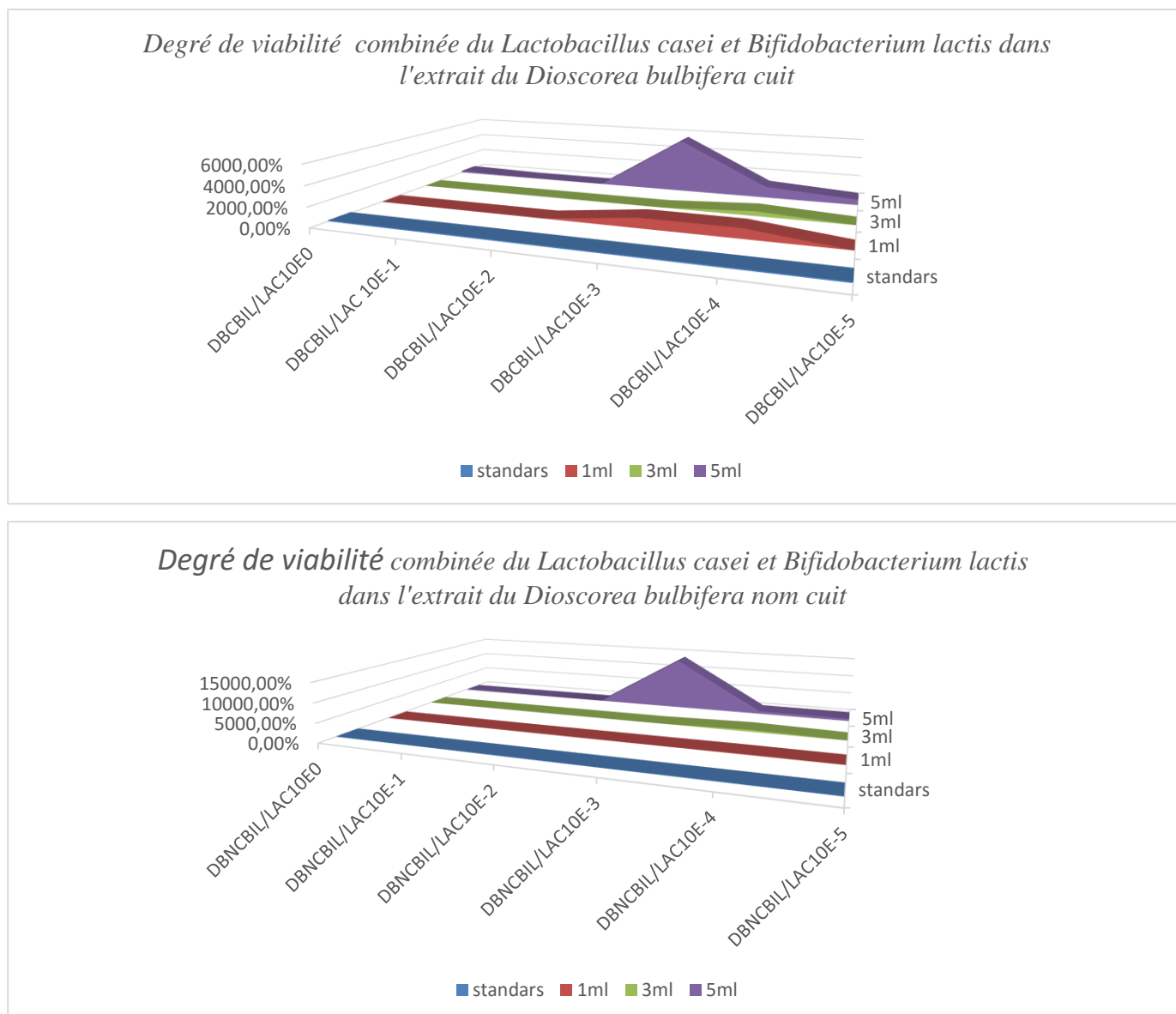


Figure 10: Impact de la concentration des extraits de DB sur la croissance de *B.lactis* combiné avec *L.casei*

Lorsqu'on combine ces deux bactéries dans un extrait du *Dioscorea bulbifera* cuit avec 1ml, on observe une croissance de ces dernières à une dilution de 10^{-3} et 10^{-4} et pour la culture en ce substrat non cuit, la croissance est lente ; lorsque on augmente la concentration jusqu'à 3ml, il s'observe un développement de ces bactéries à une dilution de 10^{-4} mais l'augmentation jusqu'à 5ml de ce substrat entraîne une croissance considérable de ces bactéries à 10^{-3} .

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

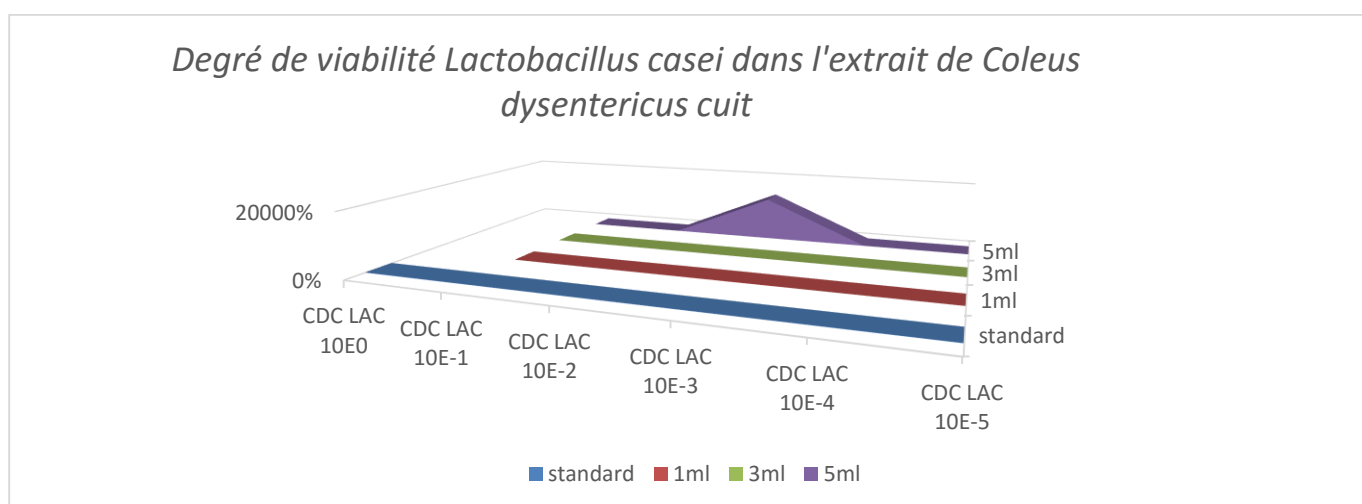
La combinaison de ces microorganismes entraîne une symbiosité extraordinaire dans la croissance et d'une manière générale, les extraits de ces substrats constituent un milieu de croissance pour ces bactéries probiotiques car la croissance s'est avérée idéale dépassant les standards permis par FAO/OMS, (2018) et ISO, (2013) pour les aliments à connotation probiotique.

En effet, en se référant sur le seuil minimal pour qu'un aliment soit considéré comme probiotique où l'organisation internationale ISO,(2013) et Heyman & Heuvelin,(2006) exigent un seuil de 10^6 UFC/ml, le *Lactobacillus casei* et le *Bifidobacterium lactis* ensemencés dans les extraits *Dioscorea bulbifera* présentent une croissance considérable dans une solution de 5ml pour toutes ces bactéries. Autrement dit les calculs mathématiques nous ont permis de constater un ensemencement pratique de 1ml de culture réactivée dans une solution d'extrait de 10l.

VI.2.1.2. Impact de la concentration et de la nature des extraits du *Coleus dysentericus* sur la croissance des bactéries probiotiques

Les figures 11, 12 et 13 nous montrent la viabilité de *Lactobacillus casei* et *Bifidobacterium lactis* dans les extraits de *Coleus dysentericus* en fonction de la nature et des différentes concentrations de cet extrait.

A. Impact sur le *Lactobacillus casei*



Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

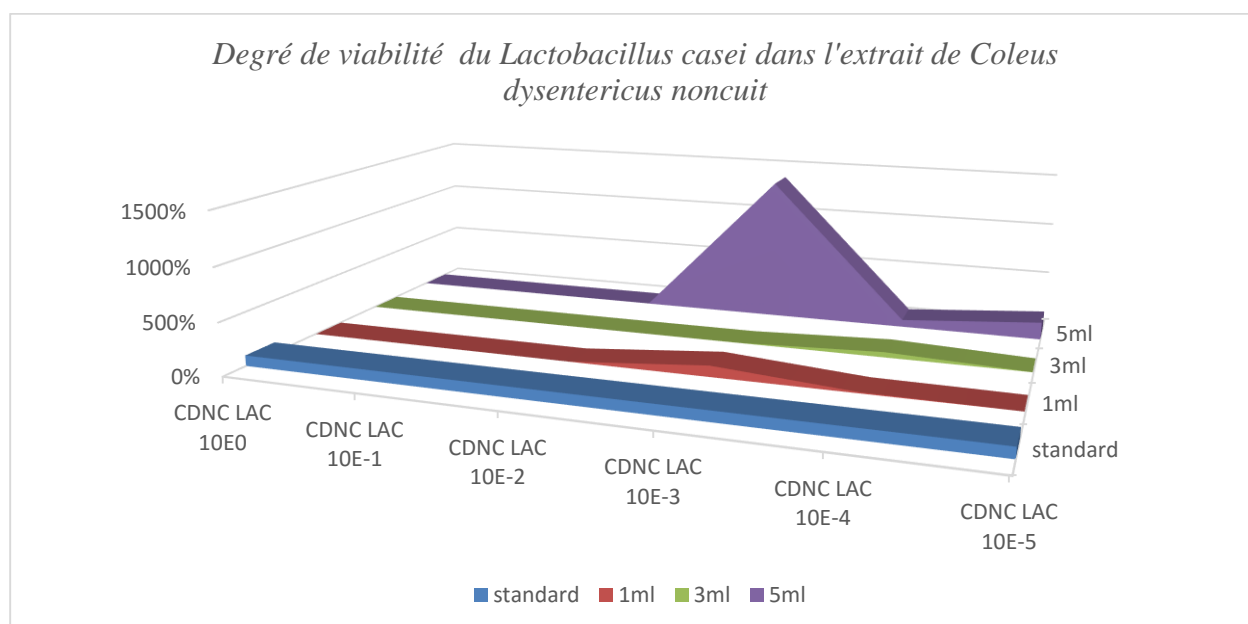


Figure 11: Impact de la concentration des extraits de CD sur la croissance de *L.casei*

