



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
Ecole Supérieure des Sciences
Agronomiques

Département des Industries
Agricoles et Alimentaires



Mémoire de fin d'études
en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur Agronome
Spécialisation Industries Agricoles et Alimentaires

**VALORISATION DU LAIT DE SOJA EN FROMAGERIE :
CAS DE LA FABRICATION DE « SOYCHEESES » DANS
LA REGION DE VAKINANKARATRA**



Présenté par *Sylviane Marie Samuélina VOLOLONIAINA*

Promotion **ANDRAINA** (2000-2005)

Encadré par Dr Ing. **Jean Marie RAZAFINDRAJAONA**

- Soutenu le 19 Juillet 2005 -

UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques
Département des Industries Agricoles et Alimentaires

Mémoire de fin d'études

en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur Agronome
Spécialisation Industries Agricoles et Alimentaires

Valorisation du lait de soja en fromagerie : Cas de la fabrication de « soycheeses » dans la région de Vakinankaratra

Présenté par ***Sylviane Marie Samuéline VOLOOLONIAINA***

Promotion ANDRAINA (2000-2005)

Membres du jury :

Président : Mr le Professeur **Jean RASOARAHONA**, Chef du Département IAA

Examinateurs : Mme **Mamy RAHOERASON RAKOTOARISOA**, *PhD*, Enseignant
Chercheur au Département IAA

Mr **Ny Ando ANDRIANOELIMANANA**, Ingénieur Agronome,
Responsable de formation au Centre de Formation Rurale de Bevalala

Encadreur : Dr Ing. **Jean Marie RAZAFINDRAJAONA**, Enseignant Chercheur au
Département IAA.

- Soutenu le 19 Juillet 2005 -

« Te-hisaotra an'Iaveh mandrakariva aho, ho eo am-bavako
mandrakariva ny fiderana Azy » (Salamo, 34²)

*Ho voninahitr'Andriamanitra nanome ahy aina, fahasalamana sy fahazavan-tsaina
nahafahako nanatontosa izao asako izao,*

Ho voaloham-balibabena ho an'i Dada sy i Mama nikiry nampianatra ahy,

*Ho fisaorako an'i Sylvain sy i Fanja zokiko, nanampy ahy nahafahako nanatontosa
ny fianarako,*

*Ho ohatra ho an'i Harry zandriko, hahavita mihoatra izay efa vitanay telo
mianadahy,*

Ho fisaorako an'i Antsiva teo foana nanohana ahy,

Ho an'ny fianakaviako, ny namako ary izay rehetra nanampy ahy,

Ho an'ny fireneko.

Sissy 

« Aza atao ho mahataitra ny ranon'orana mandriaka,
Ny danik'andro mahamay sy fanala mangatsiaka
Avy mifanosokosoka amin'ny andro tony ireny,
Any ny Mpahatratra azy misy zavatra kendreny... »

DOX

REMERCIEMENTS

Ce mémoire de fin d'études n'a pas pu être réalisé sans le concours de nombreuses personnes que nous tenons à remercier vivement.

Nous exprimons particulièrement notre reconnaissance à :

- *Monsieur le Professeur Jean RASOARAHONA, Chef du Département des Industries Agricoles et Alimentaires, qui nous fait l'honneur de présider cette soutenance de mémoire de fin d'études, veuillez recevoir notre haute considération !*
- *Madame Mamy RAHOERASON RAKOTOARISOA, PhD, Enseignant – Chercheur au département IAA, qui a cordialement accepté de juger notre travail et de siéger parmi les membres du jury, notre reconnaissance !*
- *Monsieur l'Ingénieur Ny Ando ANDRIANOELIMANANA, Responsable de formation du Centre de Formation Rurale de Bevalala qui nous a accueillie et qui a accepté de faire partie des membres de jury, nos sincères remerciements !*
- *Monsieur le Dr Ing. Jean Marie RAZAFINDRAJAONA, Enseignant – Chercheur au département IAA, notre tuteur, qui par ses cordiales instructions et ses inestimables conseils nous a permise de mener à bien cette recherche, notre profonde gratitude !*

Notre reconnaissance est aussi adressée :

- *au Révérend Père Jean Raphaël RAKOTONDRAISOA, Directeur du Centre de Formation Rurale de Bevalala, qui a bien voulu nous accueillir auprès de son établissement, et au Dr Ranaivoson ANDRIANASOLO, pour son appui,*
- *Monsieur le Professeur Jean de Neupomuscène RAKOTOZANDRINY, Chef du Département Elevage à l'ESSA, qui nous a autorisée d'accéder aux laboratoires de Nutrition et de Microbiologie de son département,*
- *à Monsieur Noël RANJATOSON, Responsable du laboratoire de Chimie et de microbiologie à Nanisana, qui nous a permise d'accéder au sein de son laboratoire, et à Monsieur Nirina RATAHIANJANAHARY, pour ses directives pendant les analyses microbiologiques,*

- au Dr **Eva JOHNSON**, Enseignant – Chercheur à la Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Food Sciences, qui nous a permise l'utilisation du matériel d'analyse du lait.

Nos vifs remerciements à :

- tout le personnel de la fromagerie de Bevalala, pour son chaleureux accueil et sa coopération,
- tout le personnel du laboratoire du Département IAA, des laboratoires de Nutrition et de Microbiologie du département Elevage ainsi que du laboratoire de Chimie et de Microbiologie Nanisana, pour son aide et sympathie,
- tout le personnel enseignant et administratif de l'ESSA, spécialement celui du département IAA, qui nous a accompagnée et éduquée pendant nos cinq années d'études,
- à tous les responsables et le personnel des bibliothèques et des centres de documentation suivantes suivants : Centre d'Information et de Documentation de l'ESSA, Bibliothèque universitaire, CITE, Agence Universitaire de la Francophonie,
- à toute l'équipe d'évaluation sensorielle pour son aimable collaboration,
- à toute ma famille et mes amis pour leur soutien aussi bien moral que matériel,
- à tous ceux qui nous ont prêtée main forte pour réaliser ce travail.

Mille mercis !

SOMMAIRE

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1 -
Première Partie : GENERALITES SUR LE SOJA, LE LAIT ET LA REGION DE VAKINANKARATRA	2 -
 1.1. Le soja : une plante miracle.....	2 -
1.1.1. Caractéristiques agronomiques de la plante.....	2 -
1.1.1.1. Exigences édaphiques	2 -
1.1.1.2. Exigences climatiques.....	2 -
1.1.2. La graine de soja	3 -
1.1.2.1. Morphologie.....	3 -
a) Forme, couleur et taille	3 -
b) Structure.....	3 -
1.1.2.2. Composition de la graine de soja.....	4 -
1.1.2.3. Utilisation du soja en alimentation humaine et animale	4 -
1.1.2.4. Production mondiale et nationale de soja	5 -
1.1.3. Le lait de soja.....	5 -
1.1.3.1. La technologie d'extraction du lait de soja.....	5 -
1.1.3.2. Composition biochimique du lait de soja	6 -
1.1.3.3. Les caractéristiques organoleptiques du lait de soja.....	6 -
1.1.3.4. La fermentation du lait de soja	7 -
 1.2. Généralités sur le lait.....	7 -
1.2.1. Définition	7 -
1.2.2. Comparaison du lait et du lait de soja.....	7 -
1.2.3. Aperçu de la filière laitière à Madagascar.....	8 -
1.2.4. Les problèmes de conservation du lait	8 -
1.2.5. Le fromage : un aliment protéique	9 -
1.2.5.1. Définition	9 -
1.2.5.2. La classification des fromages	9 -
a) Les fromages avec présure.....	10 -
b) Fromage sans présure.....	12 -
c) Autres types de fromage	12 -
 1.3. La région de Vakinankaratra.....	13 -
1.3.1. Situation géographique et administrative.....	13 -
1.3.2. Aspects physiques	15 -
1.3.2.1. Les caractéristiques édaphiques de la région	15 -
1.3.2.2. Les caractéristiques climatiques de la région	15 -
1.3.3. Aspect humain.....	16 -
1.3.3.1. Démographie.....	16 -
1.3.3.2. Activités économiques et niveau de vie.....	16 -
Conclusion partielle I.....	18 -

Deuxième partie : MISE AU POINT D'UNE TECHNIQUE DE FABRICATION DES FROMAGES « SOYCHEESES ».....	- 19 -
2.1. Introduction	- 19 -
2.1.1. <i>Technologie de fabrication des fromages</i>	- 19 -
2.1.1.1. Réception, stockage et préparation du lait	- 19 -
2.1.1.2. Coagulation ou caillage	- 19 -
2.1.1.3. Egouttage et mise en moule	- 19 -
2.1.1.4. Salage ou saumurage	- 19 -
2.1.1.5. Affinage ou maturation.....	- 20 -
2.1.2. <i>Notion de qualité</i>	- 20 -
2.1.2.1 Qualité hygiénique.....	- 20 -
2.1.2.2. Qualité nutritionnelle	- 20 -
2.1.2.3. Qualité sensorielle.....	- 21 -
2.1.2.4. Qualité commerciale	- 21 -
2.1.2.5. Qualité réglementaire.....	- 21 -
2.1.3. <i>Les critères retenus pour la présente étude</i>	- 21 -
2.2. Matériels et méthodes.....	- 21 -
2.2.1. <i>Les matériels requis pour la mise au point de la technologie</i>	- 21 -
2.2.1.1. Les matières premières	- 21 -
a) Le soja.....	- 21 -
b) Le lait et les autres ingrédients	- 22 -
2.2.1.2. Les outils de travail.....	- 22 -
a) Pour l'extraction du lait de soja et la fabrication des soycheeses	- 22 -
b) Pour la caractérisation des matières premières et des soycheeses	- 23 -
2.2.2. <i>Méthodes adoptées pour la mise au point de la technologie</i>	- 24 -
2.2.2.1. Méthodologie de travail adoptée.....	- 24 -
2.2.2.2. Méthode d'extraction du lait de soja.....	- 25 -
a) Triage et nettoyage des grains	- 27 -
b) Trempage	- 27 -
c) Nettoyage et rinçage	- 27 -
d) Broyage, tamisage et filtration.....	- 27 -
e) Cuisson.....	- 28 -
2.2.2.3. Les méthodes mises en œuvre pour la fabrication des soycheeses	- 28 -
a) Choix de la formulation des produits.....	- 28 -
b) La fermentation lactique	- 29 -
c) L'acidification et le caillage	- 30 -
d) Le saumurage et l'affinage des fromages	- 31 -
2.2.2.4. Méthodes de caractérisation des produits finis	- 31 -
a) Identification et de dénombrement des microorganismes	- 31 -
b) Méthodes de détermination de la valeur nutritionnelle	- 32 -
c) Méthodes d'évaluation sensorielle.....	- 32 -
2.2.2.5. Méthodes d'optimisation du procédé.....	- 33 -
a) Ecrémage du mélange de laits	- 33 -
b) Aromatisation des soycheeses	- 33 -

2.3. Résultats, Interprétation et Discussions	- 34 -
2.3.1. <i>Les matières premières et le produit semi fini : le lait de soja</i>	<i>- 34 -</i>
2.3.1.1. Composition du lait de vache et du lait de soja	- 34 -
a) Le lait	- 34 -
b) Le lait de soja	- 34 -
c) La qualité organoleptique du lait de soja et du lait	- 36 -
2.3.1.2 Rendement d'extraction	- 36 -
2.3.2. <i>Les paramètres du processus de fabrication de soycheeses</i>	<i>- 37 -</i>
2.3.2.1. Fermentation lactique	- 37 -
2.3.2.2. Caillage	- 37 -
2.3.2.3. Pressage et saumurage	- 38 -
2.3.2.4. Affinage	- 38 -
2.3.3. <i>Processus de fabrication des soycheeses mis au point</i>	<i>- 39 -</i>
2.3.4. <i>Rendements fromagers</i>	<i>- 39 -</i>
2.3.5. <i>Les caractéristiques des soycheeses « nature »</i>	<i>- 41 -</i>
2.3.5.1. Qualité hygiénique	- 41 -
2.3.5.2. Qualité nutritionnelle	- 42 -
a) Apport énergétique	- 42 -
b) en éléments majeurs	- 43 -
c) Qualité de la phase grasse	- 44 -
d) Les éléments minéraux	- 46 -
2.3.5.3. Qualité sensorielle	- 47 -
a) Résultat de l'analyse discriminative	- 47 -
b) Les caractéristiques de la référence	- 47 -
c) Les profils sensoriels des soycheeses « nature »	- 48 -
2.3.5.4. Résultats des épreuves hédoniques des soycheeses « nature »	- 50 -
2.3.6. <i>Les effets de l'optimisation sur les qualités sensorielles</i>	<i>- 51 -</i>
2.3.6.1. Effets de l'écrémage	- 51 -
2.3.6.2. Effets de l'aromatisation	- 53 -
a) Différence entre soycheese « nature » et soycheese au poivre	- 53 -
b) Les caractéristiques organoleptiques des soycheeses au poivre	- 54 -
c) Analyse hédonique des soycheeses au poivre	- 56 -
2.3.7. <i>Valorisation de l'Okara</i>	<i>- 57 -</i>
2.3.7.1. Rendement de production en Okara	- 57 -
2.3.7.2. Valeur nutritionnelle de l'okara	- 58 -
2.3.7.3. Possibilité d'utilisation de l'Okara	- 58 -
a) Valorisation en alimentation humaine	- 58 -
b) Valorisation en alimentation animale	- 58 -
Conclusion partielle II	- 59 -

Troisième partie : ETUDE DE FAISABILITE TECHNICO-ECONOMIQUE DE L'UNITE FROMAGERE	- 60 -
 3.1. Contexte socioéconomique.....	- 60 -
3.1.1. <i>Notion de sécurité alimentaire.....</i>	- 60 -
3.1.1.1. <i>Définition</i>	- 60 -
3.1.1.2. <i>Facteurs déterminant l'insécurité alimentaire.....</i>	- 60 -
3.1.2. <i>Situation nutritionnelle des malgaches.....</i>	- 60 -
3.1.2.1. <i>La malnutrition</i>	- 60 -
3.1.2.2. <i>Situation de Madagascar</i>	- 61 -
3.1.2.3. <i>Cause de la malnutrition à Madagascar</i>	- 61 -
3.1.3. <i>Les secteurs d'intervention de l'unité</i>	- 62 -
 3.2. Etude de faisabilité commerciale	- 63 -
3.2.1. <i>Le marché en amont.....</i>	- 63 -
3.2.1.1. <i>Le soja.....</i>	- 63 -
3.2.1.2. <i>Le lait</i>	- 63 -
3.2.1.3. <i>Les autres ingrédients</i>	- 63 -
3.2.2. <i>Le marché en aval : étude de la mise en marché du produit</i>	- 63 -
3.2.2.1. <i>Définition du marketing.....</i>	- 63 -
3.2.2.2. <i>Les utilisateurs finaux ciblés.....</i>	- 63 -
3.2.2.3. <i>La concurrence.....</i>	- 64 -
a) <i>Les concurrents directs</i>	- 64 -
b) <i>Les concurrents indirects</i>	- 64 -
3.2.2.4. <i>Le marché et estimation des ventes</i>	- 65 -
3.2.2.5. <i>La politique marketing.....</i>	- 67 -
a) <i>Produits</i>	- 67 -
b) <i>Prix</i>	- 68 -
c) <i>Place ou lieu de distribution.....</i>	- 68 -
d) <i>Publicité et promotion des produits</i>	- 68 -
 3.3. Ingénierie et technologie	- 69 -
3.3.1. <i>Localisation, site et environnement de la fromagerie.....</i>	- 69 -
3.3.1.1. <i>Choix de l'emplacement de l'usine</i>	- 69 -
3.3.1.2. <i>Plan simplifié de l'unité fromagère</i>	- 69 -
3.3.2. <i>Besoin en matériels de l'unité fromagère</i>	- 71 -
3.3.3. <i>Système de promotion et de contrôle de la qualité</i>	- 72 -
3.3.4. <i>Organisation des ressources humaines</i>	- 73 -
3.3.4.1. <i>Les principales activités de l'unité.....</i>	- 73 -
3.3.4.2. <i>Chronogramme des activités.....</i>	- 73 -
a) <i>Déroulement des activités techniques hebdomadaires.....</i>	- 73 -
b) <i>Chronogramme des activités de l'usine</i>	- 74 -
3.3.4.3. <i>Répartition des tâches</i>	- 74 -
3.3.4.4. <i>Organigramme</i>	- 75 -
3.3.4.5. <i>Quelques points sur la gestion des ressources humaines</i>	- 75 -
3.3.4.6. <i>Tableau récapitulatif du besoin en ressources humaines</i>	- 76 -

