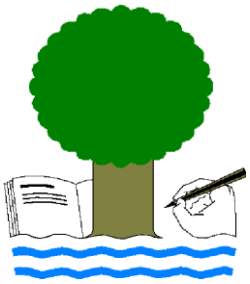


UNIVERSITE D'ANTANANARIVO

Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques

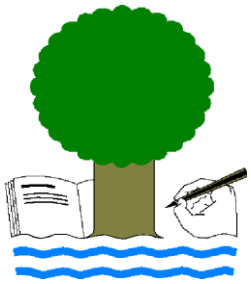
Département des Industries Agricoles et Alimentaires

Mémoire de fin d'études
Pour l'obtention du Diplôme d'Ingénieur Agronome
Spécialisation Industries Agricoles et Alimentaires

Valorisation rationnelle de la qualité du *siratany* dans la région de Bezà Mahafaly pour promouvoir son marché

Par: RAFANOMEZANTSOA Hery Hanitriniaina

Promotion: HINA
Année: 2009 – 2014



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO

Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques

Département des Industries Agricoles et Alimentaires

Mémoire de fin d'études
Pour l'obtention du Diplôme d'Ingénieur Agronome
Spécialisation Industries Agricoles et Alimentaires

Valorisation rationnelle de la qualité du *siratany* dans la région de Bezà Mahafaly pour promouvoir son marché

Par: RAFANOMEZANTSOA Hery Hanitriniaina

Membres du Jury :
Président du Jury : Pr. RAONIZAFINIMANANA Béatrice
Examinateur : Dr. RAMAROSON Randrianary Jean Baptiste
Tuteur : Pr. RASOARAHONA Jean
Encadreur Professionnel : Pr. RATSIRARSON Joelisoa

Promotion: HINA
Année: 2009 – 2014

Soutenu le 11 novembre 2014

« Matokia an'Jehovah amin'ny fonao rehetra, fa aza miankina amin'ny fahalalanao »

(Ohabolana 3:5)

Je dédie ce mémoire à mes parents
RAZAFINDRAIBE et
RAKELIARIMANANA Odette qui m'ont soutenue sans relâche et ont financé mes études depuis l'enfance jusqu'à l'université.

Remerciements

Je rends gloire à Dieu, sans Qui ce mémoire n'aurait pu être réalisé.

Cet ouvrage est le fruit d'un effort constant qui n'a pu se réaliser qu'avec les appuis de plusieurs personnes et organismes travaillant ensemble. A travers ces quelques lignes, je tiens à adresser mes sincères remerciements à tous ceux qui de près ou de loin m'ont aidée.
Je tiens à exprimer en premier lieu, mes vifs remerciements aux membres du jury.

- Professeur Béatrice RAONIZAFINIMANANA, Chef du département des Industries Agricoles et Alimentaires (I.A.A.) et Enseignant-Chercheur à l'Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques (ESSA) qui en dépit de ses lourdes charges, nous a fait le grand honneur de présider la soutenance de ce mémoire. Veuillez trouver ici ma profonde gratitude ;
- Professeur Jean RASOARAHONA, Directeur de l'Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, a consacré beaucoup de temps pour m'encadrer en prodiguant de précieux conseils et suggestions. Veuillez agréer l'expression de ma profonde gratitude ;
- Professeur Joelisoa RATSIRARSON, Chef de l'Unité de Formation et de Recherche Ecologie et Biodiversité de l'ESSA/Forêts et coordinateur nationale du « projet siratany » de Bezà Mahafaly qui a suivi de près ce travail. Ses conseils et les discussions que nous avons eus ensemble ont été pour moi une source d'enrichissement et de réflexions nouvelles. Soyez assuré de ma profonde gratitude ;
- Professeur Randrianary Jean Baptiste RAMAROSON; Enseignant- chercheur au sein de l'ESSA, qui malgré ses nombreuses occupations, a voulu siéger parmi les membres de jury et examiner ce travail. Trouvez ici l'expression de ma plus haute gratitude.

Mes remerciements vont également :

- A Liz Claiborne/Art Ortenberg Fondation d'avoir financé cette étude, sans elle ce travail n'aurait jamais vu le jour ;
- Aux enseignants et tout le personnel de l'ESSA pour ces cinq années de formation et nous ont permis d'arriver à ce travail ;
- À l'équipe du département des Eaux et Forêts et la Subdivision ECOBIO de l'ESSA ;
- Au personnel du laboratoire IAA, de la CNRE, de tous les centres de documentation et les bureaux administratifs, pour leurs accueils et leurs services satisfaisants ;
- À l'équipe de recherche du Centre de Recherche et de Formation ESSA Bezà Mahafaly ;
- Au président et à la population du fokontany de Bejio.

Mes remerciements s'adressent enfin à mes parents, mon frère et mes sœurs ainsi qu'à tous mes amis qui n'ont cessés de m'aider et m'encourager par de l'abnégation, des soutiens moraux et aides matérielles et financières. À tous ces intervenants, je présente mes remerciements, mon respect et ma gratitude.

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS i
LISTE DES TABLEAUX ii
LISTE DES FIGURES iii
LISTES DES ANNEXES iii
LISTE DES ABREVIATIONS ET DES ACRONYMES iv
GLOSSAIRE v
INTRODUCTION GENERALE 1
PARTIE I.CADRAGE ET CADRE CONTEXTUEL DE L'ETUDE 3
A. GENERALITES SUR LE SEL 3
B. ETUDE DE LA TECHNOLOGIE DE PRODUCTION DU « *SIRATANY* » 20
C. CONCLUSION PARTIELLE 36
PARTIE II. METHODOLOGIES ET RESULTATS DES ANALYSES EFFECTUEES EN LABORATOIRE 37
A. METHODOLOGIES ET PROCEDES D'ANALYSE 37
B. SYNTHESES ET INTERPRETATION DES RESULTATS DE LABORATOIRE 44
C. CONCLUSION PARTIELLE 62
PARTIE III. ETUDE DE MARCHE DE LA FILIERE *SIRATANY* 63
A. CADRAGE DE L'ETUDE 63
B. DESCRIPTION DU MARCHE DE *SIRATANY* 65
C. PERSPECTIVES POUR L'AVENIR 70
D. CONCLUSION PARTIELLE 76
CONCLUSION GENERALE 77
BIBLIOGRAPHIE 78
PARTIE EXPERIMENTALE 83
ANNEXES 100

Liste des tableaux

Tableau 1 : Caractéristiques du cristal de sel [1] 4
Tableau 2 : Apport nutritionnel conseillé pour chaque élément [10]..... 7
Tableau 3: Différents d'agents antiagglomérants et doses recommandées [18]..... 11
Tableau 4 : Production de sel (sel cristallisé et de dissolution) dans différents pays [24]..... 16
Tableau 5: Les différents types de mélanges 26
Tableau 6: Membres de l'association féminine « Mpahandro *Siratany* Mandroso » de Bejio31
Tableau 7 : Production de sel de la coopérative pendant les deux saisons 34
Tableau 8: Tableau comparatif de la composition des échantillons prises en saison sèche et humide..... 44
Tableau 9: Teneur en humidité [30]..... 45
Tableau 10: Comparaison de la composition des échantillons pris par rapport aux normes exigées..... 46
Tableau 11: Comparaison des échantillons par rapport aux résultats de Cambridge et autres types de sel 48
Tableau 12 : Valeur moyenne de la pression artérielle [40] 56
Tableau 13: Tableau comparatif de la teneur en fer de la saumure et l'échantillon de sel 1 .. 57
Tableau 14 : Résultats des analyses de concentration des saumures 58
Tableau 15: Concentration des différents échantillons en fonction de la quantité d'eau additionnée 59
Tableau 16: Quantités de terre et d'eau recommandées..... 60
Tableau 17: Concentration des différents filtrats après épuisement 61
Tableau 18: Comparaison des résultats d'analyse de la matière en suspension par rapport aux normes 61
Tableau 19: Prix du *siratany* sur le marché d'Antananarivo 67
Tableau 20: Teneur en fer dans les échantillons 85
Tableau 21: Conditions expérimentales utilisées pour chaque élément [28]..... 86
Tableau 22 : Gamme d'étalonnage 87
Tableau 23: Résultats d'analyse sur SAA de l'échantillon de sel 1 (saison sèche-station 1) . 88
Tableau 24: Résultats d'analyse sur SAA de l'échantillon de sel 2 (saison sèche-station 2) . 89
Tableau 25: Résultats d'analyse sur SAA de l'échantillon de sel 3 (saison humide)..... 97
Tableau 26: Tableau récapitulatif des données sur la détermination de la teneur en eau 97

Liste des figures

Figure 1 : Schéma récapitulatif de l'action du sel sur l'organisme [7] 8
Figure 2: Les différents modes de production du sel [20] 14
Figure 3: Localisation de sel à Madagascar [23] 19
Figure 4 : Localisation administrative de la zone d'étude (Source : labo SIG ESSA-Forêt) . 22
Figure 5 : Localisation du fokontany Bejio par rapport au campement de la réserve (Source : labo SIG ESSA-Forêt) 23
Figure 6: Mode de préparation du mélange (Source : enquêtes) 27
Figure 7: Processus de production du *siratany* (Source : enquêtes) 29
Figure 8: Bilan matière (cas du mélange 1) (Source : enquêtes) 30
Figure 9: Répartition des saunières par station 32
Figure 10: Répartition de la production en fonction des saisons et des stations (en kg) (Source : enquêtes) 35
Figure 11: Principe de fonctionnement du SAA [29] 39
Figure 14: Proportion des éléments Na, K et Mg dans les différents types de sel 48
Figure 15: Composition du sel de mer en éléments minéraux [29] 49
Figure 16 : Pourcentage d'hypertendus en fonction de l'apport journalier en chlorure de sodium [35] 52
Figure 17 : Fonctionnement de la pompe sodium/potassium participant au maintient du gradient électrochimique des cellules [38] 53
Figure 18 : Prévalence de l'HTA au niveau des deux provinces [40] 56
Figure 20 : Quantité de sel marin exportée par Madagascar dans différentes pays (source : services des importations et exportations de Madagascar) 69
Figure 21: Quantité de sel marin importée par Madagascar dans différents pays (source : services des importations et exportations de Madagascar) 70
Figure 12: Représentation de la courbe observée sur l'écran du spectrophotomètre [28] 86
Figure 22: Exemple de traçabilité globale [49] 105

Listes des annexes

Annexe 1: figures du SAA et des points d'eau des stations salinières 100
Annexe 2: figures des matériels utilisés par la coopérative pour la production du *siratany* et du marché de Beavoha 101
Annexe 3: Notion de traçabilité dans une unité de production 103

Liste des abréviations et des acronymes

AFSSA : **A**gence **F**rançaise de **S**écurité **S**anitaire des **A**liments

ANC : **A**pports **N**utritionnels **C**onseillés

ANCESM : **A**ssociation **N**ationale du **C**ommerce **E**quitable et **S**olidaire de **M**adagascar

CNRE : **C**entre **N**ational pour la **R**echerche sur l'**E**nvironnement

CSM : **C**ompagnie **S**alinière de **M**adagascar

ESR-ECOCERT : **E**quitable, **S**olidaire, **R**esponsable d'ECOCERT

HTA : **H**yper**t**ension **A**rtérielle

IAA : **I**ndustries **A**gro-**a**limentaires

OMS : **O**rganisation **M**ondiale de la **S**anté

PD : **P**ression **D**iastolique

PS : Pression **S**ystolique

SAA : **S**pectrophotomètre d'**A**bsorption **A**tomique

USGS : **U**nited **S**tates **G**eological **S**urvey

Glossaire

Godets ou augets: ce sont des récipients en argile cuite utilisés à l'âge du Fer pour extraire le sel par évaporation de l'eau salée et qui sont disposés sur des fourneaux. Une « cuisson » pouvait durer au moins 24 h, au terme de laquelle les blocs de sel étaient extraits en fracturant ces derniers. Ce type de production est attesté sur toute la côte atlantique. Il a connu un essor important durant la période gauloise et semble avoir dépéri au début de la période romaine, sans doute remplacé par les marais salants.

Braises incandescentes : les braises sont des arbres réduits en charbon et lorsqu'elles brûlent, elles émettent une sorte de lumière rouge orangée.

Saumure : est une solution aqueuse d'un sel, généralement de chlorure de sodium (sel de cuisine) **NaCl**, saturée ou de forte concentration.

Déneigement : est un travail consistant à dégager la neige. Ce travail implique principalement d'enlever la neige sur et autour des habitations, des voies carrossables et des trottoirs. Le déneigement des routes se fait généralement en repoussant la neige le long de la bordure de la route, en l'emportant ensuite dans des camions et en effectuant finalement le salage des routes.

Benne : caisse utilisé pour le transport ou appareil employé pour la préhension et le déplacement des matières ou de matériaux.

Sauniers : personne qui vend ou extrait du sel.

Introduction générale

Nul produit n'est peut-être d'un usage plus courant que le sel ou chlorure de sodium. Nulle substance n'est, en tout cas, plus répandue puisque, dissous en quantité inépuisable dans l'eau de mer (30 g / l), le sel se trouve couvrir, sous cette forme, les trois quarts du globe, sans parler des mers intérieures, des lacs salés et des nombreux gisements de sel gemme qui existent dans presque tous les pays du monde. [1]

Le *siratany* est un type de sel produit dans le sud-ouest de Madagascar selon des techniques de production artisanale; c'est une activité encore informelle et peu exploitée à Madagascar, peu de personne le connaissent vraiment surtout dans la capitale, il est surtout connu pour ses effet dans la diminution de la Pression artérielle.

Il se traduit par le terme « sel gemme » à Madagascar mais selon la technologie de production du *siratany* il existe différents types de *siratany* que nous allons essayer de découvrir dans cet ouvrage.

Le sel gemme a commencé à faire son apparition récemment sur le marché local. Il a eu l'autorisation de production et de mis en vente en 2007 par le Centre national de recherche sur l'environnement (CNRE) après une analyse légale. D'après le comptoir régional du sel de Toliary, seulement 130 tonnes sont exploités annuellement. Un chiffre largement au-dessous de la production de sel marin qui s'élève à plus de 65 000 tonnes par an, dont 51 000 tonnes sont vouées à l'exportation. [2]

Il existe plusieurs sites d'exploitation de *siratany* dans le sud de Madagascar qui produisent des quantités réduites suivant des méthodes artisanales. Parmi ces sites, ceux de Bezà Mahafaly et de Morondava sont les plus réputés. Le site de recherche à coté de la réserve spéciale de Bezà Mahafaly regorge de plusieurs ressources qui sont encore sous exploitées, le *siratany* est compris dans ces ressources et a toujours été une source de revenu pour les gens dans cette partie de Madagascar.

Ainsi la présente étude a été réalisée, au sein d'une coopérative féminine produisant principalement du *siratany* dans le fokontany de Bejio; une des villages aux alentours de la réserve spéciale de Bezà Mahafaly. L'importance de cette étude réside dans la mis en valeur de cette ressource pour améliorer les conditions de vie des villageois vivant de cette activité en tenant compte de l'importance de la sauvegarde du milieu environnent.

L'un des plus grands problèmes qui se posent, est de savoir comment valoriser ce produit afin de pouvoir promouvoir son marché sur le plan national mais aussi dans le monde en vue d'une meilleure conservation du site et de pouvoir faire bénéficier les producteurs pour un développement durable ? Afin de pouvoir répondre à une telle question; nous allons aborder le sujet étape par étape suivant trois grandes parties.

Dans une première partie, nous présenterons le contexte dans lequel l'étude a été menée, nous aborderons les généralités sur le sel ainsi que les procédés de production de *siratany* rencontrés dans la coopérative sise dans les stations salinières du fokontany de Bejio.

Et dans une seconde partie, une analyse de la composition minéralogique de trois échantillons de ce sel pris à des saisons différentes a été effectuée ainsi qu'une analyse de la terre saline, dans un premier temps pour connaitre ses effets sur la santé s'il présente un effet sur l'abaissement de la tension artérielle et un risque pour la santé humaine. Dans un second temps afin de connaitre l'importance de la richesse en sel du sol et pour optimiser le procédé de production du *siratany*.

Ainsi, à la clôture de ce dossier, nous pourrons faire une étude de marché de la filière au niveau nationale et même internationale, émettre des perspectives et recommandations notamment dans la certification du produit comme étant « équitable » et la mis en place d'un système de traçabilité fiable.

Partie I. Cadrage et cadre contextuel de l'étude

A. Généralités sur le sel

I. Historique

Au Paléolithique, l'homme trouve le sel dans la chair du gibier et du poisson dont il se nourrit. Les premières formes d'exploitation du sel sont apparues au Néolithique (6000 av JC.).

A l'âge de fer, les premières techniques d'extraction minière sont apparues en Autriche.

Des affleurements de couches salées ont donné naissance vers la fin de l'âge de bronze à Marsal (commune française) située dans le département de la Moselle en Lorraine ; à une vaste industrie de sel (Weller, 2002). Il existe des vestiges gigantesques, d'immenses dépôts parsèment le paysage sur plus de 10 Km le long de la vallée.

L'extraction du sel se faisait en deux étapes :

- L'eau salée était mise dans des cuvettes d'une vingtaine de litres de capacité. Posées sur des cales en terre, ces cuvettes étaient placées dans des fours circulaires creusés dans le sol sur un lit de braises incandescentes. La saumure se concentre alors par l'évaporation de l'eau.
- La 2ème étape consistait à la cristallisation du sel. Un montage en forme de grille était soumis au feu allumé en dessous. Le sel se cristallisait alors dans les moules. Le pain de sel se formait et il était récupéré en brisant le godet. Les fours pouvaient être utilisés une douzaine de fois avant d'être détruits. [4 ; 5]

A Madagascar, au début de la colonisation Française en 1895, un homme d'affaire Français originaire du Sud de la France appelé Mr Plion a démarré la production du sel de mer à l'extrême nord de l'ile sur le site de Betahitra dans la baie de Diego Suarez (Rajaonarisaona, 2010).

II. Description

Le sel est un produit cristallin se composant principalement de chlorure de sodium. Le chlorure de sodium est un cristal ionique de formule chimique NaCl qui est constitué d'ions sodium : Na+, et d'ions chlorures : Cl- qui occupent alternativement les sommets des cubes. C'est un solide blanc, soluble dans l'eau à toute température, légèrement soluble dans l'alcool et insoluble dans l'acide chlorhydrique concentré. [7]
Il provient soit de la mer, soit de gisements souterrains de sel gemme, soit encore de saumure naturelle. Le terme sel désigne également les composés formés par la réaction entre un acide et une base, ou réaction de neutralisation. [7]

III. Caractéristiques physiques

Les sels sont des composés ioniques ayant un point de fusion relativement élevé. Ils sont conducteurs d'électricité à l'état fondu ou en solution, et ont une structure cristalline à l'état solide. A des degrés divers, les sels habituellement commercialisés renferment, outre le constituant principal (chlorure de sodium NaCl), d'autres corps en quantité plus ou moins importante, tels que des matières insolubles dans l'eau (argiles, sable ou marnes), des sulfates de calcium ou de magnésium, des chlorures alcalino-terreux et autres halogénures alcalins. Si, pour certains usages, la pureté doit être la plus grande possible, il existe d'autres cas où les compagnons du sel sont sans inconvénients, voir bénéfiques. [1]

Les principales caractéristiques du chlorure de sodium sont résumées dans le tableau 1.

Tableau 1 : Caractéristiques du cristal de sel [1]

Nom minéralogique	Halite
Cristallisation	cubique
Taille	5, 64Å de côté
Distance inter-atomique	2, 82
Indice de réfraction	1, 544
Masse moléculaire	58, 45
Densité du liquide à 801°C	1, 549
Densité du cristal de sel	2, 165
Dureté (indice MOHS)	2 à 2, 5
Chaleur spécifique	0, 22Kcal/Kg/°C
Solubilité dans l'eau froide (0°C)	357g/1000g d'eau
Solubilité dans l'eau chaude (100°C)	391g/1000g d'eau
Point de fusion (*)	801°C
Point d'ébullition du sel fondu (*)	1 449°C
Point d'ébullition de la saumure saturée (*)	108, 8°C
Chaleur latente de dissolution (à saturation)	7,8Kcal/Kg
Chaleur latente de fusion (*)	97Kcal/Kg
Chaleur latente d'ébullition (*)	698Kcal/Kg

(*) A la pression atmosphérique

IV. Besoin journalier

Bien que les quantités de sel consommées varient d'un pays à l'autre, un adulte devrait en consommer en moyenne 6 g/j au maximum et un enfant, 4 g/j au plus. Le sel de table ne constitue qu'une faible fraction (15%) du sel ingéré. En effet la principale source du sel est l'alimentation dont le pain, les laitages et fromages, les charcuteries et les plats cuisinés. [8]

V. Utilisation

Le sel est utilisé dans différents domaines : en chimie, pour le déneigement, dans des industries diverses et enfin dans l'alimentation. Avec 32 %, le domaine de la chimie est le plus gros consommateur de sel et en dernière position l'alimentation avec 14,5 % de sel utilisé. [7 ; 9]

Directement ou indirectement, le sel joue un rôle dans la fabrication d'une très vaste gamme de produits chimiques et de produits dérivés. Les quatre principales utilisations finales du sel sont : [9]

- la production de chlore et de soude caustique (38,5 %),
- la synthèse de carbonate de sodium anhydre (20 %),
- la production de sel de table (17,5 %),
- élaboration d'agents de déglaçage (14 %);
- les 10 % restants sont utilisés comme ingrédient dans la nourriture pour animaux et comme agents de traitement de l'eau.

Les tendances de l'utilisation finale varient selon le niveau de développement économique des pays : l'industrie des produits chimiques domine le marché dans les pays fortement industrialisés tandis que dans les pays en développement, c'est l'utilisation du sel à des fins alimentaires et agricoles qui prévaut. [9]

Pour notre cas la grande partie du sel produit notamment marin, est destinée à l'alimentation ou utilisée dans la conservation des produits surtout à base de viande.

VI. Effet du sel sur la santé

1. Effets Bénéfiques

Le sel joue un rôle essentiel dans l'organisme humain en maintenant l'équilibre hydrominéral. Il intervient dans la régulation de la pression et du volume sanguin. Toute carence est nuisible à la santé. L'insuffisance de sel est en effet à l'origine de troubles allant du malaise léger à la prostration, qui peut être fatale à l'organisme si la déficience n'est pas corrigée dans un délai très bref. [7]

a. Le chlore et le sodium

Les ions chlore et sodium entretiennent l'homéostasie de notre organisme :

- Le sel par son ion chlore facilite la digestion en maintenant l'acidité de l'estomac. Cette acidité a pour rôle d'activer une prodiatase en diatase (enzyme qui se développe pendant le processus de germination) soit d'accélérer la transformation du pepsinogène en pepsine ce qui contribue à une amélioration de la digestion des aliments.
- Le sel par son ion sodium permet la transmission de l'influx nerveux. Une impulsion électrique est créée par les changements de polarisation à la surface des nerfs, induit par les échanges entre ions sodium et potassium au travers des membranes. Donc le

sel joue un rôle capital à la fois au niveau du cerveau et du cœur car il y a transmission des ordres et réception des informations au travers des neurones. [10 ; 11]

b. L'iode et le fluor

L'iode et le fluor sont des éléments essentiels à la vie :

- L'iode est présent dans le corps humain en très faible quantité (15 à 20 mg), c'est un oligo-élément essentiel car il aide au bon fonctionnement de la glande thyroïde et au développement intellectuel. L'iode apporté par les aliments est nécessaire à la synthèse des hormones thyroïdiennes impliquées dans le contrôle de la croissance.
- Le fluor est un élément de base vital pour l'organisme qui se trouve surtout dans le squelette. Il est l'élément principal dans la prévention des caries dentaires et d'autres lésions. Absorbé dans de bonnes proportions, il bloque l'évolution de la plaque dentaire. Sous forme de sel de sodium ou de calcium, le fluor se combine à l'émail et le rend plus dur et plus résistant.

Le sel dit "iodé et fluoré" contient en moyenne respectivement 0,015% d'iode et 0,025% de fluorures. [12]

c. Rôles des autres éléments minéraux présents dans le sel

Les minéraux sont des éléments inorganiques qui se trouvent dans notre alimentation et qui pour certains, sont indispensables. Ils sont classés en deux groupes :

- Les macro-éléments ou éléments minéraux majeurs : Na, K, Cl, Ca, P, Mg
- Les oligo-éléments ou éléments en traces : Fe, Zn, Cu, Se, I, …

Ils font l'objet d'Apports nutritionnels conseillés (ANC). Les macro-éléments se différencient des oligo-éléments entre autres par les quantités quotidiennes qu'il faut apporter à l'organisme. Les besoins en macro-éléments sont de l'ordre du gramme (g) ou du dixième de gramme par jour tandis que ceux en oligo-éléments sont de l'ordre du milligramme (mg) ou du centième de milligramme (µg). [13]

Les minéraux et oligo-éléments, bien qu'en quantités limitées mais constantes dans l'organisme, ont des rôles importants à jouer au sein de celui-ci. Les minéraux sont essentiels pour de nombreux tissus :

i. Le sodium

Le sel par son ion sodium permet la transmission de l'influx nerveux. Le sodium joue un rôle capital à la fois au niveau du cerveau et du cœur car il y a transmission des ordres et réception des informations au travers des neurones.

Il entre aussi dans le maintien de la pression osmotique (équilibre hydrique) et régulation de l'équilibre acido-basique, activation d'enzyme comme l'amylase. [10 ; 11]

ii. Potassium

Il régularise la pression osmotique dans la cellule, participe au transport membranaire, active les enzymes et joue un rôle dans la contraction musculaire (augmentation de l'excitabilité neuromusculaire). [10;11]

iii. Magnésium

C'est un constituant et activateur de nombreux enzymes (cofacteur). Le magnésium est aussi nécessaire pour entretenir la santé des os et des muscles, y compris la santé du cœur. Il entre dans le métabolisme des hydrates de carbone, des protéines, des graisses ainsi qu'à la synthèse de la substance de l'hérédité. A cause de son rôle indispensable dans le métabolisme, les carences en Mg causent de sérieux désordres. . [11 ; 14]

iv. Manganèse et le zinc

Ces deux éléments sont considérés comme des oligoéléments essentiels car non seulement ils sont en faible quantité dans l'organisme voir même en trace pourtant leur carence peut entrainer des troubles métaboliques considérables et importantes au niveau de la santé.
En même temps, un excès en leurs apports peut être toxique pour notre organisme.
Le zinc entre dans la constitution de 300 enzymes ; en tant que constituant d'enzymes, il est essentiel pour la croissance, la prévention de l'anémie et la cicatrisation des plaies. Les cellules de défense utilisent le zinc en renforçant le système immunitaire. C'est aussi un composant de l'insuline, il est nécessaire au métabolisme des sucres.
Quant à l'élément manganèse, c'est un activateur d'enzymes. Il assure le bon fonctionnement du foie et des reins, assimilation des glucides, antiallergiques. [12 ; 14]

v. Le Cadmium et le plomb

Ces deux métaux lourds sont considérés comme toxique pour l'organisme humain à une certaine quantité. Ce sont des éléments traces classés cancérigènes par le Centre International de Recherche sur le Cancer ou l'Union Européenne (Charbotel et al., 2007). Ces substances peuvent être inhalées ou ingérées par l'homme et causer des lésions cérébrales et neurologiques dans certains organes comme les reins ou le foie.

Par exemple le plomb absorbé par l'organisme par inhalation ou par ingestion est distribué par le sang à différents organes : le foie, les reins, la rate, la moelle osseuse et surtout les os. Le saturnisme désigne l'ensemble des manifestations de l'intoxication par le plomb. [14 ; 16]
Le tableau ci-dessous donne un aperçu de l'Apports Nutritionnels Conseillés ANC pour ces éléments selon les normes françaises.