Pour la croissance du *Lactobacillus casei*, la variation de quantité de 1ml et 3ml de l'extrait cuit de *Coleus dysentericus* n'a pas d'effet sur sa croissance mais une augmentation de cette solution jusqu'à 5ml entraîne une augmentation de croissance à la dilution 10^3 . Contrairement à l'extrait de *Coleus dysentericus* cru, la dilution 10^{-3} est plus efficace lorsqu'on fait la culture dans un substrat de 1 et 5ml. Dans un extrait de 1ml de *Coleus dysentericus* cuit, le cas exceptionnel où *Lactobacillus casei* présente une croissance supérieure par rapport à d'autres concentrations du substrat entre les dilutions 10^{-3} et 10^{-4} . Mais, aux mêmes dilutions, cette bactérie croit bien lorsqu'elle estensemencée dans une solution de 5ml de ce substrat.

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

B. Impact sur le *Bifidobacterium lactis*

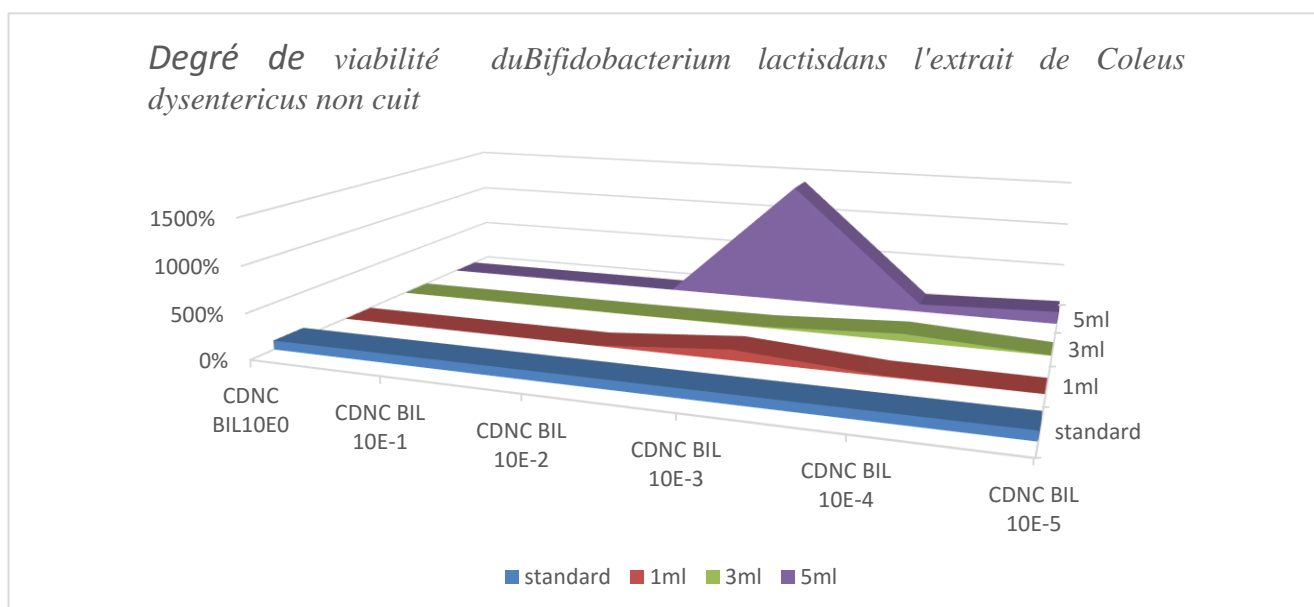
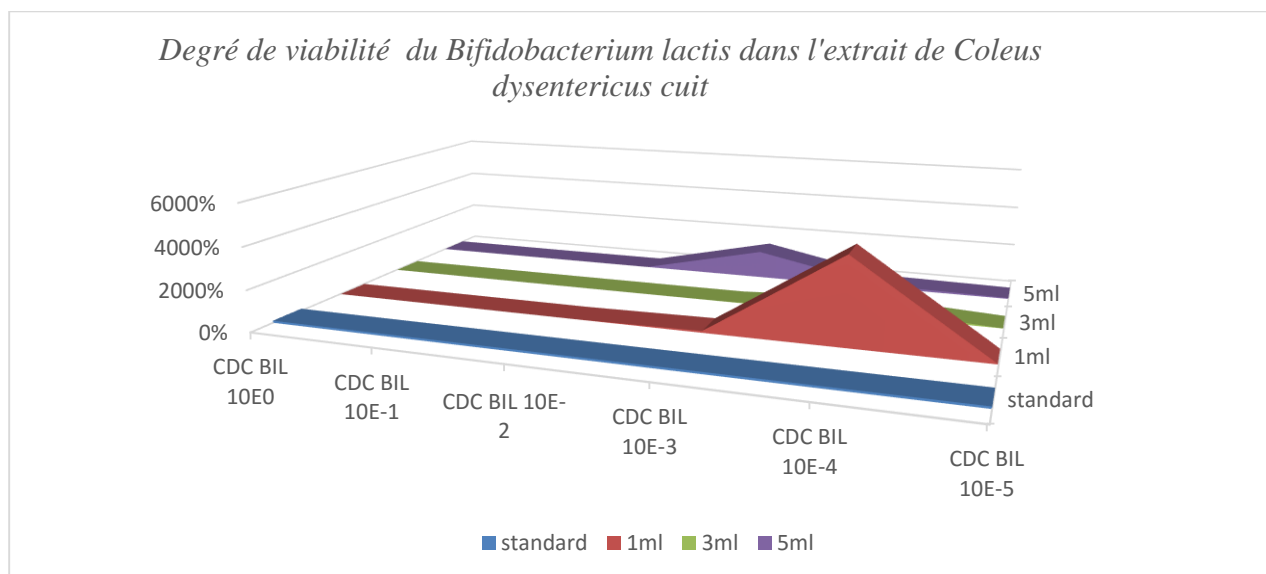


Figure 12: Impact de la concentration des extraits de CD sur la croissance de *B.lactis*

La combinaison de *Bifidobacterium lactis* et *Lactobacillus casei* dans des solutions différentes des extraits du *Coleus dysentericus* entraîne une croissance rapide par rapport au seuil standard et cela s'observe à une dilution 10^{-4} lorsqu'on utilise 1ml et 5ml de ce substrat cuit. Dans le substrat cru, la croissance de ces bactéries augmente de 1000 fois lorsqu'on fait l'inoculation dans 5ml de l'extrait cru de ce substrat.

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

C. Impact sur la combinaison de *Lactobacillus casei* et *Bifidobacterium lactis*

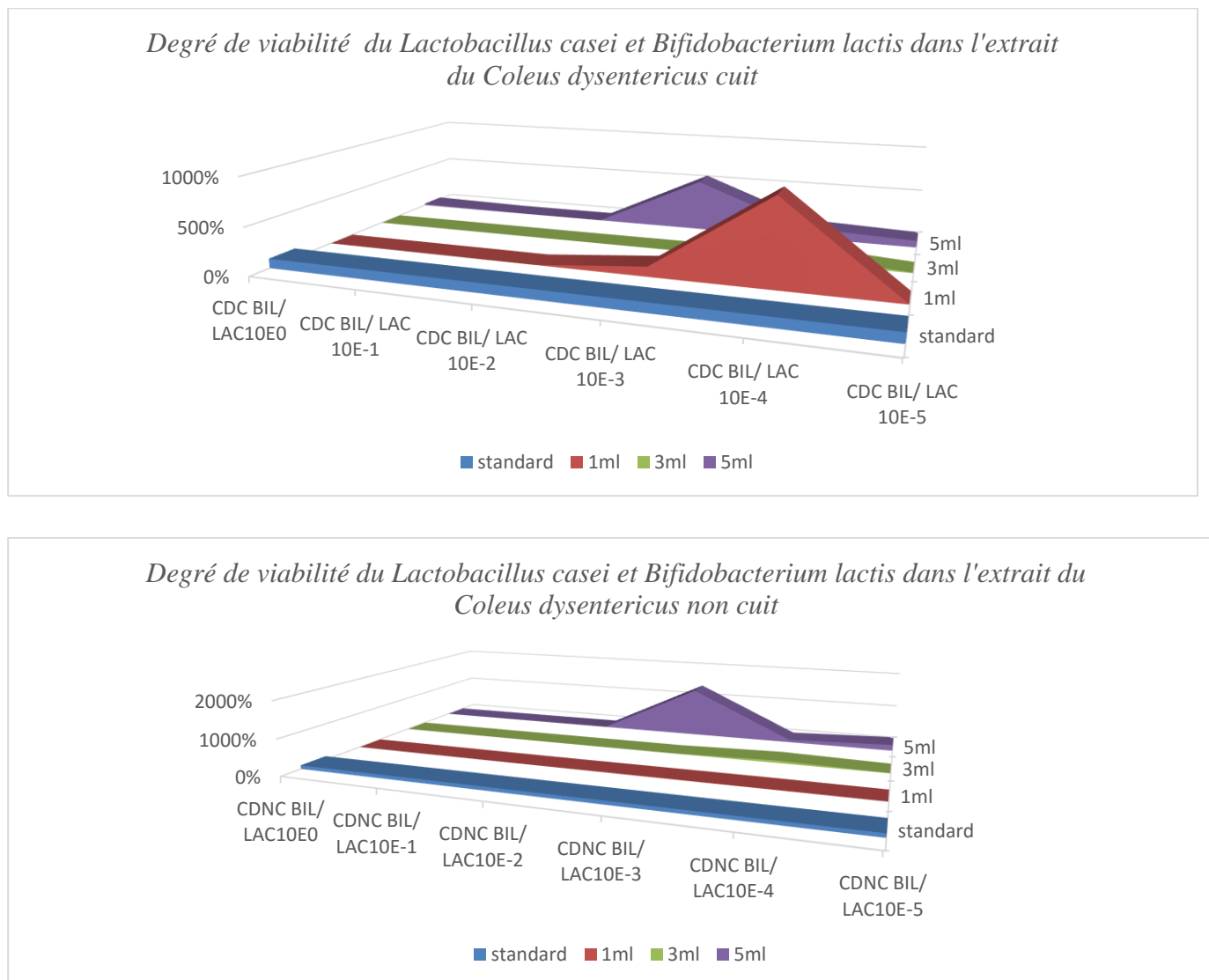


Figure 13: Impact de la concentration des extraits de CD sur la croissance de *B.lactis* combiné avec *L.casei*