3.4. Etude de faisabilité financière	- 76 -
3.4.1. <i>Coûts des investissements</i>	- 76 -
3.4.1.1. Infrastructures	- 76 -
3.4.1.2. Investissements des activités techniques	- 77 -
3.4.1.3. Investissements des activités administratives et financières	- 78 -
3.4.1.4. Coût total des investissements et amortissements	- 79 -
3.4.2. <i>Compte de résultats prévisionnels</i>	- 80 -
3.4.2.1. Les charges	- 80 -
a) Les charges fixes	- 80 -
b) Les charges variables	- 82 -
3.4.2.2. Prévision des produits	- 85 -
3.4.2.3. Compte de résultats prévisionnels	- 87 -
3.4.3. <i>Plan de financement</i>	- 88 -
3.4.3.1. Flux de trésorerie	- 88 -
3.4.3.2. Plan de financement	- 89 -
3.4.3.3. Remboursement des emprunts	- 89 -
3.4.4. <i>Calcul financier</i>	- 90 -
3.4.4.1. Le cash flow	- 90 -
3.4.4.2. Les indices de rentabilité	- 92 -
a) La valeur nette actualisée (VNA)	- 92 -
b) Le taux de rentabilité interne (TRI)	- 92 -
c) L'indice de profitabilité (Ip)	- 93 -
d) Le délai de récupération du capital investi (DRCI)	- 93 -
Conclusion partielle III	- 94 -
CONCLUSION GENERALE	- 95 -
BIBLIOGRAPHIE	- 96 -
PARTIE EXPERIMENTALE	- 100 -
ANNEXES	- 111 -

LISTE DE LA PARTIE EXPERIMENTALE

I. Protocole d'analyses physico-chimiques des matières premières et des produits finis	- 100 -
II. Protocole d'analyses sensorielles des produits finis	- 108 -
III. Protocoles d'analyses micrbiologiques des produits finis	- 110 -

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE I : Composition de la graine de soja	- 111 -
Tableau n°49 : Composition de 100 grammes de graine de soja.....	- 111 -
Tableau n°50 : Les acides aminés indispensables du soja et de l'œuf entier....	- 111 -
ANNEXE II : Composition du lait de soja	- 112 -
Tableau n°51 : Composition de 100g de lait de soja	- 112 -
Tableau n°52 : Quantité d'acides aminés reçus par l'ingestion de	- 112 -
ANNEXE III : Données sur l'agriculture et l'élevage.....	- 113 -
Tableau n°53 : Données sur l'agriculture dans le Vakinankaratra	- 113 -
ANNEXE IV : Données climatologiques de la région de vakinankaratra.....	- 114 -
Tableau n°54 : Données climatologiques du Vakinankaratra.....	- 114 -
ANNEXE V : quelques processus de fabrication de fromages	- 115 -
Figure n°30.a., b., c. : Processus de fabrication de fromage.....	- 115 -
ANNEXE VI : Les milieux de cultures pour les analyses microbiologiques	- 118 -
Tableau n°55 : Les milieux de culture utilisés.....	- 118 -
ANNEXE VII : questionnaires pour l'évaluation sensorielle des produits finis....	- 120 -
ANNEXE VIII : les facteurs antinutritionnelles du soja	- 122 -
ANNEXE IX : IES Critères microbiologiques	- 123 -
Tableau n°56 : Caractéristiques d'identification des salmonelles	- 123 -
ANNEXE X : Résultats des analyses microbiologiques	- 124 -
Tableau n°57 : Résultats détaillés des analyses microbiologiques	- 124 -
ANNEXE XI : valeur nutritionnelle du saint paulin.....	- 125 -
Tableau n°58 : Valeur nutritionnelle de la référence Saint Paulin	- 125 -
ANNEXE XII : Longueur des chaînes équivalentes de quelques acides gras	- 126 -
Tableau n°59 : Longueur des chaînes équivalentes de quelques acides gras	- 126 -

ANNEXE XIII : Les profils chromatographiques des matieres grasses de la graine, des soycheeses et de l'okara	- 127 -
Figure n°31 : Profil chromatographique de la MG de la graine de soja	- 127 -
Figure n°32 : Profil chromatographique de la MG des soycheeses F1	- 127 -
Figure n°33 : Profil chromatographique de la MG des soycheeses F2	- 128 -
Figure n°34 : Profil chromatographique de la MG des soycheeses F3	- 128 --
Figure n°35 : Profil chromatographique de la MG des soycheeses F4	- 129 -
Figure n°36 : Profil chromatographique de la matière grasse de l'okara	- 129 -
ANNEXE XIV : Rémunération du personnel.....	- 130 -
Tableau n°60 : Rémunération du personnel dans le secteur agricole	- 130 -
ANNEXE XV : Détails des calculs financiers.....	- 131 -
Tableau n°61 : Détails des besoins en ingrédients et intrants.....	- 131 -
Tableau n°62 : Détails des autres charges de production	- 131 -
Tableau n°63 : Détails des ventes	- 132 -
Tableau n°64 : Détails du flux de trésorerie	- 133 -

LISTE DES FIGURES

Figure n°1 : Coupe longitudinale d'une graine de soja	- 3 -
Figure n°2 : Les techniques d'extraction du lait de soja.....	- 6 -
Figure n°3 : Situation géographique et administrative de Vakinankaratra.....	- 14 -
Figure n°4 : Courbe ombrothermique de la région de Vakinankaratra.....	- 15 -
Figure n°5 : Schéma récapitulatif de la méthodologie de travail adoptée pour la mise au point de la technologie de fabrication des soycheeses.....	- 25 -
Figure n°6 : Processus d'extraction du lait de soja adoptée	- 26 -
Figure n°7 : Méthodes d'isolement du ferment	- 30 -
Figure n°8 : Echantillon pour l'analyse discriminative	- 32 -
Figure n°9 : Protocole d'analyse sensorielle.....	- 33 -
Figure n°10 : Lait de soja et lait de vache.....	- 34 -
Figure n°11 : Evolution du pH du mélange en fonction d'acide acétique versé	- 37 -
Figure n°12 : Processus de fabrication des soycheeses	- 39 -
Figure n°13 : Comparaison des rendements fromagers	- 40 -
Figure n°14 : Comparaison de l'apport énergétique des soycheeses.....	- 42 -
Figure n°15 : Comparaison de la valeur nutritionnelle des soycheeses.....	- 43 -
Figure n°16 : Caractéristiques sensorielles du fromage de lait de vache.....	- 47 -
Figure n°17: Epreuve hédonique du fromage de lait de vache de référence	- 48 -
Figure n°18 : L'aspect et la texture des soycheeses « nature ».....	- 48 -
Figure n°19 : Comparaison de l'odeur et l'arôme des soycheeses « nature »	- 49 -
Figure n°20 : Comparaison de la saveur des soycheeses « nature ».....	- 50 -
Figure n°21.a, b, c, d : Analyses hédoniques des soycheeses « nature ».....	- 51 -
Figure n°22 : Comparaison des caractéristiques sensorielles des soycheeses « nature » et écrémés	- 52 -
Figure n°23 : Comparaison des caractéristiques sensorielles des soycheeses « nature » et épicés	- 53 -
Figure n° 24 : Comparaison des aspects des soycheeses au poivre	- 54 -
Figure n°25 : Comparaison de l'odeur et de l'arôme des soycheeses au poivre	- 55 -
Figure n°26 : Saveur des soycheeses au poivre	- 55 -
Figure n°27.a., b., c., d. : Résultats des analyses hédoniques des soycheeses épicés -	56 -
Figure n°28 : Plan simplifié de l'unité.....	- 70 -
Figure n°29 : Organisation de la ressource humaine au sein de la société	- 75 -

LISTE DES TABLEAUX

Tableau n°1 : Classification des fromages.....	- 9 -
Tableau n°2 : Matériels et réactifs pour les analyses chimiques des soycheeses	- 23 -
Tableau n° 3 : Le coefficient protéique suivant les catégories de personne.....	- 28 -
Tableau n°4 : Les différents types de soycheeses à produire	- 29 -
Tableau n°5 : Méthodes d'identification et de dénombrement des microorganismes-	31 -
Tableau n°6 : Méthodes de détermination de la valeur nutritionnelle des soycheeses obtenus	- 32 -
Tableau n°7 : Valeur nutritionnelle du lait de soja expérimentale	- 35 -
Tableau n°8 : Composition en acides gras du lait de soja	- 35 -
Tableau n°9 : Rendement d'extraction de lait de soja	- 36 -
Tableau n°10 : Rendement théorique et expérimental en soycheeses	- 40 -
Tableau n°11 : Caractéristiques hygiéniques des soycheeses.....	- 41 -
Tableau n°12: Caractéristiques physico-chimiques des soycheeses	- 43 -
Tableau n°13 : Composition en acide gras des soycheeses	- 44 -
Tableau n°14 : Les macroéléments contenus dans les cendres en mg par 100 g.....	- 46 -
Tableau n°15 : Récapitulatif des qualifications organoleptiques des soycheeses	- 57 -
Tableau n°16 : Valeur nutritionnelle du sous-produit OKARA	- 58 -
Tableau n°17 : Comparaison des prix de fromages existants sur le marché de Tana -	65 -
Tableau n°18 : Estimation de l'offre et la demande de produits laitiers.....	- 65 -
Tableau n°19 : Volume estimatif des ventes de soycheeses.....	- 66 -
Tableau n°20 : Les produits à commercialiser.....	- 67 -
Tableau n°21 : Les prix de vente des soycheeses	- 68 -
Tableau n°22 : Besoin en matériels de l'unité fromagère.....	- 71 -
Tableau n°23 : Système de promotion et de contrôle de la qualité.....	- 72 -
Tableau n°24 : Planification des activités hebdomadaires.....	- 73 -
Tableau n°25 : Chronogrammes des activités de l'usine	- 74 -
Tableau n°26 : Le besoin en personnel de l'unité.....	- 76 -
Tableau n°27 : Les dépenses d'investissement pour les infrastructures	- 76 -
Tableau n°28 : Coût des matériels de production	- 77 -
Tableau n°29 : Coût des matériels pour les opérations annexes.....	- 77 -
Tableau n°30 : Coût des matériels de laboratoire	- 78 -

Tableau n°31 : Coût des mobiliers de bureau	- 78 -
Tableau n°32 : Charges exceptionnelle pour l'installation de l'usine	- 79 -
Tableau n°33 : Investissements et amortissements.....	- 79 -
Tableau n°34 : La rémunération mensuelle du personnel.....	- 80 -
Tableau n°35 : Le coût de formation du personnel.....	- 81 -
Tableau n°36 : Récapitulatif des charges annuelles du personnel	- 81 -
Tableau n°37 : Coût d'achat de matières premières par kg de produit fini	- 82 -
Tableau n°38 : Les coûts d'achats annuels de matières premières	- 83 -
Tableau n°39 : Les coûts d'achats d'ingrédients et d'intrants	- 83 -
Tableau n°40 : Les autres charges de production	- 84 -
Tableau n°41 : Charges variables totales.....	- 84 -
Tableau n°42 : Tableau de l'évolution des charges d'exploitation.....	- 85 -
Tableau n°43 : Tableau de l'évolution des ventes des produits et sous-produits	- 86 -
Tableau n°44 : Compte de résultats prévisionnel	- 87 -
Tableau n°45 : Plan de trésorerie de la première année de fonctionnement	- 88 -
Tableau n°46 : Tableau de financement	- 89 -
Tableau n°47 : Récapitulation des produits et des charges pendant la durée du projet... --	
	90 --
Tableau n°48 : Calcul de la rentabilité de l'unité	-- 91 --

LISTE DES ABREVIATIONS

§	: Paragraphe
AAS	: Spectrométrie à absorption atomique
Ac.	: Acide
AFNOR	: Association française de normalisation
AG	: Acides gras
AGI	: Acides gras insaturés
AGPI	: Acides gras polyinsaturés
AGS	: Acides gras saturés
Ar	: Ariary
°Bé	: Degré Baumé
BP	: Milieu de Baird Parker
CPG	: Chromatographie en phase gazeuse
CF	: Coliformes fécaux (thermo tolérants)
CM	: Cadre moyen
CNaPS	: Caisse Nationale de Prévoyance Sociale
CT	: Coliformes totaux
CU	: Commune Urbaine
CV	: Coefficient de variation
°D	: Degré Dornic
DIAA	: Département des Industries Agricoles et Alimentaires
DSRP	: Document Stratégique pour la Réduction de la Pauvreté
DRCI	: Durée de Remboursement du Capital Investi
E&C	: Emballage et Conditionnement
EESSA	: Etablissement d'Enseignement Supérieur des Sciences Agronomiques
EPT	: Eau peptonée tamponnée
ESD	: Extrait Sec Dégraissé
ESSA	: Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques
EST	: Extrait Sec Total
F1, F2, F3, F4	: Formulation 1, 2, 3 et 4 « nature »
F1E, F2E, F3E, F4E	: Formulation 1, 2, 3 et 4 « épicées »
FAMT	: Flore aérobie mésophile totale
FMA	: Farm Milk Analysis
GAIN	: Groupement d'Actions Intersectorielles en Nutrition
IAA	: Industries Agricoles et Alimentaires
INSTAT	: Institut National de la STATistique
Ip	: Indice de profitabilité
Klig.	: Milieu de Kligler (isolement des Salmonelles)
L&M	: Levures et moisissures

LCE	: Longueur de chaînes équivalentes
LDA	: Lysine Désaminase
LDC	: Lysine Décarboxylase
LS	: Lait de soja
LV	: Lait de vache
Lys.	: Milieu au Lysine fer (confirmation des Salmonelles)
MAEP	: Ministère de l'agriculture, de l'élevage et de la pêche
MAT	: Matière azotée totale
MBA	: Marge brute d'autofinancement
MEFB	: Ministère de l'économie, de la finance et du budget
MINSAN	: Ministère de la santé
MG	: Matière grasse
Min	: Minute
MM	: Matière minérale
MP	: Matières premières
MPE	: Malnutrition Protéino-Energetique
MS	: Matière sèche
N & D	: Nettoyage et Désinfection
OGA	: Ogée agar base
OP	: Ouvrier professionnel
OS	: Ouvrier spécialisé
OSIE	: Organisation Sanitaire Inter - Entreprise
PCA	: Plat Count Agar
PF	: Produits finis
ppm	: Partie par million
PRN	: Pie Rouge Norvégienne
PT	: Prix total
PU	: Prix unitaire
Qp	: Coefficient protéique ou quotient protéique
RA	: Rambach Agar (isolement des Salmonelles)
Rap.	: Bouillon Rapaport (enrichissement des Salmonelles)
RN	: Route nationale
Sel.	: Bouillon au sélénite – cystine (enrichissement des Salmonelles)
TRI	: Taux de rentabilité interne
UI	: Unité internationale
UFC	: Unité formatrice de colonie
UPDR	: Unité de Politique pour le Développement Rural
VRBL	: Violet Red Bile
VNA	: Valeur nette actualisée

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Se nourrir est un besoin fondamental de l'homme. En effet, l'alimentation conditionne une part importante du travail quotidien humain ainsi que son développement intellectuel. Une **alimentation saine et équilibrée tant en qualité qu'en quantité** est donc nécessaire. Cependant, cet équilibre nutritionnel n'est pas respecté chez les malgaches, dont la nourriture est généralement constituée de céréales et de tubercules. Cette habitude alimentaire est aggravée par l'insuffisance de la production agricole. Ainsi 70% des malgaches vivent dans l'insécurité alimentaire, dont en particulier la Malnutrition Protéino - Energétique.

Les aliments d'origine animale comme les viandes, les produits de la pêche ainsi que les produits laitiers sont riches en protéines, mais ils ne sont pas à la portée de la majorité de la population. D'un autre côté, le soja, malgré son excellente valeur nutritionnelle et son faible coût, demeure encore sous exploité. Leur complémentarité est donc intéressante, c'est-à-dire qu'une adjonction de lait de soja dans le lait et leur conservation sous forme de fromage pourrait constituer une réponse aux besoins nutritionnels des malgaches.

Ainsi, notre étude se propose-t-elle de valoriser le lait de soja en fromagerie pour obtenir des fromages typiques, originaux qui présentent un grand intérêt nutritionnel et économique. Le but de ce mémoire est de contribuer à la lutte contre la malnutrition protéino-énergétique tout en créant de la valeur ajoutée aux produits locaux. Il s'intitule « *Valorisation du lait de soja en fromagerie : Cas de la fabrication de « soycheeses » dans la région de Vakinankaratra* ».

Cet ouvrage comporte trois parties. En première partie, quelques généralités sur le soja, le lait et la région du Vakinankaratra sont développées. Sa deuxième partie concerne la mise au point de la technologie de fabrication des soycheeses et leur caractérisation. Enfin, la dernière partie de ce mémoire traitera l'étude de faisabilité technico-économique d'une unité de transformation de tels produits.

Première partie :
**GENERALITES SUR LE SOJA, LE
FROMAGE ET LA REGION DU
VAKINANKARATRA**

Première Partie : GENERALITES SUR LE SOJA, LE LAIT ET LA REGION DE VAKINANKARATRA

Dans cette première partie, nous allons voir les généralités sur notre thème afin de mieux comprendre la technologie adoptée et le choix de la zone d'étude. Les corrélations entre le soja, la fromagerie et la région de Vakinankaratra seront ainsi mises en évidence.