Tableau 2 : Apport nutritionnel conseillé pour chaque élément [10]

Eléments	**ANC**
Sodium	pas d'ANC
Potassium	pas d'ANC
Magnésium	80 à 420 mg/j
Manganèse	2 à 3 mg/j
Fer	7 à 30 mg/j
Zinc	6 à 19 mg/j

La figure ci-après illustre les différents points d'action du sel sur notre organisme

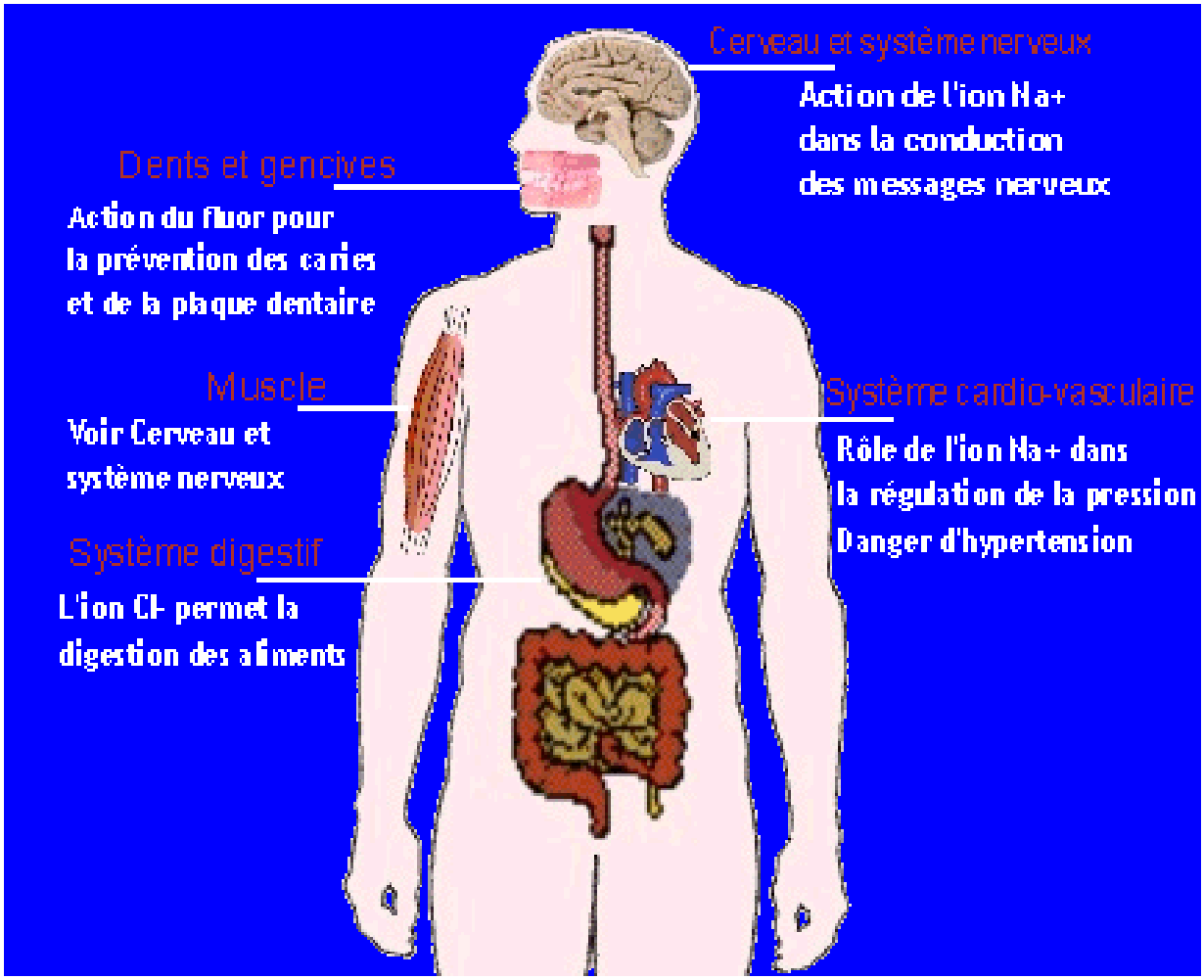


Figure 1 : Schéma récapitulatif de l'action du sel sur l'organisme [7]

2. Effets néfastes

Depuis plus de 20 ans, l'excès de sel est fortement suspecté dans l'apparition et l'aggravation de certaines maladies. Durant cette même période, l'industrie agroalimentaire a fortifié sa place et son importance : en 20 ans les produits alimentaires bruts ont cédé du terrain et la consommation de produits transformés a augmenté. [7]

Bien que le sel constitue un élément essentiel de l'équilibre physiologique de l'organisme humain, une forte consommation peut provoquer des dangers :

a. Les problèmes cardiaques

Il semblerait que l'excès de sel soit corrélé à une hypertrophie du ventricule gauche, un facteur de risque important dans le déclenchement de maladies cardio-vasculaires. [13]

b. L'ostéoporose

Maladie de l'âge, l'ostéoporose est de plus en plus fréquente, elle traduit une déminéralisation des os ce qui entraîne le plus fréquemment des fractures. L'os se construit grâce au calcium disponible, or tout le calcium ingéré n'est pas assimilé. Une partie du calcium part dans les urines et le sel augmente cette excrétion. Plus l'alimentation est salée, plus les fuites de calcium sont importantes. [13]

c. L'hyperthyroïdie

La thyroïde est une glande endocrine qui produit des hormones qui règlent le rythme auquel sont utilisés les lipides, les protéines par l'organisme. Un hyperfonctionnement accélère tout le métabolisme parfois de 60 à 100%. [13]
Un excès d'iode entraîne une hyperthyroïdie engendrant des troubles graves.

d. Le sel et l'hypertension artérielle

Le rôle que l'excès de sel (chlorure de sodium) et, plus généralement de sodium, dans l'alimentation peut avoir sur la santé fait toujours l'objet d'un débat. Alors que les scientifiques ou médecins pris à titre individuel ont des opinions souvent contradictoires, les institutions publiques et les associations médicales internationales, étrangères ou françaises qui se sont saisies de ce problème ont constamment conclu à la nécessité de restreindre l'apport quotidien de sel alimentaire. C'est le cas de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), du « Scientific Advisory Committee on Nutrition » au Royaume Uni, du « Nutrition Committee of the American Heart Association » aux Etats-Unis et de l'Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments (AFSSA) en France.

Ces prises de position sont basées sur des arguments expérimentaux et épidémiologiques tendant à prouver que le contenu en sel de l'alimentation augmente la prévalence de l'hypertension artérielle dans une population. [13 ; 14; 16]

VII. Facteurs essentiels de composition et de qualité

1. Teneur minimale en NaCl

La teneur en NaCl ne doit pas être inférieure à 97% de l'extrait sec, non compris les additifs. [17]

2. Produits secondaires et contaminants naturellement présents

Le pourcentage restant consiste en produits secondaires naturels, présents en quantités variables selon l'origine et la méthode de production du sel; ils comprennent principalement des sulfates, carbonates et bromures de calcium, de potassium, de magnésium et de sodium ainsi que des chlorures de calcium de potassium et de magnésium. Des contaminants naturels peuvent également être présents en quantités variables, selon l'origine et la méthode de production du sel. [16 ; 17]

3. Utilisé comme "support"

Le sel de qualité alimentaire est utilisé comme support d'additifs alimentaires ou d'éléments nutritifs pour des raisons technologiques ou concernant la santé publique. A titre d'exemple de telles préparations, nous pouvons citer les mélanges de sel avec un nitrate et/ou un nitrite (sel pour salaison), le sel mélangé avec de petites quantités de fluore, d'iode, de fer, de vitamines, etc., et avec des additifs employés comme supports de telles additions ou pour les rendre stables. [16 ; 17]

VIII. Supplémentation en iode et en fluor du sel alimentaire

La supplémentation du sel se fait pour deux oligo-éléments importants et qui peuvent manquer dans certains régimes alimentaires : l'iode et le fluor.

1. Iodisation du sel

Le sel alimentaire est iodé pour des motifs de santé publique, pour prévenir les troubles dus à une déficience en iode (IDD). La fortification peut être réalisée au moyen d'iodures ou d'iodates de potassium et de sodium.

Les quantités maximales et minimales prises en compte pour l'iodation du sel sont calculées sous forme d'iode (exprimé en mg/kg) et établies par les autorités nationales responsables de la santé en fonction des conditions locales de la déficience iodique. [16 ; 17 ; 18]

2. Fluoration du sel

L'utilisation régulière de sel fluoré permet de contribuer à la prévention de la carie dentaire. Son effet est à la fois topique et systémique. Sa contribution à une meilleure hygiène buccodentaire est reconnue par l'OMS. [17]

IX. Additifs alimentaires ajoutés dans le sel

Les additifs alimentaires regroupent toute substance habituellement non consommée comme aliment en soi et habituellement non utilisée comme ingrédient caractéristique dans l'alimentation, possédant ou non une valeur nutritive et dont l'adjonction intentionnelle aux denrées alimentaires est effectuée dans un but technologique. [18]

1. Antiagglomérants

Ces agents sont des produits chimiques hygroscopiques qui absorbent l'humidité évitant le colmatage des cristaux de sel.

Le tableau suivant montre les différents antiagglomérants utilisés dans le sel.

Tableau 3: Différents agents antiagglomérants et doses recommandées [18]

Antiagglomérants	**Concentration maximale dans le produit fini**
Agents d'enrobage Carbonate de calcium et/ou de magnésium; oxyde de magnésium; phosphate tricalcique; dioxyde de silice amorphe; silicate de calcium, magnésium, alumino-sodique ou alumino-sodique et calcique	20 g/kg seul ou en combinaison
Agents d'enrobage hydrophobes sels d'aluminium, de calcium, de magnésium, de potassium ou de sodium des acides myristique palmitique ou stéarique	20 g/kg seul ou en combinaison
Modificateurs de la structure cristalline ferrocyanure de calcium, de potassium ou de sodium	10 mg/kg seul ou en combinaison exprimés en [Fe(CN)6]

2. Emulsifiants

Ce sont des substances qui, ajoutées à une denrée alimentaire, permettent de réaliser ou de maintenir le mélange de deux ou plusieurs phases non miscibles telles que l'huile et l'eau ; pour le sel nous pouvons utiliser le polysorbate 80 pour une concentration maximale de 10 mg/kg. [18 ; 19]

3. Auxiliaires technologiques

Les auxiliaires technologiques sont des substances non consommées comme ingrédients alimentaires en soi. Elles sont volontairement utilisées lors du traitement ou de la transformation de matières premières, de denrées alimentaires ou de leurs ingrédients afin de répondre à un objectif technologique donné. Leur utilisation peut avoir pour résultat la présence non intentionnelle, mais techniquement inévitable, de résidus de cette substance ou de ses dérivés dans le produit fini, à condition que ces résidus ne présentent pas de risque sanitaire et n'aient pas d'effets technologiques sur le produit fini. [18 ; 19]

Ce sont les ferrocyanures de sodium et de potassium, la concentration maximale peut être de 20 mg/kg lorsqu'ils sont utilisés pour la préparation de sel dendritique. [19]

X. Typologies des sels

Le sel se classifie en différents catégories selon trois critères mis en jeux : soit en fonction de son utilisation ; soit en fonction du mode de production ou bien en fonction de l'étape de raffinage.

1. Différents types de sel selon le mode de production

Récolté dans les marais salants, extrait des mines de sel gemme, produit par dissolution, recristallisé dans des salines ignigènes, le sel connaît plus d'une méthode de production. Il n'a pourtant qu'une seule origine : la mer. [20]

Il existe 3 grands modes de production du sel qui aboutissent à la formation de sels variés.

a. Le sel de mer (marais salants)

Le principe des marais salants repose sur la cristallisation du sel contenu dans l'eau de mer, sous l'action conjuguée du soleil et du vent. Le processus de production se fait comme suit : L'eau, pompée depuis la mer, est dirigée dans des bassins peu profonds ou des plans d'eau artificiels. Elle circule de bassin en bassin et s'évapore petit à petit, augmentant sa concentration en sel. Quand une certaine concentration en sel est atteinte, l'eau est dirigée vers le bassin suivant et ainsi de suite jusqu'au dernier bassin de forme rectangulaire nommé table salante, cristallisoir ou œillet selon la région où la cristallisation s'effectue.

Après assèchement ou retrait de l'eau résiduelle, la couche de sel, appelée « gâteau », déposée au fond des tables salantes, est récoltée manuellement ou mécaniquement (à l'aide d'un récolteur). Si les conditions météorologiques le permettent, une très fine pellicule de sel se formant à fleur d'eau peut être récoltée manuellement par le saunier (en Méditerranée) ou le paludier (sur le littoral atlantique), à l'aide d'un long râteau de bois. Il s'agit de la fleur de sel**.**
Le sel est stocké en tas ou sous hangar, pour le protéger des intempéries ensuite il est conditionné en fonction de son utilisation ultérieure. [21 ; 22]

b. Le sel gemme (miniers salants)

Le sel est extrait de couches de sel gemme de plusieurs mètres d'épaisseur, le sel gemme est le nom commun pour un minéral qui est une forme de chlorure de sodium (NaCl), appelé halite. [21 ; 22]

L'accès à la mine se fait par un puit vertical. Dans le sous-sol, un réseau de galeries a été creusé, laissant en place des piliers de sel qui assurent la stabilité des terrains.
Il faut faire une saignée de 3 à 4 mètres de profondeur dans la base de la galerie à l'aide d'un engin mécanisé (haveuse), des trous de même profondeur sont ensuite percés horizontalement au-dessus de la saignée. Les mineurs y introduisent des explosifs.
Lors du tir, environ 500 tonnes de sel sont abattues qui seront concassés, broyés, criblés et acheminés en surface au moyen de grandes bennes (les skips) pouvant charrier 20 tonnes de

sel chacune. Cette pratique est surtout observée en France et nécessite l'utilisation de moyens adéquats et mécanisés. [21 ; 22]
Le sel gemme est stocké en vrac ou conditionné.

c. Le sel par dissolution

Le sel des gisements souterrains est dissous par injection d'eau douce afin d'obtenir une saumure remontée en surface pour être utilisée en chimie ou évaporée selon la technique du sel ignigène. L'extraction se fait en deux étapes :

- Des sondages sont effectués pour atteindre la formation salifère. Des tubes sont introduits et cimentés dans les trous préalablement forés afin de pouvoir injecter de l'eau de dissolution (généralement de l'eau de rivière) pour extraire la saumure.
- L'eau de dissolution est injectée sur un ou plusieurs sondages. Une fois le sel dissout dans l'eau, la saumure est extraite. Elle contient environ 300 g de chlorure de sodium par litre**.**

La saumure est essentiellement utilisée comme matière première de l'industrie chimique (production de chlore et de soude, en particulier). [21 ; 22]

d. Le sel ignigène

Cette très ancienne technique repose sur la cristallisation du sel par l'évaporation de saumure. Dès le néolithique, l'eau de mer ou la saumure provenant de sources salées était mise à cuire dans des récipients placés sur un foyer, d'où le qualificatif « ignigène » (d'ignis, le feu). Cette technique possède un point faible notamment la grande consommation de combustible en l'occurrence du bois. [21 ; 22]

Pour le cas de notre *siratany*, si nous nous référons aux définitions il est considéré comme un sel de dissolution dans un premier temps puisqu'il provient de la saumure et dans un second temps il s'agit d'un sel ignigène car il a subit le processus d'évaporation. En conclusion c'est un sel de type ignigène et cela est bien confirmé par les informations recueillis auprès des filières œuvrant dans le domaine, il s'agit bien du sel ignigène par son procédé d'obtention. En faites la présence de sel ignigène sur la surface du sol est la preuve de la présence du sel gemme mais ce dernier se trouve en profondeur donc il faut creuser en profondeur pour le recueillir. D'après les enquêtes effectuées auprès de la société SGM, le sel gemme ne subit ni saumurage ni évaporation, il suffit tout simplement de le broyer ou bien de le faire sécher ou égoutter afin de le conditionner.
Le schéma suivant résume ces différents modes d'extraction.

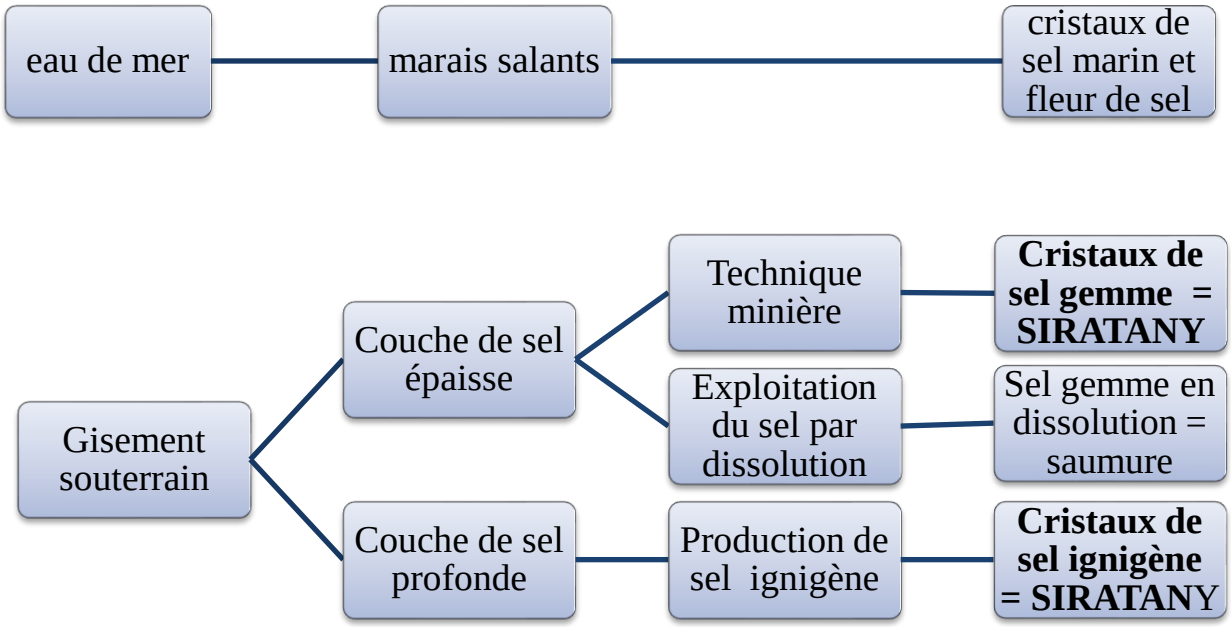


Figure 2: Les différents modes de production du sel [20]

2. Selon le processus de raffinage

Les cristaux de sel obtenus par ces différents procédés seront séchés puis emballés tandis que d'autres vont passer par l'étape de raffinage qui consiste à purifier le sel pour le rendre plus blanc ; ainsi nous pouvons distinguer :

a. Le sel naturel

Comme son nom l'indique c'est un sel dont la composition minéralogique est encore intacte, qui n'a pas encore subit de traitements de purification, il possède une richesse en minéral incomparable par rapport aux autres sels. La fleur de sel et le sel gemme non raffiné font partie de cette catégorie, ils sont généralement destinés à l'alimentation grâce à la quantité importante en magnésium et oligo-éléments. [23]

b. Le sel raffiné

C'est un sel de couleur très blanche jusqu'ici fréquemment préféré par le consommateur. Il est composé de NaCl pratiquement pur (99,9 %), ce type de sel reste le plus employé dans l'alimentation mais aussi utilisé dans différents domaines (additifs, papiers, textiles, production de savons et détergents). [22]

Aujourd'hui, la majeure partie du sel raffiné est préparée à partir du sel gemme extrait des mines de sel.

c. Le sel de cuisine

C'est un sel raffiné contenant 95 % ou plus du chlorure de sodium presque pur, souvent iodé et fluoré. Il contient habituellement des substances qui empêchent le colmatage des cristaux (des agents anti-agglomérants) comme le silicoaluminate de sodium et une quantité infime de sucre inverti pour empêcher le sel de tourner en une couleur jaune une fois exposé à la lumière du soleil, et pour empêcher une perte d'iode par vaporisation.
Le sel de table est principalement utilisé en cuisine et à table comme condiment, souvent associé au poivre. [17]

3. Selon l'utilisation en alimentation

En tant qu'ingrédient alimentaire utilisé dans l'alimentation ; nous pouvons le classer en trois catégories :

- Le sel de cuisine : le chlorure de potassium destiné à l'alimentation, et qui peut contenir des adjonctions d'iodure (pour la prophylaxie du goitre) et du fluorure (pour la prophylaxie du carie dentaire) ;
- Le sel de table au sens étroit est un sel de cuisine finement cristallisé ou finement pulvérisé et séché ;
- Le sel nitrité pour saumure ou salaison consiste en mélange de sel de cuisine et de nitrite de sodium, la teneur en ce dernier composant ne devant pas dépasser 0,6%. Ce mélange sert à la préparation et à la conservation des produits carnés. [24]

XI. Situation de la filière dans le monde

1. Production

L'USGS (United States Geological Survey/commission géologique des États-Unis) estime que la production mondiale totale de sel ne cesse d'augmenter en 2008 (258 milliers de tonne (Mt)), comparativement à celle de 2007 (257 Mt) et 2006 (240 Mt).
Les productions (sel cristallisé et de dissolution) en milliers de tonne, se répartissent dans le tableau ci-après durant l'année 2006.

Tableau 4 : Production de sel (sel cristallisé et de dissolution) dans différents pays [24]

Pays	Production en milliers de tonne
Chine	48,0
Etats-Unis	46,0
Allemagne	18,6
Inde	16,0
Canada	15,0
Australie	12,4
Mexique	8,5
Brésil	7,3
France	7,0
Chili	6,1

Pour l'union européenne nous n'avons pas eu le chiffre de production durant cette année là mais celle de 2004 est estimée à 45Mt, de même en Afrique nous n'avons pas pu avoir la production totale du continent mais seulement celle du Sénégal qui est l'un des plus grands producteurs de sel de l'Afrique de l'ouest, sa production s'élève à 400 000tonnes par an. [24 ; 25]

2. Commercialisation

Les plus grands marchés se trouvent en Amérique du Nord, en Asie, au Moyen-Orient et en Europe de l'Ouest. La consommation mondiale de sel augmente, surtout parce que les pays du Sud-est de l'Asie et d'autres pays en développement en demandent d'avantage.

D'après une étude sur le sel effectuée par l'USGS en 2006, la Chine est le plus important pays producteur de carbonate de sodium anhydre synthétique au monde; il faut beaucoup de sel pour alimenter le bétail, et bon nombre des exploitations de sel de ce pays ne réussissent pas à répondre à la forte demande créée par l'augmentation de la production de carbonate de sodium anhydre.

Les ressources en sel sont bien réparties et abondantes sauf au Japon (production : 1,4 million de t/an, consommation : 9,3 millions de t/an, sel importé surtout d'Australie et du Mexique) et en Scandinavie (pas de production, importations : 1,9 million de t/an). Les échanges mondiaux portent sur environ 15 % de la production de sel cristallisé.

Les principaux pays importateurs de sel sont : les Etats-Unis en 2006, 10 millions de t, Canada : 36 %, Chili : 29 %, Bahamas : 9 %, Mexique : 9 % ; tandis que les pays exportateurs sont l'Australie, le Mexique et la Chine. [7]

XII. Situation de la filière sel à Madagascar

1. Production

A Madagascar, la production de sel se concentre surtout dans l'axe nord pour la production de sel marin et l'axe Sud-ouest dans lequel il y a différent mode de production de sel dont les marais salants, les mines de sel et enfin les sels obtenus par évaporation de saumure.

La production de sel est répartie dans différentes aires géographiques :

a. Axe nord (région de Diana)

L'exploitation salinière de cette région est entre les mains de la Compagnie Salinière de Madagascar CSM depuis 1895, c'est le plus grand producteur avec une production annuelle de 66.615 T dont 15228 T à l'exportation. 51.387 T sont donc réservés au marché intérieur et principalement à la consommation humaine. [23 ; 25]

b. Axe sud (Tuléar – Morondava)

Il existe plusieurs localités qui produisent le sel dans ces régions dont les techniques de production se différencient les unes des autres :

- La zone de Morondava qui se trouve prêt de la mer possède des sous sols riche en sel marin qui sont à l'origine des sels gemmes. L'exploitation se fait surtout dans les sous préfectures de Mahabo et de Morondava.
- Le site de Toliara ville qui comprend des petits exploitants sauniers sur deux sites proche de la ville, produisant de l'ordre de 22.000 T de sel de mer de qualité inférieure par des méthodes artisanales.
- Deux sites au nord de Toliara (Ifaty et Manombosira) exploités chacun par un saunier de taille moyenne (environ 5.000 T par saunier). Ils produisent du sel de mer de qualité sous des conditionnements divers et exportent occasionnellement hors de Madagascar.
- Trois sites d'exploitation de sel gemme produisant des quantités réduites de sel très prisées suivant des méthodes artisanales. La consommation de ce sel est surtout locale ; la production estimée de 130 T par an est très certainement en dessous de la réalité. [23 ; 25]

Il faut remarquer que ces chiffres sont relatifs et peuvent systématiquement changer puisqu'ils datent de l'année 2005 de même que les lieux de production de sel et le nombre de producteur de sel ont augmenté au fur et à mesure du temps.

2. Commercialisation

Le sel de consommation humaine est constitué à 93% par du gros sel dit sel humide, 7% environ étant conditionné en sel fin séché. La production de sel industriel est marginale. Le conditionnement de sel est en général en sac, le conditionnement étant réalisé par TAF pour ce qui concerne le sel CSM et en sachet de diverses contenances. [25]

Dans la province de Toliara, seuls les moyens sauniers, tel celui de la saline d'Ifaty ou GSM, peuvent conditionner le sel en sacs et sachets normalisés, bien emballés et correctement labellisés. [25]

Le *siratany* est un produit peu connu par les malgaches seule une minorité de personne le connaisse, c'est surtout le sel de mer qui est le plus vendu sur le marché et qui est le plus consommé par la population. Quant à la commercialisation de ce type de sel, la vente se fait surtout dans le sud de Madagascar lieu où la production se concentre ainsi que dans le marché d'Antananarivo où nous pouvons le trouver sur les marchands de « tapakazo » surtout et au niveau des marchés « au bord de rue ». Le sel est non traité et non conditionné, il est transporté dans des sacs pour arriver sur le marché de la capitale et ensuite vendu à l'état en « kapoaka » mais il existe plusieurs structures qui le conditionnent dans des sachets dont la provenance reste toujours incertaine.

Récemment la société Sel Gemme de Madagascar (SGM) a commencé à conditionner du *siratany* provenant de Tongobory qui se trouve à environ 70 km de la réserve, le sel est conditionné par eux même et vendu dans la capitale.

La figure suivante montre les régions effectuant des activités salicoles (produisant tous les différents types de sel) à Madagascar.

Figure 3: Localisation de sel à Madagascar [23]

B. Etude de la technologie de production du « *siratany* »

I. Cadre d'étude

La coopérative féminine se trouve dans le fokontany de Bejio, commune rurale de BEAVOHA, le village se trouve à 8km au nord-est du campement de la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly en traversant la rivière Sakamena. La réserve est localisée à 35km au nord-est de Betioky sud, dans la région Atsimo Andrefana.
Il y a deux stations d'extraction de sel dans le village et dans chacune d'elles nous trouvons des membres de l'association et d'autres qui n'en font pas partie dont :

- Station salinière d'Ankilimirahange se trouvant près du village et regroupant 5 membres de l'association
- Station salinière d'Andranovory à 1km du village où nous avons 12 membres

La carte ci-dessous montrera la localisation du fokontany Bejio par rapport au campement de la réserve.

II. Caractéristiques physiques du milieu d'étude

Jusqu'à présent les études effectuées se sont focalisées sur les caractéristiques de la réserve, aucune étude n'a été encore réalisée pour les villages aux alentours ainsi les données exactes sur le milieu physique du village de Bejio sont encore inconnues surtout sa géologie. Etant donné que le village se trouve à 8Km de la réserve, il serait probable qu'il présenterait des caractéristiques se rapprochant de celles trouvées dans la réserve mais il faudrait faire des études approfondies afin de savoir les données physiques exactes concernant la zone d'étude. Il faut noter donc que les caractéristiques physiques citées ci-dessous sont celles trouvées dans la réserve.

1. Topographie

Le relief est relativement plat avec des successions de plateaux peu nivelés. L'altitude varie de 130 à 140m avec une pente faible ne dépassant pas 3% sur les collines, cette pente peut atteindre 40 à 50% et même devenir abrupt. [26 ; 27]

2. Hydrographie

La vallée est traversée par la rivière temporaire Sakamena qui est à sec avec un régime sous-terrain pendant la longue saison sèche. Les villageois aux alentours de la rivière creusent dans le sable pour chercher de l'eau pendant cette saison mais pour d'autres villages comme le cas d'Analafaly et Bejio, ils utilisent des puits.

Lors de la saison des pluies, les villageois se contentent d'utiliser les eaux de la rivière ou des lacs provisoirement formés. [26; 27]

3. Géologie

Selon les études effectuées, nous rencontrons généralement deux types de sol dans la réserve : [26 ; 27]

- Les sols alluvionnaires (ou sol peu évolué d'apport appelé couramment *baiboho*) qui se rencontrent au bord de la rivière Sakamena. Ils sont propices à l'agriculture grâce à leur richesse en limons, mais la teneur en sable diminue à fur et à mesure que l'on s'éloigne du lit de la rivière Sakamena.
- Le sol ferrugineux tropical sur des matériaux d'origine gréseuses ou sol rocailleux à sable roux.

  Pour le moment, nous ne savons pas lequel de ces deux types de sols se trouvent dans les stations ou bien s'il s'agit d'un autre type de sol.

4. Climat

Le climat est semi-aride, à hivers frais. L'humidité relative moyenne dans la région est de 60%, elle est maximale aux mois de décembre, janvier et février et décroît régulièrement jusqu'au mois d'octobre. La moyenne annuelle de la température de 1995 à 2000 est de 25°C. Le mois le plus chaud est celui de novembre avec une moyenne de température de 32°C et un maximum atteignant 46°C. Le mois le plus froid est celui de juin, avec une température moyenne de 20°C et un minimum jusqu'à 2°C au début de la matinée.