Que ce soit pour l'extrait du *Coleus dysentericus* ou pour celui du *Dioscorea bulbifera*, un constat général pour tous ces substrats est que la nature du substrat (cuit ou non cuit) n'influence pas la croissance de ces bactéries. Il n'y a pas de différence significative pour la croissance de ces bactéries ($p\text{-value} > 0.05$) mais pour le volume du substrat on observe une différence significative où l'ajout de 5ml de l'extrait de chaque substrat entraîne une augmentation de croissance considérable. Toutefois, les cellules viables restent dans les normes de l'ISO, (2013), FAO/OMS, (2018).

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

VI.2.2. Evaluation de la viabilité *Lactobacillus casei* JYLC-374 et *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 entre le *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

Les figures 14 et 15 montrent en générale la différence de viabilité des cellules vivantes de *Lactobacillus casei* JYLC-374 et *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 dans chaque substrat :

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

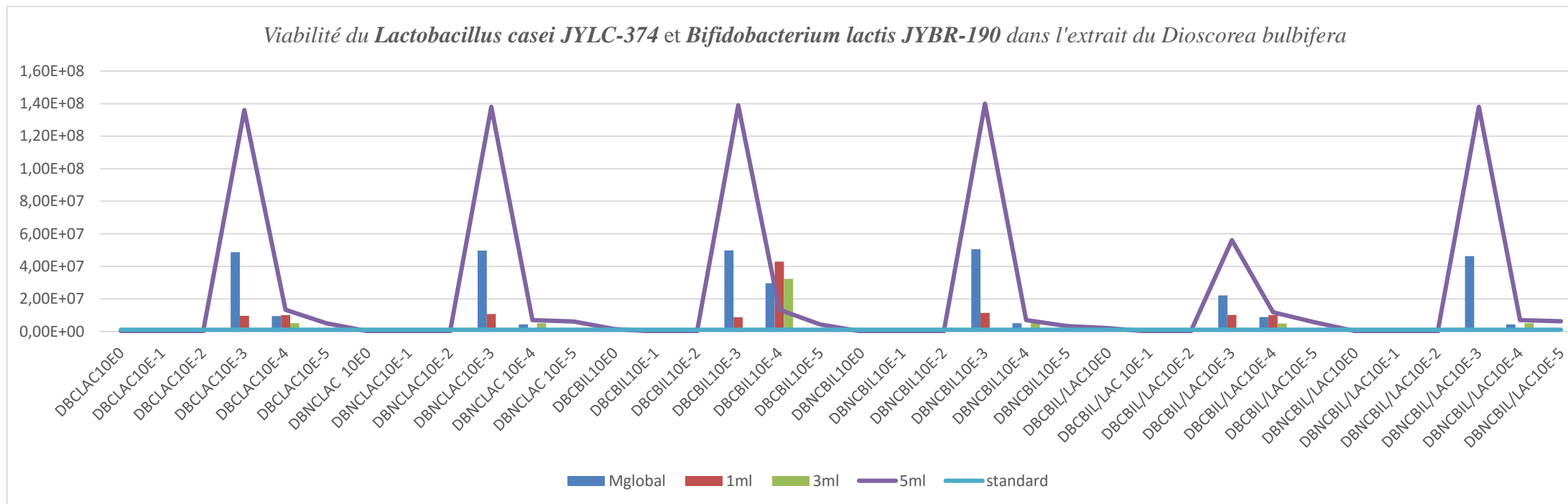


Figure 14: Evaluation de la viabilité des probiotiques dans l'extrait de DB

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

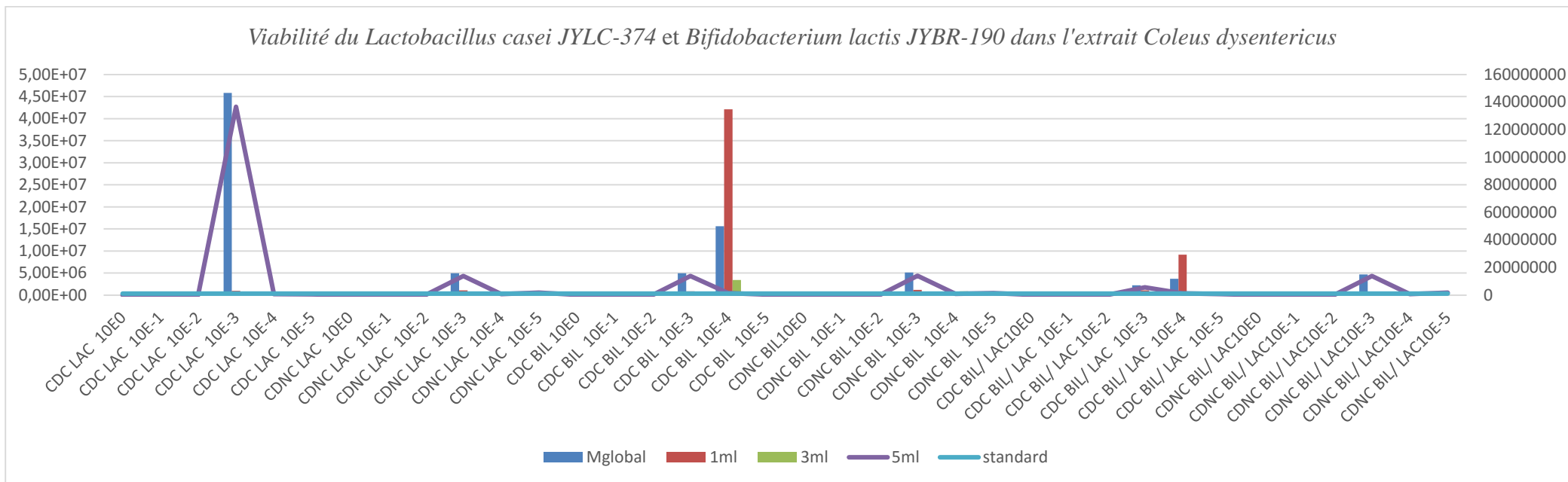


Figure 15: Evaluation de la viabilité des probiotiques dans l'extrait de CD

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

Le *Lactobacillus casei* JYLC-374 et le *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 présentent un degré de viabilité maximal à une dilution décimale 10^{-3} . Généralement, le volume du substrat que ces bactéries supportent mieux par rapport autres volumes est celui de 5ml. La croissance est rapide dans cet extrait en raison de la disponibilité de concentration en éléments nutritifs c'est-à-dire plus on augmente la quantité du substrat, plus on augmente la biodisponibilité des nutriments favorisant la vie de ces cellules.

Parmi les deux, le *Dioscorea bulbifera* est le meilleur substrat favorisant la croissance de ces bactéries, mais toutes les bactéries génèrent un meilleur rendement dans tous ces substrats car la teneur en cellules viables est supérieure aux exigences de FAO/OMS, (2018) et ISO, (2013). Une aliment est dit probiotique lorsqu'il présente un nombre minimum d'UFC allant jusqu' 10^6 UFC/ml (Huot, 2009) ce qui justifie l'efficacité de nos bactéries qui, pour toutes les dilutions, ont été trouvées à un seuil supérieur ou égal à celui-ci.

En générale, les résultats trouvés sont proches à ceux trouvés par d'autres auteurs. Par exemple dans un travail invivo sur les microorganismes probiotiques où une étude qui portait sur 10 volontaires, la souche de *Lactobacillus casei shirota* était retrouvée à la concentration de 10^7 UFC/g après l'ingestion quotidienne d'un produit contenant $10^{11,5}$ UFC, mais dans le même étude, on a trouvé des résultats différents des nôtres avec Une quantité élevée de 10^9 a aussi été retrouvée au niveau de l'iléon après la consommation de 10^{10} *Bifidobacterium lactis* Bb12 (Boclé, 2005). La variation de concentration du substrat présente une augmentation de biomasse, ce qui a été remarqué dans une étude de fermentation du miel où à des concentrations de 5 à 10% on a observé une augmentation de biomasse de 8.9 à 10.6 log UFC/ml (Riazi & Ziar, 2010).

VI.2.3. Impact des nutriments sur la croissance des bactéries probiotiques

La croissance de *Lactobacillus casei* JYLC-374 et *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 peuvent être favorisé par la présence des sels minéraux et d'autres facteurs comme le pH, le degré brix mais le tableau 8 nous montre qu'il existe d'autres facteurs pouvant l'influencer.