1.1. Le soja : une plante miracle

Originaire d'Asie orientale, le soja ou *Glycine Max. Linnaeus Merill* appartient à la famille des *Légumineuses*, sous-famille des *Papillionoïdae*. Sa première utilisation par l'homme datait probablement du quinzième Siècle [POUZET, 1996 in KARLESKIND et WOLFF, 1996]. Il fut introduit à Madagascar entre la première et la deuxième Guerre Mondiale. [RAZAFIARIHANTA, 1993].

C'est une plante duveteuse, dressée, mesurant de 60 cm à 1 m de haut, aux grandes feuilles à trois folioles, à petites fleurs blanches ou mauves, et à gousses contenant de une à quatre graines. [Microsoft Corporation, 2005]

1.1.1. Caractéristiques agronomiques de la plante

1.1.1.1. Exigences édaphiques

Le soja pousse bien dans la plupart des types de sol, à faible capacité de rétention d'eau. Le pH optimal est compris entre 6,0 et 6,5, donc un chaulage est nécessaire au sol acide. Les sols salins sont à proscrire. [BOURGEOIS *et al.*, 1996]

Cette plante, comme toutes les légumineuses, présente une capacité particulière de retenir l'azote à travers la symbiose avec une bactérie nodulante (*Rhizobium*) du sol.

1.1.1.2. Exigences climatiques

Il s'agit d'une plante à jour court, c'est-à-dire que sa floraison s'effectue quand les nuits commencent à rallonger. Elle s'adapte bien en zones tropicales [CIRAD *et al.*, 2002]. En fait, au cours de son cycle de 90 à 150 j, la moyenne des températures devrait être supérieure à 20°C. Une température inférieure à 13°C provoque la coulure des fleurs et la croissance de la plante s'arrête complètement pour des températures inférieures à 10°C. [RAZAFIARIHANTA, 1993].

Une précipitation de l'ordre de 500 à 800 mm est considérée comme optimale. [BOURGEOIS *et al.*, 1996]. L'alimentation en eau suffisante est importante surtout lors

de la période de développement de la gousse et des graines (remplissage des gousses). Si nécessaire, l'irrigation devait être effectuée.

1.1.2. La graine de soja

1.1.2.1. Morphologie

a) Forme, couleur et taille

Les graines ont une forme quasiment sphérique mais elle peut être allongée ou plate. La couleur peut être jaune clair, noire, brune ou verte selon les variétés mais pour notre cas, elles sont de couleur jaune clair comme celle des variétés industrielles.

La taille de graine est exprimée par le rapport nombre de graines par unité de volume ou de masse. Elle tourne autour de 100 graines pour 18 à 20 grammes. Le poids moyen des graines de soja que nous avons utilisées est de l'ordre de **187 mg ± 31,1**.

b) Structure

Une coupe longitudinale d'une graine de soja (cf. *figure n°1 ci-dessous*) nous montre les différentes parties suivantes [BERK, 1993] :

➤ les **cotylédons**, au nombre de deux, constituent les 90% de la masse de la graine. Ils renferment dans leurs cellules palissadiques qui sont :

- des corps protéiques (graines à aleurone) d'environ 10 μ de diamètre moyen, constituent la réserve de protéines ;

- des corpuscules lipidiques (sphérosomes) de 0,2 à 0,5 μ de diamètre moyen, sont par contre les structures de réserve de lipides ;

➤ la **pellicule** ou l'enveloppe externe tient ensemble les deux cotylédons et forme une couche protectrice efficace. Elle constitue les 8% de la masse de la graine et renferme en grande partie de la fibre, dont principalement la cellulose ;

➤ le **germe** qui constituera le prochain embryon lors de la germination.

La figure n°1 suivante illustre cette structure des graines de soja.

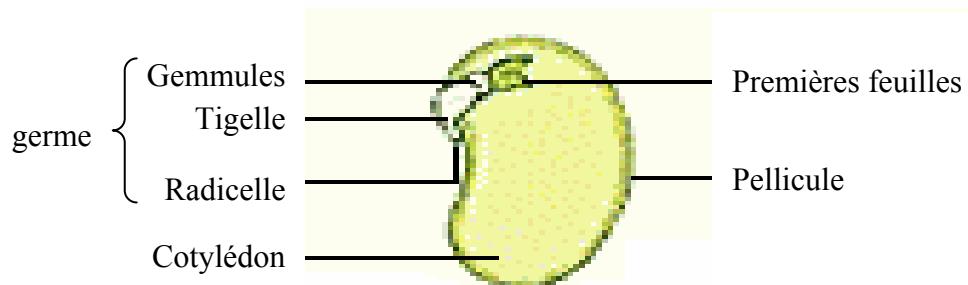


Figure n°1 : Coupe longitudinale d'une graine de soja [Le Petit Larousse, 2004]

1.1.2.2. Composition de la graine de soja

Le soja à 8,5% d'humidité est composé de 36,5% de protéines, 30% de matières glucidiques, 20% de matières grasses, 5% de matières minérales. Sa composition selon USDA, 1999 est détaillée en Annexe I.

Les protéines du soja sont constituées à 90% de globuline [POUZET, 1996 in KARLESKIND et WOLFF, 1996]. Les acides aminés qu'il renferme permettent d'avancer qu'il s'agit d'une excellente source de protéines de qualité en comparaison avec d'autres aliments (cf. Annexe I). Il renferme les huit acides aminés essentiels indispensables à l'homme que l'organisme ne peut pas synthétiser. Près de 80% des protéines des graines crues sont extraites à pH neutre ou alcalin [BERK, 1993]. D'où le choix du procédé d'extraction à pH 6,5 - 7,0 avant la cuisson, et l'échec de l'extraction à l'aide du lactosérum (pH acide).

Le soja contient aussi en grande quantité de la matière grasse que l'on peut extraire pour la consommation humaine ou pour d'autres fins technologiques. En effet, l'huile de soja est riche en acides gras polyinsaturés et ne contient pas de cholestérol. Les graines de soja sont également riches en calcium, fer, zinc, phosphate, magnésium, vitamines B et folate avec une biodisponibilité assez élevée.

1.1.2.3. Utilisation du soja en alimentation humaine et animale

BERK et al. (1993) ont estimé que la quantité de protéine de soja produite annuellement dans le monde pourrait satisfaire près du tiers de la demande globale en protéine alimentaire de l'homme. Par conséquent, le soja figure parmi les plus grandes sources potentielles de protéine alimentaire.

Malgré l'intérêt considérable de l'utilisation des produits à base de soja directement consommés par l'homme, leur quantité reste relativement faible. Les farines et le gruau de soja sont, par exemple, utilisés dans l'industrie de la pâtisserie commerciale pour conditionner et blanchir la pâte. Leur excellente qualité de rétention d'humidité permet en outre de retarder le dessèchement.

Toutefois, de nombreux aliments fermentés à base de soja se rencontrent en Asie orientale. Citons à titre d'exemples le tempeh, le sufu, le tofu, le miso, etc.

Mais le soja est avant tout cultivé pour l'huile. Cette dernière est utilisée directement pour la cuisson et la friture et entre dans la composition de produits tels que la margarine, les sauces pour salade. La lécithine, extraite de l'huile de soja, est utilisée en industrie pharmaceutique pour servir de revêtement de protection aux médicaments.

C'est un émulsifiant et un lubrifiant naturel. Elle est notamment utilisée pour éviter la séparation du chocolat et du beurre de cacao contenu dans une sucrerie.

Après extraction de l'huile de soja, les flocons restants peuvent être transformés en différents produits protéiques comestibles à base de soja. La valorisation la plus courante est leur utilisation en alimentation animale sous forme de tourteau de soja.

1.1.2.4. Production mondiale et nationale de soja

Bien qu'originaire de l'Asie occidentale, ce sont les États-Unis qui fournissent actuellement près de 60 % de la production mondiale de soja. Ils sont suivis par le Brésil (14 %) et la Chine (10 %). [CIRAD *et al.*, 2002]

Pour Madagascar, la culture de soja se rencontre surtout aux alentours d'Antsirabe. Depuis l'année 2001, le moyen ouest a commencé à en cultiver même si cette culture ne se fait qu'à l'échelle familiale. Pour la région du Vakinankaratra, le soja annuellement produit a été de **5 189 t** en 2002. Il a été cultivé sur une surface de 3 546 ha. [MAEP/UPDR, 2003]. Le rendement moyen à l'hectare est de l'ordre de 1,46 t.

1.1.3. Le lait de soja

Le lait de soja était et est toujours consommé partout dans le monde. Il est consommé en tant qu'aliment de régime pour les végétariens et surtout les végétaliens. Mais il procure aussi un moyen pour boire du lait pour ceux ne tolérant pas le lactose.

1.1.3.1. La technologie d'extraction du lait de soja

L'extraction du lait de soja peut s'opérer de diverses manières, mais généralement deux méthodes les plus couramment employées sont figurées ci-après. Pour les deux méthodes, le soja subit d'abord les mêmes prétraitements. Leur différence réside sur l'ordre chronologique des opérations de broyage et de cuisson.

Pour la première technique, le broyage s'effectue juste après le trempage des graines de soja, alors qu'inversement, c'est la cuisson qui se fait avant toutes les autres opérations pour la deuxième. L'explication de ces différentes opérations sera traitée en deuxième partie.

Dans la figure qui suit l'**okara** désigne le résidu solide après extraction du lait de soja.

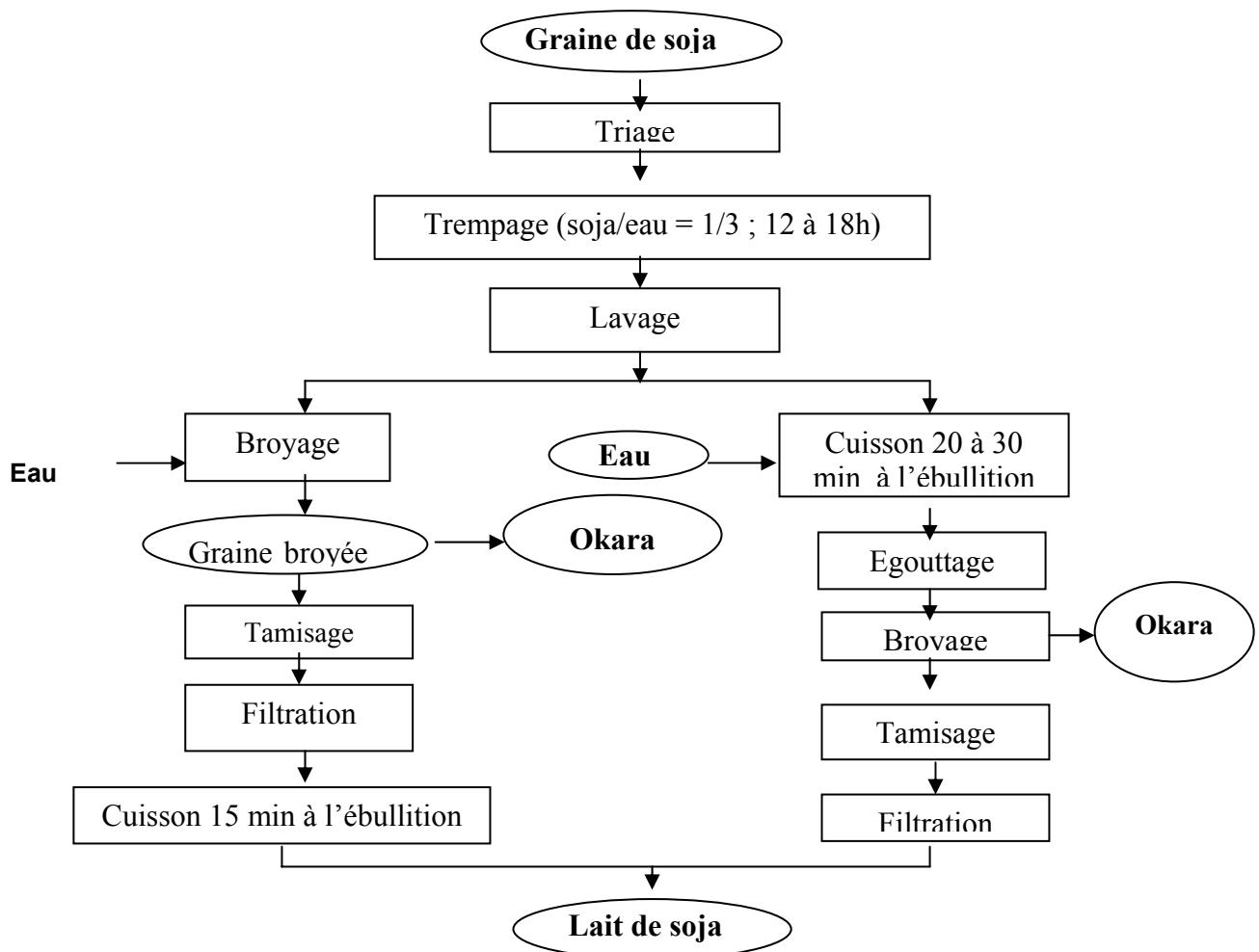


Figure n°2 : Les techniques d'extraction du lait de soja

Source : [DACOSTA, 1990 et BERK, 1993]

1.1.3.2. Composition biochimique du lait de soja

Le lait de soja est constitué en majeure partie par de l'eau et contient une valeur non négligeable de constituants dont le plus important est sa richesse en protéine provenant de la graine d'origine. Il contient environ 6,7% de matière sèche. Le détail de sa composition est figuré en Annexe II.

1.1.3.3. Les caractéristiques organoleptiques du lait de soja

Le lait de soja est un liquide plus ou moins visqueux, de couleur blanc jaunâtre. Il possède une odeur caractéristique du soja et une saveur fade. Une aromatisation est donc indispensable si l'on veut le consommer tel quel. Sa transformation par fermentation ou par d'autres procédés peut aussi les atténuer voire les éliminer.

1.1.3.4. La fermentation du lait de soja

La conservation du lait de soja, ou des produits issus du soja en général, se fait sous formes très variées. Comme la fermentation est l'une des plus vieilles méthodes de transformation et de conservation d'un aliment, elle est aussi utilisée pour transformer le lait de soja. Elle permet en outre d'améliorer la digestibilité et sa valeur nutritionnelle, grâce par exemple à la synthèse de vitamines par les microorganismes.

Selon BOURGEOIS et LARPENT (1996), les composés complexes tels que glucides, protides, lipides sont transformés en composés simples rapidement assimilables (sucres simples, acides aminés, acides gras) grâce à cette fermentation. Les caractéristiques organoleptiques (goût, texture, arômes) sont renforcées avec l'élimination du goût de farine. Enfin, le produit est bactériologiquement stabilisé et certains facteurs antinutritionnels disparaissent.

1.2. Généralités sur le lait

1.2.1. Définition

« Le lait est le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. (...) Le lait, sans indication de l'espèce animale de provenance, correspond au lait de vache ». [AFNOR, 1994]. Selon la Fédération Internationale Laitière, le lait doit être sécrété par des glandes mammaires normales et n'est ni ajouté ni soustrait de quelconque substance. [CHAMBON, 1996 in KARLESKIND et WOLFF, 1996]

C'est un produit alimentaire exceptionnellement riche en protéine et en matière grasse. Cependant sa composition peut être améliorée davantage par l'enrichissement en protéine végétale et en acides gras insaturés.

1.2.2. Comparaison du lait et du lait de soja

Ces deux types de lait ont un aspect semblable, seulement la saveur (odeur et saveur) du lait de soja rappelle celle du haricot d'origine. Du point de vue nutritionnelle, ils se diffèrent surtout par la nature de la matière grasse (le soja est riche en AGI alors que le lait est riche en AGS) et celle des protéines (globulines pour le soja et caséines pour le lait). Ils sont donc complémentaires. Ces caractéristiques du lait et du lait de soja seront développées en deuxième partie.

1.2.3. Aperçu de la filière laitière à Madagascar

La filière laitière est surtout prospère dans le triangle laitier délimité au Nord par Manjakandriana, à l'Ouest par Tsiroanomandidy et au sud par Ambalavao Tsienimparihy. Ainsi, la région de Vakinankaratra appartient bel et bien dans cette délimitation. Toutefois, l'amélioration de la race par croisement de la race locale avec une race pure (surtout le PRN) a beaucoup fait accroître la production laitière.

Le cheptel recensé dans le triangle laitier compte environ 432 000 têtes [d'après ROMA, 1996 in RAZAFINDRAHAGA, 1999], produisant près de 17 489 000 litres par an en 1996. Cette production est passée à 32 millions de litres en 1997. L'amélioration de la production s'explique par les actions menées par le PSE (Programme Sectoriel de l'Elevage) dans le développement du secteur laitier à Madagascar [RAZAFINDRAHAGA, 1999].

