

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

REPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

UNION – DISCIPLINE – TRAVAIL



Année : 2016 – 2017

N°1839/17

THESE

Présentée en vue de l'obtention du

DIPLOME D'ÉTAT DE
DOCTEUR EN PHARMACIE

Par

KOUAKOU ISMAEL STANISLAS

**EXPERTISE SCIENTIFIQUE D'UNE BOISSON
ENERGETIQUE MALTEE A BASE D'ORGE**

Soutenue publiquement le 30 Mai 2017

COMPOSITION DU JURY :

Président de jury : Monsieur MALAN KLA ANGLADE, Professeur titulaire

Directeur: Monsieur AMIN N'CHO CHRISTOPHE, Maître de conférence Agrégé

Assesseurs : Madame, SANGARE TIGORI BÉATRICE, Maître de Conférences Agrégé
Madame, SACKOU KOUAKOU JULIE, Maître de Conférences Agrégé

**ADMINISTRATION ET PERSONNEL ENSEIGNANT
DE L'UFR DES SCIENCES
PHARMACEUTIQUES ET BIOLOGIQUES**

I. HONORARIAT

Directeurs/Doyens Honoraires :	Professeur RAMBAUD André
	Professeur FOURASTE Isabelle
	Professeur BAMBA Moriféré
	Professeur YAPO Abbé †
	Professeur MALAN Kla Anglade
	Professeur KONE Moussa †
	Professeur ATINDEHOU Eugène

II. ADMINISTRATION

Directeur	Professeur KONE BAMBA Diéneba
Sous-Directeur Chargé de la Pédagogie	Professeur Ag INWOLEY Kokou André
Sous-Directeur Chargé de la Recherche	Professeur Ag OGA Agbaya Serge
Secrétaire Principal	Madame NADO-AKPRO Marie Josette
Documentaliste	Monsieur N'GNIMMIEN Koffi Lambert
Intendant	Monsieur GAHE Alphonse
Responsable de la Scolarité	Madame DJEDJE Yolande

III. PERSONNEL ENSEIGNANT PERMANENT

III.1. PROFESSEURS TITULAIRES

Mme AKE Michèle	Chimie Analytique, Bromatologie
M ATINDEHOU Eugène	Chimie Analytique, Bromatologie
Mme ATTOUNGBRE HAUHOUOT M.L.	Biochimie et Biologie Moléculaire
M DANO Djédjé Sébastien	Toxicologie
Mme KONE BAMBA Diéneba	Pharmacognosie
M KOUADIO Kouakou Luc	Hydrologie, Santé Publique
MALAN Kla Anglade	Chimie Analytique., contrôle de qualité

	MENAN Eby Ignace	Parasitologie - Mycologie
	MONNET Dagui	Biochimie et Biologie Moléculaire
Mme	SAWADOGO Duni	Hématologie
M	YOLOU Séri Fernand	Chimie Générale

III.2. MAITRES DE CONFERENCES AGREGES

MM	ABROGOUA Danho Pascal	Pharmacie Clinique
	AHIBOH Hugues	Biochimie et Biologie Moléculaire
Mme	AKE EDJEME N'guessan Angèle	Biochimie et Biologie Moléculaire
MM	AMARI Antoine Serge G.	Législation
	AMIN N'Cho Christophe	Chimie Analytique
	BONY François Nicaise	Chimie Analytique
	DEMBELE Bamory	Immunologie
	GBASSI K. Gildas	Chimie, Physique Générale
	INWOLEY Kokou André	Immunologie
	KOFFI Angely Armand	Pharmacie Galénique
Mme	KOUAKOU-SIRANSY Gisèle	Pharmacologie
MM	KOUASSI Dinard	Hématologie
	LOUKOU Yao Guillaume	Bactériologie-Virologie
	OGA Agbaya Stéphane	Santé Publique et Economie de la Santé
	OUASSA Timothée	Bactériologie-Virologie
	OUATTARA Mahama	Chimie Organique, Chimie Thérapeutique
	YAPI Ange Désiré	Chimie Organique, Chimie Thérapeutique
	YAVO William	Parasitologie - Mycologie
	ZINZENDORF Nanga Yessé	Bactériologie-Virologie
	DALLY Laba	Pharmacie Galénique
	DJOHAN Vincent	Parasitologie -Mycologie
Mmes	IRIE N'GUESSAN Amenan	Pharmacologie

POLNEAU VALLEE Sandrine	Mathématiques-Statistiques
SACKOU KOUAKOU Julie	Santé Publique
SANGARE TIGORI Béatrice	Toxicologie

III.3. MAITRES DE CONFERENCES ASSOCIES

M DIAFOUKA François Biochimie et Biologie de la Reproduction

III.4. MAITRES ASSISTANTS

MADJAMBRI Adia Eusebé	Hématologie
Mme AFFI-ABOLI Mihessé Roseline	Immunologie
M ANGORA Kpongbo Etienne	Parasitologie – Mycologie
Mme AKA-ANY-GRA Armelle Adjoua S.	Pharmacie Galénique
BARRO KIKI Pulchérie	Parasitologie - Mycologie
MM CLAON Jean Stéphane	Santé Publique
Mme DIAKITE Aïssata	Toxicologie
Mme FOFIE N'Guessan Bra Yvette	Pharmacognosie
M KASSI Kondo Fulgence	Parasitologie-Mycologie
Mmes KONATE Abibatou	Parasitologie-Mycologie
KOUASSI AGBESSI Thérèse	Bactériologie-Virologie
M MANDA Pierre	Toxicologie
SANGARE Mahawa	Biologie Générale
VANGA ABO Henriette	Parasitologie-Mycologie
M YAYO Sagou Eric	Biochimie et Biologie Moléculaire

III.5. ASSISTANTS

MM ADJOUNGOUA Attoli Léopold	Pharmacognosie
M AMICHIA Attoumou Magloire	Pharmacologie
Mmes ALLOUKOU-BOKA Paule-Mireille	Législation

	APETE Sandrine	Bactériologie-Virologie
	AYE YAYO Mireille	Hématologie
MM	BROU Amani Germain	Chimie Analytique
	BROU N'Guessan Aimé	Pharmacie Clinique
	CABLAN Mian N'Ddey Asher	Bactériologie-Virologie
	COULIBALY Songuigama	Chimie Thérapeutique
M	DJADJI Ayoman Thierry Lenoir	Pharmacologie
Mme	DOTIA Tiepordan Agathe	Bactériologie-Virologie
M	EFFO Kouakou Etienne	Pharmacologie
Mme	HOUNSA Annita Emeline Epse Alla	Sante Publique
MM	KABRAN Tano Kouadio Mathieu	Immunologie
	KACOU Alain	Chimie Thérapeutique
	KAMENAN Boua Alexis Thierry	Pharmacologie
	KOFFI Kouamé	Santé publique
	KONAN Konan Jean Louis	Biochimie et Biologie Moléculaire
Mme	KONE Fatoumata	Biochimie et Biologie Moléculaire
MM	KOUAKOU Sylvain Landry	Pharmacologie
	KOUAME Denis Rodrigue	Immunologie
	KPAIBE Sawa André Philippe	Chimie Analytique
	LATHRO Joseph Serge	Bactériologie-Virologie
	N'GBE Jean Verdier	Toxicologie
	N'GUESSAN Alain	Pharmacie Galénique
Mme	N'GUESSAN-BLAO Amino Rebecca J.	Hématologie
M	N'GUESSAN Déto Ursul Jean-Paul	Chimie Thérapeutique
Mmes	N'GUESSAN Kakwokpo Clémence	Pharmacie Galénique
	OUAYOGODE-AKOUBET Aminata	Pharmacognosie
	SIBLI-KOFFI Akissi Joëlle	Biochimie et Biologie Moléculaire

M	TRE Eric Serge	Chimie Analytique
Mmes	TUO Awa	Pharmacie Galénique
	YAO ATTIA Akissi Régine	Santé Publique
M	YAPO Assi Vincent De Paul	Biologie Générale

III.6. ATTACHES DE RECHERCHE

Mme	ADIKO N'dri Marcelline	Pharmacognosie
M	LIA Gnahoré José Arthur	Pharmacie Galénique

III.7. IN MEMORIUM

Feu KONE Moussa	Professeur Titulaire
Feu YAPO Abbé Etienne	Professeur Titulaire
Feu COMOIE Léopold	Maître de Conférences Agrégé
Feu GUEU Kaman	Maître-Assistant
Feu ALLADOUM Nambelbaye	Assistant
Feu COULIBALY Sabali	Assistant
Feu TRAORE Moussa	Assistant
Feu YAPO Achou Pascal	Assistant

IV. ENSEIGNANTS VACATAIRES

IV.1. PROFESSEURS

MM	ASSAMOI Assamoi Paul	Biophysique
	DAINE Charles	Biophysique
	OYETOLA Samuel	Chimie Minérale
	ZOUZOU Michel	Cryptogamie

IV.2. MAITRES DE CONFERENCES

MM	KOUAKOU Tanoh Hilaire	Botanique et Cryptogamie
	SAKO Aboubakar	Physique (Mécanique des fluides)
Mme	TURQUIN née DIAN Louise	Biologie Végétale
M	YAO N'Dri Athanase	Pathologie Médicale

IV.3. MAITRE-ASSISTANT

M	KONKON N'Dri Gilles	Botanique, Cryptogamie
---	---------------------	------------------------

IV.4. NON UNIVERSITAIRES

MM.	AHOUSI Daniel Ferdinand	Secourisme
	DEMPAH Anoh Joseph	Zoologie
	GOUEPO Evariste	Techniques officinales
Mme	KEI-BOGUINARD Isabelle	Gestion
MM	KOFFI ALEXIS	Anglais
	KOUA Amian	Hygiène
	KOUASSI Ambroise	Management
	N'GOZAN Marc	Secourisme
	KONAN Kouacou	Diététique
Mme	PAYNE Marie	Santé Publique

**COMPOSITION DES DEPARTEMENTS DE
L'UFR DES SCIENCES PHARMACEUTIQUES
ET BIOLOGIQUES**

I- **BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE**

Professeur	LOUKOU Yao Guillaume	Maître de Conférences Agrégé Chef de Département
Professeurs	ZINZENDORF Nanga Yessé	Maître de Conférences Agrégé
	OUASSA Timothée	Maître de Conférences Agrégé
Docteurs	KOUASSI AGBESSI Thérèse	Maître- Assistante
	CABLAN Mian N'Dédey Asher	Assistant
	DOTIA Tiepordan Agathe	Assistante
	LATHRO Joseph Serge	Assistant
	APETE Yah Sandrine épouse TAHOU	Assistante

II- **BIOCHIMIE, BIOLOGIE MOLECULAIRE, BIOLOGIE DE LA REPRODUCTION ET PATHOLOGIE MEDICALE**

Professeur	MONNET Dagui	Professeur Titulaire Chef de Département
Professeurs	HAUHOUOT ép. ATTOUNGBRE M.L.	Professeur Titulaire
	AHIBOH Hugues	Maître de Conférences Agrégé
	AKE EDJEME N'Guessan Angèle	Maître de Conférences Agrégé
	DIAFOUKA François	Maître de Conférences
Docteurs	YAYO Sagou Eric	Maître-Assistant
	KONAN Konan Jean Louis	Assistant
	KONE Fatoumata	Assistante
	KOFFI Akissi Joëlle épouse SIBLI	Assistante

III- BIOLOGIE GENERALE, HEMATOLOGIE ET IMMUNOLOGIE

Professeur	SAWADOGO Duni	Professeur Titulaire Chef de Département
Professeurs	INWOLEY Kokou André KOUASSI Dinard DEMBELE Bamory	Maître de Conférences Agrégé Maître de Conférences Agrégé Maître de Conférences Agrégé
Docteurs	SANGARE Mahawa AFFI-ABOLI Mihessé Roseline ADJAMBRI Adia Eusebé AYE YAYO Mireille KABRAN Tano K. Mathieu KOUAME Denis Rodrigue N'GUESSAN-BLAO R. S. YAPO Assi Vincent De Paul	Maitre-Assistante Maître-Assistante Maître-Assistant Assistante Assistant Assistant Assistante Assistant

III- **CHIMIE ANALYTIQUE, CHIMIE MINERALE ET GENERALE, TECHNOLOGIE ALIMENTAIRE**

Professeur	AKE Michèle Dominique	Professeur Titulaire Chef de Département
Professeurs	MALAN Kla Anglade YOLOU Séri Fernand AMIN N'Cho Christophe GBASSI K. Gildas BONY Nicaise François	Professeur Titulaire Professeur Titulaire Maître de Conférences Agrégé Maître de Conférences Agrégé Maître de Conférences Agrégé
Docteurs	BROU Amani Germain KPAIBE Sawa André Philippe TRE Eric Serge	Assistant Assistant Assistant

IV- **CHIMIE ORGANIQUE ET CHIMIE THERAPEUTIQUE**

Professeur	YAPI Ange Désiré	Maître de Conférences Agrégé Chef de Département
Professeur	OUATTARA Mahama	Maître de Conférences Agrégé
Docteur	KACOU Alain	Assistant
	N'GUESSAN Déto Jean-Paul	Assistant
	COULIBALY Songuigama	Assistant

V- **PARASITOLOGIE, MYCOLOGIE, BIOLOGIE ANIMALE ET ZOOLOGIE**

Professeur	MENAN Eby Ignace H.	Professeur Titulaire Chef de Département
Professeur	YAVO William	Maître de Conférences Agrégé
	DJOHAN Vincent	Maître de Conférences Agrégé
Docteurs	BARRO KIKI Pulchérie	Maître-Assistante
	KASSI Kondo Fulgence	Maître-Assistant
	VANGA ABO Henriette	Maître-Assistante
	KONATE Abibatou	Maître-Assistante
	ANGORA Kpongbo Etienne	Maître-Assistant

VI- **PHARMACIE GALENIQUE, BIOPHARMACIE, COSMETOLOGIE, GESTION ET LEGISLATION PHARMACEUTIQUE**

Professeur	KOFFI Armand A.	Maître de Conférences Agrégé Chef de Département
Professeur	AMARI Antoine Serge G.	Maître de Conférences Agrégé
	DALLY Laba Ismaël	Maître de Conférences Agrégé
	AKA-ANY Grah Armelle A.S.	Maître-Assistante
	N'GUESSAN Alain	Assistant

BOKA Paule Mireille épouse A. Assistante

N'GUESSAN Kakwokpo C. Assistante

TUO Awa Nakognon Assistante

VII- **PHARMACOGNOSIE, BOTANIQUE, BIOLOGIE VEGETALE, CRYPTOGRAMIE**

Professeur KONE BAMBA Diéneba Professeur Titulaire
Chef de Département

Docteurs ADJOUNGOUA Attoli Léopold Assistant

FOFIE N'Guessan Bra Yvette Maître-Assistante

OUAYOGODE-AKOUBET Aminata Assistante

VIII- **PHARMACOLOGIE, PHARMACIE CLINIQUE ET THERAPEUTIQUE, ET PHYSIOLOGIE HUMAINE**

Professeur KOUAKOU SIRANSY N'Doua G. Maître de Conférences Agrégé
Chef de Département

Professeurs ABROGOUA Danho Pascal Maître de Conférences Agrégé

IRIE N'GUESSAN Amenan G. Maître de Conférences Agrégé

Docteurs AMICHIA Attoumou M. Assistant

DJADJI Ayoman Thierry Lenoir Assistant

EFFO Kouakou Etienne Assistant

KAMENAN Boua Alexis Assistant

KOUAKOU Sylvain Landry Assistant

BROU N'GUESSAN Aimé Assistant

IX- **PHYSIQUE, BIOPHYSIQUE, MATHEMATIQUES, STATISTIQUES ET INFORMATIQUE**

Professeur ATINDEHOU Eugène Professeur Titulaire
Chef de Département

Professeur POLNEAU VALLEE Sandrine Maître de Conférences Agrégé

X- SANTE PUBLIQUE, HYDROLOGIE ET TOXICOLOGIE

Professeur	KOUADIO Kouakou Luc	Professeur Titulaire Chef de Département
Professeurs	DANO Djédjé Sébastien	Professeur Titulaire
	OGA Agbaya Stéphane	Maître de Conférences Agrégé
	SANGARE TIGORI Béatrice	Maître de Conférences Agrégé
	SACKOU KOUAKOU Julie.	Maître de Conférences Agrégé
Docteurs	CLAON Jean Stéphane	Maître-Assistant
	MANDA Pierre	Maître-Assistant
	DIAKITE Aïssata	Maitre Assistante
	HOUNSA-ALLA Annita Emeline	Assistante
	YAO ATTIA Akissi Régine	Assistante
	N'GBE Jean Verdier	Assistant
	KOFFI Kouamé	Assistant

A NOS MAITRES ET JUGES

A NOTRE MAÎTRE ET PRESIDENT DE JURY

Monsieur le Professeur MALAN KLA ANGLADE

- *Professeur titulaire de chimie analytique à l'UFR des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques*
- *Doyen honoraire à l'UFR des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques*
- *Directeur du Laboratoire National de la Santé Publique*
- *Responsable du DESS de contrôle de qualité des médicaments, aliments, et produits cosmétiques*
- *Membre de l'Académie National de Pharmacie de France ;*
- *Membre de l'académie des sciences, des cultures, des arts et de la diaspora (ASCAD)*
- *Membre de la Société des Experts Chimistes de France ;*
- *Officier dans l'ordre du mérite de l'enseignement Supérieur ;*
- *Commandeur de l'ordre de l'enseignement supérieur*
- *Chevalier dans l'ordre de la Santé Publique*
- *Officier dans l'Ordre National de la C.I.*
- *Expert de l'OMS.*

Cher Maître,

Nous sommes marqués par votre grande modestie et très sensibles à l'honneur que vous nous faites en acceptant de présider notre jury de thèse.

Nous avons eu le privilège de bénéficier de vos qualités d'enseignant méticuleux et rigoureux, durant notre parcours universitaire.

Vous avez toujours suscité notre admiration.

Nous vous prions de trouver ici, cher Maître, l'expression de notre profonde gratitude.