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

Tableau 8: Détermination de significativité entre les nutriments et le type de substrat

Type de substrat	Fisher	P-value	R-squared	Cons
DBCLAC10E-3	F(0,2)	0.0001	0.22	0.383
DBNCLAC10E-3	F(0,2)	0.0001	0.20	0.379
DBC BIL10E-3	F(0,2)	0.0001	0.21	0.380
DBNCBIL10E-3	F(0,2)	0.0001	0.18	0.377
DBC BIL/LAC10E-3	F(0,2)	0.0001	0.11	0.327
DBNCBIL/LAC10E-3	F(0,2)	0.0001	0.25	0.420
CDC LAC 10E-3	F(1,1)	0.0003	0.5421	0.500
CDNC LAC 10E-3	F(1,1)	0.0003	0.1932	0.710
CDC BIL 10E-3	F(1,1)	0.0087	0.2078	0.495
CDNC BIL 10E-3	F(1,1)	0.0097	0.1939	0.495
CDC BIL/ LAC 10E-3	F(1,1)	0.0058	0.1189	0.497
CDNC BIL/ LAC10E-3	F(1,1)	0.0076	0.2488	0.499

Les facteurs cibles dans cette étude sont les sels minéraux (Ca, Mg, Na, K et Fe), l'indice de réfraction et le pH des substrats utilisés pour l'analyse microbiologique. Ce test est fait sur tous les types de substrats pour chaque catégorie de concentration et sa nature (cuit ou non). Toutes ces variables prises conjointement sont significative sur chaque type de substrat $p\text{-value} < 0.05$. Le coefficient R-Squared qui détermine la contribution de ces facteurs vis-à-vis du type de substrat montre que ces nutriments contribuent de 11 à 54% sur la croissance de ces bactéries probiotiques. Cela signifie qu'il y a d'autres facteurs pouvant influencer la croissance de ces bactéries. Par exemple des études ont montrées que les bifidobactéries sont des microorganismes à faible pouvoir protéolytique ce qui justifie la nécessité d'apport de sources d'azote où l'augmentation de la valeur nutritionnelle en protéines, sels minéraux et vitamines de la spiruline a montré une amélioration significative $p < 0.05$ de l'effet bifide du lait fermenté (Hamouda & Doumandji, 2016). A part le sucre, les minéraux et le pH, nos bactéries ont besoin de fibres, vitamines, acides aminés (Yeboah et al., 2023) et d'autres facteurs comme la température, le milieu de culture et l'oxygène (Zohra, 2017) pour leur viabilité. On comprend une fois de plus que les paramètres avaient été ciblés de façon maximale pour justifier la variable d'intérêt car la valeur de la constante reste supérieure à p-value.

VI.2.4. Impact de la concentration des nutriments sur l'accumulation de l'acidité pendant la conservation

Les figures 16 et 17 nous expliquent l'effet des nutriments se trouvant dans les tubercules de CD et DB sur l'accumulation de l'acidité pendant la conservation du produit probiotique provenant de la fermentation de ces extraits.

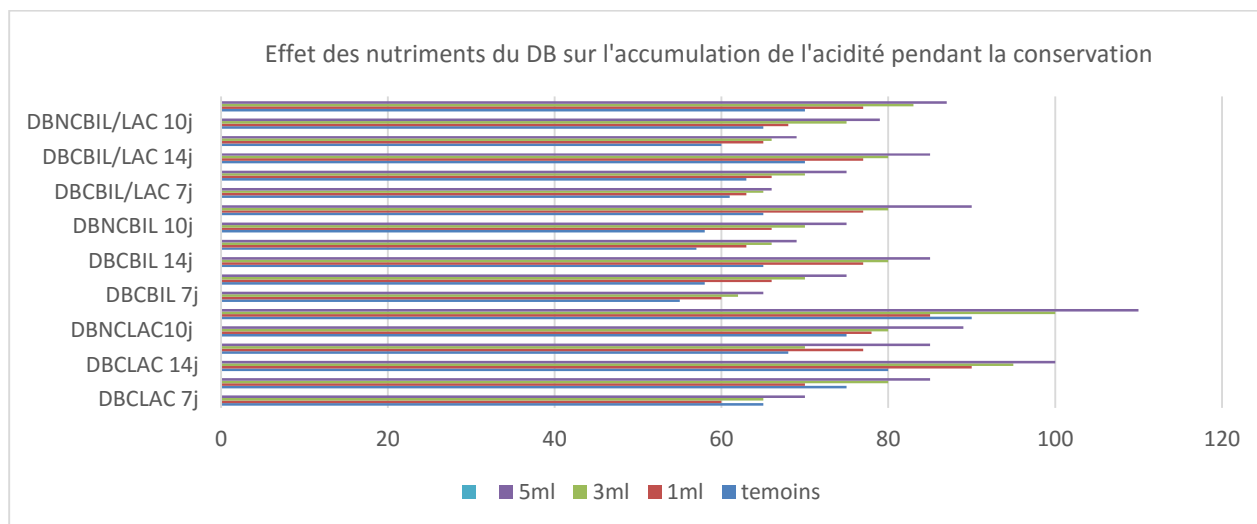


Figure 16: Effet des nutriments du DB sur l'accumulation de l'acidité pendant la conservation

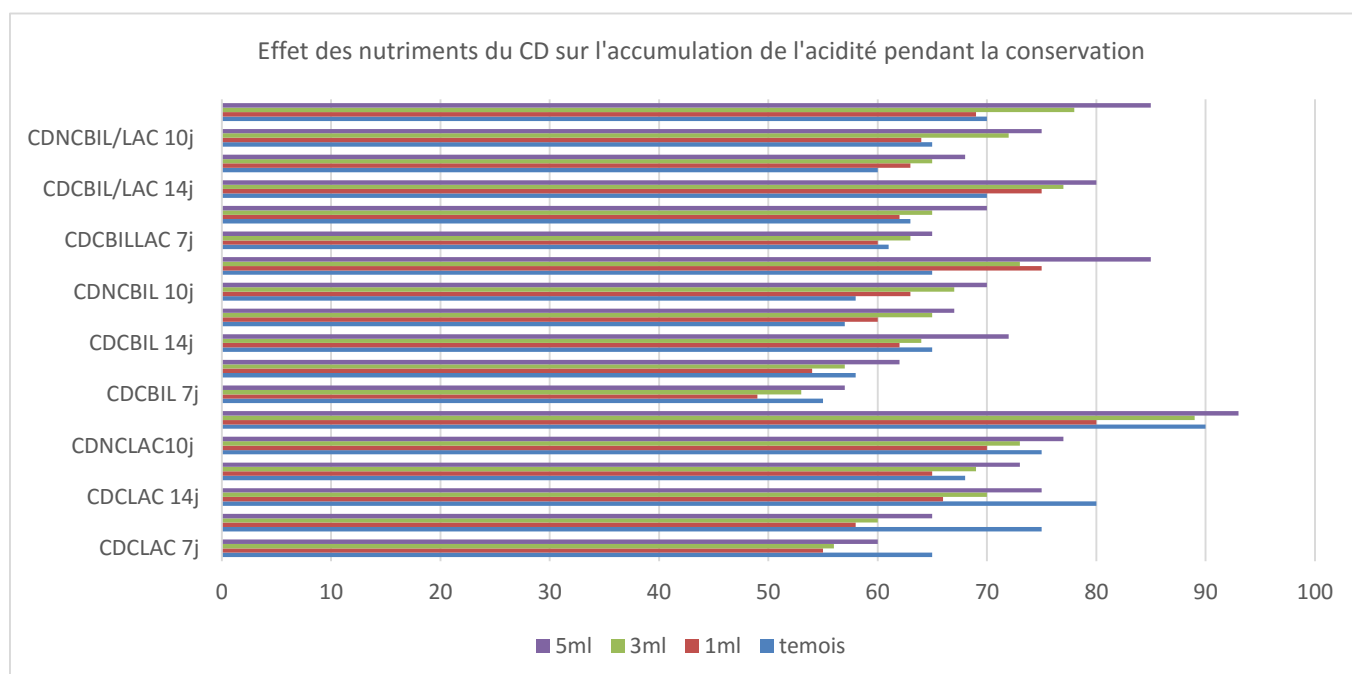


Figure 17: Effet des nutriments du CD sur l'accumulation de l'acidité pendant la conservation

La mesure de l'acidité est effectuée du jour à l'autre compte tenu de l'acidité initiale qui permet de déterminer l'acidité totale au quatorzième jour.

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

Au regard de développement de l'acidité pendant la conservation, le seuil de 110°Th n'a pas été dépassé dans 14 jrs. Le seuil trouvé dans nombreux cas est proche au seuil du lait pasteurisé et du Yaourt qui varie de 20-65°Th. Il s'observe cependant une stabilisation de la production d'acides qui est beaucoup plus modelée dans les extraits du CD que ceux du DB. Toutefois, tous les extraits se comportent normalement pendant la conservation au froid à température comprise entre 4 – 6°C.

Dans une étude faite par Dihia & Thamila, (2018) sur la viabilité des bifidobacteries dans le Yaourt en présence des extraits des écorces de grenade, le taux d'acidité augmente lors de la conservation à 4°C pendant 7 jours et le taux de multiplication des bactéries diminue ce qui concorde avec les résultats trouvés lors de notre analyse. Dans une même étude, le taux d'acidité a augmenté jusqu'à plus de 100°Th après 24h, de 120°Th et 140°Th pendant 77 à 14 jours de conservation.

Nos résultats sont similaires à ceux trouvés dans une étude de fermentation de miel où la variation de concentrations du miel de 5% et 10% ont montré une meilleure évolution d'acidité à une concentration de 10% (Riazi & Ziar, 2010)

Ainsi, dans une autre étude sur la fermentation du Kéfir, il s'observe une augmentation de l'acidité jusqu'à plus de 90°Th pendant 8 jours de conservation (Misbah, 2014).