Toutefois, cette filière rencontre actuellement divers problèmes. L'alimentation du bétail, particulièrement dans les fermes individuelles où l'élevage est généralement extensif et traditionnel, n'est convenable. La raréfaction des pâturages naturels due aux feux de brousse ainsi qu'un faible recours aux pâturages artificiels entraînent une malnutrition provoquant une faible production de lait.

Ensuite, l'état sanitaire du cheptel, satisfaisant en général, est caractérisé par une persistance des mammites et de quelques épidémies de charbon symptomatique et de dermatose nodulaire. Enfin, ce qui n'est non plus négligeable, l'insécurité pour le cheptel reste encore à désirer surtout dans l'ouest de la région. [MAEP/UPDR, 2003]

1.2.4. Les problèmes de conservation du lait

Le lait est une denrée très périssable. Il comporte dès la traite une multitude de microorganismes d'origine intrinsèque et d'autres sont introduits pendant les manipulations du lait. Les enzymes sont aussi présentes dans le lait. Sa conservation à la température ambiante ne dure que quelques heures.

Pour conserver le lait, la mise en place d'une chaîne de froid continue ou un traitement thermique comme la pasteurisation ou la stérilisation est indispensable. Autrement, il doit être transformé en produits laitiers tels que les beurres, les crèmes glacées, le lait en poudre, le yaourt, et le fromage.

1.2.5. Le fromage : un aliment protéique

1.2.5.1. Définition

Le fromage est une forme de conservation des deux constituants insolubles du lait : la caséine et la matière grasse [ALAIS, 1961]. C'est donc une denrée alimentaire solide ou semi solide obtenue en séparant l'élément solide du lait (le caillé) de sa partie liquide (le petit-lait ou lactosérum), salée et vieillie pendant un temps plus ou moins long. [Microsoft Corporation, 2005]. Le lactosérum entraîne la plus grande partie de l'eau et des constituants hydrosolubles du lait. Une partie reste emprisonnée dans le caillé.

1.2.5.2. La classification des fromages

Le tableau suivant nous donne un exemple de classification simplifiée des fromages.

Tableau n°1 : Classification des fromages

Critères de classification	Types
Matière première	Fromage de lait de vache Fromage de lait de chèvre Etc.
Humidité	Pâte dure Pâte semi molle Pâte molle
Méthode de coagulation	Fromages obtenus par coagulation acide Fromages obtenus par coagulation enzymatique Fromages obtenus par coagulation mixte
Ferment secondaire utilisé pour la fermentation	Fromage à croûte fleurie Pâte persillée
Texture	Fromage ferme Fromage avec trou Fromage granulaire

Source : RAZAFINDRAJAONA, 1997

Dans la suite de cet ouvrage, nous ne parlerons que des fromages utilisant le lait de vache se différenciant par leur mode de fabrication. Selon ALAIS (1961), BOURGEOIS et LARPENT (1996), Microsoft Corporation (2005), les différentes sortes de fromages sont :

a) *Les fromages avec présure*

a.1. **Le fromages frais**

Ces fromages n'ont pas de croûte, sont blancs, et leur pâte est molle. Aucune ou peu de présure est ajoutée pour favoriser leur caillage. Ils sont égouttés, salés et moulés. Puisqu'il n'y a pas d'affinage, ils sont très humides et périssables, ils doivent donc être consommés dans les quinze jours qui suivent la fabrication, avant qu'ils ne développent une croûte.

En général, la coagulation est très lente (jusqu'à 30 heures) et la pâte est souvent rendue plus homogène par passage dans la « lisseuse ». Ces fromages sont parfois roulés dans des cendres ou aromatisés avec des herbes, de l'ail ou des noix pour accroître leur arôme.

On peut citer les *Demi-sel*, *Petit-suisse*, *Bracq* (Moselle), *Bibeleskäss* (Alsace), *Montrachet* (Bourgogne), *Cervelle de canut* (région Rhône-Alpes), *Mozzarella* (Italie).

a.2. **Les fromages à pâte molle**

Ces types de fromages se caractérisent par un caillage lent, peu de présure et un égouttage spontané n'ayant recouru à aucune force autre que la gravitation. Avec un affinage rapide, leur conservation est aussi limitée. Ce sont :

- Les fromages à pâte molle et à croûte fleurie : en forme de disque, souples sous le doigt. Leur croûte est blanche et duveteuse, parfois veinée de brun, ce qui provient de l'ensemencement d'une moisissure (*Penicillium candidum*) au moment de la coagulation du lait ou du salage du caillé. Leur pâte varie, selon leur âge, du blanc crayeux au jaune ocre. Les plus connus sont le brie de *Meaux*, le *coulommiers* (Île-de-France) et le *camembert* (Normandie).
- Les fromages à pâte molle et à croûte lavée : leur fabrication est similaire à celle des fromages à croûte fleurie. Seulement au cours de l'affinage, ils sont lavés avec de l'eau additionnée de saumure et parfois d'alcool (marc, vin, cidre ou bière). Ce faisant, le fromage acquiert une couleur particulière, le plus souvent orangée, comme *l'époisses* (Bourgogne), le *munster* (Alsace), le *reblochon* (Rhône Alpes), le *pont-l'évêque* (Normandie) ou encore le *stinking bishop* (Royaume-Uni), le *milleens* (Irlande), le *brick* (Nouvelle-Zélande), le *st david* (Pays de Galles) ;
- Les fromages à pâte molle et persillée : La couleur de bleu à vert qui zèbre la pâte lui confère le qualificatif de persillée ; on donne également à ces fromages le nom de *bleus*. Cette caractéristique provient de l'ensemencement de la pâte avec des

moisissures *Penicillium*. Le fromage peut également être piqué en son centre de longues aiguilles qui favorisent le développement des mycéliums.

a.3. Les fromages à pâte demi - molle

Ils sont légèrement pressés, puis lavés, ce qui donne une croûte rose un peu orangée. Si on les laisse vieillir en hâloir, ils développent une moisissure grisâtre qui est constamment rincée ou brossée, ce qui permet d'obtenir une croûte de la consistance du cuir, comme celle de la mimolette française. Ces fromages ont une texture souple et parfois élastique comme *l'édam* (France et Hollande), le *port-salut* (France). Ils proviennent parfois d'une fabrication industrielle, et le lait utilisé est souvent pasteurisé. Le *taleggio* (Italie), le *kasseri* (Grèce), le *gubbeens* et le *milleens* (Irlande), *l'avarti* (Danemark), le port *nicholson* (Nouvelle-Zélande), le *monterey jack* (États-Unis) sont également des fromages de ce type.

a.4. Les fromages à pâte pressée

Ce sont des fromages dont la fabrication est longue et soignée. Le caillé est coupé en morceaux et brassé, puis pressé pour en extraire le petit-lait. Le salage se fait ensuite par immersion dans de la saumure ou par frottage. L'affinage dure en général plusieurs mois : pendant ce temps, les fromages sont régulièrement brossés, lavés, frottés et retournés.

Ils sont communément appelés tommes ou fourmes (*tommes de Savoie, d'Ambert — Auvergne*) qui peuvent atteindre des tailles respectables : par exemple, les cantal ou laguiole (Auvergne) atteignent 40 à 50 kg (on les appelle alors des *meules*).

a.5. Les fromages à pâte cuite

Le lait est chauffé à 50 °C avant caillage. Le caillé est ensuite égoutté, puis salé. L'affinage commence en général dans des salles froides, puis continue dans des endroits tempérés à chauds, ce qui provoque une augmentation de la fermentation. Ainsi, des bulles de gaz carbonique apparaissent dans la pâte, plus ou moins nombreuses et de taille variable selon les fromages

Ces bulles sont nombreuses dans *l'emmenthal* (Suisse et Savoie), rares dans le *comté* (Franche-Comté), elles n'existent pas dans le *beaumont* (fromage industriel, Savoie). On compte également dans ce groupe le *parmesan* (Italie), le *cheddar*, le *cheshire* et le *lancashire* (Royaume-Uni), le *manchego* (Espagne), le *desmond* (Irlande), *l'idiabel* (Espagne) et le *dry jack* (États-Unis).

Les fromages à pâte cuite sont très déshydratés, se caractérisant par un extrait sec supérieur à 60%. Ce qui permet au fromage de se conserver plus longtemps.

a.6. Fromage à pâte filée

Les fromages à pâte « filée » dans l'eau ou le sérum bouillant sont des fromages italiens du type *provolone*.

b) *Fromage sans présure*

Le caillé est en général formé par acidification spontanée du lait, il donne des fromages de deux types :

➤ Fromages secs, friables, de petites dimensions, souvent aromatisés avec de des herbes ou des épices ;

➤ Fromages faits avec le lait écrémé, recevant souvent un affinage rapide. Ces ont en fait des sous produits de la beurrerie de même que les rares fromages faits avec le babeurre.

Le *Cottage Cheese*, variété sans présure, est fabriqué avec des levains lactiques, mais on commence à le faire en continu avec l'acide chlorhydrique.

Quelques fromages sont obtenus par caillage avec apport d'acide : vinaigre ou jus de citron ; par exemple, le *Mascarpone* italien fait à partir de la crème.

Quel que soit leur mode d'affinage, ces fromages ont toujours une structure très différente de celle des fromages à présure, du fait de l'absence de formation de la paracaséine de calcium.

c) *Autres types de fromage*

c.1. Fromages fondus

Ce sont les produits obtenus par la fonte d'un fromage ou d'un mélange de fromages, avec addition éventuelle d'autres produits laitiers, notamment du lait (liquide ou en poudre), crème, beurre, caséine, lactosérum, avec ou sans addition d'épices ou d'aromates. D'après la législation française, ils peuvent contenir une quantité de matière sèche égale à 50% ou à 44 %. Ce dernier type est aussi appelé *pour tartine*.

Ces produits nécessitent particulièrement l'adjonction de *sels de fonte* pouvant être des polyphosphates de sodium (E 450), des orthophosphates de sodium (E 339), du citrate de sodium (E 331) ou de l'acide citrique (E 330).

c.3. Fromages spéciaux

On incorpore divers arômes à des fromages à pâte dure ou semi molle, soit lorsque le caillé est encore frais, pour qu'ils puissent vieillir ensemble, soit en attendant que le fromage soit à moitié fait avant de le casser, d'ajouter des aromates et de

reconstituer la forme originale. Le fromage doit alors vieillir pendant plusieurs jours, voire plusieurs mois.

Les arômes ajoutés sont ceux de fruits, de noix, d'herbes, d'épices, de vin, d'autres fromages et même de jambon. Ceux qui sont agrémentés de fruits tels que pêches, abricots ou ananas peuvent être assez sucrés et sont servis en dessert. Parmi ces fromages devenus très populaires depuis le début des années 1990, on compte le *gouda au cumin* (Flandres et Hollande), la *raclette aux grains de poivre* (France), le *cheddar aux dattes et aux noix*, le *stilton aux abricots*, le *wensleydale au gingembre* et le *red leicester à l'ail* (Royaume-Uni).

c.3. Fromage artificiel

La production de fromages artificiels est récente. Ces fromages sont composés d'un mélange d'un ou de plusieurs types de fromages naturels auxquels on incorpore des émulsifiants, de l'eau, de la crème et des additifs d'arôme, comme du jambon, des fruits, des noix ou des épices. Ils se conservent plus longtemps que les fromages naturels et leur valeur nutritive est presque identique. Mais le caractère spécifique du fromage original est perdu.

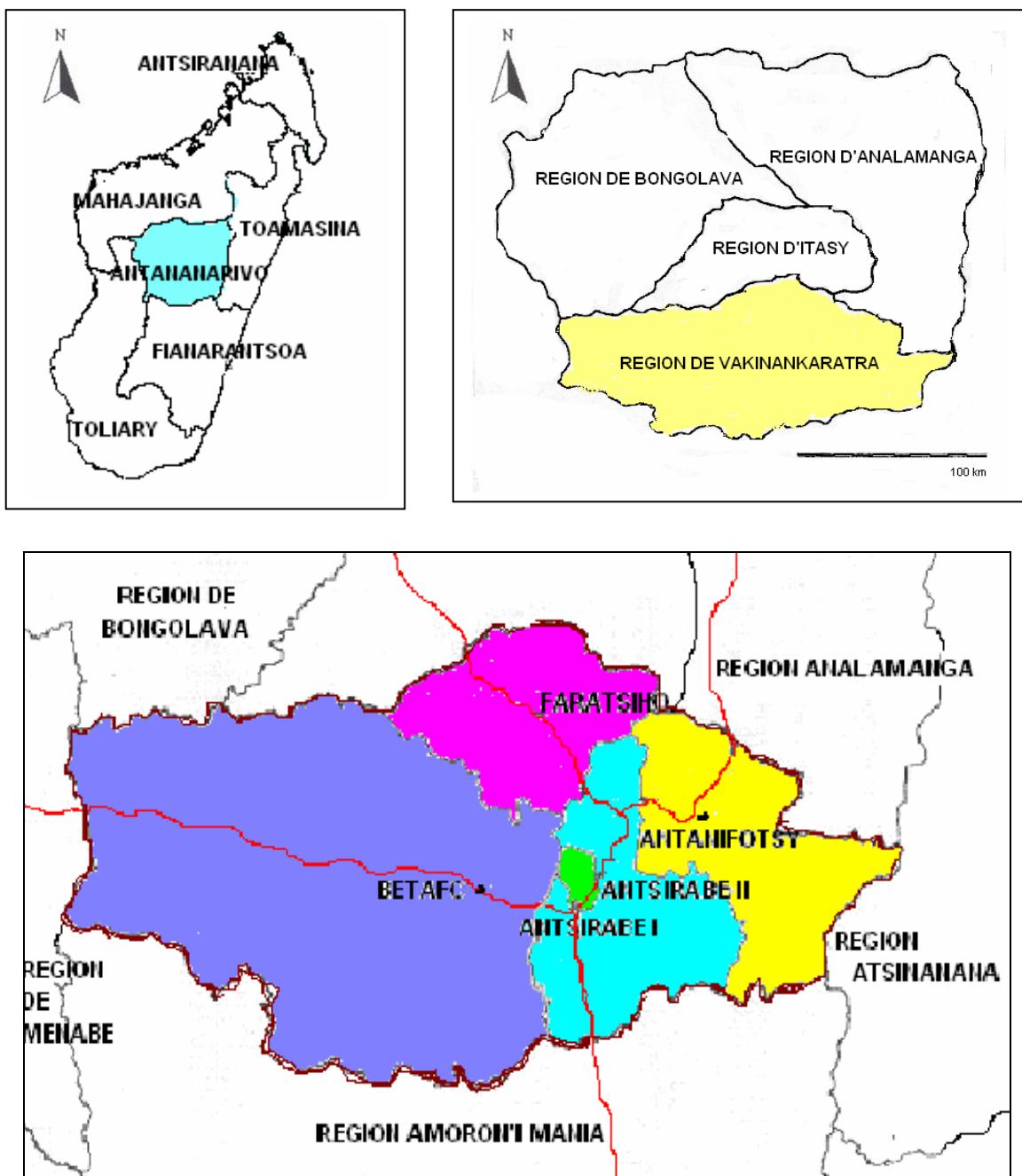
1.3. La région de Vakinankaratra

1.3.1. Situation géographique et administrative

La région de Vakinankaratra se situe dans la partie Sud de la province d'Antananarivo, et Antsirabe, le Chef lieu de région se situe à 167 km de la capitale. La région est traversée par la RN 7 reliant Antananarivo et Fianarantsoa, et la RN 41 reliant Antsirabe et Morondava. De façon générale, dès que l'on s'éloigne de ces axes, les villages et hameaux ne sont joignables que par des pistes en très mauvais état, souvent impraticables en saison des pluies.

Elle comprend cinq Districts dont : Antanifotsy, Antsirabe I, Antsirabe II, Betafo et Faratsiho regroupant 74 communes. [MAEP/UPDR, 2003].

Elle est délimitée au nord-est par la Région Analamanga, au nord - ouest par Bongolava, au sud par Amoron'i Mania, à l'ouest par la Région Andrefana, et à l'est par la région Atsinanana. La figure n°3 suivante localise la région de Vakinankaratra.



Source : MAEP/UPDR, 2003

20 0 20 40 Km

Légendes :

- : Chef lieu de District
- : Route nationale
- : Limite des Districts
- : Région de Vakinankaratra

Figure n°3 : Situation géographique et administrative de Vakinankaratra

1.3.2. Aspects physiques

1.3.2.1. Les caractéristiques édaphiques de la région

La région de Vakinankaratra s'identifie à trois ensembles naturels [MAEP/UPDR, 2003]:

- Le centre est caractérisé par le massif volcanique de l'Ankaratra culminant à 2 644 mètres ;
- Au sud, une série d'effondrements favorise la formation de dépressions à fond alluvial et présente de nombreux cratères et lacs et une zone dominée par la chaîne de l'Ibity est constituée d'une succession de petites cuvettes au sol sableux ;
- A l'ouest, le Moyen Ouest de Vakinankaratra est constitué par la pénéplaine de Mandoto - Ramaritina et où l'altitude s'abaisse à 1 000 m.