La région de Betioky incluant le fokontany de Bejio est soumise à l'effet du vent du sud « tsiokatimo » qui souffle suivant une direction sud/nord en hivers et sud-est/ouest en été. Cette région est l'une des plus exposées au vent du sud.
La saison des pluies dure de décembre à mars tandis que la saison sèche s'écoule du mois d'avril au mois de novembre. La moyenne annuelle des précipitations est de 550 mm. Le total pluviométrique est faible avec une tendance à une sécheresse périodique. Les mois les plus humides avec des précipitations mensuelles supérieures à 100 mm sont ceux de décembre à février. Les mois les plus secs vont de juin à octobre avec une quantité de pluies inférieure à 10 mm. [26 ; 27]

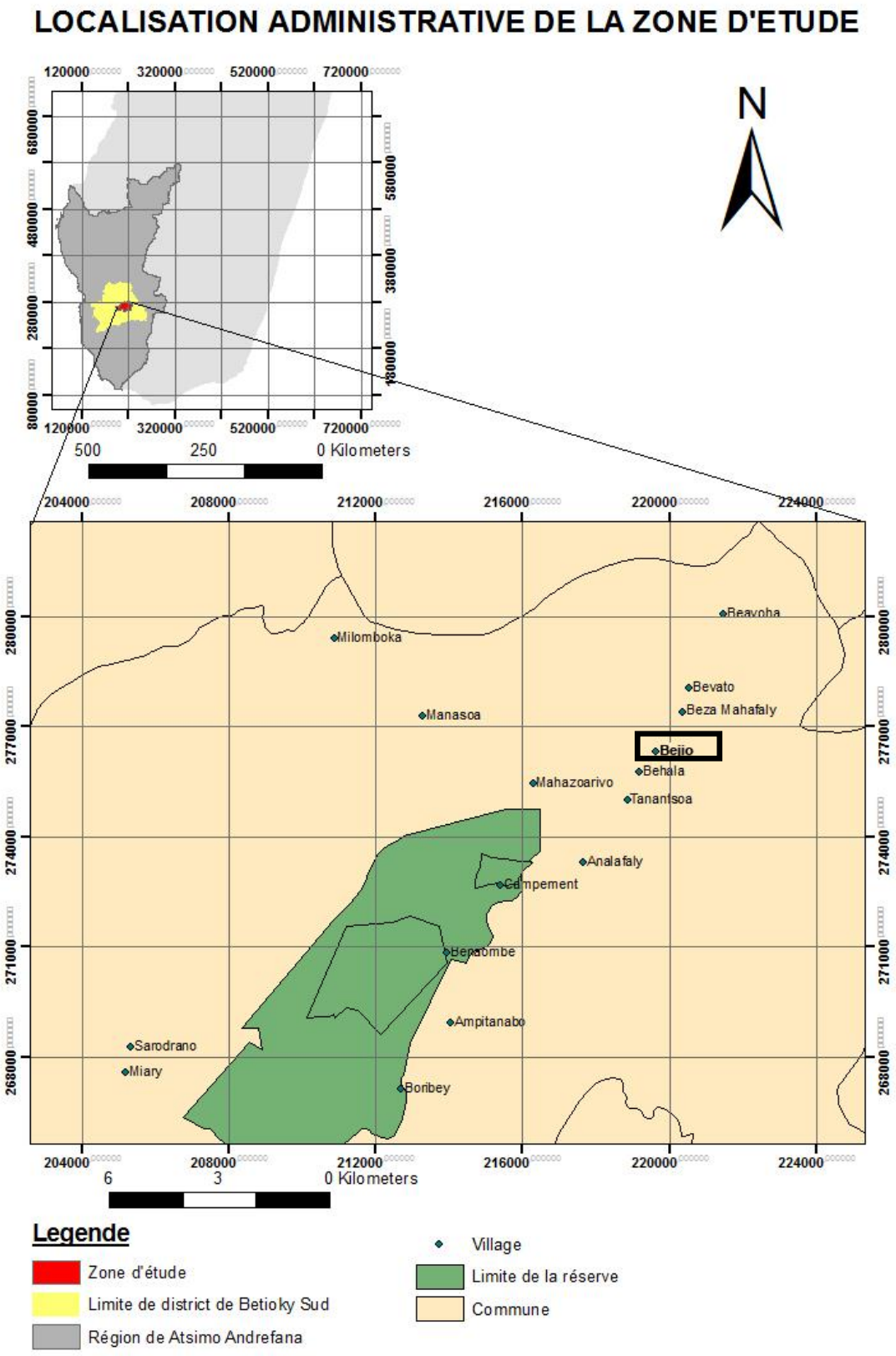


Figure 4 : Localisation administrative de la zone d'étude (Source : labo SIG ESSA-Forêt)

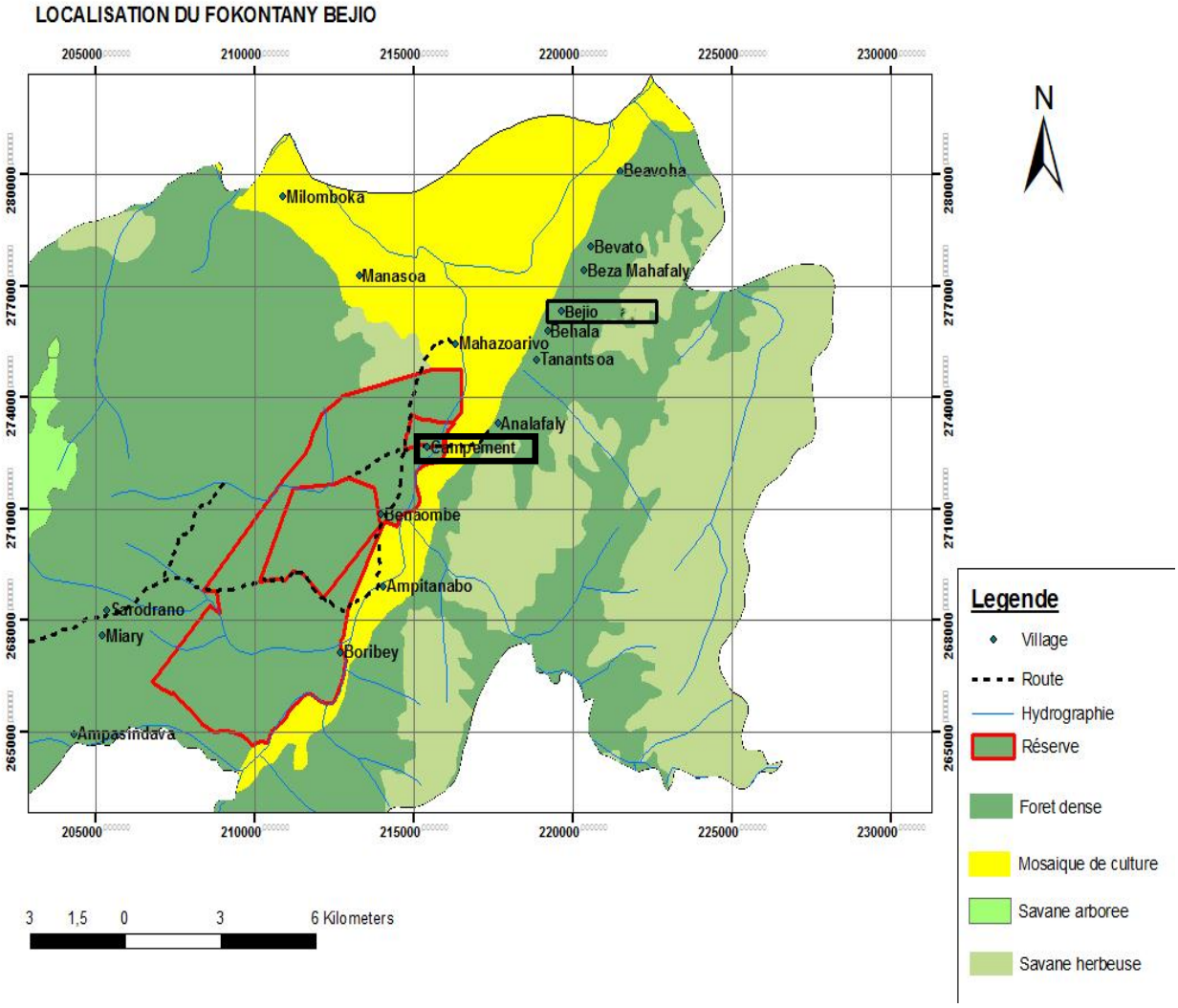


Figure 5 : Localisation du fokontany Bejio par rapport au campement de la réserve (Source : labo SIG ESSA-Forêt)

III. Matières premières

Il existe en général deux types de matière première pour la production du *siratany* dont :

1. La terre saline

Le sol est le principal élément de base pour la production du sel, nous distinguons deux types de terre saline :

- Le « larony » ou « tany lena » ou tany fisaka » qui est collecté à différents endroits du village, c'est ce dernier qui est le plus riche en sel selon les exploitantes puisqu'il n'a subit aucune extraction cependant il faut aller le chercher plus loin du site d'exploitation à environ 1km de là, cela pose problème pour les saunières à cause du

transport ainsi elles le mélangent avec une autre type de terre qui se trouve juste à côté ;

- Le « bongo » est obtenu après filtration du mélange, c'est donc un déchet produit après tamisage de l'eau et du mélange de terre, il est jeté près du « tazoana » quand la saumure est obtenue, il est donc moins concentré en sel mais important pour remplir le mélange ;

2. L'eau de dissolution

Elles utilisent en général de l'eau douce dans la première station, dont la propreté reste indésirable, mais dans l'autre station cette dernière est concentrée en sel à raison de 2% qui n'a pas trop d'incidence sur la concentration de la saumure obtenue. (Cf. annexe 01)

IV. Matériels

C'est une exploitation artisanale donc les matériaux utilisés sont généralement fabriqués par elles même et la matière pour leur confection est d'origine local ; de même pour la majorité des instruments il n'y a pas d'appellation technique puisque ce sont des outils purement inventés par les villageois et se rencontrent uniquement dans cette région du sud.

1. Les marmites

C'est un contenant qui sert à cuire la saumure pour évaporer l'eau et obtenir le sel, il est fabriqué à partir des tôles dont l'épaisseur allant de 3 à 4mm afin d'éviter qu'ils s'usent trop vite. Ils se présentent sous deux formes (soit sous forme carré de 500*500cm ou bien rectangulaire de 600*200cm) et sont conçus par les villageois eux même ; leurs dimensions ne sont pas bien définies mais nous avons estimé les mesures en fonction de nos observations. (Cf. annexe 02)

Remarques

Les saunières se partagent les marmites et les tazoana entre elles car tout le monde n'a pas la possibilité d'en avoir ainsi en une semaine sans compter les deux jours de marché où elles vendent le sel, une exploitante peut effectuer 3 cuissons au maximum.

La marmite ne peut contenir que trois seaux d'eau en maximum ainsi la saumure est ajoutée au fur et à mesure que l'eau s'évapore.

2. Matériel de chauffage ou foyer

C'est le matériel utilisé pour produire de la chaleur à partir du bois de chauffe afin de provoquer l'ébullition de la saumure, nous distinguons deux types de four dont :

- Four ou foyer traditionnel : qui a été conçu par les villageois mais présente des inconvénients surtout en terme de consommation d'énergie et durabilité de la marmite d'après les études déjà effectuées. Ils utilisent de la pierre pour sa conception.
- Four amélioré : a été élaboré par un groupe de chercheurs dont Pr Ramampiherika, Rasamimanana, Razafindrainibe et l'équipe du Centre de Recherche de Bezà

Mahafaly ; qui sont des experts en énergie renouvelable. L'objectif de leurs missions a été de concevoir un four et de faire un suivi de son utilisation par la coopérative. (Cf. annexe 02)

Les matières premières pour son élaboration se trouvent aux alentours du village et sont utilisées en association : les pierres sont liées entre elles soient avec de la termitière ou bien avec de la boue mélangée avec de la bouse de bœuf.

Il est à remarquer que la majeure partie des saunières du village de Bejio utilisent le four amélioré dont l'efficacité sur la durée de cuisson a été prouvée.

3. Matériel de filtration ou « tazoana »

Comme son nom l'indique il sert à filtrer le mélange (bongo + larony + eau) pour avoir la saumure, pour éviter le passage trop vite du mélange elles associent ce dernier avec du sable blanc sec afin de limiter au maximum le passage des impuretés. Il est construit par les villageois à l'aide de bois et de « tsihy » et se présente sous différents dimensions déterminant la capacité du mélange qu'il peut contenir. (Cf. annexe 02)

Il est à remarquer que le tazoana doit être lavé souvent pour assurer une meilleure filtration et pour que la durée du procédé ne soit pas trop longue.

Elles utilisent le sable qui est un bon moyen de filtration pour éviter que le mélange s'écoule trop vite et que la saumure ne puisse contenir des débris de terre ou autres, pour assurer la pureté de la saumure.

4. Récipient contenant la saumure : « dabaoga »

C'est un récipient construit à partir du bois et servant à recueillir la saumure produit par le tazoana, pour chaque tazoana il y a un « dabaoga » se trouvant en dessous de celui-ci, il est fabriqué par les villageois. (Cf. annexe 02)

5. Matériel de séchage : « fandilira »

Il est fabriqué à partir des feuilles d'une plante qui est le « matsia kata », de formes allongés et qui d'après les saunières ont la propriété d'absorber l'humidité. Le séchage se fait à l'air libre c'est-à-dire en fonction de la lumière solaire juste après la cuisson. (Cf. annexe 02)

6. Petits matériels

Ils sont généralement utilisées dans la vie quotidienne pour les tâches ménagères dont :

- Seaux : servent pour transporter l'eau et la saumure et en même temps instrument de mesure de la quantité utilisée ;
- Panier : pour transporter et mesurer la quantité de terre à mélanger ;
- Les cuillères pour collecter la terre et le sel obtenu après cuisson. (Cf. annexe 02)

V. Mode d'assemblage et quantité utilisée

Le mode d'assemblage du mélange dans le « tazoana » nécessite un certain arrangement des différentes matières premières afin de pouvoir obtenir un filtrat qui soit le plus pur possible. De même, les quantités utilisées pour chaque terre sont fixées selon les anciens qui ont pratiqués l'activité auparavant ainsi que l'eau additionnée.

1. Quantité

La quantité utilisée varie d'une saunière à une autre d'une station à l'autre mais aussi en fonction de la capacité du tazoana utilisé mais en général nous rencontrons les plus souvent 3 types de mélange qui sont représentés dans le tableau suivant:

Tableau 5: Les différents types de mélange

Composition du mélange	Larony (Kg)	Bongo (Kg)	Eau (l)	Quantité de saumure obtenue (l)	Quantité de sel obtenue (kg) en saison chaude	Quantité de sel obtenue (kg) en saison pluvieuse
Mélange 1	**44**	**44**	**25 à 35**	**15 à 20**	**4 à 7**	**2 à 4**
Mélange 2	**22**	**22**	**25**	**5 à 10**	**1 à 2**	**1**
Mélange 3	**22**	**22**	**20**	**5**	**1**	**0,5**

(Source : enquêtes)

Le premier type de mélange se rencontre dans la station numéro 1 tandis que les deux autres se trouvent dans l'autre station, l'origine de cette différence est due à la capacité des « tazoana ».

Lors de la saison des pluies, les saunières n'utilisent que du bongo seulement mais les quantités restent les mêmes cependant la production baisse.

De même, il faut préciser qu'il y a des saunières qui utilisent uniquement du larony lors de la filtration.

Remarque

A cause du manque de matériels de peser sur terrain, nous avons estimé à partir du volume du panier et la densité apparente de la terre les quantités de terre utilisées par les saunières, ainsi nous avons exprimé comme suit :

- Volume du panier : les dimensions du panier sont les suivantes : hauteur = 30cm ; rayon = 10cm ; $V= h*r^2*3,14 = 9\ 420 cm^3$
- Densité apparente de la terre saline : entre de 1,18 et 1,25 $g.cm^{-3}$ (Cherfouh, 2007), nous allons prendre d = 1,21
- Quantité de terre contenue dans le panier : d*V = 11 398,2g ou 11, 3982Kg ; ainsi nous allons prendre donc :

1panier de bongo = 1panier de larony = 11kg de terre

1 seau d'eau = 5l d'eau = 5kg d'eau

Pour les mesures qui vont suivre nous allons faire simplement les conversions de ces valeurs trouvées pour l'établissement du bilan matière et des données sur la production.
La quantité de sable utilisée est de 1 panier quelque soit la quantité de terre mélangée.

2. Mode d'assemblage dans le tazoana

L'empilement de la terre se fait en trois couches incluant le sable, selon les saunières il est très important de respecter cet agencement afin d'éviter que l'écoulement se fasse trop vite et que la saumure contienne trop d'impuretés.

A l'intérieur du tazoana l'empilement est représenté comme-ci de haut en bas :

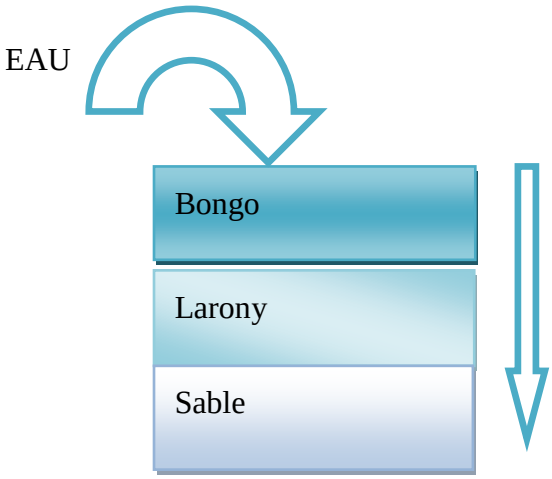


Figure 6: Mode de préparation du mélange (Source : enquêtes)

VI. Diagramme de production de sel

C'est une exploitation artisanale donc les techniques utilisées sont assez rudimentaires en concordance avec les matériels, le travail se fait entièrement par la force humaine associé aux conditions climatiques de la région.

Il a été donc assez difficile d'obtenir des mesures sur les paramètres pouvant intervenir dont la plus importante est la température, de même la valeur de chaque durée nécessaire à la réalisation de chaque étape dépend de plusieurs facteurs et dépend de la saunière elle même ainsi les données horaires ne sont pas précises mais nous avons essayé de donner la moyenne.
En général, le processus se divise en quatre grandes étapes.

1. Filtration

La filtration est un procédé de séparation permettant de séparer les constituants d'un mélange qui possède une phase liquide et une phase solide par passage à travers un milieu filtrant (sable pour notre cas). Le temps de filtrage dépend de deux facteurs :

- Quantité du mélange à filtrer : plus la quantité est grande plus le temps de filtration est long ;
- Etat du tazoana : lavage après chaque filtration rend le tazoana plus efficace.

A titre indicatif pour le cas du mélange 1, il faut 2 à 3 heures de temps pour avoir les 3l de saumure.

2. Evaporation ou cuisson

Il s'agit de placer la saumure dans la marmite et de le faire cuire sur le feu afin d'évaporer l'eau au maximum.

Le temps de cuisson dépend de plusieurs facteurs dont le type de foyer utilisé, la quantité de saumure à évaporer mais aussi le mouvement du vent, ainsi nous avons pu avoir les valeurs suivantes :

- Pour évaporer 3 seaux de saumure soit environ 15l en utilisant un foyer traditionnel; il faudra 5 à 6 heures de temps,
- Dans le cas où il s'agit d'un four amélioré, en évaporant la même quantité de saumure ; il faudra 2 à 3 heures de temps.

Il est à remarquer que la plupart des saunières placent leur foyer dans un endroit dont les cotés sont protégés par des arbres afin d'affaiblir l'action du vent. Grâce à cela la chaleur émise par le foyer reste homogène et le temps de cuisson diminue en même temps que la dépense en énergie de chauffage.

3. Séchage

Le séchage consiste à chauffer un produit afin de faire évaporer l'eau qu'il contient ; il se fait au soleil pendant 2 heures au maximum juste après la cuisson vers 12 à 4 heures de l'après-midi, le commencement du séchage dépend de la durée de cuisson, le sel sera stocké dans des sacs pendant 1 à 3 jours en attendant le jour du marché.

Ces différentes étapes seront illustrées et résumées dans la figure suivante.

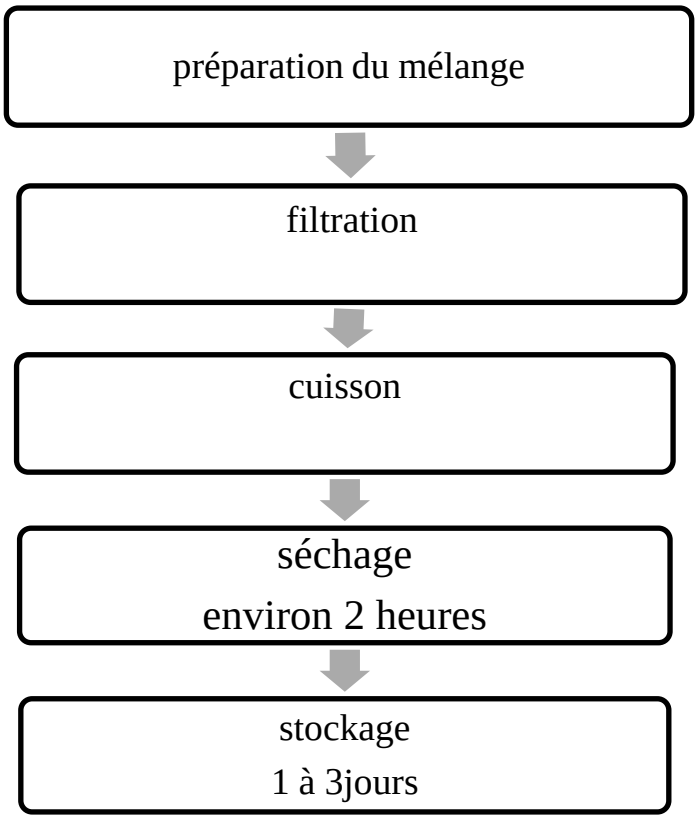


Figure 7: Processus de production du *siratany* (Source : enquêtes)

VII. Bilan matière

Il s'agit d'établir le rendement de la production en évaluant l'entrée et la sortie de matière cependant en raison du manque de matériel de mesure et de la non graduation des matériels utilisés par nos saunières et puisque les paniers pour le transport de la terre ne sont pas remplies de façon homogène ; il est difficile d'obtenir des valeurs exactes mais à peu près équivalentes.

Pour réaliser le bilan, nous allons utiliser les quantités du mélange 1 soit : 44Kg bongo + 44Kg larony + 25 à 35l d'eau qui donne 15 à 20l de saumure soit 4 à 7 kg de sel. Le bilan est représenté par la figure suivante.

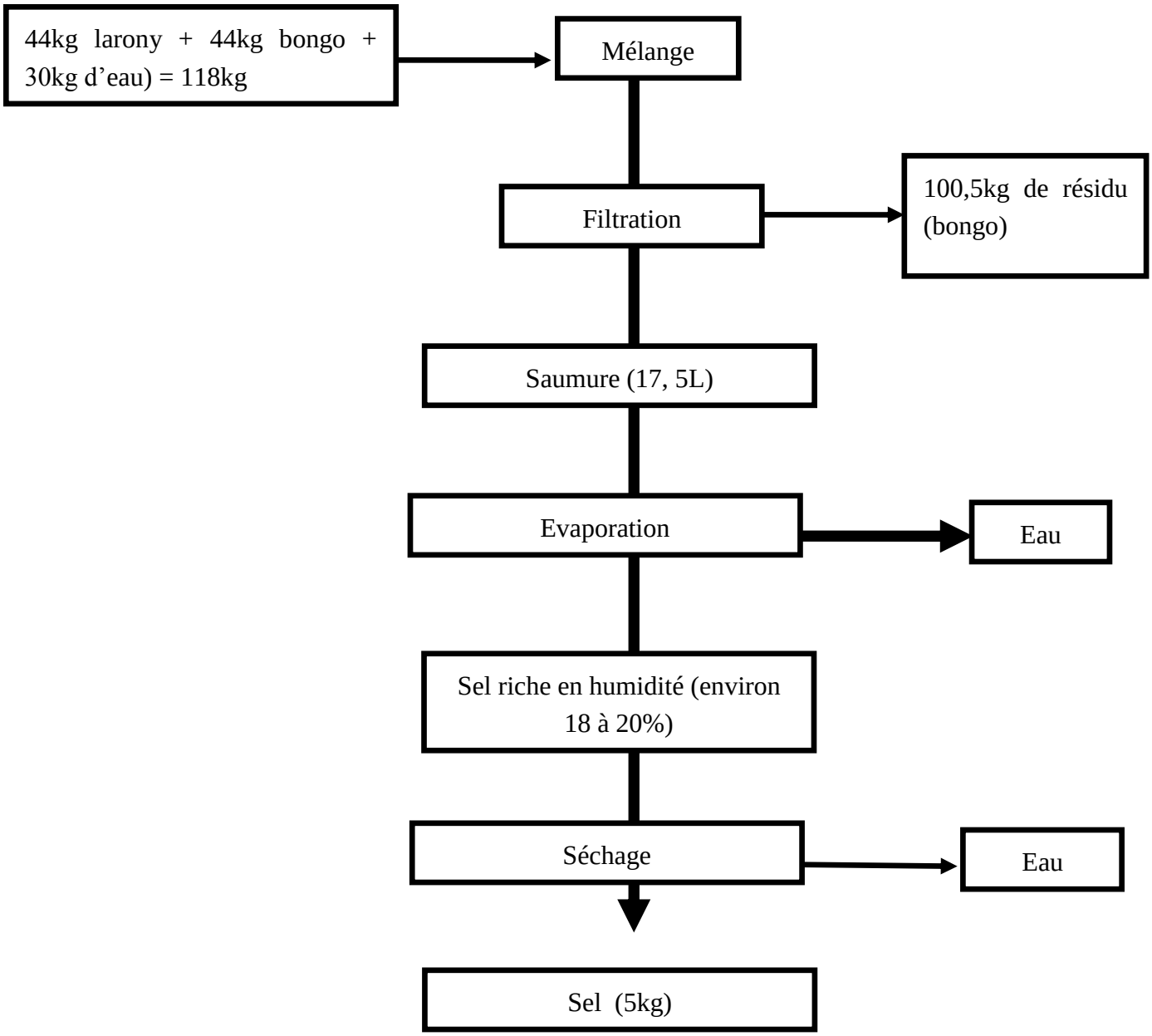


Figure 8: Bilan matière (cas du mélange 1) (Source : enquêtes)

Rendement théorique de la production (R)

Le calcul de rendement est basé sur le principe du bilan matière. Il faut noter que ce rendement trouvé peut varier en fonction des quantités de terre et d'eau utilisées.

A.N : $R = \frac{5}{118} = 0{,}04 * 100 = 4\%$

Ce rendement global est obtenu par le rapport entre le poids du sel obtenu et la quantité de matières premières utilisées lors de la filtration, ce rendement sera fonction des matières premières utilisées.

VIII. Production

Il est difficile de faire une estimation réelle de la production de la coopérative.

1. Les sites de production

Les exploitantes se répartissent dans deux stations et qui sont représentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 6: Membres de l'association féminine « Mpahandro *Siratany* Mandroso » de Bejio

Nom	Nombre de marmite	Nombre de « tazona »	Station
Ranohovane	1	3	Andranovory
Georgette			Andranovory
Fagnampene	1	2	Andranovory
Zanantsoa			Andranovory
Falete Odette	1	2	Andranovory
Celine			Andranovory
Nahere	1	3	Andranovory
Norovelo			Andranovory
Tognendraza	1	2	Andranovory
Raharisoa			Andranovory
Marie Odette	2	2	Andranovory
Ninta	1	4	Ankilimirahange
Sevamasy			Ankilimirahange
Agnondraza	1	4	Ankilimirahange
Soake			Ankilimirahange
Jobognane	1	4	Ankilimirahange
Soameine			Ankilimirahange

(Source : Président fokontany Bejio)

Le tableau est représenté sous forme de graphe afin de faciliter l'observation de l'inégalité de la répartition des exploitantes.

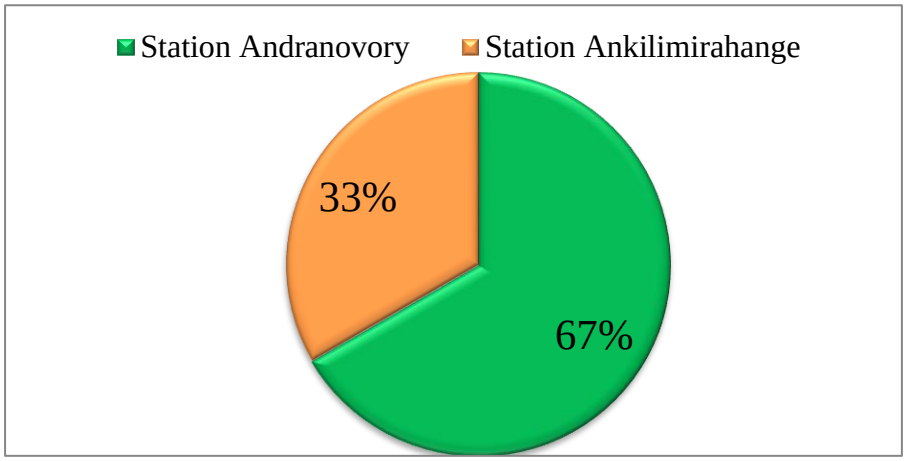


Figure 9: Répartition des saunières par station

Il est à remarquer que les saunières représentées ici font partie de la coopérative féminine, ainsi il y a d'autres exploitantes sur chaque site mais qui ne sont pas membres de l'association.

Le graphique montre que la station d'Andranovory (station 2) recèle plus de saunières que celle d'Ankilimirangahe (station 1) et pourtant cette première station se trouve plus loin du village donc nécessite encore du déplacement et de l'énergie à dépenser.

Cette répartition inégale résulte du fait que d'après les saunières, les sols aux alentours d'Andranovory sont plus riches en sel que ceux de la station 1 et que leurs qualités sont meilleures notamment en terme de couleur et de grandeur des cristaux de sel.

Cependant lors de notre passage, nous avons mesuré la concentration de la saumure obtenue lors de la première filtration au hasard pour les deux stations avec les résultats suivants :

- Station 1 : 23°Bx (4larony + 4bongo + 5seaux d'eau)
- Station 2 (Andranovory) : 18°Bx (2larony + 2bongo + 4seaux d'eau)

Par rapport à ces résultats, la concentration de la saumure trouvée dans la station 1 est plus élevée par rapport à celle trouvée dans la station 2, cela est due peut être au fait que les quantités de terre et d'eau utilisées sont différentes, il est probable que ces valeurs changent. Pour notre cas nous n'avons pas pu faire la comparaison en prenant les mêmes proportions puisque chaque station a sa propre façon d'extraire le sel mais surtout les quantités utilisées dépendent de la capacité du tazoana.

La production de sel varie en fonction des saisons ainsi nous distinguons :

2. La production en saison de pluie

C'est la période des pluies, de décembre à mars où la production est très faible puisque les plateaux de collecte du larony sont inondés ainsi les saunières utilisent seulement le bongo expliquant la baisse de la production. Il est à noter que les exploitantes se partagent les matériels dont la marmite et le tazoana ainsi il est difficile de savoir exactement le nombre de cuisson effectué par semaine par une exploitante notant qu'en une journée une exploitante peut réaliser qu'une seule cuisson faute de matériels et à cause du fait que le processus demande beaucoup de temps.

Selon les informations recueillies, une saunière peut réaliser trois cuissons au maximum pendant une semaine, cela s'explique par le fait que le dimanche et le jeudi sont réservés pour le jour du marché et en plus il faut se partager les matériels en alternant les jours de travail.
Dans le tableau 5, chaque station utilise des techniques différentes au niveau de la quantité de terre donc des productions différentes ; ainsi afin de généraliser nous avons pris les moyennes en multipliant ce dernier par le nombre de cuisson pour chaque exploitante. Il est noté que pour la station 2, les quantités utilisées sont hétérogènes donc nous avons pris comme référence le type de mélange 2.
La quantité de saumure obtenue sera en fonction du nombre de tazoana en admettant que ces derniers seront tous utilisés.

3. Production en saison sèche

Il s'agit du mois de mai au mois de novembre, c'est la saison chaude où la production s'accrue puisque les plateaux de collecte sont asséchés et deviennent de plus en plus salés.

Le tableau ci-après montre les données chiffrées sur les productions effectuées par les membres de l'association en une semaine durant les deux saisons.