VI.2.5. Effet cryoprotecteur des extraits du CD et du DB sur la stabilisation du développement des microorganismes pendant la conservation au froid

Les figures suivantes montrent le degré de contribution de l'effet cryoprotecteur des extraits du CD et du DB sur la stabilisation du développement des microorganismes pendant la conservation au froid.

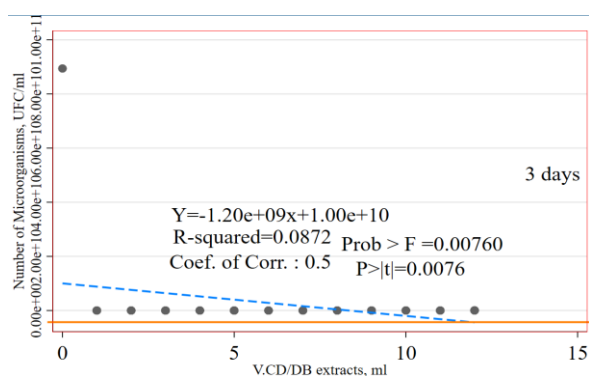


Figure 18: Effet des extraits des substrats conservés à 6°C pendant trois jours sur le développement des microorganismes

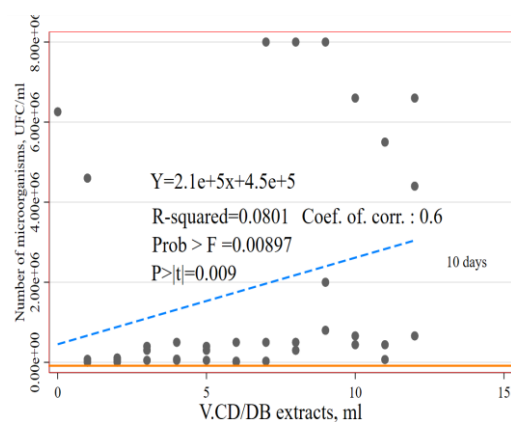


Figure 19: Effet des extraits des substrats conservés à 6°C pendant dix jours sur le développement des microorganismes

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

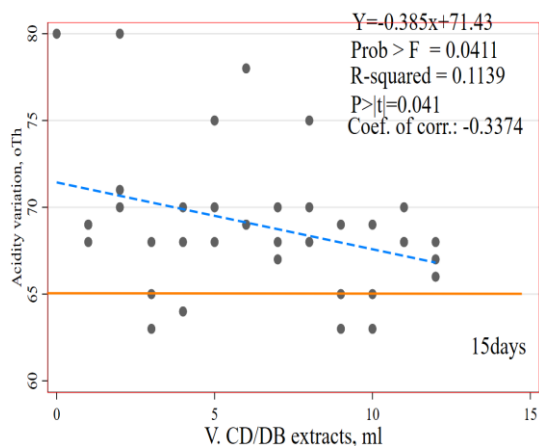


Figure 21: Effet de la variation de l'acidité des extraits du CD ou DB à 6°C pendant 15 jours

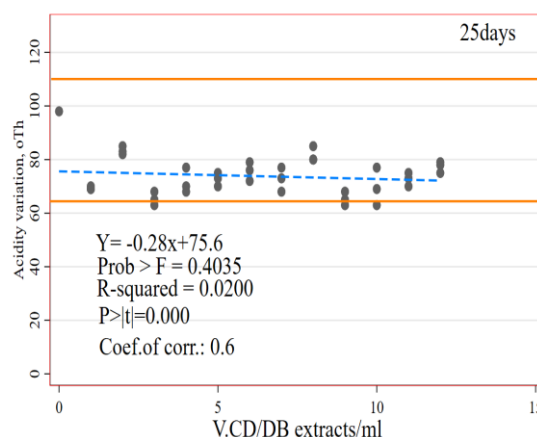


Figure 20 : Effet de la variation de l'acidité des extraits du CD ou DB à 6°C pendant 25 jours

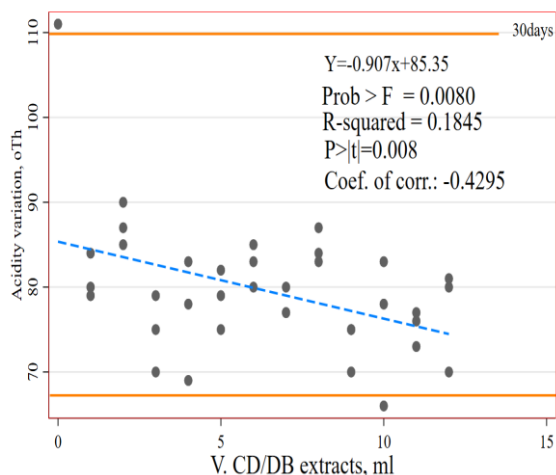


Figure 22: Effet de la variation de l'acidité des extraits du CD ou DB à 6°C pendant 30 jours

A la 3^e journée dans la fermentation, il s'observe que tous les échantillons ont atteint l'acidité seuil de 65°Th. Après 10 jours de conservation à la température de 6°C, l'acidité augmente avec une relation exponentielle qui est beaucoup plus accentuée chez l'échantillon témoin. A 15 jours de conservation du produit à cette température, nous remarquons un développement accéléré de l'acidité dans tous les échantillons tout en remarquant quelques échantillons qui gardent toujours l'acidité proche du seuil de 65°Th.

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

Dans ce contexte, il est acceptable que le caractère stabilisant soit également démontré dans la gestion des réactions biochimiques du produit pendant la conservation. Plus la teneur en extrait augmente plus la capacité de la cryoprotection augmente.

A 25 jours de la conservation du produit au froid, presque tous les produits ont déjà dépassé le seuil minimal mais tous les échantillons restent dans les limites tolérables pour le seuil maximal de 110°Th.

A 30 jours de conservation du produit, seul l'échantillon témoin a dépassé les limites tolérables de l'acidité (110°Th). Tous les autres échantillons ayant connu un ralentissement exagéré dans l'accumulation de l'acidité. Néanmoins plus, la teneur en extrait augmente plus la capacité de la cryoprotection augmente avec une équation linéaire descendante pour justifier qu'elle tend progressivement à 0 en fonction du temps.

Dans une étude faite sur la fermentation du jus de chou par les espèces de *Lactobacillus* et *Bifidobacterium*, la production d'acide lactique a évolué de façon exponentielle en fonction du temps (Buruleanu et al., 2014)

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Plusieurs études sur les bactéries d'intérêt digestif qui améliorent les qualités nutritionnelles et technologiques sont souvent faites sur le lait et les produits laitiers et on trouve peu d'études qui ont été faites sur les aliments végétaux. Ainsi, dans le monde et particulièrement au Burundi, la flore naturelle est constituée d'autant d'aliments comestibles tels que les fruits, légumes, racines et tubercules et les légumineuses à potentiel prébiotique à cause de leur composition en nutriments notamment les fibres et les éléments minéraux. Plusieurs personnes végétaliennes et végétariennes présentent l'intolérance au lactose et sont incapables de digérer les aliments d'origine animale comme le lait. L'utilisation des produits probiotiques dans les produits alimentaires végétaux contribuera à ces personnes d'avantage à se procurer des bienfaits apportés par les bonnes bactéries. D'après les expériences faites dans cette étude, les résultats ont montré que le *Lactobacillus casei* et le *Bifidobacterium lactis* qui sont souvent utilisés dans la fermentation du lait et des produits laitiers ont la capacité d'adaptation et de survie dans les aliments d'origine végétale notamment ceux de la flore naturelle du Burundi comme le *Dioscorea bulbifera* et le *Coleus dysentericus*. Le produit de la fermentation de ces tubercules justifie aussi leur nécessité en tant que produit probiotique par la production d'acide lactique dont les valeurs proches à celles du Yaourt. Ces tubercules sont des aliments Burundais qui sont considérés comme anciens et avec l'avènement des cultures industriels et autres tubercules comme le manioc, ils ont été ignorés dans l'alimentation Burundaise raison pour laquelle ils doivent être valorisés.

Cependant, ce travail est loin d'être exhaustif, nous proposons comme recommandations :

➤ A d'autres chercheurs :

- ✓ d'approfondir les analyses nutritionnelles en déterminant les teneurs en d'autres nutriments notamment les fibres alimentaires de ces produits et de mener d'autres études sur les autres ressources alimentaires (tubercules, légumes et légumineuses autochtones) qui tendent à disparaître et de s'efforcer et privilégier les recherches sur les produits probiotiques ;
- ✓ de réaliser d'autres études sur les effets des fibres dans l'organisme humain ;
- ✓ d'étudier particulièrement le caractère cryoprotecteur des nutriments (surtout les fibres) du DB et CD vis à vis du LAC et BIL pendant le séchage afin de formuler une poudre sèche aux cultures probiotiques ;