Le sol de la région de Vakinankaratra est volcanique, très favorable à la culture. Quelques données sur l'agriculture et l'élevage de cette région sont mentionnées en Annexe III. La DIRA Antananarivo [MAEP/UPDR, 2003] a avancé que la région est étendue sur 1749 600 ha dont 22,05% soit **344 011 ha** sont **cultivables**. Parmi ces derniers, 57,28% soit **197 045 ha** seulement sont **cultivés**. Le soja en particulier occupe, en 2003, 3 546 ha avec une production de 5 189 tonnes d'où un rendement de 1,4T/ha.

1.3.2.2. Les caractéristiques climatiques de la région

Concernant son climat, il est caractérisé par la courbe ombrothermique suivante :

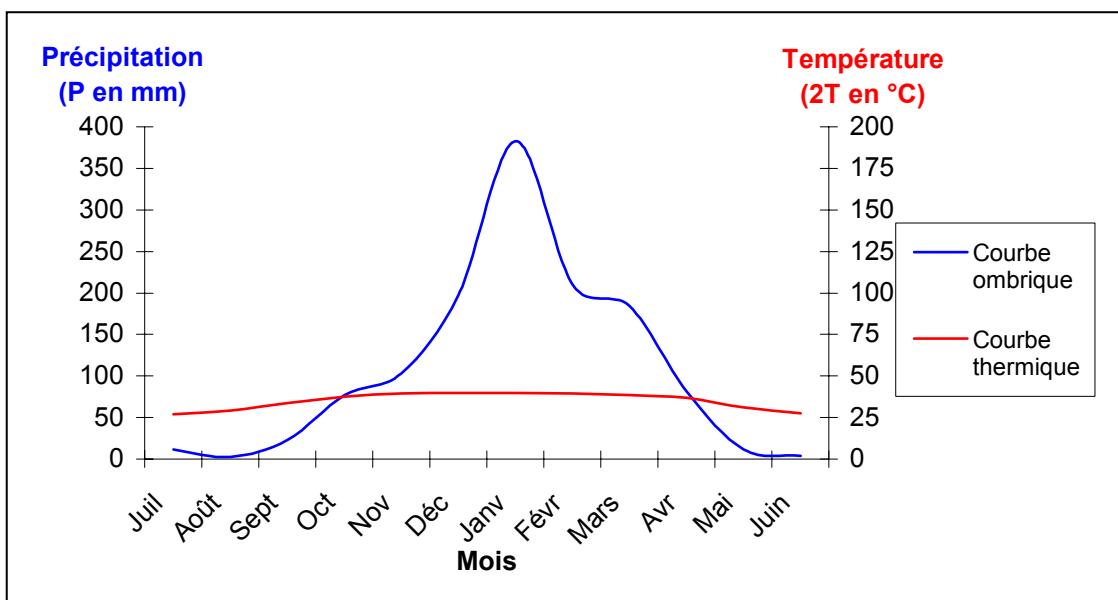


Figure n°4 : Courbe ombrothermique de la région de Vakinankaratra (courbe P / 2T)

Source : Service météorologie Ampandrianomby (Février 2005)

D'après cette courbe, les saisons pluvieuses se situent entre le mois d'octobre et le mois d'avril, avec un maximum de pluviométrie en janvier. Les données sources de cette figure sont mentionnées en Annexe IV.

Entre le mois de Novembre et Mars, période de culture du soja, le climat de la région de Vakinankaratra est caractérisé par une **température moyenne de 19,7°C et une pluviométrie totale de 1070 mm**. Ce qui est favorable pour la culture de soja.

1.3.3. Aspect humain

1.3.3.1. Démographie

D'après la **Présentation synthétique des CECAM et du financement de l'agriculture** [CIRAD et al., 2002], le Vakinankaratra est la région la plus densément peuplée de Madagascar (supérieure à 500 habitants / km² autour d'Antsirabe), conséquence d'un peuplement ancien. Les Merina, les Betsileo et les Vakinankaratra constituent la majeure partie de la population de Vakinankaratra.

Selon DDSS - INSTAT de 1999 [MAEP/UPDR, 2003], elle comptait en 1999, au total 1 168 330 d'habitants dont 77,72% vivent en milieu rural. La densité de la population tourne ainsi autour de 73%. Mais le taux d'urbanisation a beaucoup accru puisque les villes, Antsirabe en particulier, outre son statut de centre administratif, abrite des activités industrielles et commerciales importantes, notons la création des zones franches offrant la possibilité aux jeunes de travailler.

1.3.3.2. Activités économiques et niveau de vie

99% de la population rurale de la région de Vakinankaratra vivent de l'Agriculture. Le revenu est donc saisonnier.

D'après *Cécile LAPENU, 2001* [in CIRAD et al., 2002], de par la densité de population élevée et la saturation foncière, la diversité des reliefs et les variations d'altitude, le Vakinankaratra est caractérisé par une forte diversification des activités et des sources de revenus. Les enquêtes des Observatoires Ruraux auprès de quelques villages montrent que plus de 40% des ménages pratiquent des activités non agricoles qui leur procurent des revenus complémentaires: salariat, petit commerce, exploitation forestière, etc.

Cependant l'agriculture constitue toujours l'activité et la source de revenus principaux des ménages ruraux de Vakinankaratra : la part des cultures dans le revenu total, d'après les enquêtes de l'IFPRI - FOFIFA, 1997 [in CIRAD et al., 2002], est de 58,4 %.

Parmi les productions agricoles, le riz tient la première place et est pratiqué par 95% des ménages. Il est en grande partie consommé et le revenu agricole monétaire est constitué principalement par la vente de légumes (tomate, carotte, oignon, ail, chou, brède, chou-fleur, petit pois, arachide), d'autres céréales (maïs, blé, orge), de légumineuses (surtout les haricots secs et le soja), de tubercules (pomme de terre, patate douce, manioc) et de fruits (pommes, poires, pêches, mangues) [CIRAD et al., 2002].

D'après la Monographie de la région [MAEP/UPDR, 2003], le soja fait partie des indicateurs sur la spéculation dominante dans la région. Et en lui créant des débouchés, la culture de cette légumineuse déjà habituelle à ces paysans ne pourra que se développer. Quant à l'élevage laitier, ceci s'est véritablement développé dans les années 70 avec l'intervention de la FIFAMANOR et l'installation d'entreprises agro-industrielles collectant le lait. L'élevage laitier procure ainsi des revenus réguliers. Ce sont alors des sources de revenus ponctuels importants.

La majorité des ménages élèvent un à deux porcs, de façon extensive. Ce type d'élevage pourrait aussi devenir bénéficiaire d'une installation d'une fromagerie en consommant le sous-produit qui est le lactosérum.

Conclusion partielle I

Le soja est une plante qui pousse bien dans la plupart des types de sol. Son cycle cultural dure 90 à 150 jours, pendant lequel une température moyenne de 20°C et une précipitation optimale de 500 à 800 mm sont recommandées. La composition de la graine en **matière grasse (21,3%)**, en **glucide (30,26%)** et surtout en **protéines (35,25%)** lui procure la qualification de « haricot miracle ». L'utilisation du soja est alors multiple : en alimentation humaine (farine, huile, lait, etc.) ou animale (tourteau, provende). La production de soja a atteint **5 189 tonnes** en 2002.

Le lait de soja constitue donc une des formes de consommation du soja. Il peut être consommé tel quel ou transformé en divers types d'aliments (tempeh, miso, etc.). De son côté, les problèmes de conservation du lait ont abouti à leur transformation en yaourt, fromage, etc. La transformation du lait en fromage est très courante et peut se faire de différentes façons (pressé ou non, salé ou non, aromatisé ou non, etc.).

La région du Vakinankaratra est très favorable à la culture du soja (**température moyenne de 19,7°C et pluviométrie totale de 1070mm** pendant sa période de culture) et appartient dans le triangle laitier. Ainsi, la valorisation de ces deux produits paraît intéressante.

Telle est l'objet de la deuxième partie de notre mémoire qui développera la technologie de fabrication de « soycheeses » ou fromage mixte lait de vache – lait de soja.

Deuxième partie :
MISE AU POINT D'UNE
TECHNIQUE DE FABRICATION DES
FROMAGES « SOYCHEESES »

Deuxième partie : MISE AU POINT D'UNE

TECHNIQUE DE FABRICATION DES FROMAGES

« SOYCHEESES »

2.1. Introduction

2.1.1. Technologie de fabrication des fromages

Les fromages en général suivent les différentes étapes suivantes [ALAIS, 1961 et ECK, 1979 et RAZAFINDRAJAONA, 1997] :

2.1.1.1. Réception, stockage et préparation du lait

Le lait venant des fermes individuelles ou sociétaires doit être parvenu à l'usine sans être altéré, ni contaminé, d'où la nécessité de la chaîne de froid 4°C et des moyens de transport appropriés. Cette chaîne ne doit jamais être interrompue, autrement, une pasteurisation est plus que nécessaire, sauf dans le cas des fromages crus.

2.1.1.2. Coagulation ou caillage

C'est la floculation des micelles de caséine qui donne un gel compact. Par contraction, ces micelles se déshydratent en expulsant le sérum formé d'eau et de substances hydrosolubles (lactose, sels minéraux et vitamines). Le caillage du lait peut se faire sous trois formes : par acidification (fermentation ou addition d'acide alimentaire), par emprésurage (coagulation enzymatique), ou par coagulation mixte.

2.1.1.3. Egouttage et mise en moule

Ces deux étapes sont effectuées soit simultanément, cas des fromages à pâte molle ; soit successivement. L'égouttage peut donc être spontané (action de la gravitation) ou accéléré (par pressage). Pour le premier cas, le sérum est évacué progressivement et lentement à l'intérieur même des moules perforées alors que pour l'égouttage accéléré, un pré pressage est nécessaire afin de faciliter l'évacuation totale du lactosérum.

2.1.1.4. Salage ou saumurage

Cette opération vise à enlever l'eau à l'intérieur du fromage par le phénomène d'osmose, à répartir les germes et éliminer partiellement les germes nuisibles, ainsi qu'à insolubiliser la caséine provoquant l'apparition de la croûte. Elle peut se faire soit à sec soit dans un bain de saumure composé d'eau salée, éventuellement aromatisée.

La durée d'immersion en saumure varie de une heure à une journée entière selon l'épaisseur du produit. La température ne doit pas dépasser 22°C (en moyenne de 18 à 20°C). L'immersion est toujours suivie d'un égouttage sur des claies munies d'un store d'égouttage ou même d'un dessalement.

2.1.1.5. Affinage ou maturation

La maturation est responsable de la plupart des caractères organoleptiques du fromage. Le caillé égoutté et salé subit des phénomènes enzymatiques et microbiologiques complexes en affinage. L'affinage dure quelques jours à plusieurs mois, voire des années (cas des fromages vieux).

Cette étape consiste en une solubilisation plus ou moins complexe de la caséine, accompagnée d'une hydrolyse partielle des lipides avec apparition de matières sapides et odorantes. Durant l'affinage, le caillé s'acidifie, du gaz carbonique se dégage et les éléments responsables de l'arôme et la saveur caractéristiques du fromage se forment.

Quelques processus types de fabrication de fromage à Madagascar sont présentés en Annexe V.

2.1.2. Notion de qualité

D'après la norme AFNOR (X 50 – 109), " la qualité est l'aptitude d'un produit ou d'un service à satisfaire les besoins des utilisateurs" [in RAMANANTSARA, 2003]. Elle devient de plus en plus importante en raison de la concurrence. On parle surtout de qualité hygiénique, nutritionnelle, sensorielle, réglementaire et commerciale.

2.1.2.1 Qualité hygiénique

Elle garantit une sécurité sanitaire des consommateurs. Elle est liée à :

- **la toxicité microbiologique** : présence de microorganismes pathogènes, toxinogènes ou d'altérations ; ou d'autres métabolites contaminants ;
- **la toxicité chimique** : présence de résidus de pesticides ou de métaux lourds, excès d'utilisation des additifs et auxiliaires alimentaires.

2.1.2.2. Qualité nutritionnelle

Elle repose sur trois points fondamentaux :

- l'énergie fournie par l'aliment considéré ;
- sa composition en constituants majeurs et en micro-éléments ;
- son facteur d'assimilation correspondant à la digestibilité de l'aliment.

2.1.2.3. Qualité sensorielle

Cette qualité est la propriété d'un produit perceptible par les organes de sens de l'homme. Il s'agit de déterminer son aspect, sa texture, son odeur et sa saveur. Mais elle comprend aussi le niveau d'acceptabilité des produits par les consommateurs.

2.1.2.4. Qualité commerciale

Cet aspect vise à faciliter l'usage du produit en question, tout en préservant ses qualités sensorielle, nutritionnelle et hygiénique. Ses qualités concernent surtout :

- la facilité d'usage (ouverture, et manipulation) et de conservation ;
- la rentabilité : rapport entre qualité et prix ;
- la disponibilité des produits dans le temps et dans l'espace.

2.1.2.5. Qualité réglementaire

Son principal intérêt est de protéger la santé des consommateurs et d'éviter la concurrence déloyale. Elle renseigne sur la conformité du produit par rapport aux normes préétablies (traçabilité, étiquetage, caractères physico-chimiques et microbiologiques, etc.).

2.1.3. Les critères retenus pour la présente étude

Notre étude s'est axée sur :

- la *qualité hygiénique*, surtout microbiologique des soycheeses ;
- la *qualité nutritionnelle* à savoir l'apport énergétique, la composition en principaux nutriments et en micro-éléments (minéraux et acides gras) des produits finis;
- la *qualité sensorielle* descriptive et hédonique ;

La rentabilité économique et les avantages sociaux occasionnés par ce type de produits sont par contre rencontrés en troisième partie.

2.2. Matériels et méthodes

2.2.1. Les matériels requis pour la mise au point de la technologie

2.2.1.1. Les matières premières

a) Le soja

Les graines de soja utilisées pour l'extraction du lait sont originaires de la région de Vakinankaratra, qui est notre zone d'études. Elles viennent particulièrement de la commune rurale de **Belazao - Antsirabe II**. Elles ont été directement achetées auprès des paysans producteurs afin d'éviter de fausser les résultats. La période de l'achat s'est située après la période de récolte, c'est-à-dire en mois d'Avril.

Une incertitude se pose à propos de la variété parce que les paysans ont mis à terre les variétés de soja vulgarisées dans cette région au temps de MAMISOA, surtout les variétés UFV1 et DAVIS [RAZAFIARIHANTA, 1993]. Ils ont par la suite sélectionné les semences parmi les récoltes du cycle cultural précédent. Ainsi, des croisements se sont évidemment produits et le soja que nous avons utilisé provient certainement d'un multihybridé.

b) Le lait et les autres ingrédients

Le lait provient de la ferme de Bevalala où l'affinage de nos fromages s'est déroulé. Ses caractéristiques et sa composition ont été déterminées dans cette étude.

L'eau utilisée pour l'extraction du lait de soja et la préparation de la saumure est neutre, limpide, sans odeur ni saveur étrangères, saine et de même propriété que l'eau potable consommée comme eau de boisson.

Le sel utilisé pour la saumure est le chlorure de sodium couramment appelé sel de cuisine. Nous avons utilisé comme coagulant l'acide acétique dilué à 6% commercialement appelé « vinaigre ». Ceci s'est inspiré des travaux de LOF *et al.* (1990) soutenus par son faible coût et sa disponibilité temporelle et spatiale.

2.2.1.2. Les outils de travail

a) Pour l'extraction du lait de soja et la fabrication des soycheeses

Les matériels pour l'extraction du lait de soja et la fabrication des « soycheeses » au laboratoire sont les suivants :

- un sceau pour le trempage et le lavage de la graine (capacité 10 l) ;
- un broyeur (à manivelle) pour les graines du type hachoir à viande ;
- une passoire et un tissu pour le tamisage et la filtration ;
- une marmite pour la cuisson du lait de soja et la pasteurisation du lait (capacité 10 l) ;
- une source de chaleur (plaque chauffante) ;
- un récipient pour la manutention des liquides ;
- un agitateur ou spatule ;
- une presse en bois conçue et fabriquée par nous-même ;
- des moules de dimension 10 cm de diamètre et 10 cm de hauteur ;
- des bacs perforés pour l'égouttage ayant comme dimensions 28 cm de long, 22 cm de large et 8 cm de haut;

- un local d'affinage : il s'agit d'une cave d'affinage des fromages à pâte pressée et à pâte filée de la fromagerie de Bevalala. Elle est caractérisée par une température variant de 22 à 25°C. C'est une cave naturelle munie d'un ventilateur permet le renouvellement de l'air à l'intérieur de la cave.

b) *Pour la caractérisation des matières premières et des soycheeses*

b.1. Analyses microbiologiques

Chaque échantillon pèse de 125 à 150g. Ils ont été prélevés parmi les soycheeses produits. Cependant, pour des raisons d'ordre économique, nous n'avons analysé que les soycheeses « nature ».