Tableau 7 : Production de sel de la coopérative pendant les deux saisons

		SAISON SECHE		SAISON DE PLUIE	
Producteur	Nombre de « tazoana »	Quantité de sel obtenue (kg) par jour	Quantité de sel obtenue (kg) par semaine	Quantité de sel obtenue (kg) par jour	Quantité de sel obtenue (kg) par semaine
Ranohovane (S2)	3	4,5	13,5	3	9
Georgette (S2)		4,5	9	3	6
Fagnampene (S2)	2	3	9	2	6
Zanantsoa (S2)		3	6	2	4
Falete Odette (S2)	2	3	9	2	6
Celine (S2)		3	6	2	4
Nahere (S2)	3	4,5	13,5	3	9
Norovelo (S2)		4,5	9	3	6
Tognendraza (S2)	2	3	9	2	6
Raharisoa (S2)		3	6	2	4
Marie Odette(S2)	2	3	9	2	6
Ninta (S1)	4	22	66	16	48
Sevamasy (S1)		22	44	16	32
Agnondraza (S1)	4	22	66	16	48
Soake (S1)		22	44	16	32
Jobognane (S1)	4	22	18	16	48
Soameine (S1)		22	12	16	32
Total	**26**	**171**	**349**	**122**	**306**

(Source : enquêtes)

Dans le cas où la production s'effectue en fonction de la station, la répartition est représentée dans la figure suivante.

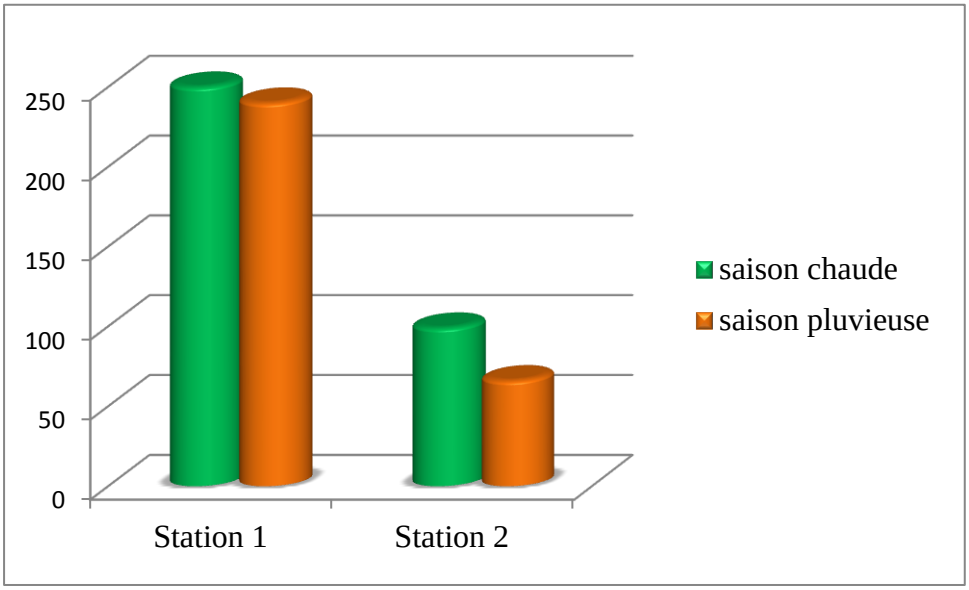


Figure 10: Répartition de la production en fonction des saisons et des stations (en kg) (Source : enquêtes)

Comme le graphe le montre, la production en saison chaude et froide sont très différentes et cela s'observe dans les deux stations, cet écart résulte des facteurs climatiques notamment la pluie qui est à la fois bénéfique pour les villageois mais demeure aussi un problème pour nos saunières.

L'accès au bassin devient impossible à cause de l'inondation ainsi les exploitants doivent se contenter d'utiliser seulement le bongo lors de la filtration expliquant ainsi ce rendement lors de cette période. Cependant ceci révèle le fait que la terre est donc encore riche en sel et inépuisée complètement, le sol contient donc du sel dont l'extraction nécessite des techniques plus adaptées notamment en termes de filtration.

Lors de la filtration le mieux serait d'ajouter l'eau petit à petit afin que ce dernier puisse bien se dissoudre dans la terre et absorber le sel pour l'emporter, cet équilibre eau terre est très important afin d'obtenir un maximum de concentration de la saumure et un minimum d'eau à évaporer.

C. Conclusion partielle

Le sel est une substance blanche sous forme de cristal, c'est un produit indispensable pour l'homme en raison de son usage primordial dans l'alimentation et de son rôle millénaire dans la conservation des aliments. Le sel est un composé chimique présent dans la nature quasi inépuisable obtenu par des techniques d'extraction très diversifiées et à usages multiples, ainsi il peut se classifier en fonction de plusieurs facteurs notamment son effet sur l'organisme humain.

En général selon la technique d'extraction, il se classifie en quatre types dont le sel marin, le sel de dissolution, le sel gemme et le sel ignigène. Chacun de ces sels possèdent des caractéristiques qui leurs sont propres et qui méritent d'être mis en valeur dont la plus reconnue est l'effet préventive sur la diminution de la pression artérielle pour le cas des sels riche en l'élément potassium.

Le sel possède à la fois des effets bénéfiques et néfastes pour notre organisme, cela dépend de plusieurs facteurs surtout de la quantité absorbée et du type de sel consommé.

A Madagascar la production se localise dans l'axe nord et sud et elle est dominée par la production de sel marin et quelques exploitations de sel gemme et ignigène aux alentours de Toliara et Morondava. Ce dernier est surtout utilisé dans l'alimentatation.

Au niveau mondial, les ressources en sel sont bien réparties et abondantes sauf pour le cas du Japon pour des raisons climatiques, le marché des exportations est dominé par les pays développés comme les Etats-Unis ; la Chine ; l'Australie ; l'Allemagne. La plus grande partie du sel produit est utilisée dans les industries chimiques.

Les techniques utilisées pour la production de « *siratany* » dans la coopérative sise à Bejio sont rudimentaires, c'est une activité artisanale en se référant aux matériels utilisés et à la qualité du sel obtenue. La technique s'est transmise au fur et à mesure du temps restant jusqu'à présent artisanale; les saunières adoptent le même principe d'extraction. Cette activité est très épuisante par rapport à d'autres activités physiques car elle nécessite beaucoup d'énergie notamment pour le transport de la terre qui se trouve assez loin des stations mais aussi pour la recherche du bois pour la cuisson qui se trouve à 3km, ces allées et retours rendent le travail pénible et très fatiguant.

Partie II. Méthodologies et résultats des analyses effectuées en laboratoire

A. Méthodologies et procédés d'analyse

Afin de valoriser et garantir la qualité du *siratany* en tant que produit pouvant être admis sur le marché ; plusieurs analyses ont été réalisées notamment l'analyse en composants minérales et métaux lourds sur 3 échantillons de *siratany* provenant des stations mais aussi une analyse par réfractométrie de la terre saline.

Les premières analyses seront effectuées au sein du centre national de recherche sur l'environnement (CNRE) tandis que l'analyse en concentration sera réalisée dans le laboratoire des industries agro-alimentaires (IAA) à l'école supérieure des sciences agronomiques.

I. Analyse de la composition du sel

Il s'agit en général d'un dosage des éléments métalliques dont le potassium, le sodium, manganèse, le magnésium, le zinc, le fer ainsi que la détermination de la teneur en métaux lourds du plomb et du cadmium. La réalisation de ces études repose sur 4 objectifs :

- Connaissance de la teneur en ces éléments surtout pour le cas des métaux lourds pour confirmer que le produit n'aura aucun effet sur la santé humaine ;
- Une étude comparative de la composition des échantillons en fonction des analyses déjà effectuées (sel de Cambridge ; sel de SGM, sel gemme de Morondava) ; des deux saisons (saison sèche et humide) et en fonction des lieux de production ;
- Etude comparative de la composition de ce type de sel par rapport au sel marin et l'élément responsable de ses vertus diététiques notamment l'hypertension artérielle ;
- Vérification s'il y a un flux de matière (déplacement de fer) entre la marmite et la saumure lors de la cuisson.

1. Types d'échantillon analysé

Les analyses ont été effectuées à des dates différentes : le premier échantillon récolté lors de la saison humide a été effectuée le mois d'avril et les deux échantillons au début du mois de juillet, cela résulte de la saison de récolte qui est un facteur très important à tenir en compte lors de la comparaison.
Lors de la descente, nous avons collecté 3 types d'échantillon dont :

a. La saumure

Deux échantillons ont été pris au début de la filtration et le second à la fin de la filtration c'est à dire lors de l'épuisement du mélange. Nous allons les noter comme ci :

- Saumure 1 : pris au début de la filtration, la concentration est évaluée de 23 à 25°Bx

- Saumure 2 : pris à la fin de la filtration, la concentration allant de 15 à 18°Bx

b. Le sel

Deux échantillons de sel pris dans les deux stations et dont l'un est obtenu à partir de la saumure prélevée :

- Echantillon sel 1 : sel obtenu à partir de la première saumure et provient de la station 1
- Echantillon sel 2 : sel provenant de la seconde station

Le sel analysé lors de la saison humide sera considéré comme l'échantillon 3.

2. Analyse de la composition minéralogique de l'échantillon de sel par le spectrophotomètre d'absorption atomique (SAA)

L'analyse a été considérée comme une analyse minérale puisque les majeures parties des éléments à déterminer sont des minéraux dont le sodium (Na), le potassium (K), le magnésium (Mg), le manganèse (Mn), le fer ((Fe) et le zinc. La méthode de détermination de ces éléments ainsi que les appareillages mis en jeux sont identiques ; c'est seulement la gamme d'étalon et la solution tampon qui changent en fonction de l'élément.

Les métaux lourds sont les métaux dont la densité est supérieure à 5 g/ cm^3. Ils regroupent le cuivre (Cu), le nickel (Ni), le chrome (Cr), le cadmium (Cd), le plomb (Pb) et l'arsenic (As). Seules les analyses du Cd et du Pb ont été effectuées, quant à celui de l'As ; l'appareillage pour son dosage n'était plus fonctionnel de même que les réactifs utilisés étaient très chers et doivent être importés.

Le suivi des concentrations en métaux lourds est particulièrement important vu leur toxicité et leur capacité de bioaccumulation le long des chaînes alimentaires. Contrairement aux polluants organiques, les métaux ne peuvent pas être dégradés biologiquement ou chimiquement.

a. Définition de la spectrophotométrie d'absorption atomique

L'absorption atomique est une technique d'analyse élémentaire de haute précision, par laquelle un échantillon liquide (solution) est injecté dans une flamme, au travers de laquelle nous mesurons l'absorption du rayonnement d'une lampe à cathode creuse. Cette technique est applicable que lorsque la teneurs des éléments dosés sont relativement élevées. Ces teneurs peuvent varier en fonction des caractéristiques de l'appareil utilisé. [28 ; 29]

b. Principes méthodologiques

Largement reconnue, la méthode de base pour le dosage de ces éléments est la spectrophotométrie d'absorption atomique, fondée sur l'absorption des radiations photoniques spécifiques par des atomes en phase vapeur. Elle se caractérise par une sensibilité élevée et une grande spécificité.

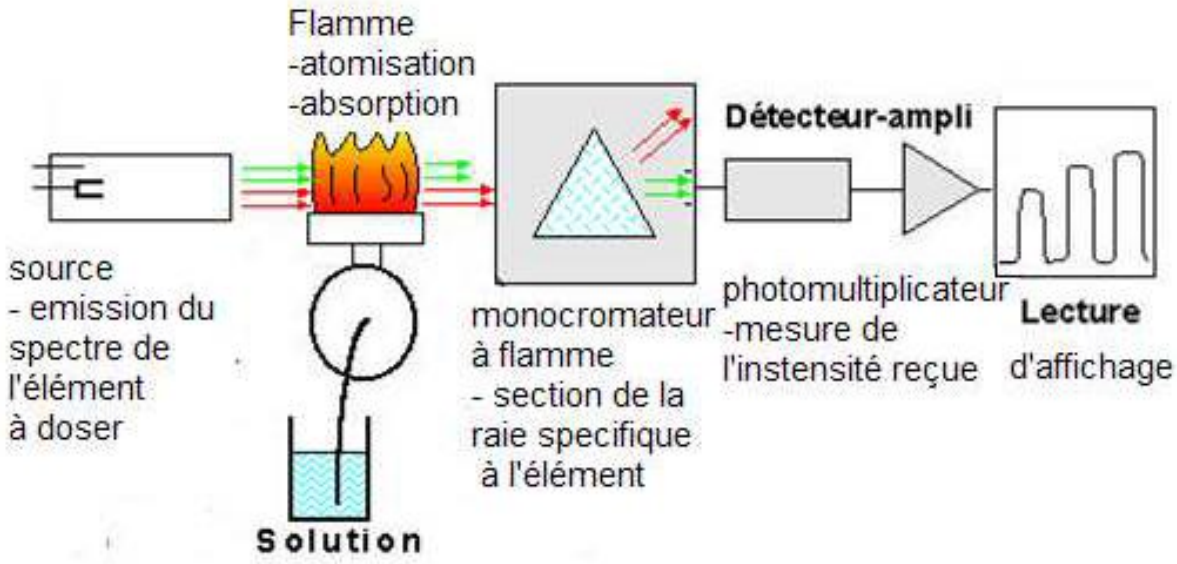


Figure 11: Principe de fonctionnement du SAA [29]
Les opérations nécessaires sont les suivantes: [29]

- Préparation de l'échantillon à doser, de façon à obtenir une solution adaptée aux exigences instrumentales.
- Transformation par un dispositif thermique (flamme, brûleur, four), des éléments à doser en atomes libres.
- Mesure de l'absorption, par la vapeur atomique, d'une raie caractéristique de l'élément chimique à doser
- Calculs de la concentration

c. Réactifs

Au cours de l'analyse et la préparation des échantillons il faut utiliser que de l'eau distillée ou d'eau de pureté équivalente, pour chaque élément à doser il faut changer la gamme de solutions étalons qui est préparée à partir d'acide citrique à environ 0,01N et de chlorure d'ammonium à 100g/l. [28]

d. Appareillage

Le SAA (Cf. annexe 01) est équipé généralement : [21]

i. Un générateur de photons

Il est destiné à fournir un flux de photons d'intensité constante dans le temps et de fréquence bien définie correspondant à l'élément à doser. Le plus répondu est la lampe à cathode creuse constituée du métal (ou des métaux) à doser qui est volatilisé et excité par décharge cathodique dans une atmosphère gazeuse à très basse pression.

ii. Un monochromateur simple

Il est utilisé pour la sélection de la longueur d'onde, déjà effectuée par le choix de la cathode creuse. Il est placé après la flamme afin d'éliminer les spectres parasites tels ceux émis par la flamme ou les autres raies du spectre de la source.

iii. Un récepteur

Il est constitué par un photomultiplicateur, associé à un amplificateur, linéaire ou logarithmique qui transforme ensuite la lumière en courant électrique proportionnel à son intensité. Le courant sera converti en absorbance ou en concentration selon l'appareil utilisé.

e. Conditions expérimentales

Avant d'effectuer les mesures spectrométriques, il faut faire des réglages en fonction du spectrophotomètre utilisé.

Il faut se placer dans les conditions opératoires pour chaque élément à doser en fonction de sa longueur d'onde et mesurer l'absorbance de chaque élément avec la lampe à cathode creuse appropriée. Ces valeurs sont représentées dans la partie expérimentale pour chaque élément. [28]

f. Mode opératoire

En spectrométrie d'absorption atomique, le traitement des échantillons de sel se fait par dilution de ces derniers dans de l'eau distillée.

Peser 1g de chaque échantillon de sel dans trois capsules différentes préalablement tarées. Diluer chaque échantillon dans 100ml d'eau distillée. Peser 5g de chaque échantillon de sel dans trois capsules différentes préalablement tarées. Diluer chaque échantillon dans 100ml d'eau distillée.
Ces solutions seront considérées comme solution mère.
La première sera utilisée pour le dosage du Mg ; Mn ; Na ; K et la seconde pour le Zn, Cd ; Pb
La raison de ces deux préparations résulte du fait que la teneur en métaux lourds est de l'ordre de trace d'où la détection nécessite une concentration plus élevée de l'échantillon.
Placer dans le SAA après avoir étalonner l'appareil à chaque dosage d'un élément; prendre les mesures et faire les calculs sur les concentrations.
Il est à remarquer qu'il faut faire des dilutions successives pour les éléments dont les concentrations sont assez élevées dans l'échantillon, il s'agit du sodium, du potassium et du magnésium. Ces facteurs de dilution seront représentés dans la partie expérimentale du document.

g. Expressions des résultats

La teneur en chaque élément n'est obtenue qu'en appliquant la formule suivante en fonction des mesures et des dilutions effectuées lors des analyses et manipulations.

$$\text{Teneur en élément } = \frac{\text{mes sur SAA} * \text{f} * 100}{\text{pe}}$$

Mes sur SAA : valeur affiché sur l'écran du SAA
Pe : prise d'essai
f : facteur de dilution

3. Détermination de la teneur en eau des trois échantillons de sel

a. Principe

L'échantillon est mis à la dessiccation à 103°C pendant 4 heures, puis il faut peser le résidu, le protocole d'analyse est étant celui décrit dans la norme NF 04 401 1986.

b. Matériels

Les matériels utilisés sont les suivants :

- Balance d'analyse
- Etuve MEMMERT

c. Mode opératoire

Il faut peser 5grammes de chaque échantillon de sel et les introduire dans des capsules préalablement séchées et tarées. Les échantillons seront ensuite mis à la dessiccation à 103°C pendant 4 heures à l'étuve, après refroidissement la capsule est pesée aux milligrammes près.
Il faut répéter l'expérience deux fois pour chaque échantillon afin d'obtenir la moyenne.

d. Expressions des résultats

L'humidité en pour cent en masse de l'échantillon est égale à : [28]

$$teneur\ en\ eau\ (g\%) = \frac{\text{M1}-\text{M2}}{\text{M1}-\text{M0}} * 100$$

M_0 : masse da la capsule vide séchée (g)
M_1 : masse de la capsule et de la prise d'essai avant la dessiccation (g)
M_2 : masse de la capsule et de la prise d'essai après la dessiccation (g)

II. Analyses effectuées sur la terre saline

Le but de l'analyse repose sur 4 principales analyses notamment :

- Analyse comparative de la concentration des saumures en fonction des types de terre filtrée (soit 5types) afin de connaitre la variabilité de la richesse en sel selon la géologie du lieu (analyse 1) ; à cela s'ajoute l'effet du mélange bongo + larony par rapport à un mélange constitué seulement de larony ;
- Détermination du rapport optimal terre - eau utilisé afin d'éviter une perte inutile en énergie pour évaporer l'eau (analyse 2) ;

- Faire un essai d'épuisement final du mélange en réalisant 3essaies (analyse 3) ;
- Détermination de la teneur en matière en suspension lorsque le sel est dissous dans l'eau (analyse 4).

1. Appareillages

Ce sont généralement des matériaux simples dont :

- Matériel de filtration conçu par l'étudiant : constitué de kapoaka et d'un tissu (lamba soga)
- Balance analytique
- Papier joseph
- Papier filtre
- Réfractomètre : permet de mesurer l'indice de réfraction d'un milieu liquide.

2. Expressions des résultats

Il suffit de prendre les mesures affichées sur l'échelle inférieure du réfractomètre donnant la concentration en sel pour les analyses 1, 2 et 3 : pour l'analyse 4 il faut faire la différence entre la masse du papier filtre avant et après étuvage.

Il est remarqué que les modes opératoires pour les quatre analyses seront détaillées dans la partie expérimentale ainsi que les caractéristiques de l'appareil utilisé et son mode d'emploi.

III. Portées et limites de l'étude

Bien que toutes les précautions nécessaires aient été prises pour mener à bien l'étude, que les analyses étaient effectuées selon les normes certains facteurs pourraient toujours dans une certaine mesure influer sur la précision de certains résultats.

Des analyses statistiques n'ont pas pu être réalisées à cause du faible nombre des échantillons, en effet ces derniers ne sont pas représentatifs afin d'élaborer une étude complète de la composition générale de ce type de sel. La richesse en sel du sol est aussi très variée étant donnée que le sol salin s'étale sur une grande surface, les échantillons de terre analysés sont réduits ainsi nous n'avons pas pu valoriser la diversité de cette richesse en fonction du point de collecte du sol. Il en est de même de l'analyse de la terre saline, ne disposant pas de matériels appropriés pour la filtration, nous avons du se contenter de matériels simples d'où l'obtention de saumure dont la concentration est largement inférieure par rapport à celle mesurer sur terrain.

La cause du faible nombre des échantillons analysés réside dans la hausse des coûts d'analyse en laboratoire qui ne sont pas à la portée du projet, cela pourrait avoir des influences négatives sur la significativité de certains résultats.

Il faut noter que bon nombre d'exploitants ne maîtrise pas très bien les unités de mesures conventionnelles. Lors des enquêtes, nous avons du recourir à l'utilisation des unités de mesure locales telles que les sobika, les daba, les seaux pour les productions, ce qui entraîne parfois des surestimations ou des sous estimations des productions.

L'enquête sur le marché a été la plus limitée du fait que la commercialisation du *siratany* demeure une activité informelle et peu pratiquée à Madagascar, la vente se concentre le plus dans le sud où il est produit. De même, actuellement le sel marin domine la consommation en sel de la population tananarivienne du fait de sa disponibilité et de son faible coût, seules les personnes ayant des problèmes de tension en consomment pour le moment laissant encore un grand vide dans le marché.

B. Synthèses et interprétations des résultats de laboratoire

I. Analyse de la composition du sel

Les résultats obtenus seront exprimés en pourcentage du poids sec de l'échantillon.

1. Etude comparative de la composition des trois échantillons de sel

Les échantillons 1 et 2 ont été récoltés lors de la saison sèche dans deux stations différentes tandis que l'échantillon 3 a été pris en saison humide. Cela a pour but de pouvoir connaitre les variations de la composition entre saison et station. Ces données sont représentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 8: Tableau comparatif de la composition des échantillons pris en saison sèche et humide

Eléments	Echantillon 1 (en mg pour 100g de sel)	Echantillon 2 (en mg pour 100g de sel)	Echantillon 3 (en mg pour 100g de sel)
Humidité (%)	18, 54	9, 2	6,055
Sodium (Na)	25672,37	29722,14	24370,90
Magnésium (Mg)	1775,27	755,16	207,23
Potassium (k)	99,08	63,22	69,47
Manganèse (Mn)	3,16	3,73	2,24
Fer (Fe)	0,82	0,28	-
Zinc (Zn)	0,09	0,23	< 0,05
Plomb (Pb)	< 0,10	< 0,09	< 0,08
Cadmium (Cd)	< 0,04	< 0,04	< 0,03

Interprétations et discussions

La différence la plus frappante est celle de l'humidité du sel, l'échantillon 1 est le plus riche en eau, cela s'explique par le fait qu'il n'a pas subit de séchage mais a été tout de suite emballé pour l'échantillonnage.

La teneur en eau des deux autres échantillons (Es2 et Es3) se rapproche avec un écart de 2%, ils ont eu le temps d'être sécher et stocker pendant quelques temps laissant l'eau s'évaporer petit à petit.

Cette différence de la teneur en eau résulte en général du temps de séchage du sel qui est généralement de 2heures au maximum et pourtant elle varie d'une saunière à une autre et de la présence du soleil.

Le tableau ci-dessous montre les valeurs adoptées par la norme AFNOR concernant la teneur en humidité du sel alimentaire.

Tableau 9: Teneur en humidité [30]

	Limite % (m/m)	
Teneur en humidité (maximum)	Sel sec	Sel humide
	0,6	5

Par rapport à ces valeurs, notre échantillon doit être encore sécher afin de respecter les normes.

Les deux échantillons pris dans les deux stations se différent de leur composition avec des écarts énormes surtout pour le cas du magnésium et du sodium ; du fer (0,82 et 0,28) et du zinc (0,09 et 0,23) illustrer dans le tableau 8.

Pour le cas des deux métaux lourds (Pb et Cd), l'appareil n'a pu avoir de valeur à cause de sa limite de détection ainsi ce sont les valeurs de référence qui sont représentées ici, la différence résulte du poids sec du sel qui est en fonction de la teneur en eau. Pour les trois échantillons les valeurs prises sur le spectrophotomètre sont les mêmes montrant que ces éléments sont en traces dans le sel donc ne présentant pas de risque.

En comparant les deux échantillons en saison sèche en se référant sur les éléments majeurs (K, Mg, Na), l'échantillon 1 pris dans la station 1 l'emporte pour les deux premiers éléments sauf pour le cas du sodium.

Quant aux oligo-éléments (Mg, Fe, Zn), les proportions se partagent entre les échantillons, les différences allant de 0,57mg pour les échantillons 1 et 2 pour le Mn ; 0,54mg pour le cas du Fe et 0,14mg pour le Zn.

Ces différences proviennent de plusieurs facteurs notamment la provenance du sol utilisé puisque le lieu de collecte s'étale sur une surface très vaste ainsi les saunières changent à chaque fois l'endroit où elles prennent la terre. Le lessivage des pluies joue aussi un rôle très important puisque les éléments sont transportés par les courants d'eau vers les bassins de basse altitude expliquant une plus grande richesse des lieux de récolte prés des rivières, les éléments y sont plus concentrés.

La richesse en sel et en éléments minéraux du sol se différencient d'une zone à une autre, il est donc difficile de généraliser la composition du sel en se référant à ces trois échantillons, des études doivent être encore effectuées au moins sur plusieurs échantillons afin d'établir une moyenne sur la proportion de ces éléments. En même temps il est difficile de juger lesquels des deux échantillons 1 et 2 présentent la meilleur composition dans l'ensemble étant donné la diversité des proportions des éléments analysés.

Si la comparaison se fait en fonction de la saison, il n'y aucun doute que c'est l'échantillon de la saison sèche qui a une meilleure composition en éléments minéraux en voyant les chiffres.

La teneur en sodium des deux échantillons pris à des saisons différentes se rapproche plus ou moins, montrant une très grande richesse en cet élément dans le sol.

2. Etude comparative des échantillons avec les normes exigées pour chaque élément dosé

La deuxième étude consiste à savoir si la composition des échantillons entre bien dans les normes exigées. Elle est représentée dans le tableau suivant.

Tableau 10: Comparaison de la composition des échantillons pris par rapport aux normes exigées

Eléments	Echantillon 1 (en mg pour 100g de sel)	Echantillon 2 (en mg pour 100g de sel)	Echantillon 3 (en mg pour 100g de sel)	Norme admise [6]	Commentaire
Sodium (Na)	25672,37	29722,14	24370,90	B.J : 1500mg/j	Acceptable
Magnésium (Mg)	1775,27	755,16	207,23	B.J : 350mg/j	Acceptable
Potassium (k)	99,08	63,22	69,47	B.J : 2500mg/j	Acceptable
Manganèse (Mn)	3,16	3,73	2,24	B.J : 2 à 5mg/j	Acceptable
Zinc (Zn)	0,09	0,23	< 0,05	ANC : 10 à 30 mg/j	Acceptable
Plomb (Pb)	< 0,10	< 0,09	< 0,08	pas plus de 2 mg/kg [13]	Acceptable
Cadmium (Cd)	< 0,04	< 0,04	< 0,03	pas plus de 0,5 mg/kg [13]	Acceptable

ANC : Apport Journalière Recommandé
B.J : Besoin Journalier

Interprétations et discussions

La composition des éléments minéraux analysés sur les deux échantillons lors de la saison sèche comme le tableau ci-dessus le montre ; entre bien dans les normes exigées par le codex alimentarius pour le sel de qualité alimentaire, surtout pour le cas des deux métaux lourds (Pb et Cd).

Les métaux se distinguent en deux groupes : les métaux lourds toxiques et non toxiques. Les métaux lourds toxiques sont les plus nocifs mais aussi les plus répandus sur le globe : le cadmium et le plomb ont font partie. La présence de métaux lourds dans le produit est improbable puisque ces derniers proviennent généralement des activités industrielles comme la combustion de charbon, pétrole, ordures….

La première source de contamination par le plomb vient de l'industrie et plus précisément de la production d'essence et pour le cadmium, les principales sources de contamination concernent les milieux marins et notamment les coquillages et grands prédateurs marins. Cela explique les valeurs trouvées dans les échantillons car ces activités ne se rencontrent pas dans les lieux de production de même que les stations salinières se situent en plein centre loin de la mer.

Ces valeurs trouvées proviennent de la croute terrestre et des minerais présents dans le sol.

Bref, selon les normes indiquées dans le tableau 10 le *siratany* ne présente aucun danger pour la santé humaine et entre bien dans le cadre du sel de qualité alimentaire en termes de composition ; pouvant être commercialisé sur le marché.

Remarques

Pour le sel, les teneurs maximales en métaux lourds sont définies par le décret du 24 avril 2007 relatif aux sels destinés à l'alimentation humaine ainsi que par la Norme Codex Stan 150-85 sur le sel de qualité alimentaire.

Pour les cinq derniers éléments ; il n'y a pas de normes définissant leurs proportion dans un aliment ainsi ce sont les besoins journaliers moyens qui sont exprimés ici et comme nous pouvons le constater il n'y a pas à craindre puisque il faut au moins prendre 1kg de *siratany* pour avoir par exemple 228 943,1mg de sodium ; nul ne peut manger une telle quantité de sel.

3. Etude comparative de la composition des échantillons par rapport à celle d'autres types de sel

Dans le tableau suivant, la composition de nos échantillons est comparée à celle de l'échantillon analysé à Cambridge ainsi qu'à la composition du sel marin et du sel gemme de Morondava.