Que la grâce de Dieu soit sur vous.

A NOTRE MAÎTRE ET DIRECTEUR DE THESE

Monsieur le Professeur AMIN N'CHO CHRISTOPHE

- *Maître de Conférences Agrégé en Chimie Analytique, Bromatologie à l'Université Félix Houphouët-Boigny ;*
- *Chef de service adjoint du laboratoire d'hygiène publique de l'Institut National d'Hygiène publique ;*
- *Ancien Interne des Hôpitaux d'Abidjan ;*
- *Docteur en pharmacie diplômé de l'Université de Cocody ;*
- *Docteur des sciences pharmaceutiques et biologiques de l'Université de Montpellier 1 ;*
- *Titulaire du DESS option Contrôle Qualité des médicaments, aliments et produits cosmétiques, du DEA en conception, réalisation, valorisation du médicament issu de la pharmacopée africaine option Chimie Analytique, du DEA option Chimie des matériaux, du CES de biochimie clinique, du CES d'hématologie-biologie, du CES d'immunologie générale et médicale, de la Maîtrise professionnalisée option santé publique de l'Université Félix Houphouët-Boigny ;*
- *Membre de la Société Ouest Africaine de Chimie (SOACHIM) et de la Société Pharmaceutique de Côte d'Ivoire (SOPHACI).*

Cher Maître,

Nous vous remercions la gentillesse et la spontanéité avec lesquelles vous avez bien voulu diriger ce travail.

Vous vous y êtes grandement impliqué par vos directives, vos remarques et suggestions, mais aussi par vos encouragements dans les moments clés de son élaboration.

Nous tenons à vous remercier aussi pour cette liberté que vous avez permise, votre manière de penser et de procéder, votre manière d'être, bref toute votre personnalité.

A NOTRE MAÎTRE ET JUGE

Madame le professeur SANGARE TIGORI BEATRICE

- *Maître de Conférences Agrégé en Toxicologie (UFR des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques de l'Université Félix Houphouët-Boigny)*
- *Docteur en pharmacie*
- *Titulaire d'un Doctorat (PhD) en Toxicologie*
- *Experte en Toxicologie et Produits Pharmaceutiques près les Tribunaux de Côte d'Ivoire*
- *Pharmacien analyste au Laboratoire National de Santé Publique (LNSP)*
- *Titulaire du Diplôme d'Etudes Approfondies (DEA) de Valorisation de la Pharmacopée Africaine (UFR des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques de l'Université Félix Houphouët-Boigny)*
- *Titulaire du DESS de Toxicologie (UFR des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques de l'Université Félix Houphouët-Boigny)*
- *Membre de la Société Savante Pharmaceutique de Côte d'Ivoire (SOPHACI).*
- *Membre de la Société Ivoirienne de Toxicologie (SITOX)*
- *1er Prix de Communication Orale au IVe Congrès International de Toxicologie de Rabat (2012)*

Cher maître,

C'est avec une grande joie que nous vous comptons parmi les membres de ce jury. Merci pour l'enseignement de qualité et tous les conseils dont nous avons bénéficiés.

Nous avons de toujours été impressionnés par votre gentillesse et votre simplicité.

Puisse Dieu vous garder et vous bénir.

A NOTRE MAÎTRE ET JUGE

Madame le Professeur SACKOU KOUAKOU JULIE

- *Maître de Conférences Agrégé en hygiène et santé publique à l'UFR des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques de l'Université de Cocody-Abidjan- Département d'Hygiène de l'Environnement, Santé Publique et Toxicologie ;*
- *Docteur en Pharmacie ;*
- *Pharmacienne hygiéniste responsable de l'unité hygiène des aliments au Laboratoire d'hygiène à l'Institut National d'Hygiène Publique (INHP) ;*
- *Thèse Unique en Santé Publique Université Félix Houphouët Boigny Abidjan ;*
- *Diplôme Universitaire d'Education pour la Santé Université Paris 13 Nord-Bobigny Sorbonne-Cité ;*
- *Diplôme d'Etudes Supérieures Spécialisées (DESS) en Hygiène Alimentaire Université de Cocody Abidjan ;*
- *Ancien interne des Hôpitaux ;*
- *Membre de l'Union Internationale pour la Promotion et l'Education en Santé (UIPES) ;*
- *Membre de la société française de santé publique (SFSP)*

Cher Maître,

Votre sérieux, votre rigueur, votre amour pour le travail bien fait ont suscité en nous une très grande considération. Votre souci continuel d'amélioration fait de vous une personne de qualité.

Veillez recevoir, Cher Maître, le témoignage de notre sincère reconnaissance et de notre profond respect.

SOMMAIRE

ABREVIATIONS-SIGLES-ACRONYMES.....	XXI
LISTE DES TABLEAUX	XXII
LISTE DES FIGURES.....	XXIII
INTRODUCTION	1
PREMIERE PARTIE: REVUE DE LA LITTERATURE	4
I. LES CEREALES	5
II. ORGE	5
III. BOISSONS	16
IV. EXPERTISE SCIENTIFIQUE	23
DEUXIEME PARTIE: ETUDE EXPERIMENTALE	26
I. MATERIELS ET METHODES.....	27
II. RESULTATS ET COMMENTAIRES	53
III. DISCUSSIONS	66
CONCLUSION	70
RECOMMANDATIONS - PERSPECTIVES	72
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	75
TABLES DES MATIERES	81
PUBLICATION SCIENTIFIQUE.....	84

ABREVIATIONS-SIGLES-ACRONYMES

AFSSAPS :	Agence française de sécurité sanitaire des aliments et produits de santé (ANS)
AFSCA :	Agence fédérale pour la sécurité de la chaîne alimentaire
AJR :	Apport Journalier Recommandé
CE :	Commission Européenne
CLHP :	Chromatographie Liquide Haute Performance
EDS :	Spectrophotomètre à dispersion d'énergie
g :	Gramme
kcal :	Kilocalorie
kg :	Kilogramme
kJ:	Kilojoule
LBI :	Les Brasseries Ivoiriennes
m :	Mètre
MEB:	Microscopie Electronique à Balayage
mg :	Milligramme
MRS :	deMan, Rogosa, Sharpe
OHDQ:	Ordre des Hygiénistes Dentaires du Québec
OTA:	Ochratoxine A
PBS:	Phosphate buffered saline
PCA :	Plate Count Agar
pH :	Potentiel d'Hydrogène
SAA-F:	Spectromètre d'Absorption Atomique à Flamme
SODEMI:	SOCIÉTÉ pour le DÉVELOPPEMENT MINIER
SU.VI.MAX:	SUPPLEMENTATION en VITAMINES et MINÉRAUX ANTI-OXYDANTS
YGC :	Yest Glucose Chloramphenicol

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Principales céréales cultivées dans le monde.....	6
Tableau II: Composition de 100g de grain d'orge complet	11
Tableau III: Les familles de pesticides recherchées.....	51
Tableau IV: Détermination du pH des différents lots de Malta Tonic analysés.....	54
Tableau V: Composition en macronutriments et valeur énergétique de Malta Tonic	55
Tableau VI: Teneur en glucides et valeur énergétique de la boisson Malta Tonic 33 cL	55
Tableau VII: Teneur en glucides et valeur énergétique de la boisson Malta Tonic 25 cL	56
Tableau VIII: Composition en macronutriments et valeur énergétique de la Boisson Malta Tonic en fonction de l'AJR.....	56
Tableau IX: Teneur en polyphénols totaux.....	57
Tableau X: Teneur en polyphénols totaux dans Malta Tonic 33 cL.....	57
Tableau XI: Teneur en polyphénols totaux dans Malta Tonic 25 cL.....	58
Tableau XII: Teneur en minéraux des échantillons de Malta Tonic analysés (SAA)	59
Tableau XIII: Résultats de l'analyse microbiologique du lot A	60
Tableau XIV: Résultats de l'analyse microbiologique du lot B	61
Tableau XV: Résultats de l'analyse microbiologique du lot C	61
Tableau XVI: Résultats de l'analyse microbiologique du lot D	62
Tableau XVII: Résultats de l'analyse microbiologique du lot E.....	62
Tableau XVIII: Résultats de l'analyse microbiologique du lot F.....	63
Tableau XIX: Résultat de la recherche de pesticides.....	64

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Les différentes parties de la plante d'orge.....	7
Figure 2: Coupe longitudinale de la graine d'orge	9
Figure 3: Photographie de la germination de l'orge	13
Figure 4: Photographie du MEB/EDS.....	28
Figure 5: Photographie d'un Spectromètre Agilent AA 240 FS	29
Figure 6: Chromatogramme de la recherche d'OTA	63
Figure 7: Chromatogramme de la recherche de Pesticides (organophosphorés)	64

INTRODUCTION

L'offre croissante de produits variés, associée à une disponibilité sans précédent, donne au consommateur la possibilité de consommer des boissons sucrées partout, en tout temps et souvent à moindre prix. Les boissons sucrées bénéficient également d'une promotion intense, en utilisant notamment les médias sociaux, la commandite d'athlètes et d'équipes sportives ainsi que de nombreuses autres stratégies de marketing [1].

Le marché mondial des boissons sucrées est sans cesse grandissant. La première boisson commerciale sans alcool destinée spécifiquement aux sportifs a été créée aux États-Unis dans les années 1960 [2]. Parmi les produits qui dopent le marché de ces boissons non alcoolisées, les boissons sportives et énergétiques (Guru, Gatorade, Athlon...) occupent une place de choix. En effet le marché américain des boissons énergétiques était estimé, en 2009, à 1,6 milliard de dollars, représentant la moitié du marché mondial [3] et celle de l'Europe de l'Ouest a connu une augmentation continue de 23 % au cours des dernières années. En amont de ce marché, les fabricants et distributeurs des produits intermédiaires (arômes, édulcorants, vitamines) intégrés dans ces nouvelles boissons guettent les moindres tendances pour satisfaire le consommateur de demain [4].

En Côte d'Ivoire, force est de constater que peu d'études ont été réalisées sur les boissons. Ces études ne concernaient que les boissons alcoolisées sur le plan épidémiologique [5, 6], les boissons sucrées artisanales [7] mais aussi les boissons sucrées industrialisées [8]. C'est ainsi qu'une investigation a été effectuée sur une de ces boissons nouvellement née en Côte d'Ivoire, la Malta Tonic[®], afin, d'évaluer son profil nutritionnel.

L'objectif général de cette étude a été d'évaluer la qualité nutritive de la boisson Malta Tonic[®].

Les objectifs spécifiques ont été de :

- décrire l'étiquetage et les caractères organoleptiques
- établir le profil nutritionnel (macronutriments, minéraux et polyphénols)
- déterminer le risque sanitaire (microbiologique et toxicologique) lié à cette boisson.

Pour atteindre ces objectifs, l'étude se présentera en deux parties :

- la première porte sur la revue de la littérature notamment une généralité sur les céréales, la description de l'orge, des boissons et sur l'expertise scientifique,
- la seconde expérimentale, traite la méthodologie appliquée, rapporte les résultats obtenus et la discussion qui en résulte et une conclusion mettra fin à ce travail après la formulation de recommandations.

PREMIERE PARTIE: REVUE DE LA LITTERATURE

I. LES CEREALES

I.1.Définition

Par définition, une céréale est une plante cultivée principalement pour ses grains utilisés pour l'alimentation humaine et animale. La plupart des céréales appartiennent à la famille des Poacées (anciennement Graminées). Les plus connues, et aussi les plus cultivées dans le monde, sont le blé, l'orge, le maïs ou le riz. On y associe aussi certaines plantes d'autres familles botaniques, comme le sarrasin (Polygonacées), le quinoa ou l'amarante (Chénopodiacées) qui sont en fait des pseudo-céréales [9, 10].

I.2.Classification

Les principales familles de céréales cultivées (Tableau I) dans le monde appartiennent au [11] :

- règne : végétal
 - o classe : *Liliopsida*
 - ordre : *Cypérales*

I.3.Usage

Les céréales sont utilisées depuis des décennies dans l'alimentation humaine (panification et semoule) et animale par l'emploi de leur graine, et aussi pour le fourrage, la construction, la litière, l'ensilage (la plante entière) par l'emploi de leurs pailles [11].

Parmi toutes les espèces de céréales décrites ci-dessus, la plus utilisée dans le domaine brassicole est l'orge (*Hordeum vulgare L.*).

II. ORGE

II.1.Histoire

L'orge est la céréale la plus utilisée dans l'histoire. Elle semble avoir été cultivée d'abord au Turkestan, en Ethiopie, au Tibet, au Népal et en Chine. A 100 km du Caire, en Egypte, des fouilles ont montré qu'on cultivait l'orge il y a plus de 5

000 ans. Les Hébreux attribuaient même à cette céréale un symbole de puissance et une valeur guerrière partagés par les gladiateurs romains et les Vikings. Quant aux cultures américaines, elles remontent à Christophe Colomb qui, en 1493, avait embarqué des grains au départ de l'Europe.

On en connaît 16 espèces qui sont originaires des pays tempérés et chauds de presque toutes les parties du monde. En France, on en rencontre 8 espèces, mais la plus répandue est l'orge commune (*Hordeum vulgare*), originaire de l'Asie, et qui a fourni les diverses variétés cultivées aujourd'hui [12].

Tableau I : Principales céréales cultivées dans le monde

Famille	Sous-familles	Genre	Espèces	Nom commun
Graminées	Festucoïdées	<i>Triticum</i>	<i>T.aestivum</i> L. <i>T.durum</i> L.	Froment ou blé tendre Blé dur
		<i>Hordeum</i>	<i>H.vulgare</i> L.	Escourgeon O.6 rangs O.2 rangs
		<i>Avena</i>	<i>A.sativa</i>	Avoine
		<i>Secale</i>	<i>S.cereale</i>	Seigle
		<i>Triticum x secale</i>		Triticale
	Panicoidées	<i>Zea</i>	<i>Z.mays</i>	Mais
		<i>Oryza</i>	<i>O.sativa</i> L. <i>O.blaberrina</i> stend	Riz
		<i>Sorghum</i>	<i>S.Dura</i> Stof. <i>S.Subglabrescens</i> Beauv. <i>S.Coffrorum</i> Beauv. <i>S.bicolor</i> (L.) Moench	Sorgho Grain
		<i>panicum</i>	<i>P.miliacum</i>	Millet commun
		<i>Setaria</i>	<i>S.italica</i> Beauv.	Millet des oiseaux
		<i>Pennisetum</i>	<i>P.typhoides</i> Stapf et Hubb	Mil
Polygonacées		<i>Fagopyrum</i>	<i>F.exculentum</i> <i>F.tatiricum</i>	Sarrasin ordinaire Sarrasin de Tartarie

II.2.Botanique

a) Origine

L'orge est originaire de l'est de l'Afrique (Éthiopie) et du centre de l'Asie [13].

b) Description

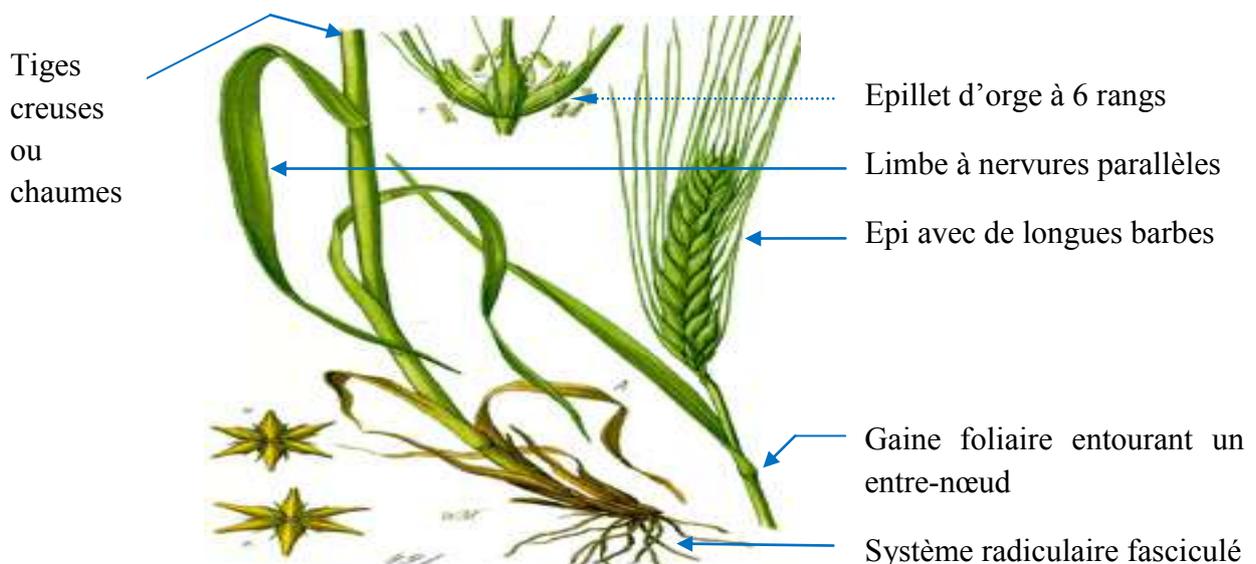
Les différentes parties de la plante sont représentées sur la figure 1 [14]

➤ *Racines*

Les longues racines atteignent à peine 1,20m de profondeur [13].Le système racinaire, très étalé, est formé de racines toutes également développées : les racines sont fasciculées [15].

➤ *Tiges*

La plante d'orge possède plusieurs longues tiges herbacées, cylindriques, grêles, non ramifiées, renflées au niveau des nœuds. Les tiges sont pleines au niveau des nœuds et creuses dans les entre-nœuds. De telles tiges, appelées chaumes, sont, grâce à cette structure, à la fois souples et résistantes [15].



Source :[16]

Figure 1: Les différentes parties de la plante d'orge

➤ *Feuilles*

Elles sont un peu plus étroites et de couleur vert clair lorsqu'elles sont jeunes. À la jonction du limbe et de la gaine, on trouve une courte ligule dentée appliquée contre la tige [13].