Outre les verreries classiques de laboratoire, nous avons utilisé des étuves réglées à 30°C, 37°C et 44°C ; une hotte à flux laminaire et un bec Bunsen pour les travaux aseptiques. Les milieux de culture utilisés sont détaillés en Annexe VI.

b.2. Analyses physicochimiques

Le tableau suivant nous montre les matériels nécessaires pour la détermination de la valeur nutritionnelle des matières premières et des soycheeses.

Tableau n°2 : Matériels et réactifs pour les analyses chimiques des soycheeses

Constituants	Matériels	Réactifs
Constituants des laits	Appareil MIRIS FMA 2001 pour l'analyse du lait	-
Matière sèche	<ul style="list-style-type: none"> • Etuve réglée à 103°C ± 2°C • Dessiccateur • Capsules en porcelaines • Balance analytique de précision (10⁻⁴g) 	-
Matière minérale	<ul style="list-style-type: none"> • Four à moufle réglée à 550 à 650°C • Dessiccateur, balance de précision (10⁻⁴g) et capsules 	-
Matière grasse	<ul style="list-style-type: none"> • Fiole d'extraction de 250 ml • Centrifugeuse • Dessiccateur, balance de précision et étuve réglée pour opérer à 103°C ± 2°C 	<ul style="list-style-type: none"> • HCl de ρ = 1.25g/l • Ethanol 95% • Hexane
Matière azotée totale	<ul style="list-style-type: none"> • Fiole de 1000 ml • Erlenmeyer de 500ml • Minéralisateur de Kjeldhal • Distillateur à réfrigérant 	<ul style="list-style-type: none"> • NaOH 32% et N/14 • H₂SO₄ N et N/14 • Réactif de Kolthoff • K₂S 10% et catalyseur
Acides gras	<ul style="list-style-type: none"> • Fiole conique de 100 ml • CPG 	<ul style="list-style-type: none"> • KOH alcoolique 2N • Méthanol sulfurique 3% • HCl 5N et Hexane
Energie	Calorimètre adiabatique	-

Source : AFNOR, 1994 et Département ELEVAGE, sans date

b.3. Analyses sensorielles

Les **échantillons** sont les suivants :

- La référence, un fromage pur lait de vache, de marque commerciale « la force », fabriqué par une fromagerie artisanale sise à Ambatomanga. Il a été choisi du fait de la ressemblance de son aspect à celui des soycheeses ;
- Les soycheeses à 75%, 66,67%, 50% et 25% de protéines animales par rapport aux protéines totales, « nature » (F1 à F4) et « au poivre » (F1E à F4E).

D'abord, les **questionnaires** ont été préalablement établis (cf. Annexe VII). Les descripteurs ont été inspirés des caractéristiques habituellement employées pour la description des fromages. Les **ustensiles** utilisés pour la manutention des échantillons sont des assiettes, serviettes de table, verre, ... à usage unique. Pour le rinçage de la bouche, **le pain et l'eau minérale** ont été utilisés. Le local d'analyse sensorielle a été la salle de classe de la 4^{ème} année du Département IAA. Aérée et bien éclairée, elle répond aux conditions nécessaires pour une telle analyse.

Le **jury** est l'ensemble des sujets ou juges, c'est-à-dire les personnes prenant part à l'évaluation sensorielle. Nous avons fait appel à deux types :

- Les sujets formés ou qualifiés : ils sont choisis pour leur capacité à effectuer un test sensoriel (NF V 00-150) [SAUVAGEOT, 1982]. Ils ont été constitués par des étudiants ayant reçu le cours d'Analyse Sensorielle dispensée en 4^{ème} année au sein du département des IAA ;
- Les sujets naïfs : aucune qualification particulière n'est exigée pour cette catégorie à moins qu'ils ne soient pas sujets à des problèmes d'ordre sensoriel (aversion, allergie, anosmie, agueusie, etc.). Ce type de jury a été composé des étudiants en 3^{ème} année entrant au sein du même département et d'autres personnes externes. Ils ont surtout effectué l'analyse hédonique (préférence et classement des produits).

2.2.2. Méthodes adoptées pour la mise au point de la technologie

2.2.2.1. Méthodologie de travail adoptée

Les différentes étapes de la mise au point de la fabrication des soycheeses sont résumées par la figure suivante :

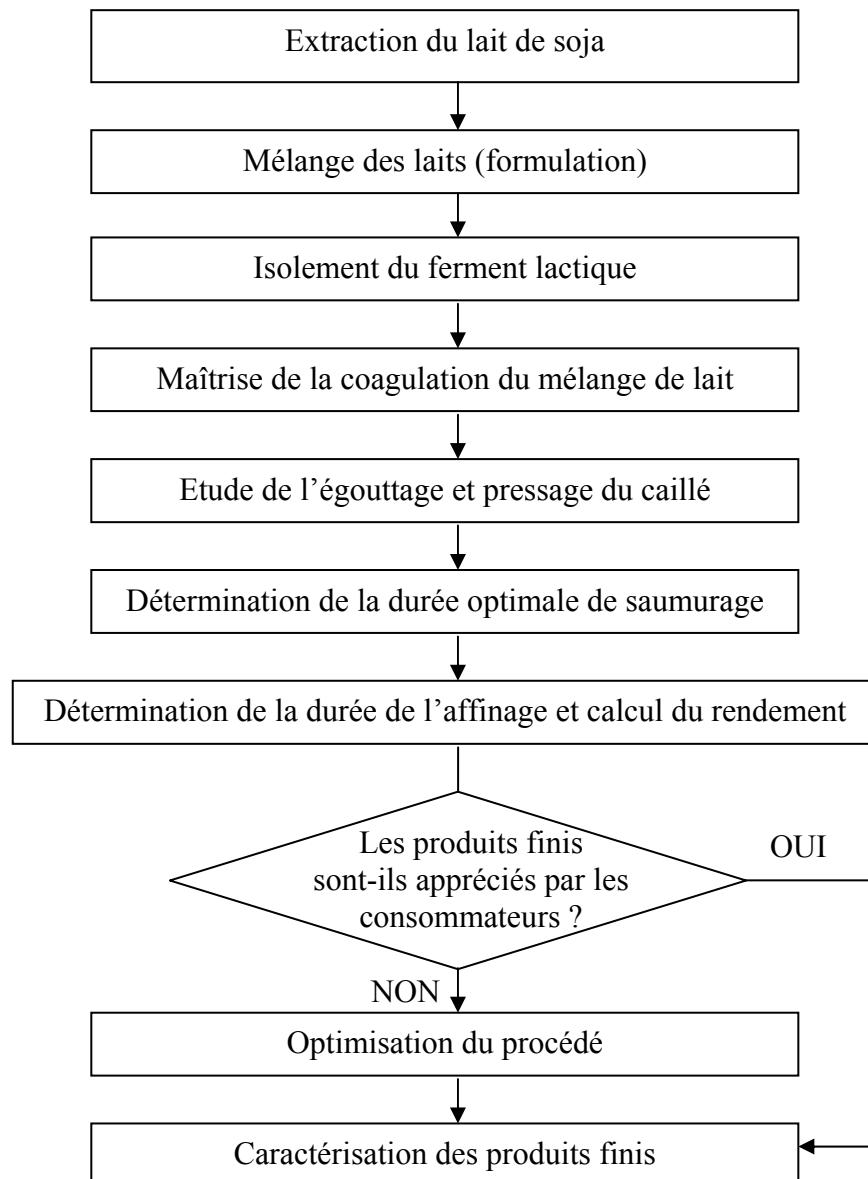


Figure n°5 : Schéma récapitulatif de la méthodologie de travail adoptée pour la mise au point de la technologie de fabrication des soycheeses

2.2.2.2. Méthode d'extraction du lait de soja

Le lait de soja constitue l'une des principales matières premières pour la fabrication des « soycheeses ». Ainsi, sa préparation fait partie intégrante de la technologie de fabrication de ces types de fromages.

Le processus dans la figure suivante a été choisi d'abord à cause de la facilité de sa réalisation, et ensuite en se référant à la bibliographie [RAMARSON, 2002 et ERICKSSON, 2003], pour que des comparaisons puissent être effectuées.

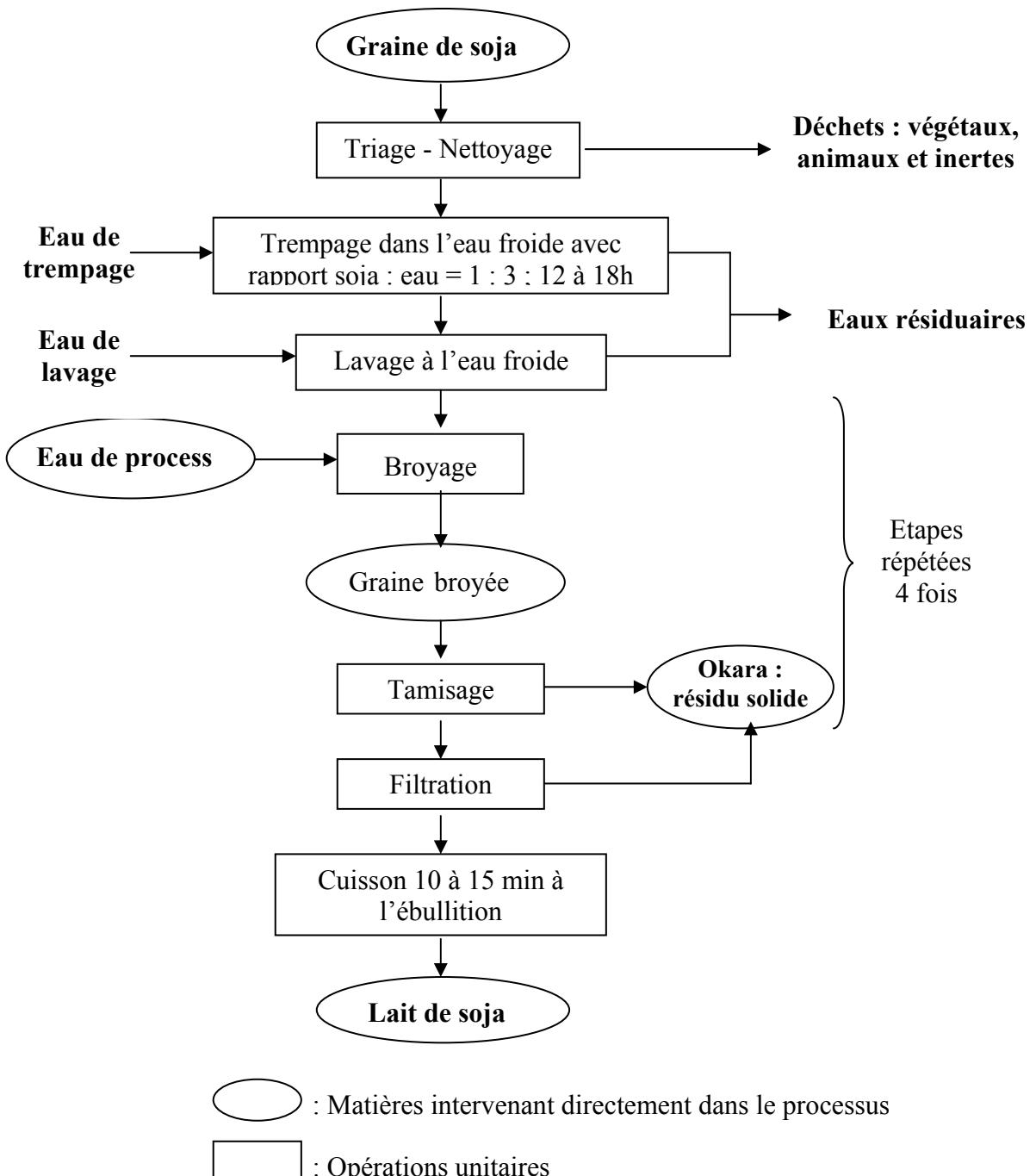


Figure n°6 : Processus d'extraction du lait de soja adoptée

Source : [adaptée d'après RAMARSON, 2002 et ERICKSSON, 2003]

Chaque opération unitaire vise à réaliser la qualité du lait de soja et extraire au maximum possible les matières solubles. Un détail sur le bilan matière sera développé au paragraphe 2.3.1.2. pour le calcul du rendement de fabrication.

a) Triage et nettoyage des grains

Ces premières opérations unitaires constituent les prétraitements. Le triage a pour objectif de se débarrasser des matières étrangères grossières, à savoir les débris végétaux (les graines défectueuses, gousse, paille,...), animaux (cadavre d'insectes,...), inertes (cailloux, sable,...) ou métalliques (clou,...), accidentellement introduites dans le lot de graine de soja. Il s'effectue manuellement. Et, le nettoyage à sec par vannage sert à éliminer les déchets de faible granulométrie tels que les fines poussières.

b) Trempage

Le trempage en eau froide a pour but de dissoudre les sucres responsables de la flatulence et de l'amertume des graines de légumineuses, spécialement le soja [DACOSTA, 1990]. Il contribue aussi à faciliter le broyage antérieur des graines.

Selon PLATT (1956) [in RASAMIZANANY, 1982], le trempage constitue la première étape de la germination, pendant laquelle ses constituants s'organisent pour élaborer l'embryon. De ce fait, le soja est devenu plus assimilable pour l'homme. Mais cette germination ne doit pas être trop poussée.

La phase de trempage dure au minimum une nuit, mais dans notre cas, nous avons fixé ce temps de trempage à 18 heures, durée adoptée par DACOSTA (1990), LOF *et al.* (1990) et RAMARSON (2002). La quantité d'eau utilisée a été trois fois du volume des graines à tremper. Notons qu'un lavage préliminaire permet d'éliminer les restes de déchets non enlevés par les prétraitements.

c) Nettoyage et rinçage

Les graines de soja trempées et imbibées d'eau sont lavées à grande eau. Ce nettoyage - rinçage a pour but de lessiver complètement les sucres dissous dans l'eau de trempage ainsi que les autres impuretés.

d) Broyage, tamisage et filtration

La première opération vise à réduire les graines en une pâte plus ou moins grumeleuse. L'ajonction d'eau s'effectue après celle-ci tout en agitant le mélange. Après le broyage, le mélange est tamisé à travers un tissu bien propre. Les grosses particules retenues par le tamis sont ensuite remoulées et rajoutées d'eau plusieurs fois.

Cette opération doit se faire autant de fois que le résidu soit complètement épuisé. Nous avons pris comme optimum une série de quatre broyages et tamisages, et

le résidu solide restant est encore valorisable. Au total, la quantité d'eau ajoutée tourne autour de huit fois celle des graines trempées. D'où un ratio eau : graine d'environ 8 : 1.

e) Cuisson

La cuisson du lait de soja consiste à le porter jusqu'à l'ébullition et à le maintenir à cette température durant 5 à 10 min. Elle possède une action certaine sur les facteurs antinutritionnels dont les facteurs antitrypsiques et hémagglutinines [LOF *et al.*, 1990]. (cf. Annexe VIII).

Au cours de cette cuisson, les matières volatiles responsables de l'odeur de haricot du lait de soja sont partiellement volatilisées. De plus, la digestibilité s'améliore grâce à la dénaturation partielle des protéines.

Cependant, la surchauffe doit être évitée. L'emplacement d'une cuillère en inox à l'intérieur du cuiseur ainsi qu'une agitation constituent un remède à cet accident de fabrication.

2.2.2.3. Les méthodes mises en œuvre pour la fabrication des soycheeses

a) Choix de la formulation des produits

Le choix de la formulation, plus précisément la composition de la matière première, a été basé sur deux points principaux :

- d'abord, le besoin nutritionnel de l'organisme humain : En se référant à notre objectif qui est de contribuer à l'éradication de la malnutrition surtout protéique, nous avons pris en compte le besoin qualitatif exprimé par le coefficient protéique. Ce dernier se définit par le rapport :

$$Q_p = \frac{\text{Protéines animales}}{\text{Protéines végétales}}$$

Le besoin de chaque catégorie de personne est présenté dans le tableau suivant :

Tableau n° 3 : Le coefficient protéique suivant les catégories de personne

Catégorie de personne	Coefficient protéique
Enfants	2 – 3
Adolescents	2
Adultes	1

Source : UNICEF, 1992 [in RAMARIAVELO, 2002]

L'avantage nutritionnel qu'occasionne ce mélange de laits ne se limite pas seulement au niveau protéique, son influence sur la phase grasse et le rapport Ca/P est aussi très conséquente.

- ensuite, le point de vue technique et pratique de la technologie: nous avons essayé différentes proportions des deux types de lait. Et comme le mélange a conduit à des produits non habituels aux consommateurs, ils ne doivent pas trop s'éloigner des caractéristiques du fromage.