Tableau 11: Comparaison des échantillons par rapport aux résultats de Cambridge et autres types de sel

Eléments	Echantillon 1 (en mg pour 100g de sel)	Echantillon 2 (en mg pour 100g de sel)	Echantillon 3 (en mg pour 100g de sel)	Echantillon de Cambridge (en mg pour 100g de sel) [31]	Sel marin (en mg pour 100g de sel) [29]	Sel gemme de Morondava (en mg pour 100g de sel) [21]
Sodium (Na)	25 672,37	29 722,14	24 370,90		30 600	16 100
Magnésium (Mg)	1 775,27	755,16	207,23	620	3 700	380
Potassium (k)	99,08	63,22	69,47	< 50	1 100	24 900
Manganèse (Mn)	3,16	3,73	2,24			
Zinc (Zn)	0,09	0,23	< 0,05	0,18		
Plomb (Pb)	< 0,10	< 0,09	< 0,08	0,0391		
Cadmium (Cd)	< 0,04	< 0,04	< 0,03	0,0513		

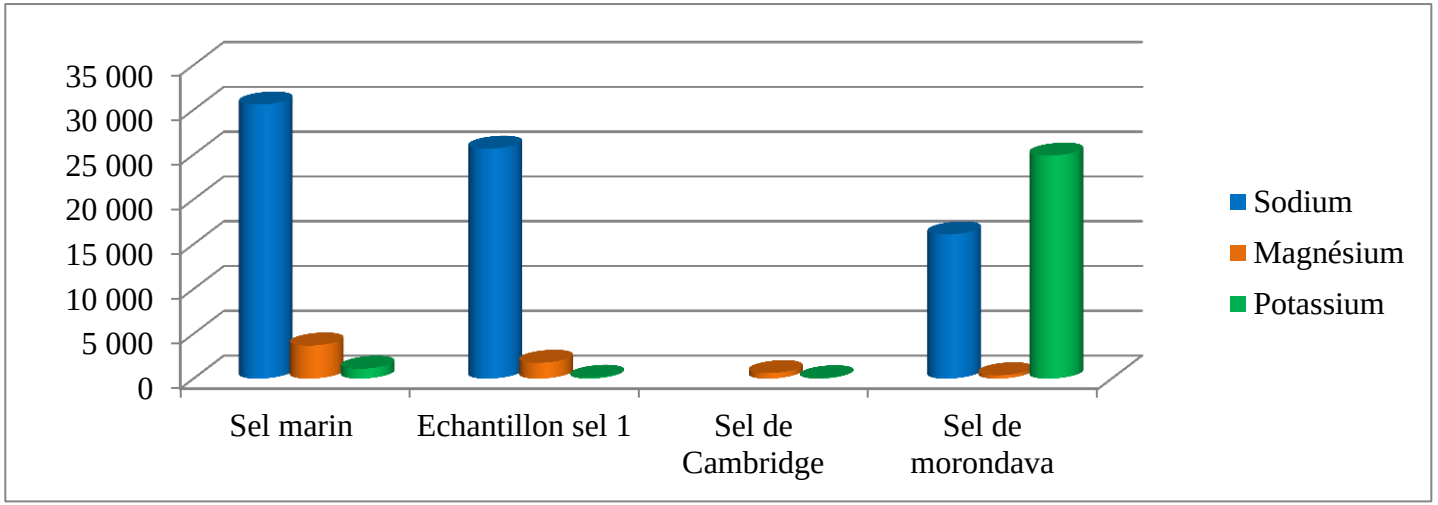


Figure 12: Proportion des éléments Na, K et Mg dans les différents types de sel

Il est à remarquer qu'il n'y a pas de teneur en eau pour l'échantillon de Cambridge ainsi nous ne savons pas si les quantités exprimés sont par rapport au poids brute du sel ou bien par rapport à son poids sec. Dans le second cas la comparaison peut se faire sans problème mais dans le cas contraire les valeurs de la composition des éléments de cet échantillon devraient encore augmenter en fonction de cet teneur en eau, en estimant que cette humidité est faible les valeurs ne devront pas être trop distantes.

L'échantillon de sel 1 sera pris comme échantillon de référence pour notre cas afin de faire la comparaison.

La composition du sel marin en ces éléments minéraux peut varier d'un lieu à un autre, les quantités que nous avons prises ont été calculées à partir du schéma suivant :

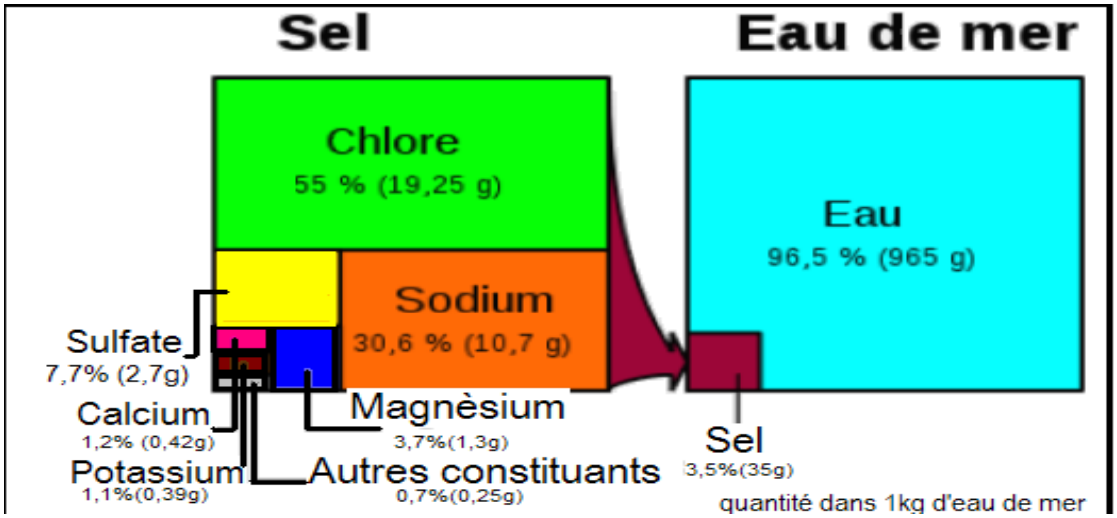


Figure 13: Composition du sel de mer en éléments minéraux [29]

Interprétations et discussions

En comparant tout d'abord le sel marin et notre échantillon, la comparaison s'est surtout basée sur les trois éléments majeurs : Na, K, Mg ; le sodium se trouve en quantité très importante pour les trois types de sel mais sa teneur dans le sel marin demeure majoritaire. Pour celui du potassium et du magnésium leurs valeurs sont très faibles dans notre échantillon par rapport au sel marin puisque le sel marin contient 10fois plus de potassium et 3fois plus de magnésium que notre échantillon. La proportion en sodium entre les deux types de sel ne représente pas un grand écart mais se rapproche par rapport aux deux autres éléments.

En ce qui concerne les résultats obtenus sur notre échantillon et ceux qui ont été obtenus à Cambridge ; notre échantillon est deux fois plus riche en sodium et en magnésium, pour le reste les valeurs se rapprochent avec quelques écarts notamment pour le zinc.

Pour l'échantillon en elle-même ; sa composition en sodium est assez élevée par rapport aux autres éléments et surtout par rapport au potassium qui devrait être en grande quantité afin de justifier le fait que le *siratany* est un aliment diététique pour les hypertendus.

Cependant c'est peut être cette différence de proportion par rapport au sel marin qui caractérise notre sel, l'équilibre établit par l'association de ces trois éléments dans la composition de ce sel.
La quantité de potassium est très faible même par rapport au magnésium et pourtant c'est la valeur de cet élément qui confirme l'action du sel sur les personnes atteintes d'hypertension. L'efficacité d'un sel pour diminuer la pression artérielle, plus particulièrement chez les hypertendus, réside dans son apport en potassium.
La composition de ce type de sel n'est pas loin de celle du sel marin ainsi ses vertus sont encore incertains et même il semblerait qu'il n'a pas d'effets bénéfiques étant donné ces résultats.
D'après le graphe, le sel gemme de Morondava a une très forte teneur en potassium par rapport aux autres types de sel, cela témoigne bien que c'est du sel de potasse riche en sylvite (KCl), sa composition vis-à-vis du potassium et du sodium confirme ses vertus diététiques sur les personnes atteintes d'hypertension.

4. Sodium et potassium : leurs rôles dans l'hypertension artérielle

L'étude du lien entre le sel alimentaire et la pression artérielle retient l'intérêt des scientifiques depuis plus de 20 ans et les conséquences en termes de politiques de santé publique à ce sujet ont été évaluées avec attention par des comités d'experts de la plupart des pays du monde, notamment au Royaume-Uni et aux États-Unis.

Selon OMS, les adultes devraient consommer moins de 2000 mg de sodium, soit 5 grammes de sel, et au moins 3510 mg de potassium par jour. En effet lorsqu'une personne a trop de sodium et pas assez de potassium, elle peut être exposée à un risque d'hypertension artérielle. Le sel est composé de chlorure de sodium, c'est-à-dire que le sodium ne représente qu'une partie du sel : 1 g de sel renferme 0,4 g de sodium. Ainsi, lorsqu'on consomme 2,5 g de sel, on ingère 1 g de sodium.
L'importance du sodium et du potassium dans le contrôle de l'hypertension artérielle est donc considérable. Le but de cette étude est de montrer le rôle clé de ces minéraux dans la prévention de l'hypertension. [32 ; 33 ; 34]

a. Hypertension artérielle

Le sang exerce une pression contre les parois des artères, cette force s'appelle la pression artérielle ou encore la tension artérielle. Lorsque cette pression devient trop élevée c'est l'hypertension. Avec l'hypertension, le vieillissement des artères s'accélère, le cœur devient fatigué plus vite car il est plus sollicité. [35]

L'hypertension artérielle est définie par la mesure de:

- La pression systolique (PS) correspondant à la pression du sang quand le cœur se contracte et envoie le sang dans les artères. Elle assure un apport de sang partout à travers le corps. En cas d'hypertension, la systole est supérieure à 140 mm Hg ;

- La pression diastolique (PD) est la pression qui continue de s'exercer sur les artères entre chaque contraction. A ce moment, le cœur se détend et reprend son volume, ce qui permet aux cavités cardiaques de se remplir de sang. En cas d'hypertension, la diastole est supérieure à 90 mm Hg. [35]

La corrélation entre un apport élevé en sel et le risque d'hypertension artérielle ont été établis par de nombreuses études épidémiologiques. [5]

L'étude d'observation INTERSALT Cooperative Research Group a identifié une association positive entre la hausse de pression sanguine et l'apport en sel. Les résultats ont montré qu'il existait :

- Une association positive significative entre la PA et l'excrétion urinaire de sodium ;
- Une association négative significative entre la PA et l'excrétion urinaire de potassium ;
- Une association positive significative entre la PA et le ratio sodium/potassium. [34 ; 36]

Il a été montré qu'une restriction du sel chez l'hypertendu peut diminuer sa pression systolique de 7 mmHg et sa pression diastolique de 3 mmHg. En fait le sodium contenu dans le sel, a un effet sensibilisant pour les récepteurs de la pression au niveau du rein. Cet effet peut causer une augmentation de la pression chez les gens prédisposés.

Les médecins avaient commencé par noter un lien entre l'hypertension et le chlorure de sodium (la forme la plus commune de sel alimentaire) dès le début des années 1900, quand ils avaient trouvé que la restriction de sel chez les patients atteints d'insuffisance rénale et d'hypertension artérielle sévère diminua leur tension artérielle et améliora leur fonction rénale. Pour baisser la tension, les experts conseillent de limiter la consommation de sodium à 2,4 grammes par jour (soit environ 1 cuillère à thé de sel de table). [32; 35]

En outre, une consommation élevée de potassium alimentaire pourrait permettre à certaines personnes de réduire la dose de leurs médicaments anti-tension artérielle. Dans une étude menée en Italie, 27 personnes souffrant d'hypertension ont augmenté leur apport en potassium et 27 autres personnes ont suivi leur régime alimentaire habituel. Après une année, 81% des personnes qui consommaient d'avantage de potassium ont été en mesure de réduire leurs médicaments anti-tension de plus de 50%, alors que seulement 29% des personnes qui ont suivies leur régime alimentaire habituel pouvaient réduire autant leurs médicaments. [33]

Il faut cependant noter que certaines personnes, par exemple celles qui ont une maladie rénale, pourraient avoir besoin d'éviter à la fois le potassium et le sel. Ce qu'il faut comprendre c'est que le sel a un effet dévastateur chez les personnes qui n'ont pas suffisamment des autres minéraux, comme le potassium et le magnésium, pour équilibrer le tout, l'excès de sel cause une augmentation de la perte des autres minéraux, et il est un facteur de risque de l'ostéoporose. [33 ; 34]

La courbe suivante nous montre la relation qu'il y a entre le pourcentage de personnes atteintes d'hypertension artérielle et l'apport en sel, en effet nous pouvons voir que c'est une

fonction croissante, plus la consommation augmente plus le nombre de personnes atteintes de la maladie augmente.

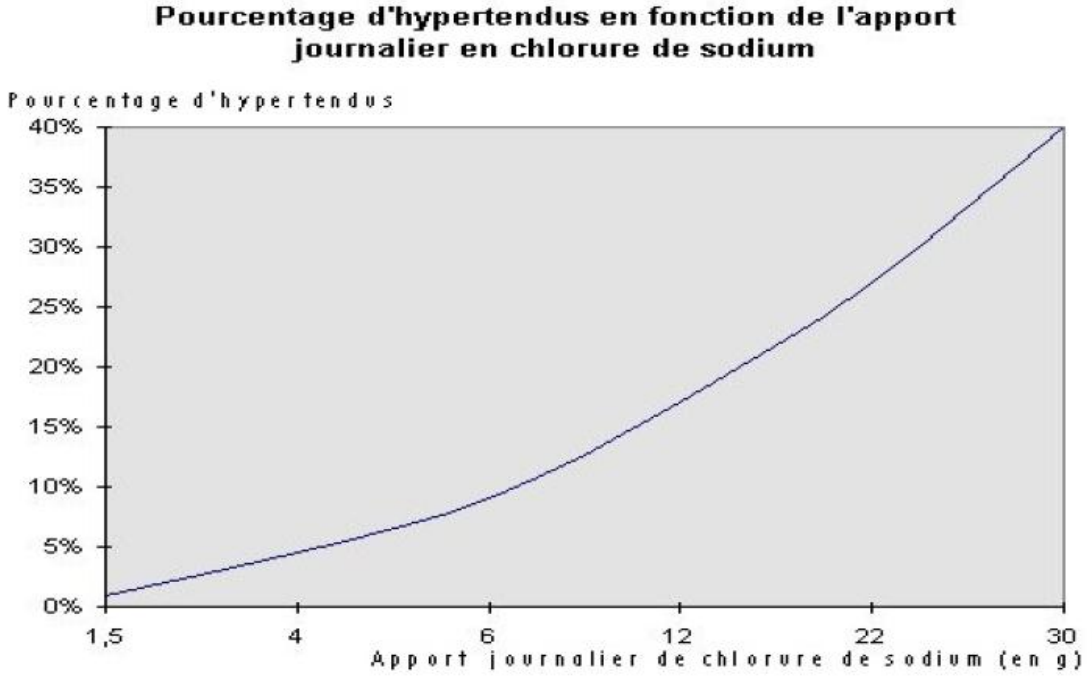


Figure 14 : Pourcentage d'hypertendus en fonction de l'apport journalier en chlorure de sodium [35]

b. Rôles du sodium dans l'organisme

L'organisme d'un adulte moyen contient environ 90 g de sodium dont la moitié est présente dans le sang et dans les autres liquides corporels, plus d'un tiers dans les os et le reste dans les cellules. La consommation moyenne de sodium varie entre 2 et 6 g par jour, bien que des apports inférieurs à 0,5 g chez l'adulte suffisent à assurer les fonctions organiques. [34]

L'ion sodium est indispensable à la vie, il participe :

- Au contrôle du volume du milieu extra-cellulaire ;
- Au maintien du gradient électrochimique des cellules (pompe à sodium et à potassium) (figure 17) ;
- À la transmission des influx nerveux et contractions musculaires (dépolarisation des membranes) ;
- A l'absorption intestinale de certains nutriments (cotransport). [33 ; 37 ; 38]

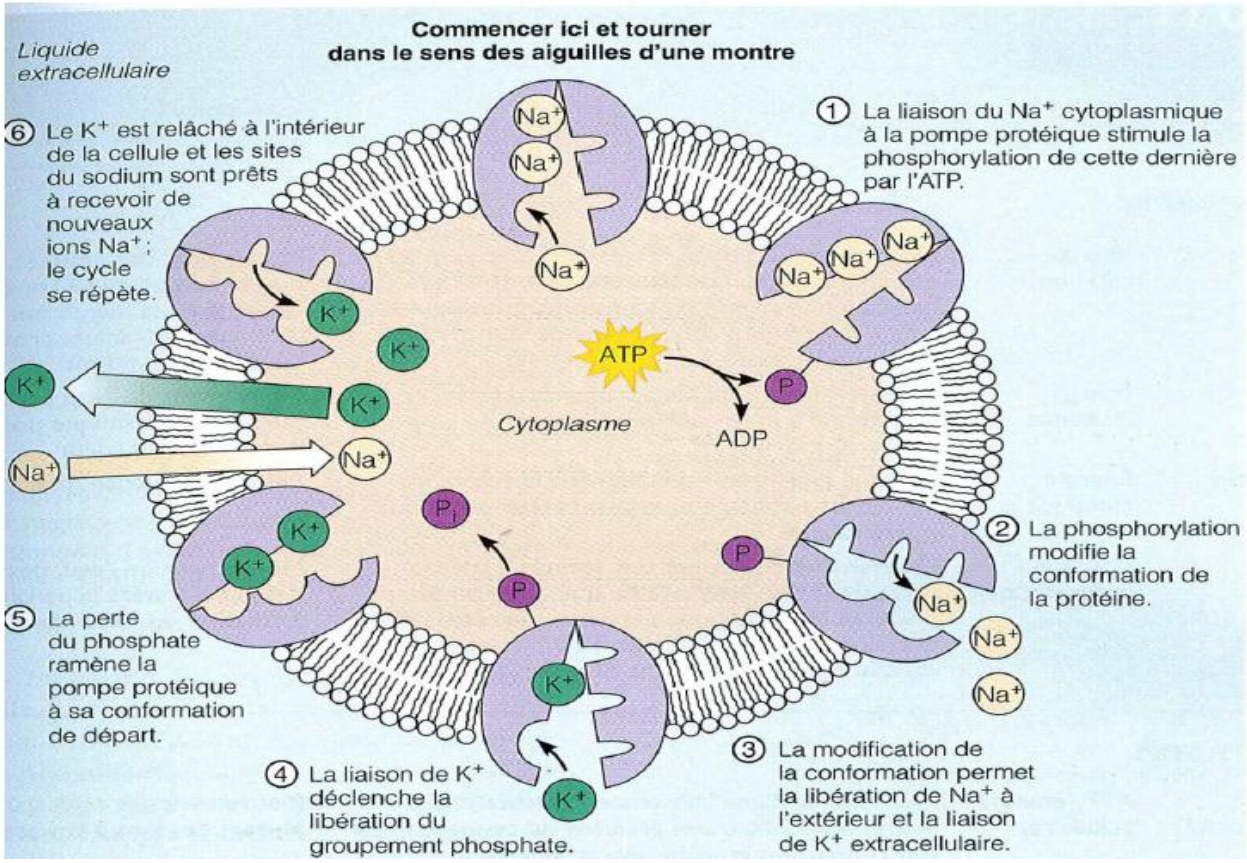


Figure 15 : Fonctionnement de la pompe sodium/potassium participant au maintient du gradient électrochimique des cellules [38]

Le sodium est présent dans l'organisme au niveau :

- Du compartiment extracellulaire (50 %) : sa concentration est remarquablement stable de l'ordre de 135-140 mmol/L ;
- Des os (40-45 %) ;
- Des cellules (5-10 %). [39]

L'absorption intestinale du sodium est quasi-totale. Son élimination se fait essentiellement par voie urinaire (1-500 mmol/jour), mais aussi par la sueur (20-80 mmol/jour) et les fèces (5-10 mmol/jour). Les reins sont une voie d'élimination extrêmement modulable, qui permet le maintien de concentration stable dans les différents compartiments.

Le sel est soluble dans l'eau et donc dans le sang, dans lesquels il se retrouve sous forme de sodium et de chlorure. Tous les mouvements du sodium dans l'organisme sont obligatoirement liés à l'eau : lorsqu'on ingère du sodium, on retient de l'eau, lorsqu'on élimine du sodium, on perd de l'eau. Ainsi, une augmentation de consommation de sel provoque un accroissement du volume sanguin circulant dans les artères et donc une augmentation de la pression sanguine. Au niveau de chacune de nos cellules, le sodium joue également un rôle important. Pour apporter les nutriments aux différentes cellules, un mécanisme, utilisant entre autre le sodium, permet aux cellules de laisser entrer ceux dont

elles ont besoin pour fonctionner. Une fois dans la cellule, le sodium a fait son travail et doit en ressortir car si la cellule restait gonflée de sodium et d'eau, elle ne pourrait plus fonctionner. [33 ; 36 ; 39]

c. Rôles du potassium dans l'organisme

Contrairement au sodium, l'augmentation des apports en potassium permet de faire fléchir la pression artérielle, phénomène qui pourrait s'expliquer par l'aptitude du potassium à augmenter l'excrétion du sodium et par ses effets vasoactifs sur les vaisseaux sanguins. Les études ont montré qu'un régime riche en potassium permet de réduire l'augmentation de la pression artérielle induite par une charge en sodium. Un régime pauvre en potassium a l'effet inverse. [31]

Le potassium exerce un rôle physiologique important pour la plupart des fonctions de l'organisme (cardiaque, rénale, musculaire...). Une concentration cellulaire élevée en potassium est essentielle à l'anabolisme cellulaire (synthèse protéique et glycogène). Tout comme le sodium, le potassium a des fonctions importantes dans l'organisme : [34]

- Il règle le contenu en eau corporelle
- Il régule la condition nerveuse
- Il contrôle la contraction musculaire

Le rein est la principale voie d'élimination du potassium puisqu'il contribue à l'essentiel de sa régulation physiologique par le biais d'une hormone, l'aldostérone, qui permet d'adapter l'élimination de potassium en fonction des apports. L'aldostérone est une hormone sécrétée par les glandes surrénales qui stimulent l'élimination du potassium par les reins et le tube digestif, alors qu'à l'inverse, elle réduit les pertes en sodium. Cette régulation rénale est moins efficace que celle du sodium et les carences en potassium sont plus fréquentes.

Le mécanisme par lequel le potassium baisse la pression artérielle est complexe. En fait, les mécanismes par lesquels le potassium peut exercer des effets bénéfiques sur le maintien d'une bonne tension artérielle sont particulièrement nombreux : stimulation de la natriurèse (l'élimination du sodium par les reins), inhibition du système nerveux sympathique et du système rénine-angiotensine. De plus, le potassium freine la sécrétion surrénalienne d'aldostérone, et stimule l'excrétion urinaire de sodium. [37 ; 39]

L'effet de l'augmentation de l'apport en potassium sur la baisse de la tension artérielle peut s'expliquer de diverses manières, mais reste mal connu jusqu'à présent.

d. Les autres minéraux impliqués dans la régulation de la tension artérielle

- Le calcium : en plus de son rôle sur la masse osseuse, aurait aussi un rôle favorable sur le relâchement de la paroi des artères (l'excès de sel alimentaire provoquerait une perte urinaire de calcium) ;
- Le magnésium : souvent associé au potassium dont il facilite l'action, favoriserait la dilatation des vaisseaux, donc une baisse de la tension. [36]

Plusieurs études ont établi des liens entre ces minéraux et la tension artérielle, mais les données sont encore insuffisantes pour constituer des preuves formelles.

e. Equilibre potassium – sodium dans l'organisme

Sodium et potassium sont tous les deux indispensable au bon fonctionnement de l'organisme. L'élimination du potassium est étroitement liée aux apports en sodium : le rapport K/Na alimentaire est important à considérer. [33]

La répartition du sodium et du potassium dans l'organisme est une des conditions de la vie cellulaire en particulier pour le fonctionnement nerveux et musculaire : il y a environ 15 fois plus de sodium dans le sang que dans la cellule, il y a environ 28 fois plus de potassium dans la cellule que dans le sang. Le sodium et le potassium forment un tandem indispensable à la bonne régulation de la tension artérielle : pas d'excès de sodium, suffisamment de potassium. [37]

L'eau représente environ 60% du poids du corps. Les liquides corporels peuvent être répartis en : [36]

- un compartiment intra-cellulaire, l'eau contenue dans les cellules,
- un compartiment extracellulaire, dans lequel baignent les cellules.

Pour fonctionner correctement, les cellules doivent trouver dans le «milieu intérieur» les éléments nutritifs qui leur sont indispensables et pouvoir y rejeter les métabolites inutiles.

Certaines substances présentes en grande quantité dans les liquides de l'organisme, jouent un rôle majeur dans la régulation des échanges d'eau entre les différents compartiments et dans l'activité électrochimique des cellules. Le sodium et le potassium en font partie. [39]

- Le sodium (Na) est le principal cation du milieu extra-cellulaire.
- Le potassium (K) est le principal cation du milieu intra-cellulaire.

La répartition du potassium, entre l'intérieur et l'extérieur des cellules, est étroitement contrôlée par différents systèmes de l'organisme : [39]

- A l'intérieur des cellules, la concentration en potassium est de l'ordre de 140 mmol/l.
- A l'extérieur, c'est-à-dire dans le plasma et le liquide extra-cellulaire, elle est basse, maintenue entre 3,5 et 5,5 mmo/l.

Cette inégalité de répartition de part et d'autre de la cellule, crée une différence de potentiel à travers la membrane, qui permet le fonctionnement du muscle cardiaque et la conduction nerveuse. [39]

Bref, même légère, l'hypertension est l'un des principaux facteurs de risque cardio-vasculaire. Qu'il s'agisse des traitements de prévention qu'elle nécessite ou des accidents qu'elle provoque, l'hypertension a un coût socio-économique considérable. L'équilibre entre le potassium et le sodium est fondamental.

5. Prévalence de l'HTA dans les provinces d'Antananarivo et Toliara

D'après les données de routine exploitées au niveau du Service des Statistiques Sanitaires (SSS), le faritany d'Antananarivo présente des Services de Santé de District (SSD) à fréquence élevée d'hypertension artérielle dans les consultations externes et les

hospitalisations, tandis que les SSD du Faritany de Toliara accusent une faible fréquence en la matière. [40]

Les enquêtes ont été donc réalisées dans ces deux provinces.
Les chiffres de pression artérielle moyenne trouvés sont plus élevés au niveau de la province d'Antananarivo par rapport à ceux de Toliara, avec une différence de 12mmHg pour les systoliques et de 6mmHg pour les diastoliques comme le tableau ci-dessous le montre.

Tableau 12 : Valeur moyenne de la pression artérielle [40]

		Antananarivo	**Toliara**
Globale	Pression Artérielle Systolique	135	123
	Pression Artérielle Diastolique	87	81
Homme	Pression Artérielle Systolique	136	124
	Pression Artérielle Diastolique	87	81
Femme	Pression Artérielle Systolique	134	122
	Pression Artérielle Diastolique	86	81

La prévalence de l'hypertension artérielle (HTA) qui se définit par une Pression Artérielle Systolique (PAS) ≥140 mmHg et/ou une Pression Artérielle Diastolique (PAD) ≥90 mmHg, est nettement plus élevée pour la province d'Antananarivo 24,29% par rapport à celle de la province de Toliara qui est de 11,06%, présenté dans la figure ci-dessous.

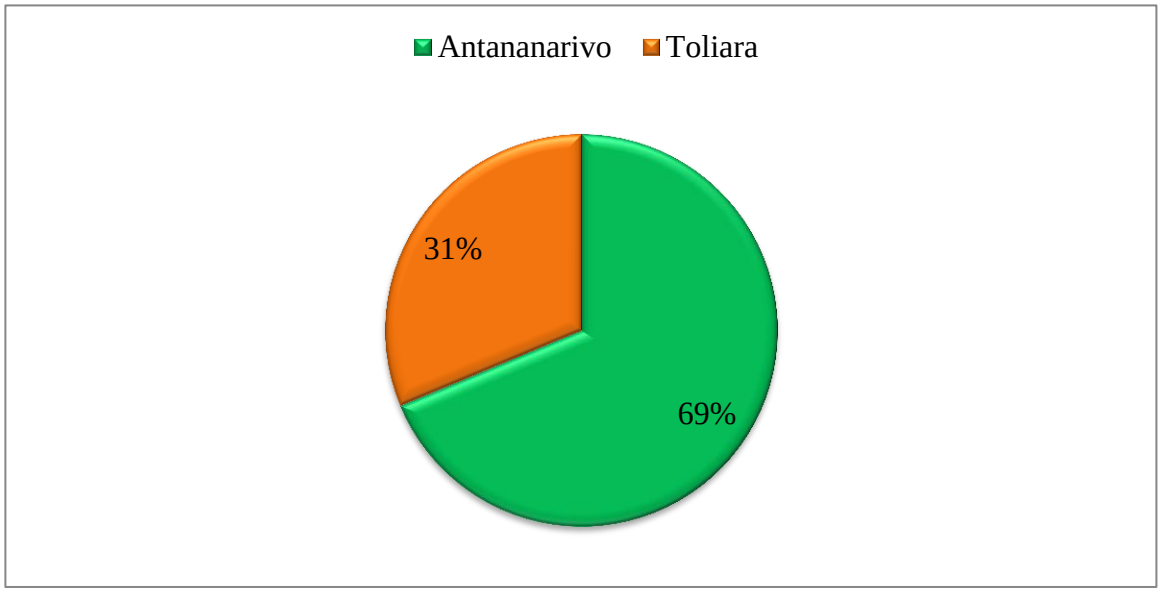


Figure 16 : Prévalence de l'HTA au niveau des deux provinces [40]

La population de la province de Toliara et ses alentours consomment en majorité du *siratany* tandis que celle d'Antananarivo le sel marin, il se pourrait que cette prévalence de l'HTA dans la capital soit due à l'utilisation du sel.
Cependant l'augmentation chronique de la pression artérielle est favorisée par de nombreux facteurs : les apports alimentaires en excès (sodium, *etc.*), l'alcool, le tabac, le surpoids et l'obésité, les facteurs génétiques, l'âge, le niveau d'activité physique et la sédentarité.

6. Détermination de transfert de matière (fer) lors de la cuisson

La dernière analyse sur le sel a pour objectif de déterminer s'il y a transfert de matière notamment le fer de la marmite de cuisson vers la saumure lors de l'évaporation, les résultats sont représentés dans le tableau ci-après.

Tableau 13: Tableau comparatif de la teneur en fer de la saumure et l'échantillon de sel 1

Eléments	Echantillon 1 (en mg pour 100g de sel)	Saumure (en mg pour 100g de sel)
Fer (Fe)	0,82	0,48
ECART	0,34	

La concentration de l'élément fer dans les deux types d'échantillons présente un certain écart. En effet il y a une augmentation de 0,34mg de fer après cuisson de la saumure soit presque le double de la quantité du fer avant la cuisson.
En conclusion il y a bien transfert de matière entre la marmite et le sel obtenu, cette valeur est représentative même si l'analyse n'a été réalisée que sur un seul échantillon et ce phénomène explique le fait que la marmite s'use trop vite puisqu'il y a une interaction d'un élément constitutif de celle-ci vers la saumure.