➤ *Inflorescences*

Ce sont également des épis terminaux qui se composent d'un axe principal ou rachis. Chaque article du rachis porte trois épillets qui ne possèdent pas de pédoncule ; chaque épillet ne renferme qu'une seule fleur, insérée entre deux glumes réduites, allongées et à sommet aigu. Il est, soit fertile, soit stérile. En général, les épis sont barbus [13].

➤ *Fleurs*

Chaque fleur est enveloppée par deux glumelles. La glumelle inférieure porte le plus souvent une longue barbe, soit rugueuse, soit lisse selon les variétés. Les fleurs sont hermaphrodites et se composent :

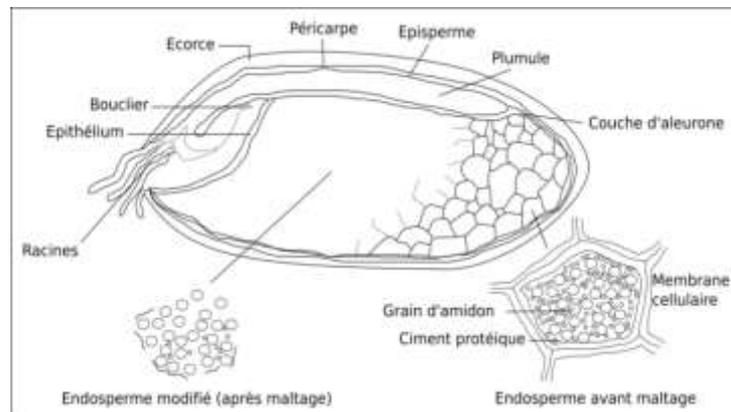
- d'un ovaire globuleux à une loge surmonté par un stigmate plumeux à deux styles
- de trois étamines à anthères en X.

A la base de l'ovaire, on trouve deux glomérules, généralement du côté de la glumelle inférieure [13].

➤ *Fruits*

Le grain d'orge a une forme généralement ovale et il se termine par une petite face droite, la base, du côté où il est attaché à l'épi (Figure 2). On distingue une face dorsale bombée et une face verticale traversée par un sillon médian. On trouve de l'extérieur vers l'intérieur d'un grain d'orge une écorce formée par les

deux glumelles, une amende à texture farineuse. L'embryon est composé d'une plumule, d'une tigelle et d'une racicule [13].



Source :[17]

Figure 2: Coupe longitudinale de la graine d'orge

c) Classification

Le genre *Hordeum* comprend de nombreuses espèces (16) spontanées et cultivées [13].

d) Phase végétative

Elle n'a pas été étudiée d'une manière aussi approfondie que celle du blé. La durée totale du cycle végétatif de l'orge varie de 120 à 170 jours, suivant les variétés et les conditions de culture [18].

II.3.Variétés

L'orge commune (*Hordeum vulgare*), céréale à paille de la famille des Poacées (ou Graminées), est aujourd'hui produite à grande échelle, principalement en Europe et en Amérique du Nord. Elle représente 7 à 8 % de la production mondiale des céréales, derrière le maïs, le riz et le blé.

Parmi les variétés cultivées, on distingue les orges selon des critères physiologiques et morphologiques :

Les orges d'hiver, sont semées fin Septembre / début Octobre, afin de subir l'action des températures basses indispensable à la production de graines (phénomène de vernalisation). Elles peuvent avoir des épis plats à 2 rangs ou des épis cylindriques à 6 rangs portant le nom d'escourgeon.

Les orges de printemps, relativement sensibles au gel, sont majoritairement semées en fin d'hiver (février/mars). Elles ont, comparativement aux orges implantées à l'automne, un rythme de développement plus rapide, tout particulièrement lors des premières phases de leur cycle [13].

II.4.Composition de l'orge

Un grain d'orge entier est constitué de 78 à 83 % de glucides, dont 60 à 64 % d'amidon et un peu de sucres simples comme le glucose ou le fructose (0,4 à 2,9 %). Il contient de 8 à 15 % de protéines, avec un contenu toutefois limité en lysine (un acide aminé essentiel), ce qui en fait une protéine incomplète. L'orge renferme de 2 à 3 % de lipides, dont le tiers environ est situé dans le germe [19]. La composition chimique de cent (100) grammes de grain d'orge complet est présentée par le Tableau II [20].

II.5.Utilisation de l'orge

La distinction des orges se fait également selon leur utilisation : on parle d'orges fourragères (ou de mouture) et d'orges brassicoles.

L'alimentation animale est le premier débouché des cultures d'orges. Utilisées au travers de la fabrication d'aliments industriels ou directement en autoconsommation à la ferme, ces orges fourragères sont bien adaptées à l'alimentation des porcins et des bovins.

En alimentation humaine, c'est la filière brassicole qui est le premier débouché. Après une sélection variétale rigoureuse, l'orge est en effet la céréale dont la

composition – teneur en protéines, grains vêtus, etc. – est la mieux adaptée au maltage [21].

Tableau II: Composition de 100g de grain d'orge complet

<i>Macronutriments</i>	% m/m	<i>Vitamines</i>	% m/m
Eau	11,7g	Provitamine A	0,001mg
Protéines	10,6g	Vitamine E	4,220mg
Lipides	2,1g	Vitamine B1	0,43mg
Hydrate de carbone	71,8g	Vitamine B2	0,18mg
Minéraux	2,2g	Vitamine PP	4,8mg
Cellulose	1,5g	Acide folique	65µg
Total des fibres végétales	9,8g		
<i>Acides aminés</i>	% m/m	<i>Minéraux</i>	% m/m
Isoleucine	0,45g	Potassium	444mg
Leucine	0,74g	Sodium	33,4mg
Valine	0,48g	Magnesium	119mg
Méthionine	0,18g	Calcium	38mg
Cystine	0,15g	Fer	2,8mg
Phénylalanine	0,56g	Cobalt	0,01mg
Tyrosine	0,42g	Phosphore	342mg
Thréonine	0,37g	Chlore	23mg
Tryptophane	0,15g	Iode	0,007mg
Lysine	0,37g		
Histidine	0,19g		
Arginine	0,53g		

II.6.Maltage

Le malt, produit alimentaire naturel, est obtenu par la germination et le séchage de grains de céréales, comme l'orge, le blé, le seigle ou l'épeautre, au cours d'une opération appelée maltage [22].

Le maltage consiste à faire germer les grains pour déclencher les transformations que la plante connaît naturellement dans sa croissance et à

stopper cette transformation plus ou moins rapidement suivant les caractéristiques attendues [23].

Le maltage est constitué de cinq étapes.

Etape 1 : la préparation de l'orge

L'orge brute de qualité brassicole est soumise à diverses opérations de nettoyage, de triage et de calibrage. Elles ont pour but l'obtention de grains d'orge de dimensions uniformes, débarrassés de tous corps étrangers et des grains détériorés impropres à la germination. Le nettoyage peut être réalisé par un tarare (c'est un appareil équipé d'un ventilateur servant au nettoyage des grains après le battage), et ensuite, le tri et le calibrage réalisé par un trieur.

Etape 2 : le trempage

Le trempage fournit aux grains l'eau et l'oxygène nécessaires à la germination. A l'issue de cette opération, leur pourcentage d'humidité est ainsi porté de 15 à 45 %. L'eau apporte au grain l'humidité qui doit déclencher la germination, mais ne fournit que très peu d'oxygène Il faut donc donner de l'oxygène au grain en aérant tout simplement celui-ci, en alternant les passages sous eau et sous air. La durée de trempage est de 2 ou 3 jours, en fonction de la variété de l'orge et de la température.

Etape 3 : la germination

La germination a pour objet de libérer dans le grain les enzymes indispensables aux transformations que doit subir le grain pendant le maltage (désagrégation, formation de sucres, solubilisation des matières azotées) et pour le travail ultérieur du brassage (saccharification de l'amidon, dégradation des matières azotées).

Trois conditions s'avèrent nécessaires pour que la germination puisse s'effectuer de façon régulière :

- ✓ Il faut que le grain soit suffisamment humide. Cette humidité doit être maintenue à 45 % pendant toute la germination. L'eau ainsi présente permet à la germination de se prolonger pendant huit jours sans qu'il y ait dessiccation.
- ✓ Le grain doit se trouver en atmosphère suffisamment oxygénée. Comme il y aura absorption d'oxygène et dégagement de gaz carbonique, il faudra assurer pendant la germination une aération suffisante pour éviter l'asphyxie du grain.
- ✓ La température doit être maintenue dans des limites convenables pour obtenir une germination lente et régulière : entre 10 et 20°C.

La germination du grain d'orge se caractérise par l'apparition puis le développement sur le grain, de ce qui serait la racine de la future plante. Parallèlement, la plumule (germe) s'allonge sous l'enveloppe et apparaît à l'autre extrémité (Figure 3).



Source: [24]

Figure 3: Photographie de la germination de l'orge

Lors de la germination, l'amylase contenue dans les cellules de l'orge « digèrera » l'amidon pour en faire des sucres plus simples tels que le maltose et le glucose. La réaction qui se produit est semblable à celle du brassage, on a

l'action des amylases A et B; c'est donc lors de la germination que se déclenche l'activité enzymatique, mais avec un taux relativement faible. En effet, ce n'est qu'environ 5% de l'amidon de l'orge qui seront transformés en sucres rapides. Ces sucres sont nécessaires pour nourrir le germe. Ce dernier atteint sa maturité lorsque tous les sucres ont été consommés. C'est pour cela que la germination doit être interrompue à un instant précis, de façon à ce qu'il reste assez de sucres pour la fabrication des boissons. Elle est donc stoppée lorsqu'il y a suffisamment d'enzymes pour dégrader l'amidon et les protéines restantes. A cet instant, le malt contient 7,5 à 10% de sucres.

Dans les conditions standards, pour obtenir une désagrégation optimale du grain, la germination dure 4-5 jours à 15-20°C[25]. Le temps de germination est un compromis permettant d'atteindre un niveau suffisant d'hydrolyse des protéines et de biosynthèse des amylases tout en limitant les pertes de réserves par la respiration et la croissance de l'embryon. Le produit obtenu à la fin de la période de germination est appelé malt vert.

Etape 4 : le touraillage

Il permet d'arrêter la germination en tuant l'embryon. Cela permet également de réduire l'humidité des grains, d'inactiver les enzymes d'intérêt sans les détruire et de développer l'arôme et la couleur du malt. L'humidité passe de 45 % à 3 % [26]. Le touraillage dure environ 35 heures. Pendant les 30 premières, les grains sont chauffés à une température relativement faible (environ 45°C). Il n'y a pas de risques que l'amidon soit dégradé car il n'y a pas assez d'air à l'intérieur du grain pour que la réaction se produise. Au bout des 30 heures, la température augmente brusquement. C'est ce que l'on appelle le « coup de feu ».

Si les étapes précédentes sont essentiellement des étapes de préparation du grain aux étapes ultérieures, le rôle du touraillage est tout autre. Le type de boisson

(blonde, brune, caramélisée...) dépendra de l'intensité de chaleur de la 2ème étape de chauffage des grains.

Etape 5 : le traitement du malt

Le maltage terminé, les radicules sont éliminées. Les grains ainsi obtenus forment le malt tel qu'il est stocké pour son utilisation en brasserie. Il faut compter 122kg d'orge issu des champs pour obtenir 100kg de malt fini. Le malt fraîchement touraillé contient entre 1 et 4% d'humidité. Ce produit est très hygroscopique et toutes les mesures doivent être envisagées pour éviter la prise d'humidité. La température au stockage doit être inférieure à 25°C afin d'éviter toute augmentation de la couleur dans les silos sans aération.

II.7.Le stockage

Le malt peut être stocké pendant un à deux ans à condition de prendre les précautions nécessaires pour éviter les contaminations et la prise d'humidité.

Au cours de ce stockage des mycotoxines peuvent se développer. C'est le cas principalement de l'ochratoxine A [27] qui est une mycotoxine produite par plusieurs moisissures des genres *Aspergillus* et *Penicillium*, principalement *P. verrucosum* dans les climats tempérés et *A. Ochraceus* dans les régions chaudes [28]. Elle contamine l'alimentation des animaux d'élevage par l'intermédiaire des céréales et des farines et celle de l'homme par le biais de la chaîne alimentaire [29].

De nombreuses céréales peuvent être maltées. La principale céréale utilisée en Europe est l'orge, mais d'autres céréales sont également utilisées comme le blé, le seigle, l'épeautre, le maïs, le millet, le sorgho (principalement en Afrique) [24]. Le malt obtenu sert à la préparation de boissons. Les boissons au malt sont de plus en plus appréciées. Elles représentent un fort potentiel car

elles répondent à deux tendances : elles contiennent moins de sucre et sont fabriquées avec des ingrédients naturels [22].

III. BOISSONS

III.1. Définition et classification

III.1.1. Définition

Une boisson est tout liquide que l'on boit pour se désaltérer, se rafraîchir.

III.1.2. Classification

Les boissons sont classées en 5 groupes conformément à l'article L 3321-1 du code de la santé publique:

Le *groupe 1* est représenté par les boissons sans alcool. Elles comprennent les eaux minérales ou gazéifiées, les jus de fruits ou de légumes non fermentés ou ne comportant pas, à la suite d'un début de fermentation des traces d'alcool supérieures à 1,2 degrés, les limonades, les sirops, les infusions, le lait, le thé, le café, le chocolat.

Le *groupe 2* comprend les boissons fermentées non distillées. Il s'agit du vin, du cidre, de la bière, du poiré, de l'hydromel auxquelles sont joints les vins doux naturels bénéficiant du régime fiscal des vins, les crèmes de cassis et jus de fruits et de légumes légèrement fermentés comportant de 1,2 à 3 degrés d'alcool.

Le *groupe 3* comprend les vins doux naturels autres que ceux appartenant au groupe 2. C'est le cas des vins de liqueur, des apéritifs à base de vins et liqueurs de fraises, de framboises, de cassis ou de cerises ne titrant pas plus de 18 degrés d'alcool pur.

Le *groupe 4* comprend les rhums, les tafias, les alcools provenant de la distillation des vins, des cidres, des poirés ou des fruits, et ne supportant aucune addition d'essence ainsi que des liqueurs édulcorées au moyen de sucre, de glucose ou de miel à raison de 400 grammes minimum par litre pour les liqueurs

anisées et de 200 grammes minimum par litre pour les autres liqueurs et ne contenant pas plus d'un demi-gramme d'essence par litre.

Le *groupe 5* comprend toutes les autres boissons alcooliques.

III.2.Boissons énergétiques

III.2.1.Définition

Les boissons énergétiques, désignées en anglais sous les termes de « soft drinks ou sport drink », dont la composition nutritionnelle est adaptée à la pratique d'une activité, font l'objet d'un encadrement réglementaire spécifique (Arrêté du 20 juillet 1977 pris pour l'application du décret du 24 juillet 1975 sur les produits diététiques et de régime en France).

Une boisson énergétique répond avant tout aux besoins nutritionnels à l'effort. Il s'agit notamment de l'eau, des minéraux comme le sodium, et parfois des glucides, adaptés à des efforts de longue durée. La boisson énergétique est une boisson de l'effort. Elles sont diététiques et apportent une formule glucidique adaptée dans des situations d'activités intenses. Elles sont élaborées pour répondre à des besoins physiologiques spécifiques tels que l'hydratation grâce à un apport en sodium ou en potassium [30].

III.2.2.Réglementation

Les boissons énergétiques, boissons de l'effort, sont soumises à la législation des compléments alimentaires (directive 2002/46/CE du Parlement européen, décret du 20 mars 2006). « *On entend par compléments alimentaires les denrées alimentaires dont le but est de compléter le régime alimentaire normal et qui constituent une source concentrée de nutriments ou d'autres substances ayant un effet nutritionnel ou physiologique seul ou combiné...* ».

La réglementation a progressivement établi une liste des ingrédients pouvant entrer dans leur composition. Au niveau européen, cette réglementation est ciblée sur les vitamines et les minéraux. Les boissons énergétiques ne sont en

aucun cas des médicaments. Les teneurs en nutriments de ces boissons ne doivent pas dépasser les apports journaliers recommandés. Elles sont élaborées pour répondre aux besoins spécifiques du sportif qui fournit un effort musculaire intense. Certaines sont orientées vers la récupération après l'effort [31].

III.2.3.Composition

Les boissons de l'effort constituent des apports glucidiques complémentaires. Leur composition ne doit être ni acide, ni gazeuse, ni trop sucrée, pour qu'elles soient correctement assimilées. Les apports glucidiques (généralement dextrose, fructose, maltodextrine) sont à raison de 6 à 8% par litre. Il y a également un apport de potassium, de calcium, de sodium, de phosphore et de magnésium à des taux très faibles. Les vitamines sont essentiellement des vitamines B [32]

Les boissons de l'effort ont une composition adaptée pour permettre une bonne tolérance. Elles doivent :

- avoir une composition qui répond aux besoins du sportif et garantit une bonne hydratation apportant de l'eau, 20 à 80 g de sucres par litre et 0,4 g de sodium par litre qui correspond à 1g de chlorure de sodium ou de sel de table.

- avoir un goût agréable, et ne pas induire de stress nutritionnel, les qualités gustatives et la couleur de la boisson pouvant influencer les quantités bues lors de l'effort.

- être d'absorption rapide pour ne pas pénaliser la continuité de l'effort.

- maintenir une osmolalité et un volume extracellulaire stable. Les boissons de l'effort sont isotoniques ou hypotoniques, pour faciliter leur absorption au niveau intestinal.

- être neutres sur le plan intestinal pour ne pas provoquer de troubles gastro-intestinaux nuisibles physiologiquement et psychologiquement [31].

III.2.4. Inconvénients

La mauvaise utilisation des boissons énergétiques peut être à l'origine d'excès en apports glucidiques, et de pérennisation de la compulsion vers les aliments sucrés.

Elles peuvent aussi être un leurre qui détourne de la nécessité de rechercher une alimentation équilibrée pour optimiser la performance sportive. [33, 34].

III.2.5. Utilisation

Les boissons énergétiques sont réservées pour des activités intenses et prolongées comme les auditions ou les spectacles.