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

- ✓ d'élargir d'autres recherches vers d'autres produits agricoles qui hébergeraient des principes favorisant le développement des bactéries probiotiques afin de varier la gamme des produits probiotique ;
- ✓ de mener une recherche sur l'efficacité biologique des produits probiotiques vis-à-vis des patients qui en auraient besoins ;
- **A l'ISABU et aux autres services de vulgarisations agricoles** : de promouvoir la culture des plantes autochtones ;
- **Aux industriels** : de renforcer les recherches sur la transformation des aliments végétaux surtout ceux riches en fibres alimentaires comme les farines, les jus et autres produits pouvant favoriser la viabilité des bactéries probiotiques ;
- **Au gouvernement** :
 - ✓ de mettre en place un centre de production des microorganismes probiotiques pour faire face aux problèmes liés à leur importation notamment leur disponibilité et leur cout plus cher ;
 - ✓ de sensibiliser les gens la consommation des cultures oubliées comme autres produits alimentaires car ils sont aussi riches en nutriments car hébergeant une potentialité énorme en molécule bioactives.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abara, E. A. (2011). Proximate and Mineral Elements Composition of the Tissue and Peel of *Dioscorea bulbifera* Tuber Proximate and Mineral Elements Composition of the Tissue and Peel of *Dioscorea bulbifera* Tuber. *Pakistan Journal of Nutrition*, *10*(6), : 543-551. <https://doi.org/10.3923/pjn.2011.543.551>
- Abia, U., & Abia, U. (2017). Nutrient Composition and Functional Properties of Major Cultivars of Aerial Yam (*Dioscorea bulbifera*) in Nigeria. *Food Science and Quality Management*, *62*(2013), 10–16.
- Aguilar-galvez, A., Dubois-dauphin, R., Destain, J., & Campos, D. (2012). Les entérocoques : avantages et inconvénients en biotechnologie (synthèse bibliographique). *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, *16*(1), 67–76.
- Ammor, M. S., & Mayo, B. (2007). Selection criteria for lactic acid bacteria to be used as functional starter cultures in dry sausage production : An update. *Meat Science*, *76*, 138–146. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.10.022>
- Anne-marie, C., & Muriel, T. (2019). Les microbiotes humains : des alliés pour notre santé. *Encyclopédie de l'environnement*, 1–10.
- Barengeke Kahiwa, T., Kambasu Kisambi, F., Kinyata Ruremesha, S., & Saile Isaka, J. (2022). Essai d'amélioration de la boisson probiotique à base d'arachide par incorporation de la culture pure YO-MIX® 495 lyophilise. *Ann. Unigom*, *2*, 221–236.
- Bekele, A., & Bekele, E. (2018). Proximate and mineral composition variability in Ethiopian yam (*Dioscorea* spp). *Journal of Food and Nutrition Sciences*, *6*(1), 12–17. <https://doi.org/10.11648/j.jfns.20180601.12>
- Bhandari, M. R., Kasai, T., & Kawabata, J. (2003). Nutritional evaluation of wild yam (*Dioscorea* spp .) tubers of Nepal. *Food Chemistry*, *82*, 619–623. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(03\)00019-0](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00019-0)
- Bhusan, B., Vanni, K., Farheen, A., & Jha, P. (2020). *Dioscorea bulbifera* L. (Dioscoreaceae): A review of its ethnobotany, pharmacology and conservation needs. *South African Journal of Botany*, *000*, 10p. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2020.07.028>
- Boclé, J.-C. (2005). Effets des probiotiques et prébiotiques sur la flore et l'immunité de l'homme adulte. *Afssa, February*.

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

- Boudjelal, A. N. N. (2001). Production d'Acide Lactique par *Lactobacillus Rhamnosus* sur Milieu à Base de Jus de Dattes. *Production et Valorisation – Biomasse*, 41–45.
- Boutron-Ruault, M.-C. (2007). Probiotiques et cancer colorectal Probiotics and colorectal cancer. *Nutrition Clinique et Métabolisme*, 21(01 juin), 85–88. <https://doi.org/10.1016/j.nupar.2007.04.001>
- Braegger, C. (2004). *Prébiotiques*. 15(6), 22–23.
- Buruleanu, L., Avram, D., Manea, I., Bratu, M. G., Nicolescu, C. L., & Ionita, I. (2014). *Kinetic Parameters of Lactic Acid Growth and Production for Bifidobacterium lactis BB12 in Cabbage Juices*. 65(12), 1480–1484.
- Butel, M. J. (2014). Les probiotiques et leur place en médecine humaine. *Journal Des Anti-Infectieux*, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.antinf.2014.01.010>
- Chemistry, R. S. of. (2012). *Handbook of Culture Media for Food and Water Microbiology*.
- Chretien, J.-P. (2014). Les années de l'ileus, du sorgho et du haricot dans l'ancien Burundi Ecologie. *Centre Des Recherches Africaines*, 7, Paris, 75–92.
- Chugh, B., & Kamal-Eldin, A. (2020). Bioactive compounds produced by probiotics in food products. *Current Opinion in Food Science*, 32, 76–82. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.02.003>
- Collado, M. C., Meriluoto, J., & Salminen, S. (2007). *Role of commercial probiotic strains against human pathogen adhesion to intestinal mucus*. 45, 454–460. <https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.2007.02212.x>
- Coudeyras, S. (2010). Microbiote et probiotiques : impact en santé humaine. *Canadian Journal of Microbiology*, 56, 611–650. <https://doi.org/10.1139/W10-052>
- Cregg, B., Bonnaud, G., Higuero, T., & Dalbiès, A. (2014). *L'utilisation des probiotiques dans le Syndrome de l'Intestin Irritable*. <https://doi.org/10.1684/hpg.2020.1990>
- Dalhoff, A. (1979). The “glucose effect” on growth inhibition of *Escherichia coli* by streptomycin, trimethoprim and sulfamethoxazole, respectively. *FEMS Microbiology*, 6, 123–127.
- De Man, J. C., Rogosa, M., & Sharpe. (1960). A medium for the cultivation of *Lactobacilli*. *J. Appl. Bact.*, 23(1), 130–135.

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

- Delcenserie, V., Gavini, F., Beerens, H., & Daube, G. (2002). *Proposition pour un nouveau standard indicateur de la contamination d'origine fécale dans les aliments : le genre Bifidobacterium*. 279–293.
- Desmazeaud, M. (1996). *Les bactéries lactiques dans l'alimentation humaine: utilisation et innocuité* (pp. 331–343).
- Desmazeaud, M. J. (1993). *Bacterial Growth and Volatile Compounds in Yoghurt-Type Products from Soymilk Containing Bifidobacterium*. 58(1), 153–157. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1993.tb03233.x>
- Dihia, B., & Thamila, D. (2018). *Etude de la viabilité des bifidobactéries isolées à partir d'un yaourt probiotique en présence de l'extrait d'écorce de grenade*.
- Djilali, B., Zouaoui, B., Ahmed, H., Sid, B., & Hamza, B. (2020). Etude de comportement de *Lactobacillus acidophilus* dans un milieu à base de jus de betterave (*Beta vulgaris*). *Journal of Advanced Research in Science and Technology*, 92–102.
- Dortu, C., & Thonart, P. (2009). *Les bactériocines des bactéries lactiques : caractéristiques et intérêts pour la bioconservation des produits alimentaires*. 13(1), 143–154.
- Dufrene, A., Park, D., Olson, D., & Aryana, K. (2021). Survival of *Lactobacillus acidophilus* in Fruit-Flavored Greek Yogurt Acid Whey. *Food and Nutrition Sciences*, 12, 681–692. <https://doi.org/10.4236/fns.2021.127051>
- Dunne, C., Mahony, L. O., Murphy, L., Thornton, G., Morrissey, D., Halloran, S. O., Feeney, M., Flynn, S., Fitzgerald, G., Daly, C., Kiely, B., Sullivan, G. C. O., Shanahan, F., & Collins, J. K. (2001). In vitro selection criteria for probiotic bacteria of human origin : correlation with in vivo findings 1 – 4. *American Society for Clinical Nutrition*, 73(Février), 386–392. <https://doi.org/https://doi.org/10.1093/ajcn/73.2.386s>
- Dupin, H., Toury, J., Giorgi, R., Wane, A., & Cros, J. (1963). Etude des aliments de l'Ouest Africain, envisagés sous l'angle de l'apport en protéines. *Annales de La Nutrition et de l'alimentation*, XVII, No3, 139–163.
- Durrer, D. D. (2016). *Santé la fibre !* 8.
- Ebel, B. (2014). Sélection de bactéries probiotiques et amélioration de la survie et de la fonctionnalité d'une bactérie modèle, *Bifidobacterium bifidum*, par modification du potentiel d'oxydoréduction par bullage de gaz To cite this version: HAL Id: tel-

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

00967552 U. Thèse.

- FAO/OMS. (2018). Document de travail concernant les directives harmonisées sur les probiotiques destinés à une utilisation dans les aliments et les compléments alimentaires. *Commission Du Codex Alimentarius, 26-30 novembre*, 1–19.
- Farnworth, E. R. (2005). Kefir – a complex probiotic. *Food Science & Technology*, 2(1), 1–17. <https://doi.org/10.1616/1476-2137.13938>.
- Fitzpatrick, J. J., Ahrens, M., & Smith, S. (2001). Effect of manganese on *Lactobacillus casei* fermentation to produce lactic acid from whey permeate. *Process Biochemistry*, 36, 671–675.
- Fooks, L. J., & Gibson, G. R. (2002). Probiotics as modulators of the gut flora. *British Journal of Nutrition*, 88(Suppl. 1), S39–S49. <https://doi.org/10.1079/BJN2002628>
- Gomes, A. M. P., & Malcata, F. X. (1999). spp . and *Lactobacillus acidophilus* : biological , biochemical , technological and therapeutical properties relevant for use as probiotics. *Food Science and Technology*, 10.
- Gopal, P. K., Sullivan, P. A., & Smart, J. B. (2001). Utilisation of galacto-oligosaccharides as selective substrates for growth by lactic acid bacteria including *Bi x dobacterium lactis* DR10 and *Lactobacillus rhamnosus* DR20. *International Dairy Journal*, 11, 19–25. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(01\)00026-7](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0958-6946(01)00026-7)
- Govender, M., Choonara, Y. E., Kumar, P., Toit, L. C., Vuuren, S. Van, & Pillay, V. (2014). Review Article A Review of the Advancements in Probiotic Delivery : Conventional vs . Non-conventional Formulations for Intestinal Flora Supplementation. *AAPS PharmSciTech*, 15(1). <https://doi.org/10.1208/s12249-013-0027-1>
- Grizard, D., & Barthomeuf, C. (1999). *Non-digestible oligosaccharides used as prebiotic agents : mode of production and beneficial effects*. 39, 563–588.
- Guarner, F., Co-chair, M. E. S., Israël, R. E., Canada, R. F., Autriche, A. G., Garisch, J., République, T. K., Andrés, J., Argentine, D. P., Inde, B. R., Irlande, F. S., Pologne, H. S., Canada, A. T., Le, A., Pays, M., Suisse, J. G., & Finlande, S. S. (2017). *Probiotiques et prébiotiques*.