II. Analyse sur la terre saline

1. Comparaison des concentrations des saumures obtenues à partir de chaque échantillon de terre

C'est une étude comparative de la concentration en sel en fonction de l'endroit de collecte de la terre. Le tableau suivant donne les valeurs des concentrations en sel de chaque échantillon de terre saline.

Tableau 14 : Résultats des analyses de concentration des saumures

Echantillon	Prise d'essai (terre) (g)	Concentration de la saumure (°Bx)	Quantité de saumure (ml)
Echantillon terre (Et1)	50 ,20	**4,9**	48
Et2	50,04	**8,5**	12
Et3	50 ,79	**10,9**	3
Et4	50 ,11	**13,2**	0,8
Bongo (B)	50,22	**4,5**	32
Echantillon de terre 4 + bongo (E4B)	50,45	**8,3**	4

Interprétations et discussions

La concentration des échantillons varie entre 4 à 13°Bx dont le plus concentré est l'échantillon 4 et le moins concentré le bongo qui se rapproche de la concentration de l'échantillon 1, de même la quantité de saumure obtenue se diffère aussi les unes des autres allant de 0,8 à 48ml. Ces différences sont dues à plusieurs facteurs dont la granulométrie, la texture et la structure ainsi qu'à la capacité de rétention en eau, de chaque échantillon de sol. Nous allons essayer de définir ces termes :

- **Granulométrie** : c'est l'analyse de la composition granulométrique du sol c'est-à-dire les proportions en sable, limon, argile qu'il contient.
- **Texture** : indique l'abondance relative, dans le sol, de particules de dimensions variées: sable, limon ou argile. De la texture dépend la facilité avec laquelle le sol pourra être travaillé, la quantité d'eau et d'air qu'il retient, et la vitesse à laquelle l'eau peut entrer et circuler dans le sol.
- **Capacité de rétention en eau** : encore dénommée humidité (hygrométrie), elle se mesure en pourcentage de la quantité d'eau contenue dans un sol par rapport à son volume total.
- **Porosité texturale :** est le pourcentage de vide dans un arrangement jointif des particules. La capacité de rétention de l'eau par les lacunes des sols dépend de la teneur en limons et en argiles, car c'est un phénomène capillaire: l'adsorption est d'autant plus grande que la taille des particules est plus faible. De même La capacité de rétention de l'eau dans les sols dépend de leur porosité.
- **Structure** : la structure du sol est représentée par l'empilement de particules ou d'agrégats de taille et de forme très variées. [41]

En se référant à la quantité de saumure obtenue après filtration, la majorité des sols sont riche en argile puisque nous observons une grande rétention d'eau. La présence d'argile dans un sol influence sur la porosité. La taille des vides est en fonction de la dimension des particules, les vides les plus petits se trouvant entre les particules de limon et d'argile. C'est entre ces

particules que les phénomènes capillaires sont les plus intenses et ce sont eux qui sont à l'origine de la rétention d'eau dans le sol.

Il est donc clair que la concentration en sel du sol varie en fonction de l'endroit de collecte et de la texture du sol, quant à la quantité de saumure obtenue elle dépend notamment de la texture mais aussi de la granulométrie du sol et de sa perméabilité à l'eau.

Les échantillons Et4 et Et3 ont les mêmes textures par rapport aux autres, ils sont très riche en argiles et en limons d'où leur capacité d'absorber l'eau ; ils sont peu poreux et présentent une structure grumeleuse, formée d'agrégats assez petits, de formes très variées mais à angle très arrondi.

Quant aux autres échantillons à part le bongo, les particules du sol sont peu agrégées c'est-à-dire faible quantité en éléments fins, le sol a une structure particulaire c'est à dire il n'y a pas de cohésion entre les particules ; ces dernières se présentent sous forme de graines juxtaposées d'où l'eau y pénètre et en sort facilement.

Ces variations de concentration dépendent de plusieurs facteurs qui sont focalisées sur le changement des points de collecte de la terre saline.

2. Détermination de l'équilibre eau-terre pour maximiser la concentration

Cette étude demeure très importante du fait que l'obtention de l'équilibre terre eau permet de diminuer les dépenses énergétiques en bois lors de l'évaporation et contribue à maximiser la concentration de la saumure obtenue. Les résultats des analyses sont représentés dans le tableau ci-après.

Tableau 15: Concentration des différents échantillons en fonction de la quantité d'eau additionnée

Echantillon terre 3	**Prise d'essai (terre en g)**	**Quantité d'eau (ml)**	**Concentration de la saumure (°Bx)**	**Quantité de saumure obtenue (ml)**
Et1	50 ,79	**50**	**10,9**	3
Et2	50, 74	**70**	**10, 5**	23
Et3	51, 01	**90**	**8, 3**	47
Et4	50, 21	**100**	**7, 3**	56
Echantillon terre 4	**Prise d'essai (terre en g)**	**Quantité d'eau (ml)**	**Concentration de la saumure (°Bx)**	**Quantité de saumure obtenue (ml)**
Et1	50 ,11	**50**	**13,2**	0,8
Et2	50,2	**60**	**13, 5**	20
Et3	50,16	**70**	**8, 6**	44
Et4	50,21	**80**	**6, 3**	31

Il est à remarquer qu'en dessous de 50ml, nous n'avons pas obtenu de saumure ainsi nous avons pris des valeurs supérieures afin d'établir l'équilibre eau/terre.

La quantité d'eau utilisée dépend de l'échantillon de terre à filtrer et varie en fonction de sa texture car plus le sol est poreux plus la quantité de saumure obtenue est grande mais avec une concentration en sel faible d'où élévation des dépenses énergétiques.

Nous avons choisi les échantillons de terre 3 et 4 pour leur forte concentration en sel ; pour ces deux échantillons Et3 et Et4 la quantité d'eau optimale pour obtenir une concentration maximum se situe entre 50 et 70 ml au-delà de ces valeurs la concentration diminue.

En conclusion la quantité d'eau moyenne théorique utilisée pour la filtration devrait être de 60 ml pour une quantité de terre de 50g.

En ramenant cette valeur à l'usage de nos saunières nous obtenons les résultats dans le tableau suivant.

Tableau 16: Quantités de terre et d'eau recommandées

Mélange	**Quantité de larony (Kg)**	**Quantité de larony (Kg)**	**Quantité d'eau réelle (L)**	**Quantité d'eau théorique (L)**
Mélange 1	28	28	30	**70**
Mélange 2	14	14	25	**35**
Mélange 3	14	7	20	**25**

(Source : enquêtes)

D'autres études plus approfondies et plus précises doivent être encore réalisées afin de confirmer ces valeurs.

Les valeurs trouvées sont le double de celles utilisées par les saunières actuellement dans le cas du mélange 1, quant aux autres elles sont supérieures de 10 et 5 unités. La quantité d'eau utilisée devrait donc être augmentée afin de maximiser la concentration de la saumure en sel. Cependant il faut noter que la dépense en bois de chauffe pour la cuisson est fonction croissante de la quantité d'eau à évaporer qui présente une limite dans le cas où nous augmentons la quantité d'eau.

Nous recommandons vivement d'additionner l'eau petit à petit disant 15l au début puis au fur et à mesure que l'eau se dissout en remettre 15l jusqu'à ce que les 70l soient terminés. Cette technique permet d'épuiser la terre et diminue la vitesse de passage de l'eau dans le mélange afin de mieux absorber le sel contenu dans le sol.

3. Essai d'épuisement de la terre saline

Il consiste à épuiser la terre saline par ajout successif d'eau afin de connaître la richesse en sel du sol. Ce processus d'épuisement en trois filtrations s'est effectué sur les échantillons 3 et 4. Le tableau ci-dessus donne les résultats obtenus lors des études.

Tableau 17: Concentration des différents filtrats après épuisement

Echantillon	Filtrat 1 [(F1) ;(addition de 50ml)]	Filtrat 2 [(F2) ;(addition de 50ml)]	Filtrat 3 [(F3) ;(addition de 50ml)]
Echantillon 4	**13,2**	**11,4**	**3,1**
Echantillon 3	**10,9**	**8,5**	**1,5**

(Source : auteur)

Lors de l'essai d'épuisement, entre les filtrats 1 et 2, il n'y a pas de grandes différences de concentration entre les deux, en fait cela ne s'observe qu'entre les filtrats 2 et 3 où la différence est significative, ainsi en faisant une deuxième filtration d'un mélange nous pouvons avoir encore une saumure dont la concentration ne se trouve pas loin du premier.

Ces résultats montrent que le sol n'est pas aussi salé vue la concentration des filtrats 1 et 2, en plus dès la troisième filtration la concentration de la saumure chute rapidement jusqu'à 1,5°Bx qui ne présente plus d'intérêt à extraire.

4. Détermination de la teneur en matière en suspension de l'échantillon de sel dans l'eau

La dernière analyse concerne la détermination de la teneur en matière en suspension présente dans le sel lorsque ce dernier est dissout dans de l'eau afin de connaître si l'échantillon contient des éléments indésirables. Les résultats sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 18: Comparaison des résultats d'analyse de la matière en suspension par rapport aux normes

Masse du papier filtre avant filtration (g)	Masse du papier filtre après filtration et séchage (g)	Teneur en matières en suspension pour 100g de sel	Norme admise [42]
3,6768	7,4962	3,8194%	**3% maximum**

Selon ISO 2483:1973, la quantité de matières insolubles que devrait contenir un sel de qualité alimentaire est de 3% au maximum pourtant dans notre cas cette limite est dépassée ainsi il faudrait faire un traitement pour purifier le sel notamment le lavage, cependant cela risquerait d'enlever ses propriétés diététiques à cause de la perte de certains minéraux.

La présence de ces éléments s'explique par le fait que lors de l'opération de cuisson le sel est exposé à l'air ambiant ainsi ouvert à la pollution sans protection.

C. Conclusion partielle

L'étude comparative de la composition des échantillons révèle une diversité de la composition de ces derniers même s'ils ont été extraits de la même façon, le sel produit en saison sèche est plus riche en éléments minéraux que celui produit en saison des pluies ; les différences sont significatives.

La quantité des éléments indésirables n'est pas à craindre et entre bien dans les normes. Ce pendant la teneur en élément potassium est très faible par rapport à celle du sodium nous conduisons à dire que ce type de sel ne possède pas d'action préventive contre l'hypertension en se référant aux études effectuées sur la relation entre la consommation de sel et l'HTA. En effet en se basant sur les résultats de recherche, le facteur qui contribue à diminuer la pression artérielle est l'équilibre entre le sodium et le potassium ainsi que les autres minéraux, le potassium devrait être en grande quantité afin d'éliminer le sodium en excès.

Si notre échantillon a vraiment des effets sur l'HTA, cette efficacité résiderait peut être dans sa teneur en sodium qui est inférieure à celle du sel marin donc la quantité de sodium absorber lors de la consommation est faible car selon les recherches c'est cet élément qui est à l'origine de l'augmentation de la pression dans les artères.

Les études effectuées sur la terre saline ont montré une grande diversité de la richesse du sol en sel, la concentration en sel se diffère d'un endroit à un autre en fonction du lieu de collecte et des caractéristiques physiques du sol notamment sa texture, sa granulométrie et son pouvoir de rétention en eau.

Des études plus approfondies devront être encore effectuées non seulement sur la composition du sel mais aussi sur le sol salin afin d'apporter plus de clarté sur les résultats déjà obtenus.

Actuellement, la relation entre le sel et l'HTA est encore un mystère pour les chercheurs mais des études épidémiologiques ont révélé qu'il existait une relation inverse entre l'apport alimentaire en potassium et le niveau de la tension artérielle. Par ailleurs des études d'intervention ont montré qu'un régime riche en potassium permet de réduire l'augmentation de pression artérielle induite par une charge en sodium.

Partie III. Etude de marché de la filière *siratany*

A. Cadrage de l'étude

I. Objectifs de l'étude

La présente étude vise à donner à ce produit les caractéristiques pouvant lui permettre de mieux accéder aux marchés locaux surtout à Antananarivo mais aussi de lui donner une image de marque auprès des pays étrangers pour que celui-ci soit admis comme un produit respectant les normes internationales ; être exporté dans les pays du monde.
Afin de réaliser une étude de marché, plusieurs objectifs peuvent être mis en place selon le cas, pour notre étude il s'agira :

- L'étude des consommateurs et des producteurs : il s'agit de faire une description des acteurs du marché et de leur typologie ; c'est aussi une analyse de l'offre et de la demande en quantité et en qualité ; connaître les tendances ; les attitudes ; les comportements ; le choix des utilisateurs en vue de satisfaire leurs exigences.
- L'étude du circuit de distribution : concerne toutes opérations de commercialisation et de transport grâce auxquelles le produit parvient au stade de vente en détails, les différents types de circuit pouvant exister afin que le produit puisse arriver au niveau des consommateurs ainsi des réseaux de transport sont mis en considération.
- L'étude des concurrents et une opportunité de labellisation du produit pour un commerce équitable : il s'agit de connaitre les autres opérateurs œuvrant dans la même filière dans le cadre nationale mais aussi internationale afin de pouvoir évaluer et comparer le produit aux autres marques. Incorporer la coopérative dans une organisme portant l'image « commerce équitable » afin de pouvoir faire bénéficier à leur produit un meilleure prix par rapport aux produits de même nature et assurer une durabilité à la production.

II. Démarche méthodologique

La préparation de cette étude s'est appuyée sur des sources documentaires et des données. Les données collectées sont, premièrement des sources officielles telles que les rapports de l'ONG Trans Mad Développement qui ont récemment travaillés dans la province de Toliara sur les activités salicoles dans cette région, les informations obtenues de l'INSTAT et des différents ministères, et les publications à notre disposition. En outre, ces informations sont incomplètes et ne couvrent qu'une partie du domaine, d'où la nécessité d'entreprendre des enquêtes sur terrain. Ainsi, des enquêtes ont été réalisées sur les personnes concernées par la filière (sauniers, collecteurs, revendeurs, grossistes, détaillants) et les clients. Les informations issues de l'enquête constituent la deuxième source de données.

1. Phase de documentation

Il s'agit de recherches bibliographiques concernant la filière d'amont en avale ; recueil des données auprès des ministères et des organismes concernant les dernières statistiques sur le produit étudié : exportation, importation, production, commercialisation. Toutes les

informations pouvant être liées à cette filière ainsi que les revues publiées concernant le *siratany* sont exploitées en avance afin d'avoir une idée du domaine mais cela est aussi nécessaire afin de pouvoir établir les questionnaires pour les enquêtes auprès des consommateurs et vendeurs.

Il permet de caractériser les zones d'intervention qui seront les lieux d'enquête à savoir :

- Marché d'Antananarivo: Anosibe, Anosizato, Isotry, 67ha, Andravoahangy,
- Marché de Beavoha : situé à 4km de Bejio, c'est là que les saunières vendent leurs sels.

Il est à noter cependant que lors de la descente sur terrain, l'étude sera peut être assez limitée faute de déplacement et de temps ainsi il a fallu se contenter du marché de Beavoha.

2. Phase d'enquêtes

Nous assisterons à deux enquêtes : celle dans le cadre du marché d'Antananarivo et ses alentours englobant les enquêtes auprès des entités et utilisateurs du produit et l'enquête qui se déroulera sur terrain qui sera assez courte.

Il s'agit de faire un échantillonnage de quelques consommateurs et vendeurs ainsi que les autres acteurs de la filière ; établir un questionnaire afin de pouvoir soutirer le maximum d'information venant de ces derniers.

III. Enquêtes effectuées dans le marché d'Antananarivo

Il est à remarquer que le *siratany* est assez difficile à trouver sur le marché d'Antananarivo mais en plus peu de personne le connaît ainsi il a fallu faire des enquêtes auprès de plusieurs marchés dont :

- Marché d'Anosibe
- Marché d'Anosizato
- Marché d'Isotry
- Marché de 67ha
- Marché d'Andravoahangy
- Marché d'Analakely (pavillon)

Dans la plupart des cas leur approvisionnement vient de la région sud de Madagascar, la vente se fait en général en vrac et en kapoaka allant de 200ar à 300ar suivant la saison ; personne n'achète en Kg ; le sel arrive à Anosibe dans des sacs de 50Kg. Il est à remarquer que lors de notre descente sur le marché d'Anosibe, nous n'avons pas trouvé de vendeurs ; ce sont les vendeurs sur les bords de rue qui nous en donnés l'information concernant l'endroit où ils s'approvisionnent et c'est le même cas pour les autres marchés.

Ce sont surtout les marchands de « tapakazo » qui en vendent le plus ; soit en vrac soit dans des sachets qui ne comportent aucune information sur le produit mais seulement les bienfaits du produit et les coordonnées du distributeur. Ces marchands ont des fournisseurs qui viennent régulièrement pour les approvisionner, d'après eux ce sont surtout les personnes atteintes d'hypertension qui en achètent et en ce moment la demande est accrue par rapport à

l'offre vue que le *siratany* a plusieurs vertus diététiques et ceux qui l'ont utilisé, témoignent bien de cela.
Lors de la descente à Bezà, nous avons pu faire une petite enquête lors du marché du jeudi à Beavoha (Cf. annexe 03). Le prix du sel est très bas et varie en fonction des saisons, allant de 100 à 300Ar le kapoaka et même quand il n'y a pas d'acheteurs le prix descend jusqu'à 80Ar.
La majorité de la clientèle sont les ménages des villages alentours, ils achètent 1 à 5 kapoaka au maximum ; il existe parfois des collecteurs mais n'achètent pas plus de 50kapoaka à des prix très bas.
Le sel est vendu à l'état en bord de rue, la provenance des sels vient soit du village de Bezà Mahafaly soit celui de Bejio.

B. Description du marché de *siratany*

I. Principaux marchés

Il s'agit de définir les différents types de marché qui existent à Antananarivo et qui assurent l'approvisionnement aux consommateurs :

1. Les marchés de gros

Le principal marché de débarquement du sel est le marché d'Anosibe selon les informations venant des marchés de détails pourtant lors des enquêtes nous n'avons pas trouvé de grossistes vendant le produit.

2. Les marchés de détails

Ce type de marché assure la distribution des produits auprès des consommateurs. Ils sont représentés par :

- les marchés municipaux,
- les marchés « au bord des rues », et
- les grandes surfaces.

a. Les marchés municipaux

Ce sont des marchés administrés par la Commune urbaine d'Antananarivo. Ces marchés offrent différents types de produits courants à la vie ménagère tels que les produits de première nécessité, viandes, fruits et légumes et les poissons. Les grands marchés municipaux sont répartis dans différents lieux à forte densité humaine pour se rapprocher des consommateurs. Il y a le marché d'Isotry, d'Anosibe, d'Andravoahangy, et d'Analakely. Nous pouvons y trouver toutes les formes du sel que ce soit à l'état ou bien en sachet.

b. Les marchés « au bord de rue »

Ils sont retrouvés presque dans tout le marché d'Antananarivo et représentent une large partie du mode de vente du *siratany,* le sel est vendu en « kapoaka » ; ces produits viennent d'Anosibe d'après les personnes enquêtées.

c. Les grandes surfaces

Ces marchés sont généralement sous contrat avec des fournisseurs fixes qui sont des marchés de gros ou des collecteurs dans les zones de production.

Le *siratany* n'est pas encore vendu dans les grandes surfaces du fait que c'est un circuit informel et qu'aucune entreprise ne s'est déclarée œuvrant dans ce secteur sauf la société SGM qui conditionne le sel gemme broyé dans des sachets de 250gr et 300gr, jusqu'à présent c'est la seule à conditionner le produit suivant les normes et à le vendre dans les grandes surfaces : shop LIANTSOA, CORA, JUMBO SCORE.

II. Types de sel et conditionnement

Il existe deux types de sel dénommé *siratany* à Madagascar dont :

- **Le sel ignigène** : obtenu après saumurage et évaporation du sol salin ; c'est ce type de sel que la coopérative est en train d'extraire à Bejio et ses alentours;
- **Le sel gemme** : n'a pas besoin de traitement il suffit seulement de le faire sécher à l'aire libre ; il se trouve en profondeur et donc assez difficile à extraire puisqu'il faut des matériels adéquats ; c'est pour cela qu'il faut créer une association avec d'autres entreprises ouvrant dans ce domaine. La société SGM est prête à employer tous les moyens et à fournir l'aide nécessaire à la coopérative, en même temps ils sont déjà décidés à acheter toute la production quelque soit la quantité mais en suivant les normes prescrites qui sont déjà notre cas selon les analyses.

Actuellement, l'ensemble des petits sauniers de *siratany* de la province de Toliara conditionnent leur produits en sac contenant environ 50 kg de sel humide, le sel étant vendu en vrac sur les marchés de bord de rue sous forme broyée. Une série d'intermédiaires grossistes, demi-grossistes, détaillants et transporteurs intervienne entre le producteur et le consommateur mais aucun de ceux-ci ne conditionnent le sel en sachet dans la province de Toliara.

Arrivée à Antananarivo, il existe un nombre important de structures conditionnant du sel broyé en sachet de 200g à 1000Ar qui est surtout vendu chez les « tapakazo », la provenance de ces sels est toutefois floue et informelle ainsi leur traçabilité reste encore à vérifier.

Seule la société sel gemme de Madagascar conditionne du *siratany* dans des sachets de 200 et 300gr et qui suit les normes de conditionnement sur l'étiquette, elle approvisionne plusieurs entités dont les pharmacies, l'IMRA, les super marchés (SHOP LIANTSOA, CORA, JUMBO SCORE), ainsi que des épiceries. Les produits sont vendus aux alentours de 1000 à 1500Ar le sachet, à part elle, aucune autre entreprise ne conditionne le *siratany* dans des emballages adéquats en suivant les normes ainsi c'est la seule société connue œuvrant dans ce domaine, les autres vendent le *siratany* en vrac sans conditionnement à des prix de très faible valeur ajoutée.

Remarques

Lors des enquêtes auprès des autres supers marchés comme le cas du shoprite et du leader price, ils ne vendent pas encore ces produits pour le moment, mais ils sont intéressés dans le cas où le produit répond à leurs critères en termes de qualité surtout pour satisfaire la demande.

Il devrait y avoir une compagne de relancement du produit pour faire connaitre aux consommateurs son existence et les bienfaits qu'il procure pour la santé, ce qui le différencie et le valorise par rapport au sel marin puisque la majorité de la population urbaine ignore même son existence alors il vaudrait mieux faire connaitre le produit aux consommateurs surtout les personnes cibles c'est-à-dire qui peuvent bénéficier de son utilisation du point de vue santé.

III. Prix du *siratany* sur le marché d'Antananarivo

Le prix est un des critères de base pour l'achat d'un produit, la comparaison des produits de même type ou de même utilisation participe au choix au moment de l'achat. Le *siratany* est plus cher par rapport au sel marin de sorte que les consommateurs préfèrent acheter du sel marin. En général ce sont les personnes atteintes d'hypertension qui en consomment.

En faisant un bilan des vendeurs de ce type de sel, nous le trouvons surtout dans les « tapakazo » ainsi il faut allez dans les grandes marchés pour en trouver, c'est un produit difficile à trouver sur le marché quotidien. Le tableau ci-après montre les différents prix du *siratany* rencontrés sur le marché.

Tableau 19: Prix du *siratany* sur le marché d'Antananarivo

Produit	Prix en Ariary
Sachets de 200gr (tapakazo) Sachets de 250gr (tapakazo)	500 1000
sachets de 250gr (sel gemme de Madagascar) sachets de 300gr	1500 1800
vente en bord de rues en état	200 le « kapoaka »

(Source : enquêtes)

Le transport du *siratany* produit par les saunières est effectué par camion depuis les lieux de production jusqu'à Anosibe et de là le sel est conditionné dans des sacs de 5Kg qui se vendent à 18 000Ar mais le prix varie selon la saison et la disponibilité du produit. Le prix de vente du sel est déterminé par des facteurs de production, de traitement et d'emballage qui lui sont propres. Il varie selon le type de sel, le lieu de production, la forme sous laquelle le produit se présente et le mode de vente. En général, le prix du sel en vrac est inférieur à celui du sel emballé.

IV. Appréciation des clients du *siratany*

L'achat d'un produit par un client dépend de son prix, du moment de l'offre, de sa nécessité, de sa qualité. Il n'achète pas un produit si sa demande n'est pas satisfaite. Selon VAN DER BERG et JANSSEN (1994), un client veut :

- un bon prix,
- une bonne qualité, et
- un produit disponible tout de suite.

Lors des enquêtes, lorsqu'un consommateur achète du sel ; la plupart d'entre eux se base sur les effets sur la santé tandis que d'autres sur le prix ou bien sur l'emballage du produit. L'appréciation sur la couleur du sel a été aussi très soulignée, les consommateurs sont attirés par la blancheur du sel car pour eux c'est la marque de sa propreté.

Jusqu'à présent seules les personnes ayant des problèmes d'HTA le connaissent donc en consomment quant à la majorité de la population de la capitale, elle consomme du sel marin à cause de l'ignorance ou bien à cause du prix du *siratany* qui est cinq fois plus cher surtout lorsqu'il est conditionné dans des petits sachets d'environ 100g dans les « tapakazo ».

Effectivement, lors des enquêtes beaucoup de personne ont déclaré ne jamais avoir entendu parler de ce terme mais elles sont très intéressées par ses effets lorsque nous avons décrit brièvement le *siratany* notamment ses bienfaits sur la diminution de l'HTA. D'après elles, il faut faire une compagne de vulgarisation du produit non seulement dans la capitale mais à travers l'île afin que tout le monde puisse connaitre ses vertus et le consomme.

Dans le cas où nous avons proposé aux clients du *siratany* conditionné dans des sachets de 200g suivant les normes de qualité, ils sont prêts à l'acheter aux alentours de 400Ar mais à ce prix là peu de personnes sont enthousiastes et préfèrent consommer du sel marin. Cependant s'ils avaient les moyens d'en acheter, ils préfèrent consommer du *siratany.*

Les résultats d'enquêtes ont montré que seule une minorité de personne connaisse et utilise le *siratany,* particulièrement les personnes souffrant d'HTA et même il existe des personnes atteintes de la maladie consommant du sel marin à cause du manque d'information sur le produit.

V. Exportation et importation de sel

Actuellement ; il n'y a pas de société qui exporte du *siratany* à Madagascar, nous exportons surtout du sel marin dans la zone de Diego exploité par la Compagnie Salinière de Madagascar qui est le plus grand producteur avec une production annuelle de 66 615 T dont 15 228 T à l'exportation. 51 387 T sont donc réservés au marché intérieur et principalement à la consommation humaine. [25]

La compagnie Sel Gemme de Madagascar est en train de percer des marchés vers l'extérieur et ils sont en train d'entreprendre les démarches nécessaires afin de pouvoir exporter leurs produits, il suffit seulement que leur demande d'exportation soit accordée.
Le principal producteur de sel gemme dans le monde est la Pologne, sa réserve représente une très grande richesse. Ses approvisionnements sont évalués à plus de 80 milliards de tonnes. Son extraction se fait dans une unique mine (dans la ville de Kujawie). Sa production annuelle de sel accède 3.2 millions de tonnes. [24 ; 25]
Les principaux pays exportateurs de ce type de sel sont : Australie, Mexique, Chine. [25]
Quant à l'évaluation des imports et exports de sel pour le cas de Madagascar ; le sel marin est le seul pour le moment à être exporter mais notre pays importe aussi du sel venant de l'extérieur ; ces données seront exposées dans les deux graphes suivants.

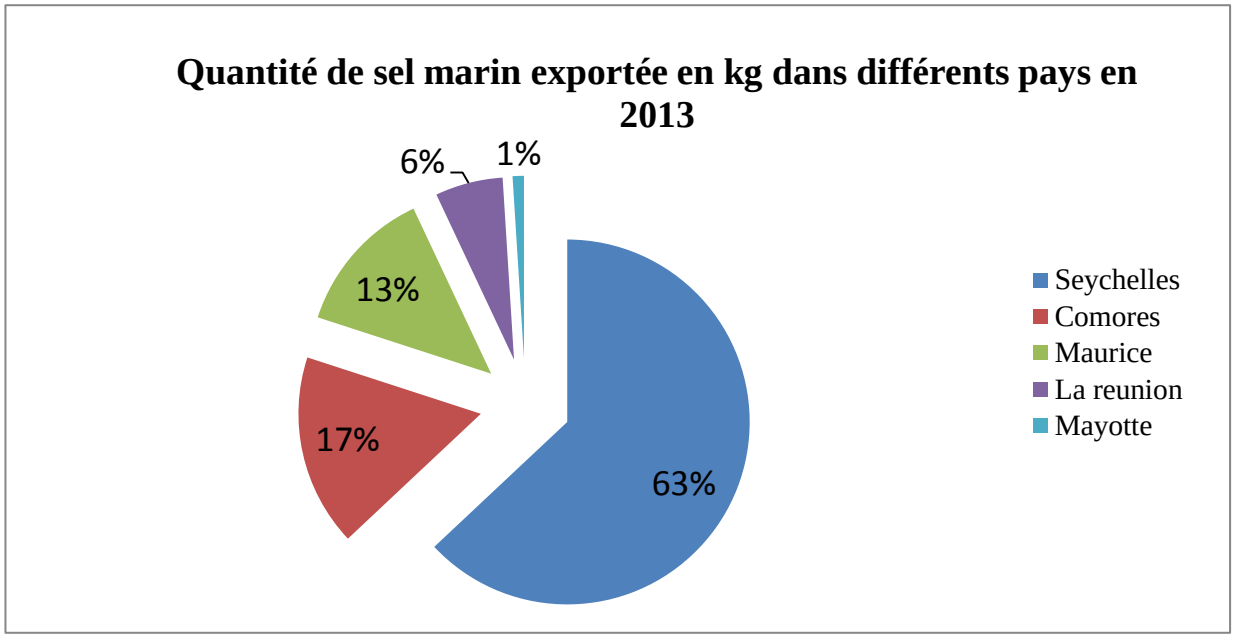


Figure 17 : Quantité de sel marin exportée par Madagascar dans différentes pays (source : services des importations et exportations de Madagascar)
Les plus grands pays importateurs de sel venant de Madagascar sont ses îles voisines, cela pour des raisons économiques et de commodité d'approvisionnement. En effet le sel est relativement facile à extraire et son transport représente une grande partie de son prix de livraison total ainsi bien des pays importent leur sel d'Etats producteurs voisins.