Elles peuvent aussi être employées lors d'apparition de crampes pendant l'effort, accompagnées de sueurs importantes qui entraînent une perte hydrique et une perte en minéraux.

Elles permettent enfin de stabiliser la glycémie avant et au cours de l'effort, si nécessaire.

III.3. Boissons énergisantes

III.3.1. Définition

Le terme « boisson énergisante » a été choisi par l'industrie dans le but de soutenir ses initiatives de marketing et de mettre en exergue les propriétés stimulantes de ces boissons. Il n'existe aucun consensus parmi les organismes de réglementation quant à la définition de ces boissons et à la terminologie qui leur est associée.

Le terme « boisson énergisante » désigne tout produit se présentant sous la forme d'une boisson ou d'un concentré liquide. Ces dernières prétendent contenir un mélange d'ingrédients ayant la propriété de rehausser les niveaux d'énergie et de vivacité. Tous les ingrédients sont présents naturellement dans l'organisme [30].

Ces boissons sont présentées comme étant destinées à soutenir l'activité physique et mentale en cas d'effort intense [35, 36].

Ces produits ne répondent ni aux critères, ni à la réglementation imposés aux boissons énergétiques ; certaines sont cependant sous surveillance en raison de la présence de taurine et de caféine [31].

III.3.2.Composition

Les ingrédients varient énormément d'un produit à un autre. Mais les boissons énergisantes sont globalement trop riches en sucre, parfois jusqu'à 120 g par litre. Cette forte osmolarité fait qu'elles ralentissent la vidange gastrique et ne favorisent pas la réhydratation [31].

Les boissons énergisantes sont principalement composées d'eau, de sucre, de caféine et d'ingrédients ajoutés pour leurs propriétés prétendument stimulantes ou pour leur implication dans la production d'énergie par le corps [37]. L'effet « énergétique » de ces boissons énergisantes est essentiellement lié au duo sucre-caféine. La quantité de sucre est comparable à celle contenue dans une boisson gazeuse régulière ou une boisson aux fruits. La quantité de caféine dans une boisson individuelle ne pourra contenir qu'un maximum de 180mg de caféine. En dehors de la caféine, les substances [38-40] couramment rencontrées sont :

- le guarana ; C'est une plante dont les graines contiennent principalement de la caféine. Elle a un effet stimulant sur le système nerveux avec des effets secondaires semblables à ceux de la caféine.

- la taurine ; C'est un acide aminé présent dans l'organisme. Son apport alimentaire n'est pas nécessaire puisque le corps est capable d'en produire suffisamment. En période de stress ou d'activité physique intensive, les besoins peuvent augmenter. Dans ces cas, ils sont comblés par une alimentation riche en produits laitiers, en viandes [41].

- le ginseng ; C'est une plante qui aide le corps à s'adapter à différents facteurs de stress. La combinaison ginseng-caféine pourrait augmenter les effets stimulants déjà connus de la caféine.

- les sels minéraux : les boissons énergisantes contiennent très peu de minéraux, notamment de sodium. Elles ne compensent donc pas les pertes sudorales en minéraux et ne sont pas adaptées à l'effort sportif [42].

- les autres substances : théobromine, l'arginine, glucuronolactone...

III.3.3. Inconvénients

- ✓ Des apports en glucides trop importants

Leur taux en glucides est supérieur à celui des boissons énergétiques : il peut être de l'ordre de 112 g par litre, ce qui est bien au-dessus des 30 à 50 g par litre recommandés. Ce taux élevé risque d'engendrer une hypoglycémie réactionnelle, en cas de consommation avant l'effort. En outre, cet excès de glucides n'équivaut pas à un meilleur apport énergétique, puisqu'à de telles concentrations, l'assimilation digestive est fortement perturbée, donc inefficace.

- ✓ Une consommation excessive de caféine

La caféine est présente sous la forme de café, thé, cacao, noix de kola, guarana, yerba ou maté, d'où la nécessité de bien lire les étiquettes. Dans une canette de 250 ml, la teneur en caféine peut atteindre 80 mg (elle varie selon les boissons de 23 mg à 125 mg pour 250 ml).

La caféine a un effet ergogène et retarde le seuil d'épuisement lors de l'exercice anaérobie. Les excès de son apport entraînent des troubles cardio-vasculaires avec hyperexcitabilité cardiovasculaire, et des effets hypertenseurs, qui s'opposent à l'adaptation à l'effort et peuvent favoriser la survenue de troubles cardiaques.

De plus, elle présente des effets musculaires avec risque d'accident musculaire, des effets digestifs avec trouble de la motricité et douleurs, des troubles du comportement avec irritabilité et propension à l'angoisse.

La caféine augmente l'élimination urinaire de calcium, de magnésium, de chlore, de sodium. Cette fuite minérale peut induire des désordres électrolytiques pendant l'effort, favoriser les blessures, et nuire aux capacités de

récupération. Par ailleurs, la caféine étant un puissant diurétique, sa consommation en excès aggrave la déshydratation, responsable de tendinites, de crampes et de troubles cardiaques.

La consommation quotidienne à ne pas dépasser est estimée à 200 mg, soit 2 canettes et demi de 250 ml. Mais le café est présent dans de nombreux produits consommés parallèlement (les colas, le thé, glacé ou non, le chocolat...), ce qui augmente le risque de surdosage. Il faut, par ailleurs, savoir que la sensibilité à la caféine est variable d'un sujet à un autre. Elle apparaît dès 100 mg, pour certains sujets. Il est donc relativement facile de dépasser les doses recommandées, surtout chez les enfants et les adolescents [43].

✓ Une dose de taurine trop importante

La taurine est un acide aminé soufré, présent en forte concentration dans la bile du taureau (d'où son nom) et apportée en petite quantité par l'alimentation.

Aucun déficit n'a été décrit chez l'homme. Chez l'homme, elle est présente dans l'organisme, à petite dose. On la retrouve, par exemple, dans le lait de femme. Elle a des effets sur l'excitabilité neuronale et des effets toniques cardiovasculaires car elle renforce la contractibilité cardiaque. Substance mal connue, elle serait toxique pour la thyroïde et le fonctionnement neuronal. Deux canettes de 250 ml par jour apportent des doses de taurine 10 fois plus élevées que les doses journalières alimentaires. C'est une substance déconseillée aux enfants et aux femmes enceintes [40].

✓ Un potentiel acidifiant important

Le pH de ces boissons est de l'ordre de 3,5. Ce pH est particulièrement acide, ce qui peut provoquer, en cas d'ingestion régulière et répétée, une érosion de la plaque dentaire et de la muqueuse gastrique, telle que cela a été observé chez des sportifs de longue durée (coureurs de fond, cyclistes, triathlètes). Par leurs

propriétés acidifiantes, ces boissons peuvent également entraver une bonne récupération et favoriser les blessures sportives musculo-tendineuses.

✓ Une osmolarité forte.

Elle gêne la vidange gastrique, l'absorption intestinale, les échanges transmembranaires et empêche une assimilation optimale [44].

Au vue des différents inconvénients énumérés ci-dessus, chaque pays doit réaliser une expertise sur ces boissons avant leur commercialisation.

IV. EXPERTISE SCIENTIFIQUE

IV.1. Définition

Une expertise est un ensemble d'activités nécessaires pour analyser un problème posé en s'appuyant sur l'état des connaissances, sur des démonstrations et sur l'expérience des experts. Elle conduit en général à la rédaction d'un document (rapport d'expertise) pouvant se conclure, selon la demande, par des interprétations, voire des recommandations. Le demandeur peut être public ou privé. La prestation peut être gratuite ou payante [45].

IV.2. Domaines d'applications

L'expertise peut concerner des aspects extrêmement variés :

- relatifs à la certification,
- l'authenticité d'un produit, d'un échantillon,
- à l'appréciation d'une situation ou d'un état [45].

IV.3. Ethique de l'expertise

La dimension éthique concerne non seulement le processus de mise en place d'une expertise et la relation entre les experts et la société, mais aussi les critères utilisés, l'intelligence de ceux-ci et l'utilisation qui peut en être faite [45].

IV.3.1. Ethique concernant l'expert

a. Expertise individuelle

L'expert est identifié et choisi en tout premier lieu en fonction de sa compétence et de sa réputation d'excellence dans le domaine considéré. L'expert doit ensuite être très clair dans ses formulations. Une exigence majeure de l'expertise est de présenter explicitement les conditions, les critères et les raisons qui ont motivé les positions prises. L'expert doit justifier ses conclusions, de façon à pouvoir les faire valoir en cas d'appel ou de contre-expertise. L'expert doit faire preuve de responsabilité (crédibilité, sérieux scientifique et responsabilité judiciaire) et de prudence dans son appréhension de la demande, dans la construction de son point de vue, dans la formulation de son avis ainsi que dans son contact avec la société. L'expert n'engage pas juridiquement l'établissement auquel il appartient, c'est souvent sa situation professionnelle et sa reconnaissance au sein de l'établissement qui a conduit le demandeur d'expertise à faire appel à lui [45].

b. Expertise institutionnelle

Un organisme de recherche est directement concerné par l'expertise, parce que ses chercheurs et ses ingénieurs sont appelés, individuellement ou parfois en groupe, à formuler des avis. Il est souhaitable que l'établissement, employeur de chercheurs et d'ingénieurs engagés dans l'expertise, ne se contente pas d'appels à la responsabilité de chaque expert, mais rendre crédibles les garanties et s'engage lui-même dans les conclusions formulées. Un établissement, s'il cautionne la méthodologie et les conditions de l'expertise, peut *in fine* valider un rapport d'expertise, lequel sera considéré comme expertise institutionnelle et diffusé sous le label de l'établissement [45].

IV.3.2. Ethique concernant le commanditaire

L'expertise est initiée par un commanditaire et, après sa réalisation, exploitée *in fine* par ce commanditaire ou, de façon plus aléatoire, par divers médias. Le commanditaire définit le thème de l'expertise et formule sa demande. Lorsqu'il s'agit d'une expertise individuelle ou collective, il identifie et choisit les experts mais lorsqu'il s'agit d'une expertise institutionnelle, son interlocuteur est alors l'institution qu'il a interrogée. Le commanditaire doit veiller à définir un cahier des charges précis, qu'il remettra à l'expert et doit aussi énoncer clairement les objectifs quant à l'exploitation du rapport d'expertise. Le commanditaire doit éviter de choisir un expert en fonction de son attitude présumée favorable aux vœux et analyses. Le commanditaire doit s'attacher à ne pas interpréter abusivement le contenu de l'expertise et ne pas en retenir sélectivement certaines parties, qui seraient plus en adéquation avec ses souhaits ou ses analyses *a priori*. Il doit contrôler la diffusion des résultats de l'expertise en facilitant la plus grande transparence, sauf cas spécifique, et être attentif à la précision des informations délivrées aux médias.

Une expertise bien conduite doit permettre d'associer une démarche éthique de précaution à une démarche éthique de l'action, rendant acceptable une certaine prise de risque [45].

DEUXIEME PARTIE: ETUDE EXPERIMENTALE

I. MATERIELS ET METHODES

I.1. Type et cadre de l'étude

I.1.1. Types d'étude

Le type d'étude réalisé est une étude analytique.

I.1.2. Cadre et durée de l'étude

L'étude a été initiée par le Département de Chimie analytique, Bromatologie, Chimie générale et Chimie minérale de l'UFR des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques de l'Université Félix Houphouët-Boigny. Elle s'est déroulée dans le district d'Abidjan pour la collecte de la boisson Malta Tonic[®] et au Laboratoire National de la Santé Publique (Treichville), au Laboratoire d'Analyse Minérales de la SODEMI (Cocody), au Laboratoire de PETROCI (yopougon), et au Laboratoire National d'Appui au Développement Agricole (Treichville) pour les différents dosages effectués.

Cette étude s'est déroulée de septembre 2016 à janvier 2017.

I.2. Matériel

I.2.1. Echantillonnage

Les échantillons provenaient de cinq productions (lots) fournies par le fabricant LBI et d'un lot acheté sur le marché.

NB : Un lot est constitué de 24 bouteilles

➤ Critères d'inclusions

Les échantillons inclus dans l'étude étaient constitués de la Boisson Malta Tonic 33cL et 25cL (contenant en verre) issus des six lots énumérés ci-dessus.

➤ Critères de non inclusions

Les autres boissons maltées ou non ont été exclues de l'étude.

I.2.2.Appareillage

L'appareillage de notre étude est constitué de :

- un MEB/EDS. Ce MEB (MEB FEG Supra[®] 40 VP Zeiss, Allemagne) est équipé d'un détecteur de rayons-X (OXFORD Instruments) X-MAX SDD relié à une plateforme de microanalyseur EDS (Inca Dry Cool, sans Azote liquide) (Figure 4)
- un SAA (Agilent[®] AA 240 FS, USA) (Figure 5) ;
- un CLHP (Shimadzu[®], Chine) ;
- un pH-mètre à sonde (Hanna[®])
- un four (J. P. Selecta[®], Espagne) ;
- un dessiccateur (BlasheurWertheim[®], Allemagne) ;
- une étuve (Prolabo[®], France) ;
- une rampe de filtration



Caractéristiques :

Grossissement : 12 X à 1 000 000 X

Résolution : 2 nm

Voltage variable : 0,1 kV à 30 kV

Figure 4: Photographie du MEB/EDS



Figure 5: Photographie d'un Spectromètre Agilent AA 240 FS

I.2.3. Réactifs et consommables

Les réactifs utilisés pour les différents dosages sont de qualité analytique. Ils sont composés de sulfate de potassium, de sulfate de cuivre, d'acide borique, de rouge de méthyle, solution de phénolphthaléine, d'hexane, d'éther de pétrole, le PBS (ou *phosphate buffered saline*), d'acide gallique 0,5%. (MERCCK[®], Allemagne), d'oxyde rouge de mercure, d'acide sulfurique concentré d'hydroxyde de sodium, d'acide sulfurique (PROLABO[®], France), d'acide chlorhydrique à 37%(SHARLAU[®], Espagne), de méthanol (PANREAC[®], Espagne).

Les consommables utilisés sont composés de :

- des micropores
- des boîtes de pétris stériles de 90cm
- de membrane filtrante millipore stérile (47 à 50mm de diamètre)
- de bec bunsen

I.2.4.La Verrerie

La verrerie utilisée dans l'étude est constituée de :

- Tube à essai
- Becher
- Entonnoir
- Flacon
- Erlenmeyer
- Pipette jaugée
- Eprouvette graduée
- Ampoule à décanter
- Fiole jaugée
- Burette graduée...
- Ballon rond à fond plat col rodé 29/32 de 500ml ;
- Crucibles
- Plots
- Râteau (ou pipette pasteur modifiée)

I.3.Méthodes

L'expertise de cette boisson a porté sur l'analyse de l'étiquetage, la détermination des caractères organoleptiques, des paramètres physicochimiques (pH, humidité, la teneur en macronutriments et la teneur en micronutriments notamment les minéraux), de la valeur énergétique, des paramètres microbiologiques, et des paramètres toxicologiques.

I.3.1.Etiquetage

Les données concernant l'étiquetage ont été analysées conformément au décret 92-487 du 26 Aout 1992 portant étiquetage et présentation des denrées alimentaires.

Les items de l'étiquetage à analyser doivent être inscrits à un endroit apparent de manière à être visibles, indélébiles et clairement lisibles dans les conditions actuelles de présentation. Ce sont :

- la dénomination de vente ;
- la liste des ingrédients ;
- le contenu net ;
- la date de péremption ;
- le numéro de lot ;
- le nom ou raison sociale et l'adresse du fabricant, du conditionneur ou du vendeur ;
- l'exigence technique ;
- la langue utilisée ;
- le lieu d'origine ou de provenance ;
- les conditions de conservation [46].

I.3.2. Caractères Organoleptiques

I.3.2.1. Couleur

La couleur de la boisson a été déterminée à l'œil nu [47].

I.3.2.2. Odeur et Goût

L'odeur et le goût ont été déterminés par utilisation respectif du nez et de la langue [47].

I.3.2.3. Aspect

La détermination a été faite en utilisant la présence ou l'absence de particules en suspension [47].

I.3.3. Paramètres Physicochimiques

I.3.3.1. pH

➤ **Principe**

La méthode est basée sur la mesure de la différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence plongeant dans une même solution [48-50].

➤ **Mode opératoire**

- Un étalonnage du pH-mètre (contenant un thermomètre intégré) en deux points est effectué avec des solutions tampons connus (solution de pH 4 et solution de pH 7).
- Après calibration de l'étalonnage, l'on procède à la lecture des pH des échantillons.
- Agiter vigoureusement la boisson dans un erlenmeyer fermé (en l'ouvrant de temps en temps) pour dégazer autant que possible.
- Plonger l'électrode de mesure du pH-mètre dans l'échantillon
- Procéder à la lecture.

➤ **Expression des résultats**

La valeur affichée doit être stable.

I.3.3.2. Humidité

➤ *Principe*

Le taux d'humidité est déterminé par dessiccation à l'étuve à 103°C jusqu'à poids constant selon la méthode de TOLEDO [51].

➤ *Mode opératoire*

- Procéder à la pesée de 5 g d'échantillon (PE) dans une capsule préalablement pesé (PO)
- Placer le tout dans une étuve chauffée à 103°C jusqu'à l'obtention d'un poids constant pendant environ 3H.
- La capsule est retirée et placée dans un dessiccateur pour refroidissement pendant 30 min.
- Après refroidissement, procéder à la pesé de la masse obtenue (PF).

➤ *Expression des résultats*

La teneur en eau est déterminée par la formule suivante :

$$\text{taux d humidité}(\%) = \frac{\text{PE}-(\text{PF}-\text{PO})}{\text{PE}} \times 100$$

PE: Prise d'essai (5g)

PO: Poids du creuset à vide

PF: Poids du creuset contenant l'échantillon sec

I.3.3.3. Matière sèche

➤ *Définition-Principe*

La matière sèche totale ou extrait sec total est l'ensemble de toutes les substances qui, dans des conditions physiques déterminées, ne se volatilisent pas [52].