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

- Guarner, F., & Schaafsma, G. J. (1998). Probiotics. *International Journal of Food Microbiology*, 39(November), 237–238. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/s0168-1605\(97\)00136-0](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/s0168-1605(97)00136-0)
- Guéniche, A., David, P., Philippe, B., Stephanie, B., Elif, B., & Isabelle, C.-H. (2009). Probiotics for photoprotection. *Dermato-Endocrinology*, 1(5), 275–279. <https://doi.org/10.4161/derm.1.5.9849>
- Hammes, W. P., & Vogel, R. F. (1995). *The genus Lactobacillus*.
- Hamouda, A. I., & Doumandji, A. (2016). ÉTUDE DE L ' INFLUENCE IN VITRO DE LA SPIRULINE SUR LA CROISSANCE. *Revue Agrobiologia*, 6(1), 67–74.
- Herawati, E. R. N., Miftakhussolikhah, M., Nurhayati, R., Sari, K. W., & Pranoto, Y. (2019). Oligosaccharides Profile and Prebiotic Potential of Gembolo Tuber (*Dioscorea bulbifera*) Oligosaccharides Profile and Prebiotic Potential of Gembolo Tuber (*Dioscorea bulbifera*). *Earth Environ. Sci*, 251. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/251/1/012048>
- Heyman, M. (2007). Effets des probiotiques sur le système immunitaire : mécanismes d'action potentiels. *Probiotiques et Santé*, 42, 69–75. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0007-9960\(07\)91325-5](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0007-9960(07)91325-5)
- Heyman, M., & Heuvelin, É. (2006). Micro-organismes probiotiques et régulation immunologique : le paradoxe Probiotic micro-organisms and immune regulation : the paradox. *Nutrition Clinique et Métabolisme*, 20, 85–94. <https://doi.org/10.1016/j.nupar.2006.04.003>
- Hill, D., Sugrue, I., Tobin, C., Hill, C., Stanton, C., Ross, R. P., & Ross, R. P. (2018). The *Lactobacillus casei* Group : History and Health Related Applications. *Frontiers in Microbiology*, 9(September), 1–12. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02107>
- Holzappel, W. H., Haberer, P., Geisen, R., & Schillinger, U. (2018). Taxonomy and important features of probiotic microorganisms in Physiologic properties of lactic acid bacteria. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 73(February), 365s-373s.
- Holzappel, W. H., & Schillinger, U. (2002). Introduction to pre- and probiotics. *Food Research International*, 35, 109–116. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(01\)00171-5](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0963-9969(01)00171-5)

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

- Huet, F., Lachambre, E., Beck, L., Egroo, L. Van, & Sznajder, M. (2006). *Évaluation d'une préparation pour nourrissons à teneur réduite en protéines et enrichie en probiotiques, en relais de l'allaitement maternel Evaluation of a formula with low protein content and supplemented with probiotic agents after breast milk wea.* 13, 1309–1315. <https://doi.org/10.1016/j.arcped.2006.06.025>
- Huot, I. (2009). Les probiotiques, faut-il s'y abonner ? *La Nutrition Au Coeur de La Médecine Préventive*, 44, 57–62.
- Ibrahim, F., Halttunen, T., Tahvonen, R., & Salminen, S. (2006). Probiotic bacteria as potential detoxification tools : assessing their heavy metal binding isotherms. *Canadian Journal of Microbiology*, 52, 877–885. <https://doi.org/10.1139/W06-043>
- Ikiriza, H., Ogwang, P. E., Peter, E. L., Hedmon, O., Tolo, C. U., Abubaker, M., Abdalla, A., & Abdalla, M. (2019). *Dioscorea bulbifera*, a highly threatened African medicinal plant, a review. *Cogent Biology*, 5(00), 6–11. <https://doi.org/10.1080/23312025.2019.1631561>
- Im, E., & Pothoulakis, C. (2010). Progrès récents dans la recherche sur *Saccharomyces boulardii* ☆. *Gastroentérologie Clinique et Biologique*, 34(4), 67–75. [https://doi.org/10.1016/S0399-8320\(10\)70010-5](https://doi.org/10.1016/S0399-8320(10)70010-5)
- Iraporda, C., Rubel, I. A., Manrique, G. D., & Abraham, A. G. (2018). Influence of inulin rich carbohydrates from Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) tubers on probiotic properties of *Lactobacillus* strains. *LWT - Food Science and Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.11.074>
- ISO. (2010). ISO / DIS 29981 Milk products — Enumeration of presumptive bifidobacteria — Colony count technique at 37 ° C. *International Organization for Standardization, Geneva*.
- ISO, 7218:2007. (2013). Microbiology of food and animal feeding stuffs — General requirements and guidance for microbiological examinations. *International Standard, Amd1*.

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

- Johnson, S., Maziade, P., Mcfarland, L. V, Trick, W., Donskey, C., Currie, B., Low, D. E., & Goldstein, E. J. C. (2012). International Journal of Infectious Diseases Is primary prevention of Clostridium difficile infection possible with specific probiotics? *International Journal of Infectious Diseases*, 16(11), e776–e782. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2012.06.005>
- Jouzier, É., & Berké, B. (2012). *Diabète et philatélie II – Plantes hypoglycémiantes*. 151(1), 141–170.
- Kabeerdoss, J., Devi, R. S., Mary, R. R., Prabhavathi, D., Vidya, R., Mechenro, J., & Mahendri, N. V. (2011). Effect of yoghurt containing Bifidobacterium lactis Bb12 ® on faecal excretion of secretory immunoglobulin A and human beta-defensin 2 in healthy adult volunteers. *Nutrition Journal*, 2–5.
- Khoshayand, F., Goodarzi, S., & Response, P. Á. B. Á. (2011). *Optimization of Culture Conditions for Fermentation of Soymilk Using Lactobacillus casei by Response Surface Methodology*. 3, 159–167. <https://doi.org/10.1007/s12602-011-9079-2>
- Klaenhammer, T. R. (1998). *Functional Activities of Lactobacillus Probiotics: Genetic Mandate*. 6946(98).
- Koledoye, K., & Lucky, G. (2019). Journal of food composition and analysis nutrient and phytochemical composition of flour made from selected cultivars of Aerial yam (*Dioscorea bulbifera*) in Nigeria. *Journal of Food Composition and Analysis*, 79, 23–27. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2018.12.007>
- Kwakman, P. H. S., Velde, A. A., Boer, L. De, Speijer, D., Vandenbroucke-grauls, C. M. J. E., & Zaat, S. A. J. (2010). How honey kills bacteria. *The FASEB Journal*, 24, 2576–2582. <https://doi.org/10.1096/fj.09-150789>
- Lab M Limited. (2012). The Microbiology Manual. *The Gateway to Microbiology™*.
- Lacerda, C., Thorsen, L., Freitas, R., & Jespersen, L. (2013). Strain-specific probiotics properties of Lactobacillus fermentum , Lactobacillus plantarum and Lactobacillus brevis isolates from Brazilian food products. *Food Microbiology*, 36(1), 22–29. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2013.03.010>

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

- Land, M. H., Rouster-stevens, K., Woods, C. R., Cannon, M. L., Cnota, J., & Shetty, A. K. (2015). *Experience and reason—Briefly Recorded*. 115(1). <https://doi.org/10.1542/peds.2004-2137>
- Losada, M. A., Olleros, T., & Ph, D. (2002). Towards a healthier diet for the colon : the influence of fructooligosaccharides and lactobacilli on intestinal health. *Nutrition Research*, 22, 71–84.
- M. Calderon, G. L. and J. P. G. (2001). Nutritional requirements and simplified cultivation medium to study growth and energetics of a sourdough lactic acid bacterium *Lactobacillus fermentum* Ogi E1 during heterolactic fermentation of starch. *Journal of Applied Microbiology*, 90, 508–516.
- Man, D., & Rogosa, M. (2017). *MRS Broth ISO 15214*. 1–2.
- Marco, M. L., & Tachon, S. (2013). Environmental factors influencing the efficacy of probiotic bacteria. *Current Opinion in Biotechnology*, 24(2), 207–213. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2012.10.002>
- Marion, B., & Jean-paul, V. (2009). *Utilisation des probiotiques en alimentation porcine et avicole*. 62–71.
- Matsuzaki, T., & Chin, and J. (2000). Modulating immune responses with probiotic bacteria. *Immunology and Cell Biology*, 78, 67–73. [https://doi.org/https://doi.org/10.1046/j.1440-1711.2000.00887.x](https://doi.org/10.1046/j.1440-1711.2000.00887.x)
- Medicus, I., Debr, P., & Gall, J. L. E. (2014). *Le microbiote intestinal*. 1667–1684.
- Misbah, A. (2014). *Production du Kéfir au sein de la Coopérative Laitière du Maroc Oriental* *Liste de tableaux* (Vol. 212, Issue 0).
- Mital, B. K., Streinkraus, K. H., & Naylor, H. B. (1970). Growth of lactic acid bacteria in soy milks. *Journal of Food Science*, 39, 1018–1022. [https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1974.tb07300.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1974.tb07300.x)
- Mizzi, L., Maniscalco, D., Gaspari, S., Chatzitzika, C., Gatt, R., & Valdramidis, V. P. (2020). Assessing the individual microbial inhibitory capacity of different sugars against pathogens commonly found in food systems. *Letters in Applied Microbiology*, 1–8. <https://doi.org/10.1111/lam.13306>