Les matières premières, composées d'un mélange de deux laits, sont données dans le tableau suivant :

Tableau n°4 : Les différents types de soycheeses à produire

Désignation	Code	Qp	Proportion en protéines en %		Proportion des matières premières en %	
			Animale	Végétale	Lait	Lait de soja
SOYCHEESES « NATURE »	F1	3	75	25	68,6	31,4
	F2	2	66,67	33,33	55,3	44,7
	F3	1	50	50	35,0	65,0
	F4	1/3	25	75	23,3	76,7
SOYCHEESES AU POIVRE	F1E	3	75	25	68,6	31,4
	F2E	2	66,67	33,33	55,3	44,7
	F3E	1	50	50	35,0	65,0
	F4E	1/3	25	75	23,3	76,7

Le dernier type de fromage (F4 et F4E) a été formulé pour tester l'appréciation des consommateurs d'un soycheese à haute proportion en lait de soja.

b) La fermentation lactique

b.1. La préparation du ferment lactique

En se basant sur les travaux de RAMANANTSARA (2003), nous avons isolé les bactéries lactiques utilisées comme ferment en fromagerie à partir du fromage et du lait entier pasteurisé. Le milieu liquide utilisé a été le mélange de 50% de lait de soja et de 50% de lait. La figure suivante met en évidence les différentes étapes de cette préparation de ferments c'est-à-dire leur méthode d'isolement.

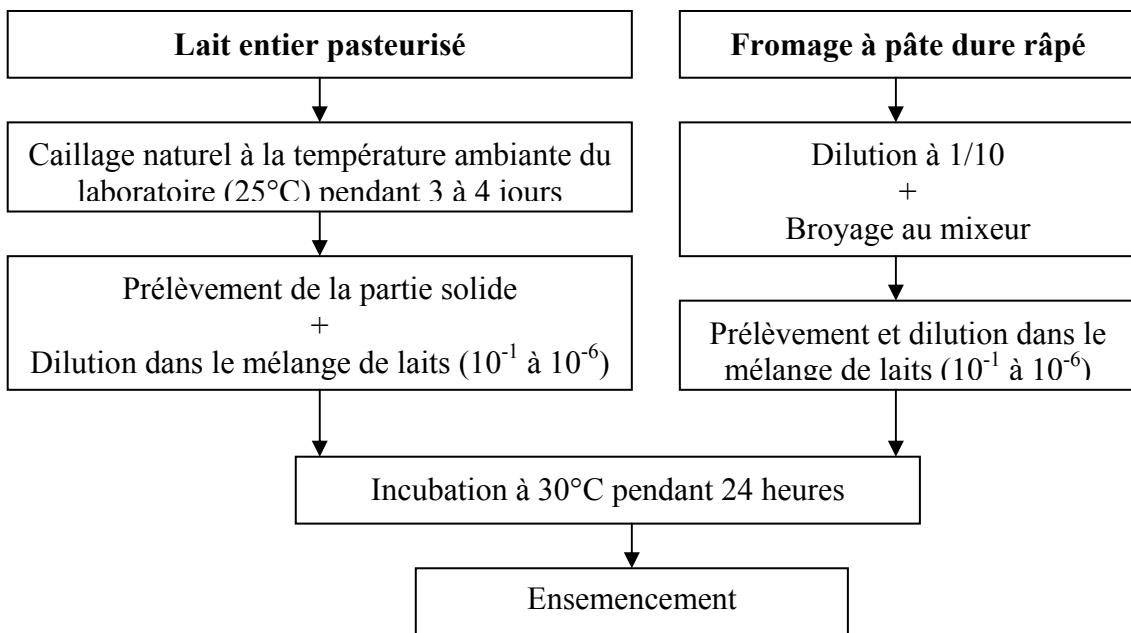


Figure n°7 : Méthodes d'isolement du ferment

b.2. Les effets escomptés du ferment

Le ferment utilisé en fromagerie est constitué principalement de *Lactobacillus sp.* et de *Streptococcus sp.* [DE ROISSART, 1986 in LUQUET, 1996]. Il est attendu pour faire abaisser le pH du mélange de lait. Bien que l'acide ajouté ultérieurement joue ce rôle, une acidification préalable est nécessaire. Cette fermentation, généralement lente, effectuée par les bactéries lactiques permet d'**éviter la friabilité** de la pâte du fromage sans présure qu'ALAIS (1961) et BOURGEOIS *et al.* (1996) l'ont annoncée.

De plus, les bactéries lactiques interviennent en libérant les enzymes exocellulaires et, après leur lyse, des enzymes endocellulaires améliorant ainsi la digestibilité et les qualités sensorielles des produits laitiers fermentés [DE ROISSART 1986 in LUQUET, 1996]. Les actions des bactéries lactiques mésophiles demeurent mal connues jusqu'à ce jour.

c) L'acidification et le caillage

Après la préacidification par les bactéries lactiques, des essais à différentes températures ont été entrepris pour avoir la température optimale de caillage du mélange de lait. Nous avons testé à 30°C, 40°C, 50°C ainsi qu'à la température d'ébullition.

La présure, n'agissant que sur les protéines du lait, n'a pas été utilisée à cause de son inactivité sur le lait de soja. De plus, il existe des fromages qui ont été coagulés par

l'acide acétique : ce sont les fromages sans présure. Par ailleurs, cet acide est aussi très utilisé pour le caillage du lait de soja pour la fabrication de tofu [LOF *et al.*, 1990].

d) Le saumurage et l'affinage des fromages

D'après ECK (1979), les paramètres de saumurage (concentration et durée) varient suivant le type et la dimension des fromages à saler. Nous avons alors fixé le taux de sel dans la saumure à 21%, comme dans la plupart des saumurages de fromages. Toutefois, nous avons joué sur la durée de l'opération, proportionnellement à la dimension des soycheeses. Les essais effectués durent 30 minutes, 1 heure, 1 heure 30 minutes et 2 heures.

Concernant l'affinage, l'humidité et la température utilisées sont celles de la cave de Bevalala. Nous avons varié la durée optimale de l'affinage et déterminé aussi la flore de surface.

2.2.2.4. Méthodes de caractérisation des produits finis

a) Identification et de dénombrement des microorganismes

Les méthodes d'identification et de dénombrement des microorganismes sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau n°5 : Méthodes d'identification et de dénombrement des microorganismes

Germes recherchées	Milieu de culture	Méthodes
FAMT	PCA	Incubation à 30°C pendant 72 heures
L&M	OGA	Incubation à 25°C pendant 5 jours
CT et CF	VRBL	Incubation à 30°C et 44°C pendant 24 heures
<i>S. aureus</i>	BP	Incubation à 37°C pendant 72 heures
Salmonelles	EPT	Pré enrichissement à 37°C pendant 18 heures
	Rap. et Sel.	Enrichissement à 42°C et 37°C pendant 24 heures
	RA	Incubation à 37°C pendant 24 heures
	Klig., Lys.	Confirmation à 37°C pendant 24 heures

Source : BEERENS et LUQUET (1987) ; BOURGEOIS et LEVEAU (1996) ;

Manuel d'analyse du laboratoire de Microbiologie Nanisana

Les détails de ces méthodes sont donnés dans la Partie expérimentale.

b) Méthodes de détermination de la valeur nutritionnelle

Elles sont décrites dans le tableau suivant :

Tableau n°6 : Méthodes de détermination de la valeur nutritionnelle des soycheeses

Constituants	Méthodes adoptées	Référence
Matière sèche	Séchage à l'étuve à $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, puis pesage des parties sèches	NF V 04-282 (ISO 5534)
Matière minérale	Minéralisation au four à $650^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$	-
Matière grasse	Extraction à l'hexane de l'échantillon préalablement ajouté d'acide chlorhydrique	NF V 04-286 (ISO1734)
Matière azotée totale	Minéralisation puis distillation de l'azote total	KJELDHAL
Matière glucidique	Déduction à partir de MS, MM, MAT et MG	-
Acides gras	Préparation de l'ester méthylique de matière grasse, puis chromatographie en phase gazeuse	NF T 60-233 NF T 60-234
Minéraux	Spectrométrie et AAS	-
Pouvoir calorifique	Combustion adiabatique	-

Ces méthodes sont détaillées dans la Partie expérimentale.

c) Méthodes d'évaluation sensorielle

Tout d'abord, le but a été de savoir si les produits en question se ressemblent aux fromages que l'on rencontre sur le marché. C'est l'analyse discriminative entre l'échantillon à plus haute proportion de lait et la référence. Les échantillons ont été râpés afin d'éviter leur distinction à la première vue comme le montre la figure suivante.



Figure n°8 : Echantillon pour l'analyse discriminative

Source : Cliché auteur

Ensuite, cet échantillon pris comme référence a été décrit pour révéler ses caractéristiques. C'est à partir de celles-ci que l'on a fait la description des soycheeses.

Un test d'acceptation et un classement des produits ont été faits par les sujets formés et naïfs (n'ayant aucune notion d'analyse sensorielle).

Le processus des épreuves d'analyse sensorielle est le suivant :

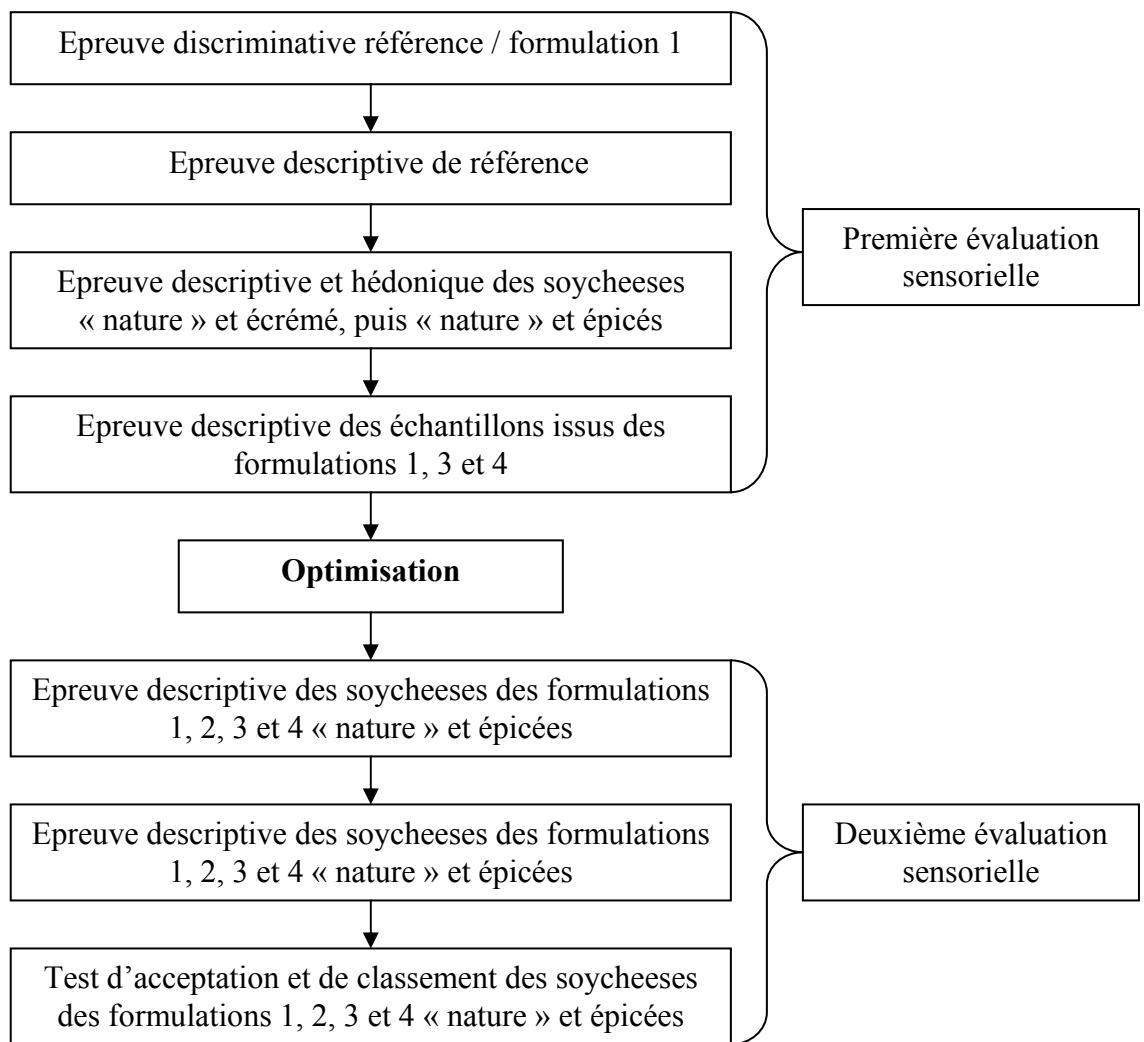


Figure n°9 : Protocole d'analyse sensorielle

2.2.2.5. Méthodes d'optimisation du procédé

Nous avons essayé d'améliorer la qualité organoleptique des soycheeses par les deux techniques suivantes : l'écrémage et l'aromatisation.

a) Ecrémage du mélange de laits

D'abord l'écrémage séparé, c'est-à-dire le lait d'un côté et le lait de soja de l'autre a d'abord été réalisé, ensuite le mélange de laits a été écrémé. Les produits finis issus du mélange de laits écrémé ont été évalués par des tests organoleptiques.

b) Aromatisation des soycheeses

L'adjonction d'épice, précisément le poivre, a été effectuée pour améliorer la saveur et l'odeur des produits finis. Nous avons choisi le poivre pour deux principales

raisons : d'abord d'ordre économique (prix abordable et disponibilité dans le marché) ; ensuite, du point de vue technique (ajout d'aromates non usuels rendra difficile l'acceptation des consommateurs du nouveau produit). Par ailleurs, il possède à la fois un arôme épice et un goût piquant appréciables.

2.3. Résultats, Interprétation et Discussions

2.3.1. Les matières premières et le produit semi fini : le lait de soja

Le lait de soja et le lait sont montrés dans la figure suivante :



Figure n°10 : Lait de soja (à gauche) et lait de vache (à droite)

2.3.1.1. Composition du lait de vache et du lait de soja

a) Le lait

Le lait utilisé se distingue alors par les caractéristiques suivantes :

- pH : $6,5 \pm 0,2$ à 20°C ;
- acidité titrable : 15°D ;
- teneur en extrait sec total (EST) : $12,29 \% \pm 0,2$;
- teneur en matière grasse : $3,7 \% \pm 0,2$;
- teneur en extrait sec dégraissé (ESD) : $8,59 \% \pm 0,2$;
- teneur en protéine : 3,3%.

b) Le lait de soja

Le tableau suivant résume la valeur nutritionnelle du lait de soja établie expérimentalement en comparaison avec la littérature.

Tableau n°7 : Valeur nutritionnelle du lait de soja expérimentale

Constituants	Valeurs trouvées	Valeurs théoriques		
		Economique (1)	« Dairylike » (1)	Riche (1)
Eau	93,95 ± 0,27 (*)	94,0 (*)	91,0 - 92,6 (*)	88,5 - 90,0 (*)
Extrait sec	6,05 ± 0,27	6,0	7,4 - 9,0	10,0 - 11,5
Matière grasse	1,65 ± 0,37	1,2 - 1,6	2,1	n.i.
Protéines	3,01 ± 0,05	2,7 - 3,3	n.i.	n.i.
Sucre	0,88 ± 0,23	n.i.	n.i.	n.i.
ESD	4,40 ± 0,20	4,4 - 4,8 (*)	5,3 - 5,9 (*)	n.i. (*)
Ratio eau : graine	8 : 1	10 : 1	8 à 8,5 : 1	5 à 6 : 1

(1) Source : [DACOSTA, 1990]

n.i. : non indiqué ; (*) : valeurs calculées par différence

Ainsi, le lait de soja obtenu lors de l'expérimentation ressemble plutôt au lait de soja dénommé « économique » par DACOSTA (1990) avec un rapport eau : graine de 10 : 1, alors que nous n'avons utilisé qu'un volume d'eau huit (8) fois celui de la graine. Nous pouvons alors avancer qu'une bonne partie des matières solubles reste dans le résidu d'extraction, d'où la proposition de valorisation de l'Okara. Avec un matériel plus sophistiqué, nous pouvons espérer un rendement meilleur.