La méthode d'analyse est basée sur la gravimétrie. On procède à la pesée des résidus laissés par l'évaporation de la boisson sur un bain-marie bouillant et par le séchage à l'étuve à $103\pm 1^\circ\text{C}$.

➤ **Mode opératoire**

- Introduire à l'aide de la pipette jaugée, 25ml de boisson dans une capsule cylindrique à fond plat de 55mm de diamètre, préalablement tarée (C0).
- Cette capsule est ensuite placée sur un bain-marie bouillant, pendant une heure, de sorte que le liquide ne soit pas porté à ébullition.
- Laisser la capsule sur le bain-marie bouillant pendant encore une heure en contact avec la vapeur.
- Terminer la dessiccation en plaçant la capsule dans une étuve à $103\pm 1^\circ\text{C}$ pendant deux heures.
- Laisser refroidir la capsule dans un dessiccateur et procéder à la pesée de cette capsule(C1).

➤ **Expression résultat**

Matière sèche (E en g/100ml) est donné par la formule

$$E = (C1 - C0) \times 4$$

C0 : masse capsule vide (g)

C1 : masse capsule et résidu sec (g)

1.3.3.4. Protéines

La détermination des protéines est basée sur le dosage de l'azote présent dans les molécules.

➤ **Principe**

Les protéines totales ont été dosées par la méthode de KJELDAHL [53]. L'action oxydante de l'acide sulfurique concentré bouillant transforme l'azote organique en azote minéral sous forme de sulfate d'ammonium $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$.

Après déplacement par la soude, l'ammoniac est distillé et recueilli dans une solution d'acide borique qui le piège. Cette solution colorée est ensuite titrée par acidimétrie.

➤ **Mode opératoire**

- Introduire 1g d'échantillon dans un matras ainsi qu'un comprimé de digestion (Kjeltabsck : 3,5g de sulfate de potassium K_2SO_4 et 0,4g de sulfate de cuivre $CuSO_4, 5H_2O$) et 10 ml d'acide sulfurique (H_2SO_4) concentré (36N).
- Soumettre le mélange à une minéralisation pendant 4 heures à $550^\circ C$ puis compléter le volume du minéralisât, après refroidissement, à 50 ml avec de l'eau distillée.
- Ajouter une solution de soude 10N au minéralisât en présence de phénolphthaléine jusqu'à l'obtention d'une coloration rose.
- Ensuite distillée cette solution et piéger le distillat dans 20 ml d'acide borique contenu dans un erlenmeyer de 250 ml.
- Après arrêt de la distillation, le distillat est titré par de l'acide sulfurique 0,1N. La fin de la réaction est marquée par le virage de couleur (*gris sale* → *violet*) de l'indicateur RB (mélange de rouge de méthyle et de bleu de méthylène).

➤ **Expression des résultats**

$$\text{Taux de protéines totales (\%)} = \frac{VE - VB}{PE} \times N \times 0,014 \times 6,25 \times 100$$

PE : Prise d'essai (1g) ;

VE : Volume d'acide sulfurique nécessaire pour titrer l'échantillon ;

VB : Volume d'acide sulfurique nécessaire pour titrer le blanc ;

N : Titre de l'acide sulfurique (0,1N) ;

6,25 : Facteur de conversion [54].

I.3.3.5.Lipides

➤ *Principe*

La détermination de la matière grasse s'est faite par extraction après désagrégation enzymatique (amylases, protéases) puis extraction au moyen du mélange méthanol-chloroforme.

➤ *Mode opératoire*

- Dans un premier temps, dans un erlenmeyer préalablement lavé, séché et taré, peser 10g de l'échantillon.
- Ajouter y 100ml de chloroforme pour 50ml de méthanol.
- Mélanger l'ensemble et agiter vigoureusement pendant 2mn.
- Filtrer à l'aide du Buchner.
- Ensuite, récupérer le résidu dans l'erlenmeyer et ajouter y encore un mélange chloroforme-méthanol (2 :1, v/v, 150ml).
- Agiter pendant 3mn et filtrer.
- En second lieu, peser le ballon de 500ml préalablement lavé et séché (m_1) puis transvaser le filtrat dans le ballon et fixer le au rotavapor.
- Régler la température à 70°C pour permettre la séparation du solvant et de l'extrait.
- Ensuite, séparer le ballon de l'appareil et placer le dans l'étuve à 105°C pendant 30mn.
- Retirer le de l'étuve et laisser le refroidir dans un dessiccateur pendant 15min.
- Par la suite, peser la masse du ballon contenant l'extrait obtenu (m_2).

➤ *Expression du résultat*

La teneur en huile s'exprime en pourcentage de masse du produit comme suivant :

$$\text{Taux de matières grasses (\%)} = \frac{m_2 - m_1}{PE} \times 100$$

PE : est la masse en gramme de la prise d'essai ;

m_1 : est la masse en gramme du ballon vide ;

m_2 : est la masse en gramme du ballon contenant l'extrait après séchage.

1.3.3.6. Glucides

Lorsqu'il n'est pas nécessaire de connaître les différents sucres présents dans une denrée, on peut se contenter de calculer la teneur globale en glucides (ou hydrates de carbone assimilables) par différence avec les autres constituants [55].

La détermination des sucres totaux s'est faite par calcul selon la formule suivante :

$$\text{Glucides(\%)} = 100 - (\% \text{cendres} + \% \text{humidité} + \% \text{protéines} + \% \text{matières grasses})$$

1.3.3.7. Teneurs en polyphénols totaux

➤ *Principe*

Le dosage des polyphénols totaux se fait selon la méthode spectrophotométrique de FOLIN- CIOCALTEU [56].

Le réactif est constitué par un mélange d'acide phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et d'acide phosphomolybdique ($H_3PMo_{12}O_{40}$). Il est réduit, lors de l'oxydation des phénols, en un mélange d'oxydes bleus de tungstène et de molybdène. La coloration produite, dont l'absorption maximum est comprise entre 725 et 750 nm est proportionnelle à la quantité de polyphénols présents.

➤ **Mode opératoire**

Préparation des étalons

A partir de la solution d'acide gallique 0,5%, préparer par dilution, des solutions à 0 ; 50 ; 100 ; 150 ; 250 et 500mg/l.

Analyse

- Diluer au préalable des échantillons au 1/16.

Pour chaque solution étalon, l'échantillon à analyser et le blanc :

- Prélever 0,1ml de solution et y ajouter 1ml d'eau distillée puis 0,5ml de réactif de Folin-Ciocalteu à 2N ;
- Laisser en contact pendant 3mn puis ajouter 3ml de solution de carbonate de sodium à 2% ;
- Centrifuger pendant 15mn et procéder à la lecture au spectrophotomètre à 750nm ;
- Noter l'observance.

➤ **Expressions des résultats**

La détermination de la concentration en polyphénols totaux des échantillons est faite à partir de la formule

$$\text{Absorbance} = a \times \text{concentration} + b$$

On aura donc :

$$C \text{ (mg/l)} = \{(ABS+0,0014)/0,0018\} \times 16, \text{ la dilution étant au } 1/16.$$

$C \text{ (g/100ml)} = \{(ABS+0,0014)/18\} \times 16$

I.3.3.8. Minéraux

Déterminer la teneur en minéraux de notre échantillon revient à déterminer les taux de cendres d'une part et à déterminer la teneur en minéraux d'autre part.

a) Cendres totales

Les cendres totales sont constituées par le résidu de composés minéraux qui restent après l'incinération d'un échantillon [57].

➤ *Principe*

L'échantillon est incinéré à 550°C ; le résidu est pesé [58, 59].

➤ *Mode opératoire*

- Rincer les creusets et les sécher dans une étuve à 105°C pendant 10 minutes puis placer les dans un dessiccateur pour refroidissement.
- Ensuite, peser les creusets vides (C0)
- Peser 5g de chaque échantillon (PE). Les échantillons pesés sont mis dans le four à 550°C pendant 24 heures.
- Au terme des 24 heures, retirer les creusets du four et les mettre dans un dessiccateur pour refroidissement.
- En fin, les creusets sont pesés (C1).

➤ **Expression du résultat**

$$\text{Taux de cendre(\%C)} = \frac{C_1 - C_0}{PE} \times 100$$

Avec :

C0 : masse du creuset vide

C1 : masse du creuset + échantillon après incinération

PE: prise d'essais.

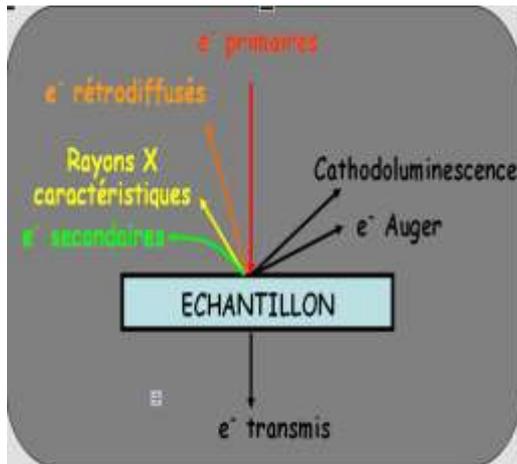
b) Recherche et dosage des minéraux

Le profil minéral qualitatif s'est fait au centre d'analyses et de recherche de PETROCI à l'aide d'un MEB/EDS d'une part et la quantification de certains minéraux au laboratoire d'analyses minérales de la SODEMI à l'aide d'un SAA-F d'autre part.

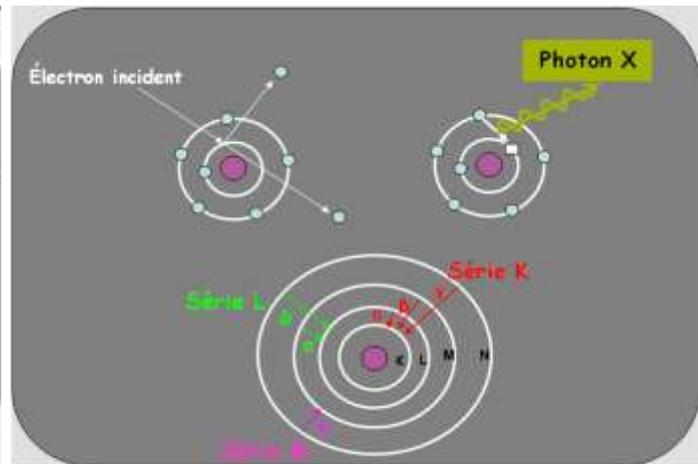
b-1) MEB/EDS

➤ **Principe de détection des rayons -X**

- o Les rayons-X émises dépendent de la nature de l'échantillon.
- o Pour identifier la composition chimique des éléments l'appareil effectue une mesure de l'énergie de transition des électrons au niveau des nuages électroniques des séries K ; L et M des atomes de l'échantillon. C'est la méthode de la Spectrométrie à Diffusion d'Energies (EDS).



Interaction électrons matière



Emission de rayons-X caractéristiques de l'atome

Procédure d'incinération (ASTM D 482) et analyse au MEB

- o Prélever environ 2 g de l'échantillon ;
- o Brûler (carboniser) sur un bec benzène ou une plaque chauffante ;
- o Mettre au four à 750°C pendant une demi-journée ;
- o Refroidir au dessiccateur ;
- o Récupérer le résidu de cendre ;
- o Prélever environ 10 mg du résidu de l'échantillon de cendre;
- o Etaler le résidu sur un plot apprêté avec du carbone adhésif à double faces. La répartition sur le plot doit être le plus homogène possible ;
- o Fixer le plot sur le porte objet du MEB/EDS (porte objet à 1 plot, porte objet à 8 plots) ;
- o Monter le porte objet d'échantillon prêt sur la platine de la chambre du MEB pour la Microanalyse-RX (EDS).

L'acquisition de la composition chimique élémentaire s'effectue en quatre étapes :

Etape 1 : L'acquisition de l'image (SE ou ASB) :

Choisir la zone d'analyse. Fixer le grossissement de sorte à observer un maximum de particules (x 50).

Etape 2 : Le Calibrage :

Choisir le diamètre de la sonde (30mm à 120 mm). Choisir l'énergie de la sonde (20KeV à 25KeV). Fixer la distance de travail (WD= 11,5mm). Standard cal. Manganèse.

Etape 3 : L'acquisition de la composition chimique :

Effectuer l'acquisition sur au moins trois différentes zones. Et établir une moyenne avec un écart type.

Les éléments identifiés sont en pourcentage par poids.

Etape 4 : Le traitement des données : transférer les données sur un fichier exploitable notamment sur Word ou Excel.

La microanalyse EDS couplée au MEB est simple et rapide et permet de dégager les grands traits chimiques du matériel (éléments majeurs) et autorise ainsi des comparaisons utiles. La précision relative est de l'ordre de 1%.

➤ ***Expression du résultat***

Les éléments identifiés sont en pourcentage par poids, total 100g.

$$A = \frac{\%C \times B}{100}$$

Avec :

A = la quantité de l'élément minéral pour 100 g de poudre de l'échantillon ;

% C = la quantité de cendre obtenue avec 100 g de poudre de l'échantillon ;

B = la concentration en pourcentage par poids pour chaque minéral.

b-2) Spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA)

➤ *Principe*

Les minéraux sont dosés par SAA utilisant une flamme Air-Acétylène, et des lampes à cathode creuse spécifique à chaque minéral, à la longueur d'onde correspondante.

➤ *Traitement de l'échantillon et analyse au spectromètre*

- Prélever un volume d'environ 5ml de la boisson à l'aide de pipettes et la mettre dans une fiole jaugée.
- Procéder ensuite au séchage à l'étuve à température de 105°C jusqu'à déshydratation totale.
- Réaliser une incinération douce et progressive au four à 520°C jusqu'à obtention de résidus blancs. Digestion humide des résidus par une combinaison d'acides (H₂SO₄ et HF). Les résidus secs sont ré-dissouts dans HCl.
- La détermination des éléments est faite par spectromètre à absorption atomique à flamme. Des solutions étalons, le blanc et les échantillons traités sont analysés au spectromètre.

➤ *Expressions des résultats*

Les absorbances des solutions d'étalonnage et d'échantillon sont relevés.

La droite d'étalonnage Absorbance = f (concentrations en mg/l de chaque minéral) par la méthode des moindres carrées est établie. La teneur en minéral de chaque échantillon est déduit de la droite d'étalonnage en tenant compte du facteur de concentration [60].

I.3.4. Paramètres Microbiologiques

I.3.4.1. Germes recherchés

Les germes recherchés au niveau de la microbiologie sur les échantillons sont :

- les germes aérobies mésophiles à 1ml et à 100ml
- les germes anaérobies lactiques
- les levures sauvages
- *Escherichia coli*.

I.3.4.2. Mode opératoire

➤ ***Recherche des germes Aérobie mésophiles***

Elle se fait selon le principe de l'ensemencement par incorporation (ou par double couche) sur milieu PCA.

On fait fondre le milieu de culture (s'il est déjà préparé à l'avance) au bain-marie bouillant, puis maintenu en surfusion à $45 \pm 1^\circ\text{C}$. Un millilitre de la boisson est transféré dans une boîte de pétri stérile vide puis y ajouter environ 13ml de milieu de culture. Pour réaliser l'introduction du milieu, il faut retirer le milieu du bain marie à 45°C , essuyer le récipient, l'ouvrir aseptiquement, flamber son ouverture et couler le milieu dans la boîte de Pétri contenant l'échantillon après l'avoir entrouverte dans la zone stérile. Il ne faut pas appuyer le récipient sur la boîte. Il faut mélanger rapidement par agitations circulaire et alternative horizontales ; éviter les mouvements brusques qui risquent de projeter le milieu inoculé sur les bords ou même à l'extérieur de la boîte. Laisser refroidir les boîtes bien à plat jusqu'à solidification complète. Faire couler ensuite à la surface du milieu ensemencé une fine couche de milieu de culture identique à celui déjà présent dans la boîte.

La lecture : Procéder au comptage des colonies présentes à la surface du milieu ensemencé pour chaque boîte qui peut contenir 300 colonies au maximum. Les

colonies à la surface de la dernière couche sont considérées comme des contaminants. Dans ce cas, l'alcool est utilisé pour le nettoyage de ces colonies.

➤ ***Recherche des germes anaérobies lactiques***

Principe de filtration sur membrane

Au travers d'une rampe de filtration préalablement nettoyé et stérilisé, on filtre 100ml de la boisson sur une membrane filtrante incorporée. Après filtration, la membrane est déposée face, vers le haut, sur le milieu de culture MRS pré-coulée dans une boîte de pétri. On met la boîte de pétri dans une enceinte en anaérobiose puis on incube le tout à l'étuve à 30°C pendant 5 jours.

Pour la lecture, l'on procède au comptage des colonies pour chaque boîte qui peut contenir 300 colonies au maximum. En raison de la possibilité de développement de germes autres que les bactéries lactiques (colonies blanches), il peut être nécessaire, de vérifier au microscope qu'il s'agit bien de bacilles à Gram positif, à extrémité carré.

➤ ***Recherche d'Escherichia coli***

Principe de l'ensemencement par étalement sur milieu Rapid'E. Coli 2 agar

Sur le milieu de culture déjà pré-coulé dans la boîte de pétri, on ensemence à la surface un volume de 0,1ml de notre boisson par étalement à l'aide de pipette râtelier (ou pipette pasteur modifiée). On incube la boîte à 37°C à l'étuve pendant 24 heures.

La lecture : le comptage des colonies pour chaque boîte qui peut contenir 300 colonies au maximum est effectué. Les colonies observées sont des colonies de couleurs violettes. La présence de colonies de couleurs bleues caractérise les coliformes totaux autres qu'*E. coli*.

➤ ***Recherche de Levures sauvages***

Principe par étalement sur milieu YGC

Sur le milieu déjà pré-coulé dans la boîte de pétri, on ensemence à la surface un volume de 0,1ml de notre boisson par étalement à l'aide de pipette râteau. La boîte de pétri est incubé à l'étuve à 37°C pendant 5jours.