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

- Mosso, A. L., Lobo, M. O., & Sammán, N. C. (2016). Development of a potentially probiotic food through fermentation of Andean tubers Authors. *LWT - Food Science and Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.03.008>
- Niragira, S., D'Haese, M., Buysse, J., Orshoven, J. Van, & Ndimubandi, J. (2019). Historical changes in the traditional agrarian systems of Burundi : endogenous drive to survive from food insecurity. *GeoJournal*, 5. <https://doi.org/10.1007/s10708-019-10102-5>
- Ntakarutimana, V., Gahungu, G., Nsavyimana, G., & Ndayishimiye, J. (2019). Valorisation des plantes comestibles de la flore naturelle du Burundi: une contribution à la réduction de la malnutrition. *Bulletin Scientifique Sur l'Environnement et La Biodiversité*, 3, 32–44.
- Nwachukwu, C. N., & Okoroafor, C. N. (2019). NUtrient and phytochemical composition of aduh(*Dioscorea bulbifera*), an indigeneous crop. *Journal of Agriculture and Food Sciences*, 17(1), 54–64.
- Onkor, O. N. D., Enriksson, A. H., & Asiljevic, T. V. (2007). *Proteolytic activity of dairy lactic acid bacteria and probiotics as determinant of growth and in vitro angiotensin-converting enzyme inhibitory activity in fermented milk*. 86, 21–38. <https://doi.org/10.1051/lait>
- Riazi, A., & Ziar, H. (2010). Croissance et viabilité des Bifidobactéries dans le lait écrémé additionné de miel d'abeille. *Nature & Technology*, 2, 17–24.
- Roselli, M., Finamore, A., Britti, M. S., Mengheri, E., Roselli, M., Finamore, A., Britti, M. S., & Mengheri, E. (2007). Probiotic bacteria *Bifidobacterium animalis* MB5 and *Lactobacillus rhamnosus* GG protect intestinal Caco - 2 cells from the inflammation - associated response induced by enterotoxigenic *Escherichia coli* K88 How to cite this article : Probiotic bacteria Bifi. *British Journal of Nutrition*, 95(june 2006), 1177–1184. <https://doi.org/10.1079/BJN20051681>
- Saarela, M., Mogensen, G., & Fonde, R. (2000). Probiotic bacteria : safety , functional and technological properties. *Journal of BBotechnology*, 84(Jily), 197–215. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0168-1656\(00\)00375-8](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0168-1656(00)00375-8)
- Saavedra, J. M. (2023). Probiotics and prebiotics. *Encyclopedia of Human Nutrition: Volume 1-4, Fourth Edition*, 1–4(February), 545–558. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821848-8.00168-2>

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

- Safwan, I., & Mohammed, U. A. (2016). Review on the Nutritional Value , cultivation and utilization potential of some minor and under-utilized indigenous root and tuber crops in Nigeria Introduction : -. *International Journal of Advanced Research*, 4(3), 1298–1303.
- Schöpping, M., Gaspar, P., Neves, A. R., Franzén, C. J., & Zeidan, A. A. (2021). Identifying the essential nutritional requirements of the probiotic bacteria *Bifidobacterium animalis* and *Bifidobacterium longum* through genome-scale modeling. *Npj Systems Biology and Applications*, 7(47), 1–15. <https://doi.org/10.1038/s41540-021-00207-4>
- Servin, A. L. (2004). Antagonistic activities of lactobacilli and bifidobacteria against microbial pathogens. *FEMS Microbiology Reviews*, 28, 405–440. <https://doi.org/10.1016/j.femsre.2004.01.003>
- Shah, N. P. (2000). Probiotic Bacteria: Selective Enumeration and Survival in Dairy Foods. *Journal of Dairy Science*, 83(4), 894–907. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)74953-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)74953-8)
- Shelef, L. A., Bahnmler, K. R., Zemel, M. B., & Monte, L. M. (1988). Fermentation of soymilk with commercial freeze-dried starter lactic cultures. *Food Processing and Preservation*, 12(3), 187–195. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.1988.tb00078.x>
- Sugri, I., Kusi, F., Kanton, R. A. L., Nutsugah, S. K., & Zakaria, M. (2013). Sustaining Frafra potato (*Solenostemon rotundifolius* Poir .) in the food chain ; current opportunities in Ghana. *Journal of Plant Sciences*, 4(1), 68–75. <https://doi.org/10.11648/j.jp.s.20130104.14>
- Suliburska, J., Harahap, I. A., & Skrypnik, K. (2021). The Impact of Multispecies Probiotics on Calcium and Magnesium Status in Healthy Male Rats. *Nutrients*, 13, 1–8. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/nu13103513>
- Szajnar, K., Znamirowska, A., & Kalicka, D. (2019). Effects of various magnesium salts for the production of milk fermented by *Bifidobacterium animalis* ssp . *lactis* Bb-12. *International Journal of Food Properties*, 22(1), 1087–1099. <https://doi.org/10.1080/10942912.2019.1628779>
- Tamminen, M., Salminen, S., & Ouwehand, A. C. (2013). Fermentation of Carrot Preservation of Adhesion Juice by Probiotics : Viability and. *International Journal of Biotechnology for Wellness Industries*, 10–15.

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

- Taylor, P., Mital, B. K., & Garg, S. K. (2015). *Acidophilus milk products : Manufacture and therapeutics* (Issue May). <https://doi.org/10.1080/87559129209540946>
- Temmerman, R., Pot, B., Huys, G., & Swings, J. (2003). Identification and antibiotic susceptibility of bacterial isolates from probiotic products. *International Journal of Food Microbiology*, *81*, 1–10. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(02\)00162-9](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0168-1605(02)00162-9)
- Tripathi, M. K., & Giri, S. K. (2014). Probiotic functional foods : Survival of probiotics during processing and storage. *Journal of Functional Foods*, *9*, 225–241. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.04.030>
- Vanderpool, C., Yan, F., & Polk, D. B. (2008). Mechanisms of Probiotic Action : Implications for Therapeutic Applications in Inflammatory Bowel Diseases. *BASIC SCIENCE REVIEW*, *14*(11), 1585–1596. <https://doi.org/10.1002/ibd.20525>
- Wang, Y., Id, O., Id, O., Article, J., Article, O., Wang, Y., Guo, H., Wu, A., Ju, C., Jiang, J., Chen, J., Engineering, B., Science, F., & Engineering, B. (2021). Multipl-fermented soymilk with antioxidant capacity and delicate flavour. *Food Science & Technology*, 1–19. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15253>
- Yadav, H., Sc, M., Jain, S., Sc, M., Sinha, P. R., Sc, M., & Ph, D. (2007). Antidiabetic effect of probiotic dahi containing *Lactobacillus acidophilus* and *Lactobacillus casei* in high fructose fed rats. *Nutrition*, *23*, 62–68. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2006.09.002>
- Yang, L., Chen, Y., Bai, Q., Chen, X., Shao, Y., & Wang, R. (2022). Protective Effect of *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 on Intestinal Mucosal Damage in Chicks Infected With *Salmonella pullorum*. *Frontiers in Veterinary Science*, *9*(May), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.879805>
- Yao, A. A., Egounlety, M., Kouame, L. P., & Thonart, P. (2009). *Les bactéries lactiques dans les aliments ou boissons amylicés et fermentés de l ' Afrique de l ' Ouest : leur utilisation actuelle* . *153*, 54–65.
- Yeboah, P. J., Ibrahim, S. A., & Krastanov, A. (2023). Fermentation and the nutritional requirements for effective growth media for lactic acid bacteria. *Food Science and Applied Biotechnology*, *6*(June), 215–240.

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

- Zárate, G., Ambrosini, V. M. De, & Chaia, A. P. (2002). Some factors affecting the adherence of probiotic *Propionibacterium acidipropionici* CRL 1198 to intestinal epithelial cells. *Canadian Journal of Microbiology*, 48(4), 449–457. <https://doi.org/10.1139/W02-036>
- Zhang, Y., Meng, L., Ai, M., Qiao, Y., Liu, G., Fan, X., Lv, X., & Feng, Z. (2019). Nutrient requirements of *Lactobacillus casei* Shirota and their application in fermented milk. *LWT - Food Science and Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108735>
- Zohra, K. (2017). Croissance de souches de bactéries lactiques d'intérêts technologiques et/ou probiotiques sur MRS végétal modifié. *Thèse*, 2016–2017.

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*

ANNEXES

Matériel, équipements et réactifs du laboratoire



La spectrophotométrie



Incubateur



Echantillons secs



Pesage des échantillons secs



Mortier

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*



Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*



Parafilm



Balance analytique



Bassins



Bécher



Eprouvette graduée

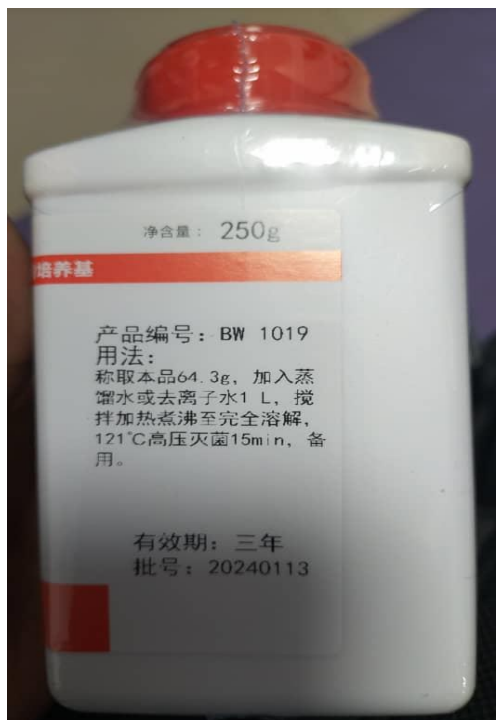


Pissette

Etude de la viabilité de *Bifidobacterium lactis* JYBR-190 et *Lactobacillus casei* JYLC-374 dans les extraits des cultures autochtones du Burundi : Cas du *Dioscorea bulbifera* et *Coleus dysentericus*



Agitateur magnétique



Milieu de culture MRS agar



Bactéries probiotiques en poudre