Comme le montre le schéma ci-dessus les seychellois sont les plus grands importateurs; du fait de leur superficie, ils ne peuvent satisfaire leur consommation locale. Après eux la Chine et le Mayotte, il existe d'autres pays important du sel venant de Madagascar mais en quantité réduite comme la France ; le Canada ; l'Allemagne ;…etc.

Il est à remarquer que le devenir ou l'utilisation prévue pour ces sels restent encore inconnus mais à titre d'information la grande partie serait destinée pour la conservation des aliments plus exactement les produits halieutiques.
La figure suivante représente les différents pays fournissant du sel à notre pays avec les quantités importées dans chaque pays.

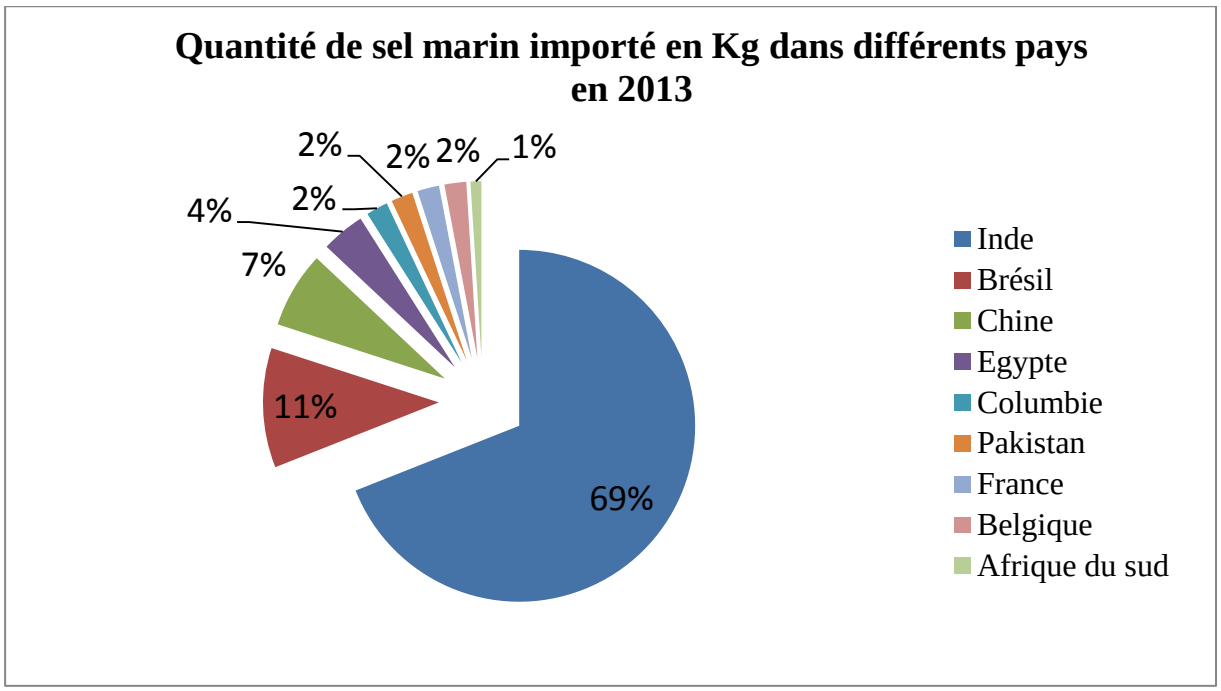


Figure 18: Quantité de sel marin importée par Madagascar dans différents pays (source : services des importations et exportations de Madagascar)

L'Inde est le principal fournisseur de sel marin à Madagascar avec 69% ensuite les autres pays partagent le reste ; par rapport aux exportations qui sont évaluées à 1200tonnes les importations sont très faibles soient 100tonnes durant l'année 2013.

C. Perspectives pour l'avenir

I. Alternatives pour le Commerce équitable

1. Définition

Selon le Consensus Fine1, FLO (Fairtrade Labelling Organisation), WFTO (World Fair Trade Organisation) (ex-IFAT (European Fair Trade Association)):
« Le commerce équitable est un partenariat commercial fondé sur le dialogue, la transparence et le respect dans le but de parvenir à une plus grande équité du commerce international. Il contribue au développement durable en offrant de meilleures conditions d'échange et en garantissant les droits des producteurs et des travailleurs salariés, en particulier ceux du sud.
Les organisations de commerce équitable (soutenues par les consommateurs) s´engagent à sensibiliser l´opinion publique et à mener campagne pour des changements dans les règles et les pratiques du commerce international conventionnel. » [43 ; 44]

Dans le cadre de recherche d'un organisme qui œuvre dans le commerce équitable, il y a l' Association Nationale du Commerce Equitable et Solidaire de Madagascar (ANCESM), créée le 14 novembre 200. Cependant, une autre opportunité se présente dans le cas où la coopérative s'associe avec la société Sel Gemme De Madagascar, en effet leurs produits sont déjà labellisés comme étant bio mais aussi « équitable » par l'ESR – ECOCERT ; un organisme de certification qui octroie un logo garantissant la conformité des produits agro-alimentaires, cosmétiques et textiles comme étant équitable.
Il existe d'autres organismes pouvant accorder une garantie d'adhésion dans la plate forme du commerce équitable mais les représentants de ces derniers à Madagascar sont encore inconnus cependant les démarches à suivre pour y accéder demeurent les mêmes pour tout le monde.
Il existe trois niveaux d'approche dans le commerce équitable : [43]

- Labellisation des produits
- Reconnaissance des structures
- Labellisation des filières

Pour notre cas il s'agit du premier niveau, il concerne essentiellement le secteur des produits agricoles. Elle est surtout mise en œuvre par l'association Max Havelaar France (elle-même rattachée à FLO International) et l'organisme Ecocert. Il s'agit de la gestion d'un « label » dont les cahiers de charges ont été définis par produit (café, chocolat, sucre, banane, thé, riz, quinoa, miel, jus de fruits, épices et coton). C'est ici la matière première qui est garantie, achetée selon les critères du commerce équitable.

2. Les principes fondamentaux du commerce équitable

Les principes de base du Commerce Equitable et Solidaire tels qu'ils sont décrits dans la charte du Commerce Equitable et Solidaire à Madagascar: [43 ; 44]

- Meilleures conditions d'échange en assurant des relations directes, durables et transparentes entre les intervenants.
- Respect de la transparence dans le fonctionnement et incitation à la prise de responsabilité.
- Attention à la qualité des produits.
- Juste rémunération du travail des producteurs et artisans.
- Réinvestissement d'une partie des marges bénéficiaires au niveau des communautés locales des producteurs (activités sociales et productives).
- Refus de toute forme d'exploitation des travailleurs et d'exploitation des enfants en respectant les droits fondamentaux des personnes.
- Processus participatif dans la prise des décisions.
- Respect de l'égalité des sexes.
- Préservation de l'environnement pour le bien-être de la planète.

3. Organisme de certification

a. ANCESM (Association Nationale du Commerce Equitable et Solidaire de Madagascar)

Au début, les activités de l'association se sont surtout focalisées sur le développement des compétences des membres, notamment des producteurs mais le 11 Août 2011, ANCESM a obtenu l'autorisation officielle du Ministère de l'Intérieur pour sa création. De ce fait, l'association compte élargir ses activités en les orientant vers les trois points clés du développement durable (Economique, Social et Environnemental). [45]

ANCESM espère également agrandir son réseau par une sensibilisation d'autres acteurs à y adhérer et en tissant des relations de partenariat avec les réseaux étrangers du commerce équitable.

i. Objectif

L'objectif principal de l'association est de promouvoir et développer le Commerce Equitable à Madagascar. [45]

ii. Adhésion

Les membres au sein de l'Association sont divisés en 4 catégories : producteurs, points de vente, exportateurs, et organismes d'appui.

Tout organisme souhaitant y adhérer doit soumettre une demande auprès du secrétariat technique suivi d'une évaluation initiale et de l'approbation du conseil d'administration et enfin de l'Assemblée Générale. [45]

iii. Evaluation

Il s'agit d'une évaluation initiale suivie d'évaluation périodique tous les deux ans. Une autoévaluation est fortement conseillée. [45]

iv. Les filières concernées

Actuellement, l'ANCESM regroupe 50 membres, dont 30 producteurs, 7 exportateurs, 1 point de vente et 12 organismes d'appui. Et ils œuvrent dans les domaines suivants: [45]

- L'artisanat: fibres végétales, textiles, bois, divers animaux (cornes, cuir, ...), matériaux recyclés, …
- L'agroalimentaire: confiturerie
- Huiles essentielles
- Agriculture
- Tourisme solidaire

b. ESR-ECOCERT ((Equitable, Solidaire, Responsable) d'ECOCERT)

C'est une entreprise au service de l'homme et de l'environnement**,** possédant plusieurs valeurs notamment dans le financement des actions solidaires et la certification des produits et filières.

Le service peut offrir deux certifications à savoir :

- L'attestation des produits comme étant biologiques ou écologiques selon le label Ecocert Equitable ou Ecocert Solidaire qui garantit un engagement de tous les opérateurs de la filière selon les principes du Commerce Equitable et de l'Agriculture Biologique.
- L'attestation de l'entreprise ou du fournisseur selon le label Ecocert Responsable qui garantit des bonnes pratiques éthiques, sociales et environnementales. [46]

i. Objectifs

Elle a pour mission de promouvoir le changement, encourager les acteurs à adopter des pratiques plus responsables, anticiper la réglementation. [46]

ii. Adhésion

Il faut tout d'abord remplir le formulaire d'engagement « DAE » (Descriptif d'Activité Equitable) afin d'établir la démarche et le bilan du devis que l'organisme va proposer, ce document comprend trois onglets à compléter :

- « General Info » : ce document vous permet de décrire le type d'activité (raison sociale, comptabilité, sites, opérations, période optimale d'audit, etc.)
- « Own sites » : ce document permet de préciser les différents sites d'activité.
- « Reportinglists » : ce document liste les différents produits pour lesquels vous souhaitez obtenir une attestation, ainsi que vos différents fournisseurs et éventuels façonniers, etc.

  Sur la base de ces déclarations dans le DAE, le service enverra les conditions générales de vente ou les conditions techniques accompagnées d'un devis. [46]

iii. Les filières concernées

L'entité œuvre dans différents secteurs que se soient dans l'alimentaire, cosmétique, textile, détergence, parfums d'ambiance, artisanat ; en s'appuyant sur un seul référence qui est l'ISO 26 000. [46]

Quand le projet sera vraiment prêt à entamer les démarches pour la certification, il faudra retourner au sein de l'entreprise pour mieux en discuter.

4. Entreprises intéressées pour le conditionnement

Les modalités d'acquisition du sel ne sont pas encore bien définies mais les acheteurs ont deux options soit ils achètent le produit depuis la source en vrac soit nous livrons le produit à la société, cela dépend des accords conclus par les deux parties.

a. Homéopharma

La société a déjà depuis longtemps voulu produire du « *siratany* » mais n'a pas trouvé de fournisseurs sûrs qui soient capable de garantir la qualité du sel et surtout sa traçabilité. Ainsi elle veut investir dans cette filière d'après les informations venant du responsable avec lequel nous avons discuté mais il reste à attendre la décision du conseil afin de pouvoir entamer les démarches.

Concernant l'approvisionnement, rien n'a été encore décidé pour le moment cela va dépendre du prix de transport du sel ; le conditionnement se fera à Antananarivo.

b. Sel Gemme de Madagascar (SGM)

Cette société est la seule conditionnant du *siratany* dans des emballages suivant les normes et dont la qualité est assurée, ses produits sont déjà trouvés dans les grandes surfaces et les pharmacies ainsi qu'à l'IMRA. Elle s'approvisionne dans les environs de Tongobory par des agents sur place et transporte le sel dans des camions vers la capitale qui sera ensuite conditionné dans des sachets.

Actuellement la société vend leurs produits au niveau national mais elle veut s'orienter aussi vers les exportations ; en même temps elle travaille déjà en association avec l'ESR – ECOCERT qui a certifié son produit comme étant bio.

Il est à remarquer que la société produit du sel gemme c'est-à-dire qui n'a pas besoin d'évaporation ou de filtration de la terre mais qui est obtenu par broyage des blocs de sel ainsi l'extraction se fait en profondeur et c'est pour cela qu'elle veut faire une inspection de l'endroit où se trouve le sel afin de pouvoir savoir où creuser avant d'entamer tout accord.

Remarque

La société TAF qui est l'une des plus grandes sociétés conditionnant du sel marin n'a pas jusqu'à présent voulu nous rappeler pour un entretien avec leurs agents ainsi nous n'avons pas pu avoir leurs avis sur le produit. Cependant nous avons laissé nos contacts dans le cas où elle serait intéressée par le produit.

II. Recommandations

La production de *siratany* est une activité peu exploitée à Madagascar d'où la faible production et une moindre distribution dans le marché de la capitale. Cette faiblesse peut provenir de différents facteurs notamment de la technologie de production qui est purement artisanale et manuelle, ainsi le travail est pénible et demande beaucoup d'énergie.

Pourtant le prix du sel sur le marché n'arrive pas à compenser ce dur travail ; le sel se vend à des prix médiocres décourageant la plupart des exploitants mais c'est mieux que rien. La coopérative produit du sel ignigène qui selon les résultats d'analyse ne possède pas de vertu sur la diminution de la PA par rapport au sel gemme de Morondava qui a une composition assez remarquable notamment sa richesse en potassium. Il serait peut être judicieux de sonder la surface de collecte du sol salin afin de savoir s'il y a présence d'une mine de sel gemme en dessous de celui-ci car la présence de sel à la surface montre bien qu'il y a remonté capillaire en profondeur du sel. Ainsi nous pouvons avoir du vrai sel gemme qui n'a plus besoin de filtration, d'évaporation mais seulement de broyage et de séchage et ensuite conditionnement allégeant le travail des saunières mais tout ceux-ci nécessitent de grandes investissements.

La production et la consommation de *siratany* se concentrent surtout dans le sud ainsi seule une minorité de personne le connaisse dans la capitale spécialement les personnes souffrant d'HTA. Le sel marin domine le marché mais aussi la consommation de la population, cela est dû particulièrement au fait que le *siratany* est cinq fois plus cher que le sel marin et qu'il est souvent vendu à l'état sans conditionnement n'attirant pas le consommateur. Il est donc très important de faire prendre conscience aux producteurs de sel l'intérêt de produire un sel de bonne qualité pour lui donner une meilleure valeur ajoutée et pouvoir concurrencer les autres produits du même type.

Une généralisation des procédés devrait être effectuée pour homogénéiser la production de chaque exploitante en incitant les femmes à utiliser des marmites fabriquées en argile pour éviter que les matériels de cuisson s'usent trop vite et pour éviter le transfert de matière.

Il faut mettre en place un système de traçabilité afin d'éviter toutes fraudes concernant le produit, c'est un outil permettant d'identifier l'origine et de reconstituer le parcours d'un produit, depuis sa production jusqu'à sa diffusion. Cet atout joue un rôle important dans les relations commerciales, y compris sur le plan international, en apportant un argument de vente par rapport aux concurrents qui ne la mettent pas en œuvre. (Cf. annexe 03)

D. Conclusion partielle

Le *siratany* reste un produit peu connu par la majorité de la population vivant dans la capitale, ce sont surtout les personnes atteintes d'HTA qui en consomment quotidiennement, il est surtout utilisé dans la partie sud-ouest de l'île où il est produit. De plus, le *siratany* est difficile à trouver ; il se vend uniquement sur les bords de rue et les « tapakazo » où nous le rencontrons le plus souvent à l'état.

Ce type de sel est plus coûteux par rapport au sel marin même s'il n'est pas conditionné, cette hausse de son prix vient de la difficulté de son obtention et des frais de transport qu'il engendre afin d'arriver sur le marché.

C'est une activité encore informelle jusqu'à présent, seules quelques personnes font une commercialisation un peu partout dans la capitale, leur produit provienne tous des environs du sud-ouest. Les données concernant le « *siratany* » sont encore limitées du fait de cette faible exploitation, seule la société SGM conditionne du « *siratany* » suivant les normes pour le moment, à part elle ce sont des petits collecteurs qui revendent le sel sur le marché. Il faut noter qu'il est difficile de confirmer la pureté de ces produits étant donner l'inexistence de suivi observé au niveau du circuit de distribution.

Plusieurs alternatives et amélioration peuvent être apportées à la coopérative pour contribuer à une meilleure valorisation de leur produit au niveau du marché lui permettant de rivaliser avec les autres produits semblables.

Conclusion générale

Au travers de cette étude, nous avons pu constater que le terme « *siratany* » est défini par différents types de sel dont le sel ignigène produit à partir de l'évaporation d'une saumure qui est rencontré dans la coopérative et le sel gemme produit par les gisements souterrains de sel. A Madagascar ces deux types de sel sont appelés communément sous le terme « *siratany* » pourtant ils sont très différents de leur mode de production mais aussi de leur composition.

La valorisation du *siratany* comme un moyen de lutte contre l'HTA est confirmée par les recherches effectuées, cette action vient de la teneur en potassium du sel qui est largement supérieure à celle du sodium, cette condition est valable pour le sel gemme de Morondava mais pas pour le sel produit dans la coopérative. D'autres études nous poussent donc à approfondir les recherches sur la relation entre l'HTA et l'effet du sel consommé, de plus les études concernant ce sujet sont encore confuses ainsi selon l'état actuel de nos connaissances, il est difficile de tirer une conclusion sur le fait que notre échantillon possède vraiment des effets diététiques sur l'HTA.

D'après l'analyse minéralogique effectuée, notre échantillon ne présente aucun risque du point de vue de la santé, ce sont les teneurs des éléments sodium et potassium qui ont créées le doute dans notre esprit concernant ses effets sur la tension artérielle et en possède –il vraiment ?

Le procédé de fabrication du sel ignigène est une technique artisanale, c'est ce qui fait la particularité de ce type de sel pourtant des modifications devraient être apportées notamment au niveau des matériels de cuisson en utilisant des marmites en argile ainsi qu'au niveau du temps de séchage afin d'homogénéiser les produits.

La filière est encore sous-exploitée offrant une part de marché très grand au niveau national cependant il existe plusieurs entités informelles vendant le même produit à des prix alléchants d'où il faut mettre un système de traçabilité fiable afin de garantir aux consommateurs la crédibilité du produit.

A l'échelle mondiale, la certification du produit comme étant équitable lui donnera plus de valeur ajoutée par rapport aux produits du même type et incitera les consommateurs du monde à en acheter.

Bibliographie

1. LOZACH E., [2001] **;** Le sel et les microorganismes ; Thèse pour le doctorat vétérinaire, La faculté de médecine de Créteil, Ecole Nationale Vétérinaire De Maison Alfort ; 146pages ; [en ligne] ; cité le 06/04/2014 sur http://theses.vet-alfort.fr/telecharger.php?id=273
2. Newsmada, [2014] ; La Production de sel gemme : une exploitation toujours artisanale ; [en ligne] ; cité le 06/04/2014 sur http://www.newsmada.com/index.php/economie/39985-production-de-sel-gemme--une-exploitation-toujours-artisanale
3. Weller O. ; [2002], « Aux origines de la production du sel en Europe » in Archéologie du sel, [en ligne] ; cité le 06/04/2014 sur http://www.saisons-vives.com/frontoffice/index.asp?id=465pdf , 8pages.
4. Ministère de l'éducation de la recherche et de la jeunesse (Académie bordeaux), [2002] ; Le sel ; [en ligne] ; cité le 06/04/2014 sur http://www.google.mg/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=36&cad=rja&uact=8&ved=0CE8QFjAFOB4&url=http%3A%2F%2Fwww.futurasciences.com%2Fgetpdf%2Fdossier
5. COLIN C. et TEISSIER T. ; [2004] ; Le sel dans les industries alimentaires ; [en ligne] ; cité le 05/02/14 sur http://www.salines.com/producteur/securite.htm
6. RAJAONARISAONA K. ; [2010], Essai d'amélioration et de développement de l'exportation du sel (cas de la compagnie salinière de Madagascar), Mémoire de fin d'étude, Option finances et comptabilité, Facultés des sciences économiques et de gestion, Université de Toamasina ; 126pages.
7. *DUMONT M., [2009];* Annuaire des minéraux du Canada (AMC) ; [en ligne] ; cité le 25/06/2014 sur www.nrcan-rncan.gc.ca/mms-smm/busi-indu/cmy-amc/com-fra.htm
8. Anonymes, [1999] ; Sels minéraux ; |[en ligne] ; cité le 06/04/2014 sur http://www.sciencesalecole.org/documentsSAE/olympiades_internationales/IESO/prepa_francaise_geologie/Mineraux_roches_sedimentaires.pdf
9. Anonyme ; Les minéraux et oligo-éléments ; cité le 06/04/2014 sur http://umvf.univ-nantes.fr/nutrition/enseignement/nutrition_11/site/html/cours.pdf
10. ROUSSEL A. et HININGER-FAVIER I., [2009] ; Éléments-trace essentiels en nutrition humaine : chrome, sélénium, zinc et fer, EMC (Elsevier Masson SAS, Paris); [en ligne] ; cité le 10/08/2014 sur http://www.em-consulte.com

11. HAUCHARD D. ; Le sel ; [en ligne] ; cité le 17/03/2014 sur http://www.google.mg/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0CCsQFjAB&url=http%3A%2F%2Fartic.acbesancon.fr%2Fsvt%2Ffra_com%2Fexp_mus%2Fyc%2Fsel.pdf&ei=tzwoU4fRMOfX0QXLlYGQDA&usg=AFQjCNFFmhoFpDkHzRG4YbxjaCcR2oWmdg&bvm=bv.62922401,d.d2k
12. AFSSA (, [2001] ; Les minéraux et oligo-éléments ; [en ligne] ; cité le 10/08/2014 sur http://ww.afssa.fr/ouvrage/fiche_généralités_minéraux.html
13. AFSSA, [2004] ; Rapport du groupe de travail sur le sel ; [en ligne] ; cité le 10/08/2014 sur http://www.afssa.fr/ftp/basedoc/rapportselnet2.pdf
14. CODEX STAN, [1985] ; Norme codex pour le sel de qualité de sel alimentaire|[en ligne] ; cité le 06/04/2014 sur http://www.google.mg/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=9&cad=rja&uact=8&ved=0CFwQFjAI&url=http%3A%2F%2Fwww.ysonut.fr%2Fpdf%2FYsodoc%2FD030102.pdf&ei=vdlDU_nNN4qbtQakyYGoBg&usg=AFQjCNFu7bOfwEl_Arxla0Tue9PF5IX6nQ&bvm=bv.64367178,d.Yms
15. CHARBOTEL B. ; NORMAND J.C. ; BERGERET A. ; [2007] ; Cancers professionnels ; [en ligne] ; cité le 17/03/2014 sur http://omer7.sedoo.fr/fiches/POLLUANTS/P12_Res_Metaux_lourds.pdf
16. Anonyme ; Le sel : c'est quoi ? Sa composition, des dénominations, les besoins ; [en ligne] ; cité le 06/04/2014 sur http://www.renif.fr/espace-patient-detail.php?PHPSESSID=b035a8dfbdc79ec93f114a475676eb6b&bas=.RENItool02&id=471&mit=4e51e2d2db3fa&tool=PUBLICATION&ref=DIET/5GRAINDESEL&PHPSESSID=b035a8dfbdc79ec93f114a475676eb6b
17. Comité des salines de France (CSF), [2011] ; Charte de qualité du sel alimentaire ; [en ligne] ; cité le 10/08/2014 sur http://www.saloines.com.pdf
18. BERGER Y**.,** **[**2010] **;** Les Additifs alimentaires. Utilisations et législation; [en ligne] ; cité le 10/08/2014 sur http://ge.ch/dares/SilverpeasWebFileServer/Les_additifs_alimentaires.pdf
19. Commission du codex alimentarius, [2010] ; rapport de la quarante-deuxième session du comité du codex sur les additifs alimentaires, Beijing en chine ; [en ligne] ; cité le 10/08/2014 sur http://www.codexalimentarius.org%2Finput%2Fdownload%2Freport%2F737%2Fal33_12f.pdf
20. Anonyme ; Sel : différents mode de production ; [en ligne] ; cité le 10/08/2014 sur http://www.salin_es.com/un-sel-des-sels/les-différents-modes-de-production/

21. RAPHANOËL M., [2006] ; Contribution à la valorisation du sel de Morondava (Madagascar) en vue de l'élaboration de sel pour régime cardio-vasculaire et hypertension, Mémoire de fin d'étude, Option chimie minérale, Facultés des sciences d'Antananarivo, Université d'Antananarivo ; 73 pages ; [en ligne] ; cité le 10/08/2014 sur http://www.bu.univ-antananarivo.mg/pdfs/raphanoel_pc_m2_06.pdf.
22. Wikipédia ; Typologies et définitions légales du sel de qualité alimentaire ; [en ligne] ; cité le 10/08/2014 sur http://fr.wikipedia.org/wiki/Sel
23. RAVALITIANAHENDRY M., [2008] ; Projet de création d'un centre salinier dans la région sud-ouest de Madagascar, Mémoire de fin d'étude, Option finances et comptabilité, Facultés des sciences économiques et de gestion, Université de Toamasina ; 135pages ; [en ligne] ; cité le 10/08/2014 sur http://www.bu.univ-antananarivo.mg/pdfs/ravalitianahendryMarcella%20_GES_M1_08.pdf .
24. L'encyclopédie du développement durable, [2010] ; Le sel ; [en ligne] ; cité le 25/06/2014 sur http://www.encyclo-ecolo.com/Se
25. ONG Trans-Mad'Développement, [2005-2007] ; Rapport final - 1ère phase d'appui du 15 juin 2005 au 15 juin 2007 production salicole artisanale - Tuléar ville ; [en ligne] ; cité le 25/08/2014 sur http://www.google.mg/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CCwQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.transmad.org%2FIMG%2Fdoc%2FRapport1S.doc&ei=aoxwU4u_Gaia0QXx1YGYBQ&usg=AFQjCNGsNNXBSnOxUgFJuS_XxZsW0EYojA&bvm=bv.66330100,d.d2k.
26. RATSIRARSON J., [2003]; The Reserve Special de Bezà Mahafaly *i*n Natural History of Madagascar. *Eds*. S. M. Goodman and J. B. Benstead, the University of Chicago Press; 14-15pages.
27. RATSIRARSON J., RANDRIANARISOA J., EDIDY E., EMADY J., EFITROARANY, RANAIVONASY J., ELYSE H., RAZANAJAONARIVALONA E., et ALISON F.R ; [2001]; Bezà Mahafaly: Ecologie et réalités socio-économiques, Série Sciences Biologiques nº18, CIDST, Ministère de la Recherche Scientifique, Antananarivo.
28. RAFALIMANJAKA S.R., [2010] ; Rapport de stage technicien au sein du CNRE, option génie chimique, Ecole supérieure de polytechnique d'Antananarivo, Université d'Antananarivo ; 58pages.
29. RANDRIAMANANTENASOA X., [2010] ; Analyses physico-chimiques de différents types de sel dont le sel végétal « sirahazo » dans la plante *dipsis nodifera,* Mémoire de fin d'étude, Option chimie minérale, Facultés des sciences d'Antananarivo, Université

d'Antananarivo ; 78 pages ; [en ligne] ; cité le 10/08/2014 sur http://www.bu.univ-antananarivo.mg/pdfs/randriamanantenasoaXavierCHM210.pdf

30. AFNOR – certification, [2008] ; Document technique 2 : Sels de régénération : spécifications complémentaires aux normes (NF 406 – rév. 0) ; [en ligne] ; cité le 10/08/2014 sur http://evaluation.cstb.fr/doc/certification/certificats/nf406/nf406-dt2-sels-regeneration-020708.pdf
31. Sunbury Technology Center, [2014] ; Résultat d'analyse d'un échantillon de sel, Université de Cambridge.
32. HURET H., [2003] ; Pas de sel pour la santé ; [en ligne] ; cité le 10/08/2014 sur http://www.doctissimo.fr/html/nutrition/mag_2003/mag0321/dossier/nu_6588_sel_sante.htm
33. Comités des Salines de France ; Sel et Sécurité ; [en ligne] ; cité le 10/08/2014 sur http://www.salines.com/producteur/securite.htm
34. PRUIJM M., WUERZNER G., FORNI V., BOCHUD M., PECHERE-BERTSCHI A., BURNIER M. [2010] ; Alimentation et hypertension artérielle : au-delà du sel de table ; [en ligne] ; cité le 10/08/2014 sur http://rms.medhyg.ch/numero-262-page-1715.htm
35. Michel BOUREL et Raymond ARDAILLOU ; Contenu en sel de l'alimentation et hypertension artérielle *(Salt intake and Blood pressure) ;* 10 pages ; [en ligne] ; cité le 10/08/2014 sur http://www.cannelle.com%2FARCHIVES%2Frapportam.doc
36. GIBAULT Thierry et REMESY Christian ; Unités maladies métaboliques et nutriment à l'INRA lors du 1er Symposium International sur le potassium (Paris) ; [en ligne] ; cité le 10/08/2014 sur http://mag.fmtmag.com/ArchivesMagazines/VLF/vlf_26/DIETETIQUE%20POTASSIUM.HTML
37. European Food Information Council (EUFIC), [2006]; Sel, potassium et contrôle de la pression artérielle ; [en ligne] ; cité le 10/08/2014 sur http://www.eufic.org/article/fr/artid/sel-potassium-pression-arterielle/
38. Organisation mondiale de la santé (OMS), [2013] ; Nouvelles orientations de l'OMS sur le sel et le potassium dans l'alimentation ; [en ligne] ; cité le 10/08/2014 sur http://www.who.int/fr/
39. SOUCCAR Thierry ; Sodium et potassium : leur rôle dans l'hypertension ; [en ligne] ; cité le 10/08/2014 sur http://www.thierrysouccar.com/

40. OMS ; Enquête sur les facteurs de risque des maladies non transmissibles à Madagascar ; [en ligne] ; cité le 10/08/2014 sur http://www.who.int/chp/steps/STEPS_Madagascar_Data.pdf
41. CHAMAYOU et LEGROS J.P., [1989]; Les bases physiques, chimiques et minéralogiques de la science du sol ; Agence de coopération culturelle et technique – Conseil international de la langue française ; 593pages.
42. World Food Programme (WFP), [2011]; Technical specifications for iodized Salt; [en ligne]; cite le 03/08/14 sur http://foodquality.wfp.org
43. La Plate-forme Pour le Commerce Equitable ; Le Commerce Equitable : Ce qu'il faut savoir… ; en ligne] ; cité le 10/08/2014 sur http://whttp:www.commercequitable.orgpdf
44. Wikipédia ; Commerce équitable; [en ligne] ; cité le 10/08/2014 sur http://fr.wikipedia.org/wiki/équitable.
45. Association Nationale du Commerce Equitable et Solidaire de Madagascar (ANCESM) ; [2011] ; Les activités de l'association ; en ligne] ; cité le 10/08/2014 sur http://www.ancesm.org
46. ESR-ECOCERT ; [2013] ; ECOCERT - Qui sommes-nous ?; [en ligne] ; cité le 10/08/2014 sur http://www.ecocert.com/équitable
47. EDITH F. ; Le réfractomètre ; [en ligne] ; cité le 10/08/2014 sur http://www.salz.ch/wp-content/uploads/pdfs/SchemaSiedesalzf04.pdf
48. Ministère de l'industrie du commerce et de la mise à niveau de l'économie Marocaine, [2005] ; Guide relatif à la mis en place de la traçabilité dans le secteur agroalimentaire ; [en ligne] ; cité le 10/08/2014 sur www.tracabilite.org/pdf
49. AFNOR et AGROTEC, [2009] ; traçabilité, retrait/rappel, gestion de crise ; [en ligne] ; cité le 10/08/2014 sur http://www.agrotec-France.com
50. VAN DER BERG et JANSSEN, [1994] ; Manuel pour le développement de la pisciculture à Madagascar, volume 2 : marketing et gestion financière d'une micro-entreprise de production d'alevins en milieu rural ; [en ligne] cité le 11/06/14 sur http://www.fao.org/3/contents.pdf

Partie expérimentale

A. Analyse de la composition minéralogique

I. Dosage du sodium et potassium

La méthode d'analyse du sodium et du potassium est régit par la norme NFT 90-020 en août 1984, pour des échantillons ayant une forte concentration en sodium et potassium ; ils doivent être dilués.
Le dosage du sodium et du potassium ont été effectués sur les trois échantillons de sel à partir de la première préparation soit 1g de sel dans 100ml d'eau distillée.
Pour le cas du sodium, il faut faire des dilutions successives à partir de la solution mère afin d'obtenir une valeur sur SAA : la première à 1/100 et la seconde à 1/50, en tout la dilution s'est faite au 1/5000.
Dans le cas du potassium, la dilution a été à 10 pour les échantillons 1 et 2 ; à 5 pour l'échantillon 3. Cette différence résulte du fait que les analyses des trois échantillons n'ont pas été réalisées en même temps.