La lecture se fait par comptage des colonies pour chaque boîte qui peut contenir 300 colonies au maximum. Les colonies observées sont de couleurs blanchâtres et pâteuses.

NB : Les ensemencements ont été faits en double.

I.3.4.3. Expressions des résultats

L'exploitation des résultats s'est fait selon un plan à cinq (5) classes dans le cadre des critères microbiologiques du Règlement CE 2073-2005 [61].

Le résultat de l'analyse peut être :

- Très satisfaisant
- satisfaisant,
- acceptable,
- non satisfaisant,
- aliment corrompu.

I.3.5. Paramètres Toxicologiques

L'ochratoxine A (OTA) et les pesticides ont été recherchés dans la boisson.

I.3.5.1. Ochratoxine A

➤ **Principe**

Les échantillons sont dilués avec une solution contenant du polyéthylène glycol et de l'hydrogencarbonate de sodium puis ils sont filtrés et purifiés sur colonne d'immunoaffinité. L'OTA est éluée avec du méthanol et quantifiée par CLHP en phase inverse avec une détection fluorimétrique [62].

➤ **Mode opératoire**

1- Extraction

Peser avec précision environ 15g d'échantillon.

- Ajouter à l'aide d'une éprouvette graduée, 150 ml du mélange méthanol / hydrogénocarbonate de sodium à 1 % (50/50 ; V/V) ;
- Extraire à l'aide d'un Ultraturax[®] (homogénéiseur) pendant 2 min ;
- Centrifuger à 4000 tours/min pendant 5 min ;
- Filtrer l'échantillon à travers un papier filtre (185 mm) Wathman Ref 066082. 775 dans une éprouvette de 25 ml ;
- Diluer 11 ml d'extrait avec 11 ml de PBS (c'est-à-dire 10 pastilles dans 1 L d'eau CLHP) ;

2- Purification sur colonne d'immunoaffinité (IAC)

- Sortir les colonnes d'immunoaffinité de la chambre froide positive au moins 30 min avant de commencer le test et les laisser à température ambiante ;
- Vider les colonnes de leur liquide de conservation dans des flacons de récupération ;
- Conditionner la colonne avec 10 ml de PBS à un débit de 3 ml / min (ne pas sécher la colonne) ;
- Prélever 20 ml d'échantillon avec une pipette, déposer sur la colonne, à un débit de 2 ml / min ;
- Laver la colonne avec 10 ml de PBS à un débit de 3 ml / min ;
- Eluer par 1,5 ml du mélange méthanol / acide acétique en trois étapes de 0,5 ml avec une pause de 1 min entre chaque étape, à un débit de 0,5 ml / min ;
- Eluer par 1,5 ml de PBS sur la colonne à un débit de 5 ml / min.

3- Analyse au CLHP

Les conditions opératoires sont définies ci-dessous

Phase mobile : Acide acétique / Eau / acétonitrile (1/50/49)

Débit total : 1mL/min

Volume injecté : 100 µL

Colonne C18 : VP-ODS 154 x 4,6mm

Four : 40°C

Détection fluorimétrique : RF-10 AXL (330 nm ; excitation ; 460 émissions)

Temps de rétention : 8,690

I.3.5.2.Pesticides

➤ *Principe*

Dosage des pesticides par méthode générale d'analyse par CLHP. Les composés élués sont détectés à 205nm.

➤ *Mode opératoire*

1- Extraction des échantillons

- a- Prendre 100 ml de boisson dans une ampoule à décanter ;
- b- Ajouter 100 ml de dichlorométhane + 10 ml de NaCl à 10% ou une cuillerée à café ;
- c- Agiter vigoureusement jusqu'à émulsion et séparer les deux (2) phases ;
- d- La phase méthylène chloride est récupérée dans un ballon de 500 ml ;
- e- L'opération est à renouveler trois (3) fois sur la phase aqueuse contenu dans l'ampoule ;
- f- Réduire ou concentrer l'ensemble des phases organiques à 30 ml au rotavapor ;

2- Purification

2-1- Sous échantillon et évaporation

- a- Pipeter une aliquote de 10 ml de la phase organique (phase inférieure) dans un ballon de 100 ml ;
- b- Evaporer à sec à une température de 40-70 °C au rotavapor ;

2-2- *Organophosphorés*

- a- Redissoudre complètement avec 5,0 ml d'acétone ;
- b- Filtrer l'extrait acétonique sur un filtre, de 0,2 µm monté sur une seringue de 5 ml ;

2-3- *Organochlorés et Pyréthrinoïdes*

- a- Conditionner la cartouche C8 ou C18 avec 5 ml du mélange de 10 % d'acétone dans l'hexane (v/v) suivi de 5 ml d'hexane. Ne pas assécher la cartouche ;
- b- Redissoudre complètement l'échantillon dans 2 ml d'hexane et le transvaser dans la cartouche de florisil pré conditionnée et laisser éluer par gravité ;
- c- Rincer le ballon avec 5 ml du mélange de 10 % d'acétone dans l'hexane (v/v) et le faire passer à travers le florisil de la cartouche ;
- d- Répéter le rinçage
- e- Collecter tous les éluants dans un tube conique de 15 ml ;
- f- Evaporer l'éluant à sec sous un courant doux d'air ou d'azote ;
- g- Redissoudre dans 5,0 ml d'acétonitrile pour analyse sur CLHP.

2-4- *N-Méthylcarbamate*

- a- Conditionner la cartouche d'aminopropyl (NH₂) avec 1 ml du mélange 1 % de méthanol et dichlorométhane (v/v). Ne pas assécher la cartouche ;

- b- Redissoudre l'échantillon dans 2 ml du mélange 1 % de méthanol et dichlorométhane (v/v) et le transvaser dans la cartouche d'aminopropyl pré conditionnée ;
- c- Rincer le ballon avec 5 ml du mélange de 1 % de méthanol et dichlorométhane (v/v) et le transvaser dans la cartouche d'aminopropyl pré conditionnée ;
- d- Répéter le rinçage ;
- e- Laisser l'échantillon traverser la cartouche par gravité et collecter tous les éluants dans un tube conique de 15 ml ;
- f- Evaporer à sec sous un courant doux d'air ou d'azote ;
- g- Redissoudre dans un volume final de 2,5 ml de méthanol et filtrer sur un filtre en nylon de 0,2 μm ;
- h- Collecter le filtrat pour analyse au CLHP.

Les conditions opératoires sont définies comme suit :

- **Débit** : 0,5ml/min
- **Phase mobile** : Acétonitrile 100%
- **Longueur d'onde** : 205 nm
- **Four** : 40°C
- **Volume injecté** : 20 μL
- **Durée de séparation** : 56 min

➤ *Tableau des pesticides recherchés*

Les pesticides recherchés au nombre de 35 sont regroupés en 5 familles (Tableau III).

Tableau III: Les familles de pesticides recherchées

Pesticides recherchés		Méthodes de références	Matrice liquide	
			LD (ppm)	LQ (ppm)
Organophosphorés	Métolachlor	Méthodes multi résidus AOAC, DFG, FDA, EPA Directives 2002/63/CE	0,004	0,01
	Chlorpropham			
	Parathion-méthyl			
	Chlorfenvinphos			
	Vinclozolin			
	Parathion-éthyl			
Herbicides dérivés de l'urée et Hétérocycles azotés + Carbamate	Fénuron		0,006	0,018
	Aldicarb			
	Métoxuron			
	Monuron			
	Methabenzthiazuron			
	Chlortoluron			
	Monolinuron			
	Isoproturon			
	Diuron			
	Métobromuron			
	Métazachlor			
Triazines	Buturon	0,008	0,025	
	Linuron			
	Prometryn			
	Terbutryn			
	Desisopropylatrazine			
	Desethylatrazine			
	Simazine			
	Cyanazine			
Atrazine				
Triazinone	Propazine	0,1	0,35	
	Terbuthylazine			
Triazinone	Metamitron	0,1	0,35	
Organochlorés	Métolachlor	0,003	0,009	

ppm= µg/ml ou µg/g

ppb= µg/l ou µg/kg

I.3.6. Valeur énergétique

Calcul de la valeur énergétique (VE) d'une denrée

$$VE = 4 \times (\% \text{ protéines} + \% \text{ glucides}) + 9 \times \% \text{ lipides}$$

La valeur nutritive calorique (ou énergétique) est donnée en kcal/100 g ou 100 ml de denrées ou en kJ/100 g ou 100 ml.

NB : Valeurs caloriques moyennes

protéines	4 kcal/g (17 kJ)
lipides	9 kcal/g (37 kJ)
glucides (assimilables)	4 kcal/g (17 kJ)
polyols (sucres alcools)	2,4 kcal/g (10 kJ)
alcool (ethanol)	7 kcal/g (29 kJ)
acides organiques	3 kcal/l (13 kJ)
polydextroses, inuline	1 kcal/g (4 kJ/g)

I.4. Traitement des données

Les données collectées ont fait l'objet d'une codification et d'une saisie grâce aux logiciels informatiques Excel 2007 et Word 2007. L'analyse a consisté à présenter les données sous forme de moyenne et de pourcentage à l'aide de tableaux et de figures.

Conflits d'intérêt

Nous remercions le fabricant pour le financement et son autorisation pour l'utilisation des données dans l'élaboration de notre document de thèse.

II.RESULTATS ET COMMENTAIRES

II.1.Etiquetage

L'analyse de l'étiquetage donne les résultats suivants :

- Catégories de produits : Boissons énergétiques
- Dénomination fantaisiste : Malta Tonic[®],
- Ingrédients : eau, malt d'orge, sucre, vitamines,
- étiquetage nutritionnel : absence
- Contenu net : 25 ou 33cl,
- Langue : française,
- Alcool volume : 0%,
- Date de péremption : non visible,
- Coordonnées du producteur : Abidjan 01 BP 10104,
- Vendeur /embouteilleur : Les Brasseries Ivoiriennes.

II.2.Caractères organoleptiques de la Boisson malta Tonic[®]

L'analyse des caractères organoleptiques des échantillons de boisson Malta Tonic nous a donné comme résultat :

Une boisson de couleur caramel, d'aspect liquide qui s'écoule facilement avec une absence de particules en suspension. L'odeur est caractéristique du malt torréfié et le goût sucré.

II.3. Le pH

Les échantillons analysés de la boisson Malta Tonic ont un pH moyen de $7,19 \pm 0,08$ à la température de $25 \pm 0,17^\circ\text{C}$ donc un pH neutre (Tableau IV).

Tableau IV: Détermination du pH des différents lots de Malta Tonic analysés

Référence échantillons	Ph	Température (°C)
A170909	7,33	25,4
B170730	7,23	25,3
C170916	7,16	25,7
D170809	7,13	25,3
E170810	7,14	25,6
F170810	7,14	25,6
Moyenne	7,19 ±0,08	25,48 ± 0,17

II.4.Composition en nutriments

II.4.1.Composition en macronutriments et Valeur énergétique de la boisson Malta Tonic

La valeur énergétique est principalement assurée par les glucides (Tableau V). La consommation de la boisson Malta Tonic contenu dans 33 cL génère une teneur en glucides moyenne de 37,4 g et une énergie de 168,8 kcal soit 705,6 kJ (Tableau VI). Celle de 25 cL génère 28,90 g de glucides et une énergie 122,23 kcal soit 510,92 kJ (Tableau VII).

Tableau V: Composition en macronutriments et valeur énergétique de Malta Tonic

	Matières grasses	Protéines	Glucides	Valeur énergétique
A170909	0,21	0,52	11,29	49,15
B170730	0,22	0,56	10,97	52,57
C170916	0,20	0,60	10,90	47,77
D170809	0,21	0,65	10,84	47,85
E170810	0,11	0,52	11,10	47,43
F170810	0,14	0,51	11,25	48,28
Moyenne	0,18	0,56	11,06	48,31
Ecart type	0,04	0,06	0,19	2,68
CV	25%	9,9%	1,7%	3,9%

Tableau VI: Teneur en glucides et valeur énergétique de la boisson Malta Tonic 33 cL

Lot	Glucides	Valeur énergétique	
		Kcal	kJ
A170909	38,3	166,5	695,9
B170730	37,2	178,1	744,4
C170916	36,9	161,8	676,4
MOY	37,4 ± 0,7	168,8 ± 8,4	705,6 ± 35,0
CV	1,9%	5,0%	5,0%

Tableau VII: Teneur en glucides et valeur énergétique de la boisson Malta Tonic 25 cL

LOT	GLUCIDES	VALEUR ENERGETIQUE	
		Kcal	KJ
D170809	28,3	125,0	522,5
E170810	29,0	115,6	483,1
F170810	29,4	126,1	527,1
Moyenne	28,90 ±0,54	122,23 ± 5,78	510,92 ± 24,16
CV	1,9%	4,7%	4,7%

Tableau VIII: Composition en macronutriments et valeur énergétique de la Boisson Malta Tonic en fonction de l'AJR

Macronutriments	Apport journalier recommandé chez un adulte	33 cL	%AJR	25 cL	%AJR
		Energie (kcal)	2000	168,8	8,44
Matières Grasses Totales (g)	70	0,59	0,84	0,45	0,64
Glucides (g)	260	37,45	14,40	28,9	11,12
Protéines (g)	90	1,9	3,80	1,46	2,92

II.4.2. Teneurs en Polyphénols dans Malta Tonic

Les échantillons de boisson Malta Tonic analysés sont riches en polyphénols (Tableau IX). Les quantités de polyphénols totaux contenus dans chaque bouteille sont présentées dans les Tableaux X et XI.

Tableau IX: Teneur en polyphénols totaux

Lots	Polyphénols (mg/L)
A170909	1208,67
B170730	1222,83
C170916	1177,83
D170809	1261,17
E170810	1237,83
F170810	1221,17
Moyenne	1221,58 ± 27,98
CV	2,3%

Tableau X: Teneur en polyphénols totaux dans Malta Tonic 33 cL

Lots	Polyphénols (mg/33 cL)
A170909	402,9
B170730	407,6
C170916	392,6
Moyenne	401,04 ± 7,67
CV	1,9%

Tableau XI: Teneur en polyphénols totaux dans Malta Tonic 25 cL

Lots	Polyphénols (mg/25 cl)
D170809	315,3
E170810	309,5
F170810	305,3
Moyenne	310,01 ± 5,02
CV	1,6%

II.4.3.Composition en minéraux de la boisson Malta Tonic

La MEB a permis d'établir le profil minéral qui comprenait les 7 minéraux majeurs que sont les quatre cations le sodium (Na), le potassium (K), le calcium (Ca) et le magnésium (Mg) et les trois anions, le phosphore (P), le soufre (S), le chlorure (Cl). En plus de ces minéraux on a la présence de certains oligo-éléments tels que le fer (Fe), le manganèse(Mn), le cuivre(Cu) et le zinc(Zn) (Tableau XII).

Tableau XII: Teneur en minéraux des échantillons de Malta Tonic analysés (SAA)

Eléments minéraux	Référence échantillon et Concentration des espèces minérales (mg/l)						Moyenne	Ecart- type	CV
	A 170909	B 170730	C 170916	D 170809	E 170810	F 170810			
K	155,68	154,96	133,18	146,4	142,06	147,78	146,68	8,42	5,7
Ca	22,64	22,1	16,08	20,14	19,12	20,46	20,09	2,35	11,7
Mg	25,12	23,96	25,06	24,4	22,8	23,16	24,08	0,96	4
Na	33,88	32,04	31,76	31,08	33,76	29,38	31,98	1,7	5,3
Fe	4,98	2,66	2,56	2,96	2,86	2,22	3,04	0,98	32,4
Mn	0,22	0,14	0,14	0,14	0,12	0,1	0,14	0,04	28,5
Cr	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06			
Co	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05			
Ni	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01			
Cu	0,16	0,16	0,1	0,18	0,1	0,12	0,14	0,03	25,2
Zn	0,04	0,06	0,04	0,04	0,04	0,06	0,05	0,01	22,1
Pb	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01			

II.5. Analyse du risque sanitaire

II.5.1. Analyse microbiologique de la boisson Malta Tonic®

Les échantillons de boisson de nom commercial Malta Tonic® analysés sont de qualité microbiologique très satisfaisante à l'exception du lot E où les germes aérobies mésophiles ont conféré une qualité acceptable (Tableau XIII à XVIII).

Tableau XIII: Résultats de l'analyse microbiologique du lot A

A	Résultats	Très satisfaisant	Satisfaisant	Acceptable	Non satisfaisant	Aliment corrompu	Critères
170909							
Germes aérobies mésophiles 27°C	< 1	X					≤ 1 /ml
Germes aérobies mésophiles 22°C	2	X					<50/100ml
<i>Escherichia coli</i>	0	X					<1 /ml
Bactéries anaérobies lactiques	0	X					<1/100ml
Dénombrement des levures sauvages	0	X					< 1/ml

Tableau XIV: Résultats de l'analyse microbiologique du lot B

B 170730	Résultats	Très satisfaisant	Satisfaisant	Acceptable	Non satisfaisant	Aliment corrompu	Critères
Germes aérobies mésophiles 27°C	1	X					≤ 1 /ml
Germes aérobies mésophiles 22°C	5	X					<50/100ml
<i>Escherichia</i> <i>coli</i>	0	X					<1 /ml
Bactéries anaérobies lactiques	0	X					<1/100ml
Dénombrement des levures sauvages	0	X					< 1/ml

Tableau XV: Résultats de l'analyse microbiologique du lot C

C 170916	Résultats	Très satisfaisant	Satisfaisant	Acceptable	Non satisfaisant	Aliment corrompu	Critères
Germes aérobies mésophiles 27°C	1	X					≤ 1 /ml
Germes aérobies mésophiles 22°C	5	X					<50/100ml
<i>Escherichia</i> <i>coli</i>	0	X					<1 /ml
Bactéries anaérobies lactiques	0	X					<1/100ml
Dénombrement des levures sauvages	0	X					< 1/ml

Tableau XVI: Résultats de l'analyse microbiologique du lot D

D	Résultats	Très satisfaisant	Satisfaisant	Acceptable	Non satisfaisant	Aliment corrompu	Critères
170809							
Germes aérobies mésophiles à 27°C	2		X				≤ 1 /ml
Germes aérobies mésophiles à 22°C	7	X					<50/100ml
<i>Escherichia coli</i>	0	X					<1 /ml
Bactéries anaérobies lactiques	0	X					<1/100ml
Dénombrement des levures sauvages	0	X					< 1/ml

Tableau XVII: Résultats de l'analyse microbiologique du lot E

E	Résultats	Très satisfaisant	Satisfaisant	Acceptable	Non satisfaisant	Aliment corrompu	Critères
170810							
Germes aérobies mésophiles 27°C	8			X			≤ 1 /ml
Germes aérobies mésophiles 22°C	48	X					<50/100ml
<i>Escherichia coli</i>	0	X					<1 /ml
Bactéries anaérobies lactiques	0	X					<1/100ml
Dénombrement des levures sauvages	0	X					< 1/ml

Tableau XVIII: Résultats de l'analyse microbiologique du lot F

F 170810	Résultats	Très satisfaisant	Satisfaisant	Acceptable	Non satisfaisant	Aliment corrompu	Critères
Germes aérobies mésophiles 27°C	1	X					≤ 1 /ml
Germes aérobies mésophiles 22°C	6	X					<50/100ml
<i>Escherichia coli</i>	0	X					<1 /ml
Bactéries anaérobies lactiques	0	X					<1/100ml
Dénombrement des levures sauvages	0	X					< 1/ml

II.5.2. Analyse toxicologique de la boisson Malta Tonic

II.5.2.1. Ochratoxine A

Les teneurs en OTA sont inférieures à la limite de quantification de la méthode.

Il n'y a donc pas d'OTA dans les échantillons de boissons analysés.

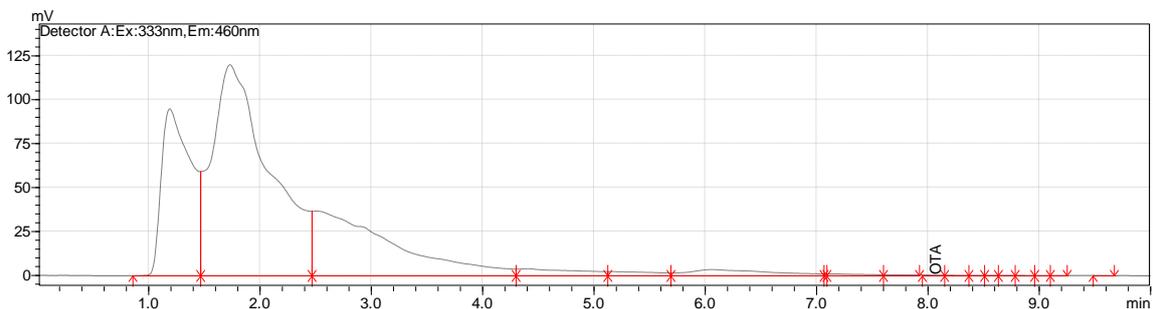


Figure 6: Chromatogramme de la recherche d'OTA

II.5.2.2.Pesticides

Les teneurs en pesticides sont inférieures à la limite de détection de la méthode. Il n'y a donc pas de pesticide dans les échantillons de boissons analysés (Tableau XIX).

Tableau XIX: Résultat de la recherche de pesticides

	Molécules recherchées	Résultats par rapport aux limites de détection
PESTICIDES	Organophosphorés (O.P.)	ND
	Herbicides dérivés de l'urée et Hétérocycle azotés +Carbamates	ND
	Triazines	ND
	Triazinone	ND
	Organochlorés	ND

ND : non détecté

ppm= µg/ml ou µg/g

ppb= µg/l ou µg/kg

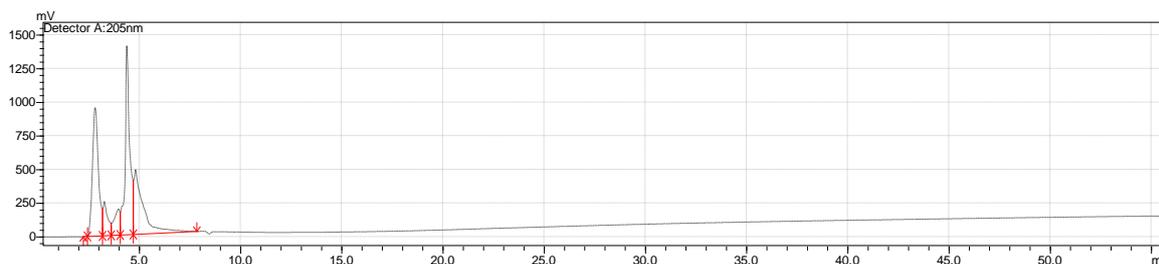


Figure 7: Chromatogramme de la recherche de Pesticides (organophosphorés)

II.5.2.3.Plomb

Les teneurs en plomb sont inférieures à la limite de détection de la méthode. Il n'y a donc pas du métal lourd plomb dans les échantillons de boissons analysés (Tableau XII).

III.DISCUSSIONS

III.1. Etiquetage et caractères organoleptiques

L'étiquetage des lots de Malta Tonic[®], après analyse est en concordance avec les mentions obligatoires issues du décret n°92-487 du 26 août 1992 du ministère du commerce de la Côte d'Ivoire, avec une date de péremption non visible. [46]. Cet étiquetage est incomplet du fait de l'absence de l'information nutritionnelle comme le stipule l'ordonnance du Département Fédéral de l'Intérieur (DFI) Suisse sur l'étiquetage et la publicité des denrées alimentaires dans son article 23 alinéa 2 ; faisant obligation d'étiquetage nutritionnel en présence de mentions relatives à des propriétés nutritionnelles sur l'emballage d'une denrée alimentaire ou dans la publicité qui s'y rapporte [63].

L'analyse des caractères organoleptiques des lots de Malta Tonic[®] a donné une boisson de couleur caramel qui proviendrait du phénomène de torréfaction des malts et partant de l'arôme qui en découle et du goût.

III.2. Au plan nutritionnel

La détermination du pH des échantillons analysés donne un pH moyen de **7,19±0,08** qui est un **pH neutre**. Cette valeur obtenue est en corrélation avec celle observée par Maton F. qui a montré dans une étude que le pH des boissons énergétiques est généralement proche de la neutralité. Il ne doit pas descendre en dessous de 5 [41]. Le pH neutre des échantillons analysés est à l'avantage du consommateur puisqu'il permet d'éviter des érosions dentaires et gastriques observées pour les pH acides [64].

La teneur en polyphénols totaux est de 401,04mg et de 310,01mg pour respectivement 33cl et 25cl. La teneur en polyphénols totaux des échantillons analysés est d'environ 122,16mg/100ml. Les échantillons de boisson Malta Tonic[®] analysés présentent des teneurs élevées en polyphénols totaux comme le stipule les extensions de l'étude SU.VI.MAX révélant que l'apport le plus

important en polyphénols dans la population française se fait via les fruits et boissons non alcoolisées [65]. L'importance de la détermination des polyphénols totaux réside dans son activité antioxydant. Ainsi, en inhibant le stress oxydatif, ces substances possèdent des propriétés anti-inflammatoires et sont des facteurs protecteurs vis à vis des maladies cardiovasculaires et des cancers [66]

Au plan nutritionnel, les échantillons analysés contiennent comme macronutriments : des glucides (11,06 g pour 100ml), des protéines (0,56 g pour 100ml), des lipides (0,18 g pour 100ml) avec une valeur énergétique de 48,3kCal.

Cette valeur énergétique est principalement assurée par les glucides. Les échantillons analysés ont une teneur en glucides qui est égale à celle de la boisson Guru® qui est d'environ 10 g pour 100ml dans l'étude réalisée par Jean-Paul Blanc [67]. Cette même étude de Blanc montre que les teneurs en glucides des premières boissons sucrées (Gatorade® et Powerade®) respectivement 6,3 et 5,6 g pour 100ml sont inférieures à celle obtenue pour les échantillons analysés. La teneurs en glucides représentent 4,09% de l'AJR pour une consommation de 100ml [67]. Les glucides sont les premiers fournisseurs d'énergie, ils représentent le carburant pour l'organisme, ils sont énergétiques.

Les protéines et les lipides sont présents dans les échantillons analysés à des teneurs respectives de 0,56 et 0,18 g/100ml. De ce fait, elles représentent 1,12% et 0,26% de leur AJR respectif (50g et 70g). Les protéines permettent le renouvellement des muscles, de la peau et les lipides fournissent à l'organisme de l'énergie, mais aussi les acides gras essentiels qu'il ne peut produire lui-même. Leur apport est donc bénéfique pour le consommateur.

Les échantillons analysés contiennent comme micronutriments les minéraux majeurs (K, Ca, Na, Cl, P, Mg, S), le fer et des oligoéléments (Mn, Cu, Zn).

La teneur en potassium (K) des échantillons analysés est égale à 14,66mg/100ml. Cette valeur est comparable à celle de Gatorade® qui est de 15mg/100ml comme Blanc le décrit dans son étude sur les boissons énergétiques[67]. Le potassium est un minéral essentiel qui assure plusieurs fonctions vitales dans l'organisme (Il est essentiel à la transmission des impulsions nerveuses, à la contraction musculaire, y compris celle du muscle cardiaque, participe au bon fonctionnement des reins et des glandes surrénales, contribue à de nombreuses réactions enzymatiques, à la synthèse des protéines et au métabolisme des glucides, entre autres). Sa présence est bénéfique pour le consommateur [68].

La teneur en sodium (Na) des échantillons analysés est de 3,19mg/100ml. Cette valeur est très largement inférieure à celle de la boisson Athlon® qui est de 27,5mg/100ml décrit dans l'étude de Blanc sur les boissons énergétiques [67]. Le sodium est un minéral qui joue un rôle important dans l'état d'hydratation de l'organisme. Il est présent dans le sang et dans le liquide extracellulaire dans lequel baignent les cellules. Le sodium aide également à maintenir l'équilibre acido-basique et est essentiel dans la transmission des influx nerveux ainsi que la contraction musculaire [69].

La teneur en calcium (Ca) des échantillons analysés est de 2mg/100ml. Cette valeur est largement inférieure à celle déterminée par Blanc sur la boisson Athlon® qui est de 9mg/100ml [67]. Le calcium est le minéral le plus abondant du corps humain, à ce titre sa présence est bénéfique puisqu'il a un rôle dans la solidité des os et des dents [7].

La teneur en magnésium (Mg) des échantillons analysés est de 2,40mg/100ml. Cette valeur est très largement inférieure à celle déterminée par Blanc sur la boisson Athlon® qui est de 10mg/100ml [67]. Le magnésium est un micronutriment souvent conseillé dans les cas de fatigue intellectuelle, sa présence constitue un avantage pour la santé du consommateur.

La teneur en Fer ferrique [Fe (III)] des échantillons analysés est de 0,304mg/100ml. C'est un micronutriment qui joue un rôle important dans le transport de l'oxygène par le biais de l'hémoglobine, source vitale pour l'organisme [7].

III.3. Risques sanitaires

Aucun développement microbien n'a été observé au niveau des échantillons de boissons analysés en ce qui concerne les productions A, B, C, D et F comme l'ont observé N'DIAYE et al (2015). Cette observation révèle que la clarification a été suffisante et efficiente pour éliminer tous les microorganismes et que les étapes ultérieures se sont déroulées dans des conditions aseptiques et qu'il n'y a pas eu de contamination ultérieure [70].

En outre on note une présence élevée de germes aérobies mésophiles (8/ml) au niveau de la production E (Tableau XVII). Cette présence lui confère une qualité microbiologique acceptable.

La teneur en OTA est inférieure à la limite de détection de la méthode. Cette valeur est largement inférieure à la teneur maximale en OTA qui est de 3µg/kg comme définie par la directive 2002/26/CE [71]. L'OTA est une mycotoxine qui touche surtout les reins et peut provoquer des lésions aiguës et chroniques[28, 29, 72]. Son absence dans la boisson indique qu'il n'y a donc pas de risque de toxicité à la consommation. Les teneurs en pesticides sont inférieures à la limite de détection de la méthode. Il n'y a donc pas de pesticide dans les échantillons analysés. Il y a une absence de plomb.

CONCLUSION

L'étude a consisté à réaliser une expertise scientifique d'une boisson énergétique maltée à base d'orge, par l'analyse de plusieurs paramètres, afin d'évaluer sa composition et de mieux connaître ses apports nutritifs, la présence de contaminants ou de résidus de pesticides.

Il ressort de cette analyse les constats suivants :

Une boisson liquide sucrée, avec une absence de particules en suspension, une odeur de malt torréfié et un pH moyen neutre de 7,19.

Au niveau de l'étiquetage, la date de péremption est non visible et par rapport à la loi Suisse, on note une absence d'informations nutritionnelles ;

Les teneurs en glucides, protéines et lipides sont respectivement de 11,06 ; 0,56 et 0,18 g/100ml. La valeur énergétique qui est de 48,31 kcal est principalement assurée par les glucides. La consommation de Malta Tonic[®] génère pour une contenance de 33cL une teneur en glucides de 37,4g soit une énergie de 168,8kcal (705kJ) et représente 14,4% de l'AJR, et pour une contenance de 25cL une teneur en glucides de 28,90g soit une énergie de 122,23 kcal (520kJ) et représente 11,12% de l'AJR. L'analyse minéral a révélé la présence de minéraux majeurs (K, Ca, Na, P, S, Cl, Mg) et la présence d'oligoéléments (Fe, Mn, Cu, Zn) à de faibles doses. Les échantillons analysés sont très riches en polyphénols totaux avec une teneur de 1221,58 mg/L (122,16mg/100ml).

Au niveau du risque sanitaire les échantillons analysés sont exempt de germes pathogènes, d'OTA, de résidus de pesticides, de métaux lourds.

Au terme de l'étude, nous pouvons dire que les différents lots de la boisson Malta Tonic étudiés peuvent se définir comme des boissons nutritives énergétiques dépourvues de contaminants microbiologiques et toxiques (OTA, pesticides, plomb).

RECOMMANDATIONS - PERSPECTIVES

RECOMMANDATIONS

Au terme de notre étude, nous suggérons

- Aux autorités sanitaires
 - Rendre obligatoire l'étiquetage et l'information nutritionnelle
 - Définir les critères (réglementaires) de qualité des boissons
 - Veiller à la surveillance sanitaire de toutes les boissons et des denrées alimentaires.
- A l'industrie de fabrication

Améliorer l'étiquetage de leur produit en y mentionnant l'information nutritionnelle, le numéro de lot et en rendant visible la date de péremption

- Aux consommateurs

Lire l'étiquette avant tout achat d'un produit.

NB : Les diabétiques ne doivent en prendre car contient du sucre.

PERSPECTIVES

- Réaliser le dosage de la caféine dans les lots analysés
- Réaliser le dosage des vitamines B et de la vitamine C dans les lots analysés
- Réaliser le dosage de l'alcool contenu dans les lots analysés

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. TEKNAM, *Le Produit : Une offre variée pour répondre à un marché segmenté*. Les Dessous du Marketing des Boissons Sucrées, 2012. Tome 1: p. 71.
2. KAYS, J. and A. PHILLIPS-HAN, *Gatorade: the idea that launched an industry*. Explore, Research of the University of Florida., 2003. 8(1).
3. INTERNATIONAL MARKETS BUREAU, *Overview of the global sports nutrition market food, beverages and supplements*. 2010.
4. CIANCIA, S., *Produits intermédiaires : quel avenir pour les soft drinks*. Liquides & conditionnement A., 2002. 301: p. 20-21.
5. CAMARA, P.A., et al., *Approche épidémiologique de la consommation des boissons alcooliques en Côte D'ivoire*. Rev. Ivoir. Sci. Technol. , 2008. 12: p. 157-171.
6. YAO, K.M., et al., *Approche électro-clinique des effets de la consommation de boissons alcooliques par l'analyse factorielle des correspondances et par la classification ascendante hiérarchique*. Cameroon Journal of Experimental Biology, 2013. 09(01): p. 17-26.
7. MELEDJE, B.A., *Caractéristiques générales et physico-chimiques du Bissap commercialisé à base de calices rouges de hibiscus sabdariffa (Malvacées)*, in SPB. 2013, Felix Houphouet-Boigny: Abidjan. p. 105.
8. AKA, J.P., *Dosage spectrophotométrique de la caféine contenue dans les boissons énergisantes commercialisées en Côte d'Ivoire*, in SPB. 2014. Université Felix Houphouet-boigny: Abidjan. p. 114 pages.
9. HENROTTE, B., *Transformation des céréales : qu'est ce qu'une céréale?* Itinéraire Bio (février), 2016. 26: p. 6-7: 60p.
10. MOULE, C., *Les céréales*. Phytotechnie, la maison rustique, Paris, 1971. tome II: p. 95.
11. INA P-G, *Les céréales*. 2003(Département AGER (agronomie-environnement)): p. 4: 86 pages.
12. CHESNOY, L., D.Y.S. COCOU, and A. LAMANT, *Effets des ions Mg⁺⁺, Na⁺ et K⁺ sur la localisation ultrastructurale d'activités adénosine triphosphatiques dans les extrémités racinaires d'Orge (Hordeum vulgare L. var. astrictum) et de Riz (Oryza sativa L. var. delta)*. 1984: p. 5-15.
13. AUSTRALIAN GOVERNMENT, *Department of Health and Ageing Office of Gene Technology regulator*. The biology of Hordeum vulgare L.(barley), 2008. 1: p. 1-44.
14. JULVE-BASEFLOR. *Index botanique, écologique et chorologique de la flore de France*. 2015 22 Octobre 2016.
15. PETIT, O., et al., *Projet « Sciences au quotidien ». le chauffage aux céréales.*, 2006: p. 45.
16. THOME, O.W., *Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz , Gera*. 1885, Germany.