Principe

Il faut nébuliser l'échantillon après l'avoir diluer dans la flamme (acétylène-air) du SAA, ensuite mesurer l'absorbance aux longueurs d'onde de 589,0nm pour le sodium et 766,5nm pour le potassium. La détermination de la concentration de l'élément est dosée par la méthode directe à l'aide d'une courbe d'étalonnage.

Réactifs

- Acide nitrique (HNO3) : 1,33g/ml
- Acide nitrique, solution à environ : 0,01mol/l
- Solution étalon à différentes concentrations
- Eau distillée

Exemple de calcul : cas du sodium Na

Nous allons utiliser le premier pesage avec une masse de 1,0068g de l'échantillon 3 et qui sera dilué dans 100 ml d'eau distillée et en même temps ajouter quelques gouttes d'acide chlorhydrique.

Il faut faire une dilution à 1/50 à partir de la solution mère afin d'obtenir une valeur sur SAA : 0,461mg de Na dans 1L de cette solution ; il faut ramener cette valeur à la concentration initiale c'est-à-dire à la masse réelle de l'échantillon de départ.
Nous avons fait deux dilutions : la première à 1/100 et la seconde à 1/50, en tout la dilution s'est faite au 1/5000 d'où la valeur : 0,461mg * 5000 = 2 305mg/l de Na
1l de la solution → 2 305mg de Na
0,1l=100ml → 230,5mg de Na
Il y a donc 230,5 mg de Na dans 1,0068g de l'échantillon

Teneur en Na : 22 8940,32mg dans 100g de *siratany*

Les mêmes calculs ont été effectués pour tous les autres éléments minéraux en fonction de chaque échantillon.

N.B : pour le dosage du potassium et du sodium, il faut ajouter quelques gouttes d'HCl et pour le magnésium du dioxyde le lanthane à raison de 10% du volume totale de la solution. La raison de ces ajouts réside dans le fait que ces éléments peuvent avoir des interactions avec d'autres espèces chimiques et cela pourrait fausser les résultats des analyses.

II. Dosage du magnésium et du manganèse

Les méthodes d'analyse du magnésium et du manganèse sont régies par la norme NFT 90-005 en mars 1985, de même pour des échantillons ayant une forte concentration en sodium et potassium ; ils doivent être dilués.

Le dosage du magnésium a été effectué sur les trois échantillons de sel à partir de la première préparation soit 1g de sel dans 100ml d'eau distillée tandis que pour celui du manganèse, il a été réalisé sur la solution à 5g pour les échantillons 1- 2 et sur la solution à 1g pour le cas de l'échantillon 3.

Principe

Il faut nébuliser l'échantillon après l'avoir diluer dans la flamme (acétylène-air) du SAA, ensuite mesurer l'absorbance aux longueurs d'onde de 285,2nm pour le magnésium et 279,5nm pour le manganèse.

Réactifs

- Eau distillée.
- Dioxyde de lanthane à 10% du volume totale de la solution.
- Solutions étalons

III. Dosage du fer

La détermination du fer a été réalisée sur les trois échantillons : les deux échantillons de sel et la saumure, l'objectif de cette analyse est de savoir s'il y a transfert de matière (fer) entre la saumure et la marmite lors de la cuisson puisque celle-ci est généralement constituée de fer mais aussi les saunières se plaignent du fait que cette dernière s'use trop vite.

La mesure sur les échantillons de sel a été effectuée sur la solution mère à 5g sans dilution.
Pour la saumure, elle est déjà liquide donc il suffit seulement de la placer sur SAA.

Principe

Les conditions expérimentales de mesure se sont faites à 248,3nm.

Réactifs

- Eau distillée

- Solutions étalons

Expressions des résultats

- Cas de l'échantillon solide

Tableau 20: Teneur en fer dans les échantillons

Elément	Mes sur SAA en mg/l	Facteur de dilution	Prise d'essai	Prise d'essai (poids sec) en g	Teneur en élément pour 100g sel sec en mg
Fe échantillon 1	0,34	0,1	5,0804	4,1384	**0,82**
Fe échantillon 2	0,127	0,1	5,0484	4,5839	**0,28**

- Cas du liquide

Elément	Mesure sur SAA en mg/l	Prise d'essai (g)	Résultat par rapport à 100g de poids sec (mg)
Fer	0,34	71,002	0,4789

IV. Dosage des métaux lourds (Zn, Pb, Cd)

Les démarches à suivre pour le dosage de ces éléments restent les mêmes que pour celles des minéraux. Seule la solution mère change (5g dans 100ml) ; il n'est pas nécessaire d'effectuer une dilution ; les longueurs d'onde utilisées sont respectivement 213,9 ; 283,3 ; 228,8nm pour le Zn ; Pb et le Cd.

Exemple de calcul : cas du cadmium

Dans le cas des métaux lourds, nous allons prendre comme exemple le cadmium, la procédure de calcul est la suivante :

Il faut utiliser la deuxième pesée : nous avons pesé 5,0760g sur la balance puis le diluer dans 100ml d'eau distillée et la mesure obtenue sur SAA est de 0,0165 ce qui veut dire qu'il y 0,0165mg de cadmium dans 1l de la solution.

En ramenant cette valeur nous avons : 0,0165mg $\rightarrow$ 1l

0,00165mg $\leftarrow$ 100ml = 0,1l

Soit 0,00165 mg de Cd dans 5,0760g de l'échantillon ou encore

Teneur en Cd : 0,0325mg dans 100g de *siratany*

En appliquant la même démarche pour les autres éléments ; nous obtiendrons les valeurs représentées dans le tableau suivant pour les trois échantillons de sel pour chaque élément dosé.

V. Conditions opératoires

Il faut se placer dans les conditions opératoires indiquées dans le tableau ci-dessous et mesurer l'absorbance, de chaque élément avec la lampe à cathode creuse appropriée.

Tableau 21: Conditions expérimentales utilisées pour chaque élément [28]

Elément à doser	Longueur d'onde nm	Flamme
Sodium (Na)	589,0	Acétylène air
Magnésium (Mg)	285,2	Acétylène air
Potassium (K)	766,5	Acétylène air
Manganèse (Mn)	279,5	Acétylène air
Fer (Fe)	248,3	Acétylène air
Zinc (Zn)	213,9	Acétylène air
Plomb (Pb)	283,3	Acétylène air
Cadmium (Cd)	228,8	Acétylène air

Solution étalon

A partir d'une solution connue en concentration de l'élément à mesurer ; il faut réaliser des gammes à différentes concentrations. En faisant la mesure de l'absorption atomique et à partir de la courbe obtenue par cette mesure, nous déterminons la concentration de l'élément à mesurer dans l'échantillon inconnu après avoir mesurer sa densité optique. [28]

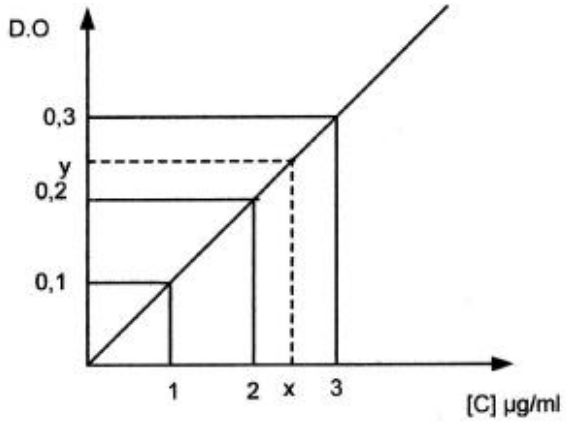


Figure 19: Représentation de la courbe observée sur l'écran du spectrophotomètre [28]

L'étalonnage de l'appareil se fait en entrant les concentrations pour chaque élément à détecter. En dehors de ces gammes, l'appareil envoie un signe d'erreur sur l'écran.
Le tableau ci-dessous renseigne sur les gammes d'étalon utilisées pour chaque élément.

Tableau 22 : Gamme d'étalonnage

Solution étalon de sodium					
Concentration mg/l	0	0,2	0,4	0,8	1,2
Solution étalon de potassium					
Concentration mg/l	0	0,4	0,8	1,4	2
Solution étalon de magnésium					
Concentration mg/l	0	0,2	0,4	0,8	1
Solution étalon de fer					
Concentration mg/l	**0**	**1**	**2**	**5**	**7**
Solution étalon de plomb					
Concentration mg/l	**0**	**0,5**	**1**	**1,5**	**2**
Solution étalon de cadmium					
Concentration mg/l	**0**	**2**	**0,5**	**2**	**1**

VI. Récapitulations des résultats bruts des analyses

Tableau 23: Résultats d'analyse sur SAA de l'échantillon de sel 1 (saison sèche-station 1)

Eléments	**Mesure sur SAA en mg/l**	**Facteur de dilution**	**Prise d'essai (g)**	**Prise d'essai en matière sèche (g)**	**Résultats par rapport à 100g de poids sec (mg)**
Sodium (Na)	0,483	500	1,1549	0,9407	**25672,37**
Magnésium (Mg)	0.167	100	1,1549	0,9407	**1775,27**
Potassium (K)	0,932	1	1,1549	0,9407	**99,08**
Manganèse (Mn)	1,309	0,1	5,0804	4,1384	**3,16**
Fer (Fe)	0,34	0,1	5,0804	4,1384	**0,82**
Zinc (Zn)	0,037	0,1	5,0804	4,1384	**0,09**
Plomb (Pb)	0,04	0,1	5,0804	4,1384	**< 0,10**
Cadmium (Cd)	0,0165	0,1	5,0804	4,1384	**< 0,04**

Tableau 24: Résultats d'analyse sur SAA de l'échantillon de sel 2 (saison sèche-station 2)

Eléments	Mesure sur SAA en mg/l	Facteur de dilution	Prise d'essai (g)	Prise d'essai en matière sèche (g)	Résultats par rapport à 100g de poids sec (mg)
Sodium (Na)	0,614	500	1,0363	1,0329	**29722, 14**
Magnésium (Mg)	0,078	100	1,0363	1,0329	**755,16**
Potassium (K)	0,653	1	1,0363	1,0329	**63,22**
Manganèse (Mn)	1,708	0,1	5,0484	4,5839	**3,73**
Fer (Fe)	0,127	0,1	5,0484	4,5839	0,28
Zinc (Zn)	0,106	0,1	5,0484	4,5839	**0,23**
Plomb (Pb)	0,04	0,1	5,0484	4,5839	**< 0,09**
Cadmium (Cd)	0,0165	0,1	5,0484	4,5839	**< 0,04**

Tableau 25: Résultats d'analyse sur SAA de l'échantillon de sel 3 (saison humide)

Eléments	Mesure sur SAA en mg/l	Facteur de dilution	Prise d'essai (g)	Prise d'essai en matière sèche (g)	Résultats par rapport à 100g de poids sec (mg)
Sodium (Na)	0,461	500	1,0068	0,9458	**24370,90**
Magnésium (Mg)	0,196	10	1,0068	0,9458	**207,23**
Potassium (K)	1,314	0,5	1,0068	0,9458	**69,47**
Manganèse (Mn)	0,212	0,1	1,0068	0,9458	**2,24**
Zinc (Zn)	0,0234	0,1	5,076	4,7686	< **0,05**
Plomb (Pb)	0,04	0,1	5,076	4,7686	< **0,08**
Cadmium (Cd)	0,0165	0,1	5,076	4,7686	< **0,03**

Tableau 26: Tableau récapitulatif des données sur la détermination de la teneur en eau

Echantillon de sel	M_0	M_1	M_2	Humidité (%)
Echantillon de sel 1	79,4465	84,7453	83,7629	18,54
Echantillon de sel 2	79,4295	84,5505	84, 0793	9,2
Echantillon de sel 3	79,4335	84,6023	84,289	6,055

B. Analyse de la terre saline

I. Appareillages

Il s'agit du réfractomètre qui est composé de :

- D'un prisme mobile d'éclairage ;
- D'un prisme réfractomètrique fixe d'indice élevé sur lequel on dépose une goutte du liquide dont on veut déterminer l'indice de réfraction ;
- De deux oculaires O et O', celui du bas (O) permet de pointer la ligne de séparation des deux zones claire et obscure, celui du haut (O') permet la lecture de l'échelle des indices. Ces deux oculaires sont munis de système de lentilles dont le réglage permet une vision nette pour chaque utilisateur ;
- D'un dispositif permettant l'éclairage de l'échelle des indices. Il s'agit d'un petit volet circulaire muni d'un miroir obturant la fenêtre d'éclairage latérale ;
- D'un bouton moleté M permettant d'amener la limite de séparation dans le réticule de l'oculaire O. Il se situe à droite du réfractomètre lorsqu'on place son œil dans l'un des oculaires ;
- D'un bouton moleté M' faisant tourner le système compensateur, série de prismes compensateurs, permettant de déterminer l'indice de réfraction équivalent à la raie D du sodium et de supprimer les colorations que peut présenter la limite de séparation entre la plage sombre et la plage claire. Ce bouton M' se situe à gauche du réfractomètre lorsqu'on place son œil dans l'un des oculaires.
- D'un thermomètre pour repérer la température lors de la mesure de l'indice de réfraction. [47]

Réglages préliminaires

- Diriger le réfractomètre vers la lumière
- Ouvrir et orienter convenablement le petit volet obturant la fenêtre d'éclairage de l'échelle des indices.
- Régler le tirage des oculaires pour avoir une vision nette du réticule et de l'échelle de lecture.
- Relever le prisme mobile et nettoyer soigneusement les deux faces apparentes des prismes à l'aide de papier très doux ou de coton hydrophile imbibé d''eau distillée. [47]

Mise en place de la substance

- Déposer le liquide en quantité suffisante sur la face horizontale du prisme réfractomètrique ;
- Rabattre doucement le prisme mobile. [47]

Mesure

Dans un premier temps, on effectue ces différentes opérations en regardant dans l'oculaire en agissant sur le bouton moleté de droite, amener dans le champ de vision la limite de séparation des deux zones claire et obscure.

Une fois cette opération effectuée, il suffit de regarder dans l'oculaire et de lire la valeur de l'échelle inférieure. En effet, deux échelles sont visibles : l'échelle supérieure ou à droite indique la valeur de l'indice de réfraction et l'échelle inférieure ou située à gauche, graduée de 0 à 85, donne en pourcentage la teneur en matières sèches des jus sucrés ; c'est de ce dernier que nous avons besoin. [47]

II. Mode opératoire

Analyse 1 : analyse de la concentration des saumures obtenues pour chaque échantillon

Nous disposerons de 5 outils de filtration pour les cinq types d'échantillon.

Afin de connaitre la quantité d'eau utilisée nous allons ramener le calcul à partir du mélange 1 : 8panier de terre + 6seaux d'eau

Avec les équivalences nous avons 88kg de terre + 30l d'eau + 7kg de sable

Les calculs montrent que nous devons utiliser 20ml d'eau pour 50g de terre mais lors des travaux en laboratoire nous avons pu constater que la filtration n'a pu se faire qu'au delà de 50ml, ainsi nous avons utilisé cette valeur pour les analyses.

Peser 50g de terre pour chaque échantillon : Et11, Et21, Et31, Et41, B

- Peser 80g de sable pour chaque échantillon
- Mesurer 50 ml d'eau du robinet pour chaque échantillon
- Mettre en place le tout dans chaque matériel de filtration selon ce qui a été décrit
- Filtrer le tout
- Mesurer la concentration de chaque filtrat sur le réfractomètre d'ABBE

Analyse 2 : détermination de l'équilibre eau-terre pour maximiser la concentration

Il faut utiliser un même échantillon de terre saline mais avec des quantités d'eau différentes.

- Peser 5 fois 50g de terre saline pour les échantillons 3 et 4 soit : Et1, Et2, Et3, Et4
- Peser 80g de sable pour chaque échantillon
- Mesurer respectivement les quantités correspondant à chaque échantillon
- Filtrer chacun
- Mesurer la concentration de chaque filtrat sur le réfractomètre d'ABBE

Analyse 3 : épuisement de la terre saline

Il faut un échantillon qui va subir trois filtrations successives afin d'obtenir trois filtrats de concentration différente.

- Peser 50g des deux échantillons 3 et 4
- Peser 80g de sable pour chaque
- Mesurer 50 ml d'eau du robinet
- Filtrer les deux mélanges soit M et M'
- Mesurer la concentration du premier filtrat noté : F1
- Ajouter 50ml d'eau au mélange et mesurer le filtrat F2
- Rajouter 50ml d'eau et mesurer le dernier filtrat F3

Analyse 4 : détermination de la teneur en matière en suspension de l'échantillon de sel dans l'eau

Il s'agit de mesurer la quantité de matière en suspension lorsque le sel est dissout dans de l'eau distillée. La méthode utilisée est celle de l'analyse de l'eau.

Dans un bécher de 600ml on dissout dans 350 ml d'eau distillée 100g de sel en agitant bien

- Peser un papier filtre
- Filtrer le mélange
- Passer à l'étuve de 105°C pendant 2h au moins le papier filtre (avec les matières en suspension)
- Refroidir au dessiccateur
- Peser tout

Il est à remarquer que lors des études bibliographiques il y a un moyen spécifique à la détermination de la teneur en matière en suspension uniquement pour le cas du sel mais pour des raisons monétaires nous avons eu recourt à un moyen plus simple.

Annexes

Annexe 1: figures du SAA et des points d'eau des stations salinières

Spectrophotomètre d'absorption atomique (Cliché : auteur, 2014)

Point d'eau de la station d'Andranovory (Cliché : auteur, 2014)

Point d'eau de la station d'Ankilimirangahe (Cliché : auteur, 2014)

Annexe 2: figures des matériels utilisés par la coopérative pour la production du *siratany* et du marché de Beavoha

Marmites (Clichés : auteur, 2014)

Tazoana (Cliché : auteur, 2014)

Fandilira (Cliché : auteur, 2014)

Four amélioré (Cliché : auteur, 2014)

Four traditionnel (Cliché : auteur, 2014)

Matériels accessoires (Clichés : auteur, 2014)

Marché de Beavoha (Cliché : auteur, 2014)

Annexe 3: Notion de traçabilité dans une unité de production

I. Définition et objectifs

La traçabilité est un concept qui a vu le jour, il y a à peu près une trentaine d'années, avec l'apparition des premières crises alimentaires qu'a connues le monde en général.

La traçabilité est la possibilité d'identifier l'origine et de reconstituer le parcours (d'un produit), depuis sa production jusqu'à sa diffusion. [48 ; 49]

D'un point de vue normatif, l'AFNOR a mis en vente un fascicule de documentation qui présente les lignes directrices pour l'établissement d'une démarche de traçabilité dans les filières agricoles et alimentaires. Le document date du mois de Juin 2002, il est intitulé : FD V01-020.

II. Rôles de la traçabilité

Outre l'aspect sécurité alimentaire, la traçabilité permet de trouver l'origine d'un produit. Elle permet aussi de s'assurer de la provenance géographique du produit.

C'est aussi un atout commercial pour un fournisseur qui possède un système fiable, et qui veut se distinguer par rapport à ses concurrents. [48 ; 49]

La norme marocaine NM 08.0.012 constitue un document de référence définissant les objectifs de la traçabilité qui peuvent être résumés en 2 points distincts :

- Connaître l'historique le plus complet possible d'un produit ;
- Permettre le retrait et/ou le rappel de produits le cas échéant.

A l'état actuel, l'application de la traçabilité ne constitue pas une obligation réglementaire.

III. Les moyens adoptés pour gérer la traçabilité

A l'état actuel, les seuls moyens de gestion de la traçabilité employés, se résument au support papier et au support informatique.

L'utilisation d'un système papier est une solution qui peut être envisagée pour notre cas elle convient bien aux petites structures pour lesquelles les solutions manuelles peuvent suffire. De plus, les coûts d'installation de logiciels informatiques peuvent s'avérer trop élevés.

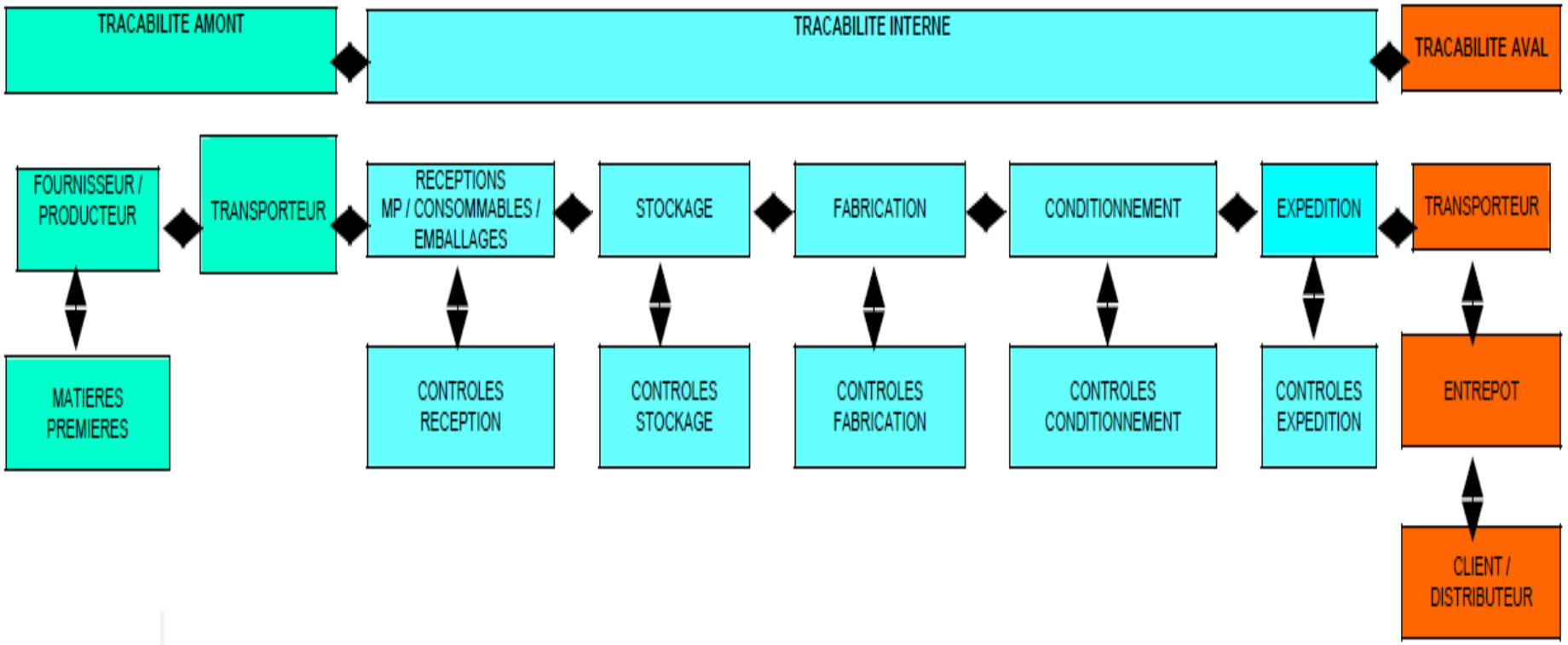
Ces documents, préalablement rédigés puis validés par les différents responsables de services, existent en général sous forme de formulaire à remplir par l'opérateur. La taille doit être optimisée pour pouvoir réunir un maximum d'informations.

Ce genre de démarche implique, au préalable, une sensibilisation du personnel à l'importance qu'il y a à remplir et à veiller à l'exactitude des informations qui sont mentionnées au niveau des fiches suiveuses du produit.

Il est préconisé d'attribuer des numéros de lots uniformes, faciles à comprendre, logiques, et dont la totalité des opérateurs comprenne la signification. [48 ; 49]

Le schéma suivant donne un exemple de système de traçabilité selon les 3 grandes familles : AMONT/INTERNE/AVAL.

Figure 20: Exemple de traçabilité globale [49]



Intitulé : Valorisation rationnelle de la qualité du *siratany* dans la région de Bezà Mahafaly pour promouvoir son marché

Auteur : Hery Hanitriniaina RAFANOMEZANTSOA
Promotion : HINA (2009 – 2014)
Téléphone: 033 17 530 60
Adresse : II B95 DTRA Amboditsiry
Email : heryanitriniaina@gmail.com

Famintinana

Ny siratany vokarin'ny koperativam-behivavy ao Bezà Mahafaly dia karazany "ignigène" izay manaraka famokarana nentim-paharazana. Ny analizy ny singa mineraly natao tamin'ny santionan'io siratany io miisa telo teo amin'ny « spectrophotomètre d'absorption atomique » dia manambara fa manakaiky ny tahan'ny singa ao anatin'ny sira an-dranomasina ny fangaro ao aminy na dia misy fahasamihafany kely ihany aza. Tsy misy atahorana eo amin'ny fahasalamana ny fihinanana azy. Ny tahan'ny singa sodioma ao anatiny dia betsaka kokoa mihoatra ny an'ny potasioma nefa araka ny fikarohana natao dia ny fifandanjan'ireo singa roa ireo no fototra hisorohana ny fiakaran'ny tosi-drà. Io fifandraisan'ny fihinana sira sy ny fiakaran'ny tosi-drà io dia mbola manjavozavo ary ireo toe-javatra manazava izany fifandraisana izany koa dia maro sy sarotra hazavaina aloha hatreto. Noho izany dia mbola manahirana ny hilaza fa manampy amin'ny fiadiana amin'ny fiakaran'ny tosi-drà io siratany vokarina any io.

Ny fampidirana an'io vakatra io eo amin'ny sehatry ny tsenan'ny marimaritra iraisana, arahana fanarahamaso miainga any am-potony ka hatrany amin'ny famarotana azy ary manaraka ny fepetra rehetra dia manome lanja azy sy manokatra lalam-barotra ho azy eto an-toerana sy any ivelany ihany koa.

Teny iditra: siratany;teknika; analizy; fiakaran'ny tosidra.

Résumé

Le *siratany* exploité par la coopérative féminine à Bezà Mahafaly est de type ignigène suivant une technologie de production artisanale. L'analyse de la composition minéralogique de trois échantillons de ce sel sur le spectrophotomètre d'absorption atomique révèle que sa composition se rapproche à celle du sel marin avec quelques écarts. Le produit ne présente aucun risque pour la santé. La quantité de sodium est très élevée par rapport au potassium pourtant les études ont montré que l'équilibre entre l'apport en sodium et potassium est la base de la prévention de l'hypertension artérielle. Cette relation entre la consommation du sel et l'hypertension est encore mal connue et les phénomènes expliquant cette corrélation sont nombreux et complexes. Il est donc encore trop tôt de dire si ce type de *siratany* a vraiment des vertus contre l'hypertension.

La certification du produit comme étant équitable accompagnée d'un système de traçabilité fiable sous un conditionnement approprié contribueront à valoriser le produit et lui ouvrir le marché.

Mots clés : sel ignigène ; *siratany* ; technologie ; analyse ; hypertension artérielle.

Abstract

The *siratany* operated by the women's cooperative in Bezà Mahafaly following type of open-pan technology artisanal production. The analysis of the mineralogical composition of the three samples of this salt on the atomic absorption spectrophotometer showed that its composition is similar to that of sea salt with a few differences. The product poses no health risk. The amount of sodium is very high relative to the potassium yet studies have shown that the balance between the supply of sodium and potassium is based on prevention of hypertension. This relationship between salt intake and hypertension is still poorly understood phenomena and explaining these effects are many and complex. It is therefore too early to say whether this type of *siratany* really has virtues against hypertension. Product certification as fair accompanied by a reliable traceability in an appropriate packaging to help promote the product and to open the market.

Keywords: open-pan salt; *siratany*; technology; analysis; hypertension