17. FROZMAN. *Section-longitudinale grain-orge.png*. 2006 [cited https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Section-longitudinale_grain-orge.png 22 novembre 2016].
18. HUBERT, P. *Recueil des Fiches Techniques d'Agriculture Spéciale*. . 2014 21 Septembre 2016.
19. SANTE CANADA, *Fichier canadien sur les éléments nutritifs*. 2005.
20. SAMAKITKA, M., *Les aliments et boissons fonctionnels à la base d'orge*. Plovdiv, 2010: p. 60.
21. ADRIEN, B. and F. PAULINE. *L'orge : Un produit- un marché- une filière*. 2001 5 Novembre 2016.
22. SIG INTERNATIONAL, *Énergie sans caféine : les boissons maltées*. SIG COMBIBLOC MAGAZINE, 2015. 3: p. 19-20.
23. TCHUENBOU, F.L., *Maltage du mil et du Sorgho : Mise au point d'outils et Methodes et aptitude au Maltage de quelques varietes du Burkina Faso et du Benin.*, in *These : En génie agroalimentaire méditerranéen et tropical*. . 2006, Montpellier. p. 130.
24. LA MALTERIE DU VIEUX SILO. *De l'orge au malt*. 2012 23 octobre 2016.
25. TEJINDER, S., "Effect of high temperature-high humidity treatment of germinated unkilned barley on malt quality and extract characteristics". *Journal of the Institute of Brewing*.Journal of the Institute of Brewing., 2007. 113(2): p. 219-227.
26. PHIARAI, B.P.N., H.H. WIJNGAARD, and E.K. ARENDT, "The impact of kilning on enzymatic activity of buckwheat malt.". *Journal of the Institute of Brewing*.Journal of the Institute of Brewing., 2005. 111(3): p. 290-298
27. INTERCEREALES, *Guide interprofessionnel de gestion des mycotoxines dans la filière céréalière*. 2014.
28. PITT, J.I., *Penicillium viridicatum , Penicillium verrucosum and production of ochratoxin A. Penicillium viridicatum , Penicillium verrucosum and production of ochratoxin A*. . Appl. Environ. Microbiol., 1987. 53: p. 266–269.
29. AFSSAPS, *Évaluation des risques liés à la présence de mycotoxines dans les chaînes alimentaires humaine et animale*. 2009
30. DUBE, P.A., L. PLAMONDON, and P.Y. TREMBLAY, *Synthèse des connaissances. Boissons énergisantes : risques liés à la consommation et perspectives de santé publique*. Institut National de Santé Publique du Canada, 2010: p. 147.
31. NATHAN, P. and C. AGENET, *Boissons énergétiques, Boissons énergisantes, Quelles différences? Quelles regles de prudence?* Nutrition & Pédiatrie., 2010. 2(7): p. 1-3.

32. PILARDEAU, P., *Biochimie et nutrition des activités physiques et sportives*. Vol. Tome 1 et 2. 1995, Paris.
33. LIVESEY, G., *Interventions to lower the glycemic response to carbohydrate foods with a low-viscosity fiber (resistant maltodextrin): meta-analysis of randomized controlled trials*. Am J Clin Nutr., 2009. 89(1): p. 114-125.
34. BROUNS, F., *Effect of carbohydrate intake during warming-up on the regulation of blood glucose during exercise*. Int J Sports Med, 1989. 10(1): p. 68-75.
35. LORIER, B., *La surconsommation de boissons énergisantes constitue-t-elle un danger pour nos jeunes? Analyse UFAPEC*, 2011. 24(11): p. 1-7.
36. KHAN, S.R., L.B. COTTLER, and C.W. STRILEY, *Correlates of use of alcohol mixed with Energy drinks among youth across 10 US metropolitan areas*. . Drug and Alcohol Dependence, 2016. 163: p. 236-241.
37. GOYER, E. and A. ALLARD, *Les boissons énergisantes Les boissons énergisantes* 2012.
38. BABU, K.M., R.J. CHURCH, and W. LEWANDER, *Energy Drinks: The New Eye-Opener For Adolescents*. Clin Ped Emerg Med, 2008. 9: p. 35-42.
39. HARDY, R., et al., *Relationship between Energy Drink consumption and Nutrition Knowledge In Student-Athletes*. Journal of Nutrition Education an Behavior, 2016: p. 1-9.
40. PEACOCK, A., F.H. MARTIN, and A. CARR, *Energy drink ingredients contribution of caffeine and taurine to performance outcomes*. Appetite., 2013. 64: p. 1-4.
41. LAIDLAW, S.A., M. GROSVENOR, and J.D. KOPPLE, *The taurine content of common foodstuffs*. J PEN J Parenter Enteral Nutr, 1990. 14(2): p. 1883-8
42. MATON, F., *Boissons énergétiques ou énergisantes, de la confusion nutritionnelle à la prévention des conduites dopantes ? 16ème Colloque National de Lutte et de Prévention du Dopage.*, 2016: p. 117-118.
43. PETTIGREW, S., et al., *Factors influencing young people's use of alcohol mixed with energy drinks*. Appetite, 2016. 96: p. 408-415.
44. AGENET, C., *Alimentation du Sportif - Besoins et danger*, in 2^{ème} rencontre médicale Sport-Santé du mouvement olympique et sportif Provence-Alpes, Aix en Provence 2^{ème} rencontre médicale Sport-Santé du mouvement olympique et sportif Provence-Alpes, Aix en Provence. 2009.
45. BOUDET, *Ethique et expertise scientifique*. 2005. 4.
46. MINISTERE DE L'INDUSTRIE ET DU COMMERCE, *DECRET n° 92-487 du 26 Août 1992 portant étiquetage et présentation des denrées alimentaires*. Journal officiel République de Cote d'Ivoire, 1992: p. 6.

47. CHEFTEL, J.C., H. CHEFTEL, and P. BESANCON, *Introduction a la biochimie et a la technologie des aliments*. Vol. 2. 1979.
48. OIV, *Détermination du pH Méthode OIV-MA-BS-13*. in *Recueil des Méthodes Internationales d'analyse des Boissons Spiritueuses d'origine Vitivinicole*. 2014. p. 7.
49. COULIBALY, K., *Etude de la qualite physico-chimique et bacteriologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de Bamako*, in *Thèse: Faculté de Médecine de Pharmacie et D'Odonto-Stomatologie*. 2005, Bamako. p. 69.
50. CREPA, *Contrôle et suivi de la qualité des Eaux usées*. Protocole de détermination des paramètres Physico-Chimiques et Bacteriologiques, 2007: p. 2-3-4, 52p.
51. TOLEDO, M., *Méthodes de détermination du taux d'humidité*. 2002.
52. CE, *Règlement(CE) n°2870/2000 de la commission du 19 Décembre 2000 établissant des Methodes d'Analyses Communautaires de References applicable dans le secteur des boissons spiritueuses*. Journal Officiel des Communautés Européennes. 2000.
53. AFSCA, *Détermination de la teneur en protéines brutes (aliments des animaux)*. Adm Lab., 2012. 10: p. 8.
54. GLOWA, W., *Zirconium dioxide, a new catalyst in the Kjeldhal method for total N determination*. J. Assoc. Anal. Chem., 1974. 57 p. 1228-1230.
55. ZICAED, *Dosages des composants des denrées et valeur énergétique*. Chimie des denrées alimentaires/analyses. AE-30/03/2007., 2007: p. 13.
56. OIV, *Recueil international des methodes d'analyse- Section 2- Analyses physiques- Indice de Folin-Ciocalteu – MA –F-AS2- 10- INDFOL*. 2009.
57. SALGHI, R., *Cours d'analyses physico-chimique des denrées alimentaires*. 2005. 33.
58. DIDIER DE SAINT-AMAND, J. and G. CAS, *Dosage Des Eléments Minéraux Majeurs Chez Les Végétaux: Méthodes appliquées au laboratoire de diagnostic foliaire de l'O.R.S.T.O.M*. 1967 41.
59. AUBRY, M., *Détermination de la teneur en cendres brutes dans les aliments pour animaux*. Vol. 11. 2013.
60. OIV, *Recueil des méthodes internationales d'analyse des boissons spiritueuses,des alcools et de la fraction aromatique des boissons*.*Recueil des méthodes internationales d'analyse des boissons spiritueuses,des alcools et de la fraction aromatique des boissons*. Edition officielle Juin ed. 1994. 312
61. AFSSAPS, *AVIS de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments concernant les références applicables aux denrées alimentaires en tant que critères indicateurs d'hygiène des procédés*. 2008: p. 41.
62. OIV, *Dosage de l'ochratoxine A dans le vin après passage sur colonne d'immunoaffinité et CLHP avec détection fluorimétrique*. Méthode OIV-

- MA-AS315-10 , in *Recueil International Des Methodes D'analyses – OIV Ochratoxine*. 2011. p. 13.
63. DFI, *Ordonnance du DFI sur l'étiquetage et la publicité des denrées alimentaires*. . Denrées alimentaires et objets usuels, 2005(Suisse): p. 92.
64. OHDQ, *Effets néfastes des boissons énergisantes sur votre santé buccodentaire*. 2009.
65. PEREZ-JIMENEZ, J., et al., *Dietary intake of 337 polyphenols in French Adults*. *Am. J. clin. Nutr.*, 2011. 93(6): p. 1220-8
66. HECKMAN, M.A., K. SHEROY, and E. GONZELEZ DE MEJIA, *Energy drinks: an assessment of their market size, consumer, demographics, ingredient profile, fonctionnality, and regulation in the United States*. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 2010. 9: p. 303-317.
67. BLANC, J.-P. *Les boissons énergétiques*. 2012.
68. IOM and FNB, *Dietary Reference Intakes for Water, Potassium, Sodium, Chloride, and Sulfate Dietary Reference Intakes for Water, Potassium, Sodium, Chloride, and Sulfate* The National Academies Press , , 2004(États-Unis): p. 186-269.
69. CYR, A. *Palmares des nutriments. Sodium: description*. 2013.
70. N'DIAYE, N.A., et al., *Diagnostic et caractérisation microbiologique des procédés artisanaux de fabrication de boissons et de concentrés d'Hibiscus sabdariffa L au Sénégal*. *Afrique Science: Revue Internationale des Sciences et Technologie.*, 2015.11(3): p. 197-210.
71. CE, *Règlement de la CE sur l'ochratoxine A*. *Journal officiel de l'Union Européenne*, 2005: p. L25/5.
72. MAFF, U., *Survey of human exposure to ochratoxin A*. *Food Surveillance Information Sheet 172*, 1999: p. 68.

TABLES DES MATIERES

ABREVIATIONS-SIGLES-ACRONYMES.....	XXI
LISTE DES TABLEAUX	XXII
LISTE DES FIGURES.....	XXIII
INTRODUCTION	1
PREMIERE PARTIE: REVUE DE LA LITTERATURE	4
I. LES CEREALES	5
I.1.Définition	5
I.2.Classification	5
I.3.Usage	5
II. ORGE	5
II.1.Histoire.....	5
II.2.Botanique	7
II.3.Variétés	9
II.4.Composition de l'orge.....	10
II.5.Utilisation de l'orge	10
II.6.Maltage.....	11
II.7.Le stockage	15
III. BOISSONS	16
III.1. Définition et classification.....	16
III.1.1.Définition.....	16
III.1.2.Classification.....	16
III.2.Boissons énergétiques.....	17
III.2.1.Définition.....	17
III.2.2.Réglementation	17
III.2.3.Composition	18
III.2.4.Inconvénients	19
III.2.5.Utilisation	19
III.3.Boissons énergisantes	19
III.3.1.Définition.....	19

III.3.2.Composition	20
III.3.3.Inconvénients	21
IV.EXPERTISE SCIENTIFIQUE	23
IV.1.Définition	23
IV.2. Domaines d'applications	23
IV.3. Ethique de l'expertise.....	23
IV.3.1. Ethique concernant l'expert.....	24
IV.3.2. Ethique concernant le commanditaire.....	25
DEUXIEME PARTIE: ETUDE EXPERIMENTALE	26
I.MATERIELS ET METHODES.....	27
I.1.Type et cadre de l'étude	27
I.1.1.Types d'étude	27
I.1.2.Cadre et durée de l'étude.....	27
I.2.Matériel.....	27
I.2.1.Echantillonnage.....	27
I.2.2.Appareillage	28
I.2.3.Réactifs et consommables.....	29
I.2.4.La Verrerie	30
I.3.Méthodes.....	31
I.3.1.Etiquetage	31
I.3.2.Caractères Organoleptiques.....	32
I.3.3.Paramètres Physicochimiques.....	32
I.3.4.Paramètres Microbiologiques	44
I.3.5.Paramètres Toxicologiques	46
I.3.6.Valeur énergétique.....	52
I.4.Traitement des données	52
II.RESULTATS ET COMMENTAIRES	53
II.1.Etiquetage	53
II.2.Caractères organoleptiques de la Boisson malta Tonic®	53
II.3. Le pH.....	53
II.4.Composition en nutriments.....	54
II.4.1.Composition en macronutriments et Valeur énergétique de la boisson Malta Tonic	54
II.4.2.Teneurs en Polyphénols dans Malta Tonic.....	57
II.4.3.Composition en minéraux de la boisson Malta Tonic	58
II.5.Analyse du risque sanitaire	60
II.5.1.Analyse microbiologique de la boisson Malta Tonic®	60
II.5.2.Analyse toxicologique de la boisson Malta Tonic.....	63
III.DISCUSSIONS	66

III.1. Etiquetage et caractères organoleptiques	66
III.2. Au plan nutritionnel.....	66
III.3. Risques sanitaires	69
CONCLUSION	70
RECOMMANDATIONS - PERSPECTIVES	72
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	75
TABLES DES MATIERES	81
PUBLICATION SCIENTIFIQUE.....	84

PUBLICATION SCIENTIFIQUE

EXPERTISE SCIENTIFIQUE D'UNE BOISSON ENERGETIQUE, LA MALTA TONIC[®]

KOUAKOU ISMAËL, AMIN N'CHO CHRISTOPHE, AKE MICHELE, KOUADIO LUC,
MALAN KLA ANGLADE

UFR Sciences Pharmaceutiques et Biologiques, BPV 34 Abidjan

Introduction

Le marché mondial des boissons sucrées est sans cesse grandissant. Parmi les produits qui dopent le marché de ces boissons non alcoolisées, les boissons sportives et énergétiques occupent une place de choix. C'est ainsi que nous avons investigué sur une de ces boissons nouvellement née en Côte d'Ivoire, la Malta Tonic[®], afin d'évaluer son profil nutritionnel.

Méthodes

Cinq productions de Malta Tonic[®] provenant de l'usine et une production prélevée sur le marché ont été analysées. L'expertise de cette boisson a porté sur l'étiquetage, la détermination des paramètres organoleptiques, du pH, de l'humidité, des teneurs en macronutriments, de la valeur énergétique, de la teneur en polyphénols, des minéraux, des paramètres microbiologiques et des paramètres toxicologiques.

Résultats

La valeur énergétique de Malta Tonic[®] de $48,31 \pm 2,68$ kCal/100 mL est principalement assurée par les glucides. La boisson Malta Tonic est très riche en polyphénols ($1221,58 \pm 27,98$ mg/L). Elle contient les 7 minéraux majeurs que sont les quatre cations le sodium (Na), le potassium (K), le calcium (Ca) et le magnésium (Mg) et les trois anions, le phosphore (P), le soufre (S), les chlorures (Cl). Elle est dépourvue de contaminants microbiologiques et toxiques.

Conclusion

Malta Tonic peut se définir comme une boisson nutritive énergétique exempt de contaminants microbiologiques et chimiques.

Mots clés : Malt, Boisson, Energie, Expertise scientifique.

RESUME

INTRODUCTION

Le marché mondial des boissons sucrées est sans cesse grandissant. Parmi les produits qui dopent le marché de ces boissons non alcoolisées, les boissons sportives et énergétiques occupent une place de choix. En Côte d'Ivoire, force est de constater que peu d'études ont été réalisées sur les boissons. Ces études ne concernaient que les boissons alcoolisées sur le plan épidémiologique, les boissons sucrées artisanales mais aussi les boissons sucrées industrialisées. C'est ainsi qu'une investigation a été effectuée sur une de ces boissons nouvellement née en Côte d'Ivoire, la Malta Tonic[®]. L'objectif de cette étude a été d'évaluer la qualité nutritive de la boisson Malta Tonic[®].

METHODE

Cinq lots de productions de Malta Tonic[®] provenant de l'usine et un lot de production prélevée sur le marché ont été analysés. L'expertise de cette boisson a porté sur l'étiquetage (Décret 92-487 du 26 Aout 1992 portant étiquetage et présentation des denrées alimentaires), les paramètres organoleptiques (Organes de sens), le pH (mesure de la différence de potentiel), % humidité (détermination par dessiccation à l'étuve à 103°C pendant 3h), protéines (détermination par méthode de KJELDAHL), les lipides (détermination par extraction après désagrégation enzymatique (amylases, protéases) puis extraction au moyen du mélange méthanol-chloroforme), les glucides et la valeur énergétique par la détermination par calcul, la teneur en polyphénols (par la méthode spectrophotométrique de Folin- Ciocalteu à 750nm), les minéraux par spectrophotométrie d'absorption atomique, paramètres toxicologiques par CLHP, et les paramètres microbiologiques (méthodes de filtration sur membrane, par incorporation et par étalement).

RESULTATS

La valeur énergétique de Malta Tonic[®] de $48,31 \pm 2,68$ kcal/100ml est principalement assurée par les glucides. Elle est riche en polyphénols ($1221,58 \pm 27,98$ mg/L). Elle contient les minéraux majeurs que sont le sodium (Na), le potassium (K), le calcium (Ca), le magnésium (Mg), le phosphore (P), le soufre (S) et les chlorures (Cl). La présence de certains oligo-éléments tels que le fer (Fe), le manganèse (Mn), le cuivre (Cu) et le zinc (Zn) a été notée. Cette boisson est dépourvue de contaminants microbiologiques et toxiques.

CONCLUSION

Les lots de la boisson Malta Tonic[®] étudiés peuvent se définir comme des boissons nutritives énergétiques dépourvues de contaminants microbiologiques et toxiques

Mots clés : Malt, Boisson, Energie, Expertise scientifique.