La qualité de la phase grasse du lait de soja a été déterminée à partir des résultats obtenus pour le soja graine et l'Okara la composition de la matière grasse du lait de soja, puis comparée avec la littérature. Le tableau montrant ces détails est le suivant :

Tableau n°8 : Composition en acides gras du lait de soja

Acides gras		Composition en p.100		
Formule	Nom	Graine	Okara	Lait de soja
Teneur en MG % par rapport à la MS		21,3	8,07	13,23
C 14 : 0	Ac. myristique	Trace	Trace	Trace
C 16 : 0	Ac. palmitique	11,07	11,79	10,63
C 18 : 0	Ac. stéarique	3,20	3,64	2,93
C18 : 1w 9	Ac. oléique	25,29	22,56	26,95
C18 : 2 w6	Ac linoléique	53,48	54,64	52,77
C18: 3w3	Ac linolénique	6,37	7,37	5,76
Total AGI		85,14	84,57	85,48
Total AGS		14,86	15,23	13,56
Rapport AGI / AGS		5,73	5,55	6,30

Contrairement au lait de vache caractérisé par une richesse en AGS (67 – 70 %) et un aspect concret de la matière grasse [RAHARILOVOMANANA, 1984], le lait de soja comprend une quantité élevée d'AGI (85%). 75 % de la totalité des acides gras sont constitués par l'acide oléique (plus de 25%) et de l'acide linoléique (plus de 53%) qui sont des acides gras essentiels appelés vitamine F. Elle est d'une haute valeur nutritive. Cette proportion élevée d'AGI conditionne le caractère fluide de la MG du lait de soja.

c) *La qualité organoleptique du lait de soja et du lait*

Le lait de soja tend à imiter les propriétés du lait de vache. Ce dernier est un liquide opaque, blanc mat ou jaunâtre selon la teneur de la MG en bêta carotène. L'apparence, en particulier, présente un exemple de la similitude entre ces deux laits. Leur différence réside ainsi sur leur qualité organoleptique surtout la saveur et l'odeur.

2.3.1.2 Rendement d'extraction

Le bilan matière faisant ressortir le rendement d'extraction de lait de soja est résumé dans le tableau suivant :

Tableau n°9 : Rendement d'extraction de lait de soja (Moyenne de cinq expérimentations)

Opérations unitaires	Matières entrantes	Matières ajoutées	Matières sortantes	Rendement en okara	Déchets	Pertes	Rendement en lait %
T N	100,0	0,0	95,0	0,0	0,0	5,0	95,0
TR	95,0	285,0	166,3	0,0	213,8	0,0	175,0
R N	166,3	332,5	162,9	0,0	332,5	3,3	98,0
Broyage1	162,9	200,0	361,3	0,0	0,0	1,6	221,8
Tamisage 1	361,3	0,0	357,7	0,0	0,0	3,6	99,0
Broyage2	357,7	200,0	554,1	0,0	0,0	3,6	154,9
Tamisage 2	554,1	0,0	548,6	0,0	0,0	5,5	99,0
Broyage3	548,6	200,0	743,1	0,0	0,0	5,5	135,5
Tamisage 3	743,1	0,0	735,6	0,0	0,0	7,4	99,0
Broyage 4	735,6	200,0	928,3	0,0	0,0	7,4	126,2
Tamisage 4	928,3	0,0	779,8	139,2	0,0	9,3	84,0
Filtration	779,8	0,0	764,2	7,8	0,0	7,8	98,0
Cuisson	764,2	0,0	748,9	0,0	0,0	15,3	98,0
Refroidissement	748,9	0,0	741,4	0,0	0,0	7,5	99,0
Rendement global				147,0			741,4

Le rendement en lait est donc de **741,4 %** en partant de la graine, c'est-à-dire qu'avec 1kg de graine, on peut avoir en moyenne 7,411 de lait. Le lait de soja contient environ 6% d'extrait sec total, le **rendement apparent** est donc de **44,46 % en matière sèche**. Quant au rendement en okara, il est de **147,0 %**.

2.3.2. Les paramètres du processus de fabrication de soycheeses

2.3.2.1. Fermentation lactique

Compte tenu du nombre de bactéries lactiques (lactobacilles et streptocoques) dénombrées au microscope, nous avons utilisé les ferment issus d'une concentration de 3.10^5 UFC/ml. La sélection s'est faite à la pasteurisation, la dilution et l'incubation.

L'ensemencement du mélange de lait s'est alors effectué avec un taux de 3 %. La fermentation lactique a duré 3 heures à 30°C, température de fermentation adoptée pour les fromages [ECK, 1979]. Le pH final a été de **5,42 ± 0,31**.

2.3.2.2. Caillage

L'effet de la variation de la température de coagulation du mélange de lait a été déterminé par des examens visuels du caillé obtenu. Nous avons noté une fermeté croissante de la pâte avec la température de coagulation instantanée (30°C, 40°C, 50°C et à l'ébullition). Pour éviter tout risque de destruction de la valeur nutritionnelle et l'inhibition de la croissance des bactéries, nous avons opté pour la **température de 50°C**. Une vérification de la vivification des bactéries a été réalisée au microscope.

Le pH isoélectrique du lait étant de 4,6 [RAZAFINDRAJAONA, 1997] et celui du lait de soja de 4,2 à 4,6 [BERK, 1993], l'ajout d'acide acétique s'est opéré de façon à abaisser le pH de 5,42 à **4,6**. Nous avons testé l'effet de l'ajout d'acide acétique sur le pH final sur 100 ml du mélange de lait. Le pH initial de cet acide a été de 2,25.

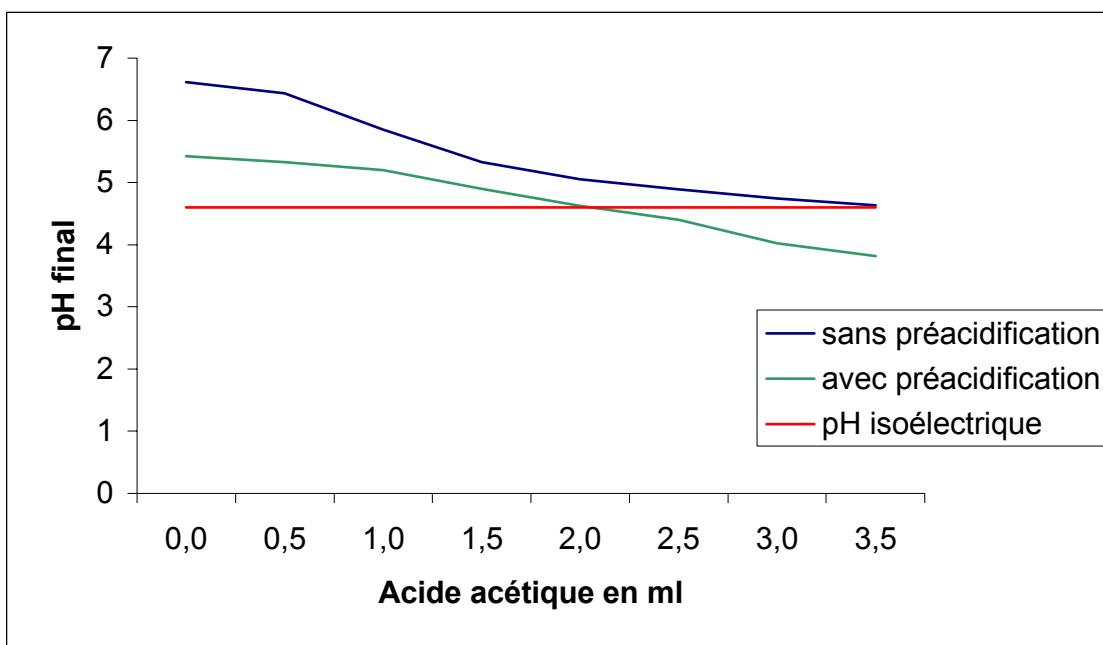


Figure n°11 : Evolution du pH du mélange en fonction d'acide acétique versé

Ainsi, puisqu'une préacidification du mélange a été réalisée pendant la fermentation lactique, le besoin moyen s'élève à **2,1ml d'acide acétique à 5% par 100 ml de mélange de laits**. Sans la fermentation, une quantité supplémentaire de l'ordre de 1,4 ml par 100 ml de laits est nécessaire.

2.3.2.3. Pressage et saumurage

Compte tenu des forces de pressage correspondantes aux types de fromage [RAZAFINDRAJAONA, 1997], nous avons essayé les types :

- Fromages à pâte molle : force gravitationnelle ;
- Fromages à pâte demi dure : 40 à 50 KPa ;
- Fromages à pâte dure : pression de 100 à 150 KPa.

Le premier type n'était pas réussi. En effet, le produit a dégagé une odeur très désagréable et un mauvais aspect (très huileux et mou) au troisième jour d'affinage. Ainsi, nous l'avons abandonné. D'un autre côté, faute de matériel adéquat, nous n'avons pas pu atteindre la pression nécessaire afin d'obtenir le troisième type. Finalement, nous n'avons fabriqué que des fromages à pâte demi dure.

Après une évaluation sensorielle des produits, nous pouvons conclure que la durée optimale de saumurage est de une (1) heure.

2.3.2.4. Affinage

Durant l'affinage, le prélèvement d'une partie de la flore de surface a mis en évidence la présence des moisissures du genre *Rhizopus*, *Mucor* et *Penicillium*. Les caractéristiques microscopiques de ces moisissures ont été comparées et déterminées à partir des travaux de recherche de BOTTON *et al.* en 1990.

L'observation journalière des trois affinages a conduit à la conclusion d'une durée d'affinage optimale de cinq (5) à six (6) jours. Au-delà, nous avons constaté un ramollissement des soycheeses, ainsi qu'un développement d'une odeur rance. Ce qui va de pair avec l'hypothèse de ALAIS (1961) qui a avancé que l'affinage des fromages sans présure est d'une courte durée du fait de l'absence de la formation de paracaséinates.

2.3.3. Processus de fabrication des soycheeses mis au point

Compte tenu de ces paramètres, voici le processus de fabrication depuis le mélange des matières premières jusqu'à l'obtention des soycheeses.

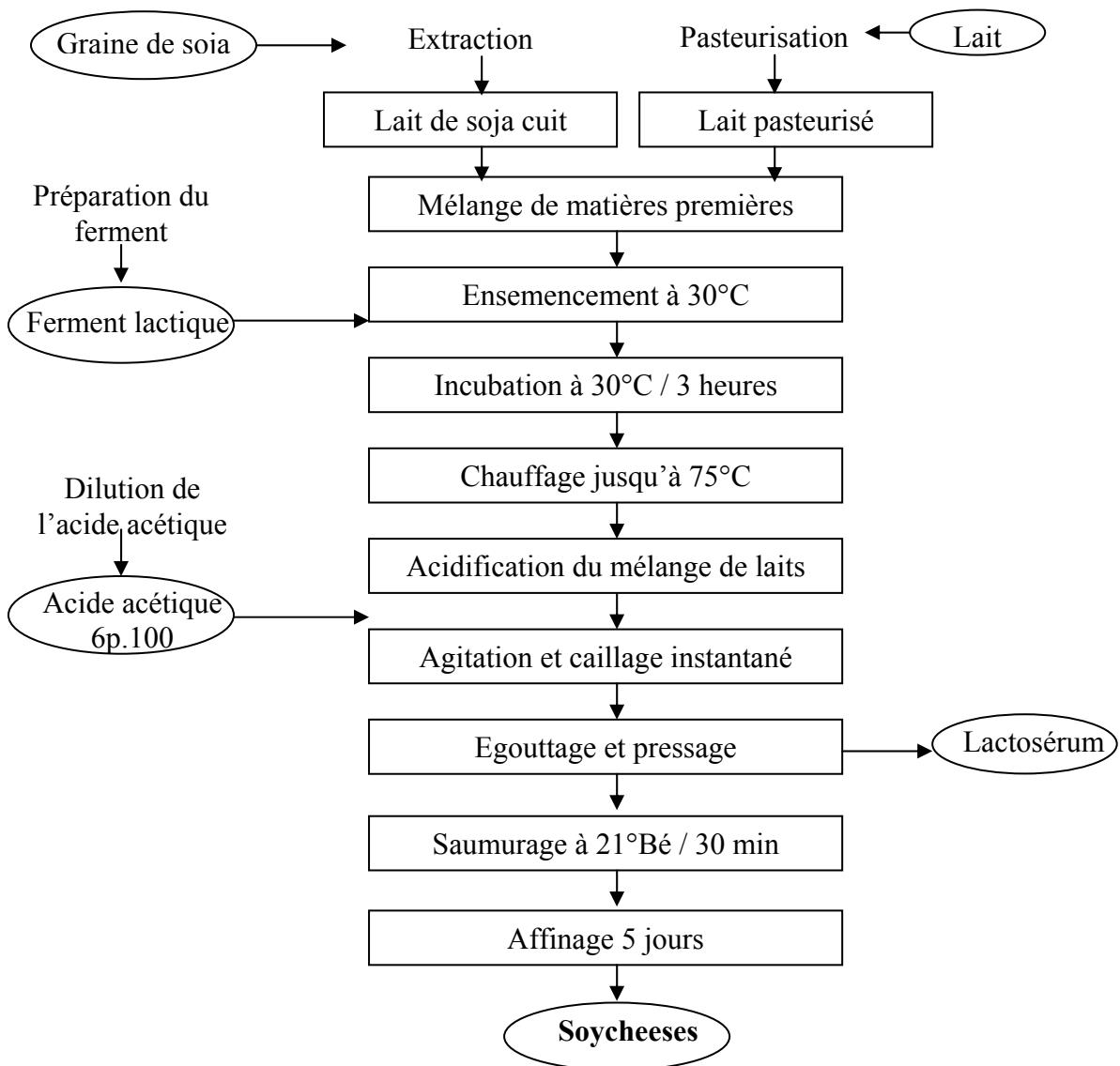


Figure n° 12 : Processus de fabrication des soycheeses

2.3.4. Rendements fromagers

Le calcul du rendement (R) a été déterminé grâce à la formule suivante :

$$R = \frac{P_f \times 100}{P_i}$$

Où P_i et P_f sont les poids respectifs des matières premières et des produits finis.

D'après cette formule, nous avons obtenu en moyenne sur cinq expérimentations les résultats figurés dans le tableau suivant :

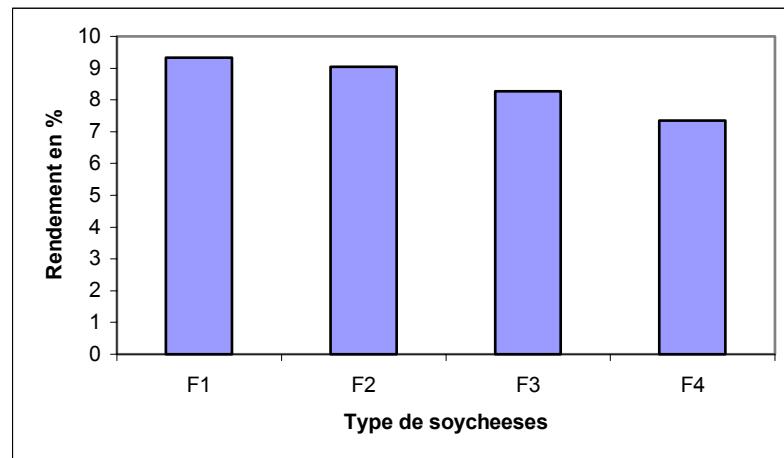
*Tableau n°10 : Rendement théorique et expérimental en soycheeses
(n = 5 expérimentations)*

Code soycheeses	protéine animale protéine végétale	Rendements théoriques	Rendements expérimentaux	
			Moyenne	Ecart type
F 1	3	10,58	9,33	0,07
F 2	2	9,79	9,04	0,04
F 3	1	8,51	8,27	0,09
F 4	1/3	7,72	7,35	0,10

Les rendements théoriques sont obtenus par le calcul de la proportion de l'extrait sec des mélanges de laits formulés. Il est évident que nous n'avons pas pu les atteindre. En effet, la différence observée entre ces rendements exprime la proportion de matière solide entraînée pendant l'égouttage et les diverses pertes au cours de la fabrication des fromages.

Statistiquement, ces rendements sont semblables (analyse de la variance non significative et le coefficient de variation très faible : 10,4). Cette similitude peut être élucidée par le fait que le mélange a été effectué en fonction de la teneur en protéine de chaque ingrédient. Pourtant celle-ci est proportionnelle à la teneur en extrait sec des laits utilisés.

Toutefois, une faible variation du rendement est notée entre les différents types de soycheeses produits. Ceci est expliqué par la figure suivante :



où $Qp = \text{rapport protéine animale} / \text{protéine végétale}$

Figure n°13 : Comparaison des rendements fromagers

Ce qui nous amène à exprimer que les rendements fromagers obtenus présentent une légère diminution avec l'adjonction de lait de soja. Ce dernier possède de toute façon une teneur moins élevée en extrait sec.

2.3.5. Les caractéristiques des soycheeses « nature »

2.3.5.1. Qualité hygiénique

Le contrôle microbiologique des fromages vise d'une part à vérifier l'absence de germes pathogènes et la présence, en nombre limité, de microorganismes indicateurs d'hygiène ; et d'autre part, à contrôler le nombre de germes ayant des incidences technologiques défavorables. Ainsi, nous avons jugé nécessaire la recherche et le dénombrement de la flore aérobie mésophile totale (FAMT), les levures et moisissures (L&M), les coliformes totaux et fécaux (CT et CF), les *Staphylococcus aureus* (Staph) et les salmonelles (Salmo). Les analyses microbiologiques ont donné les résultats suivants :

Tableau n°11 : Caractéristiques hygiéniques des soycheeses

Germes	Norme	F 1 (3)		F 2 (2)		F 3 (1)	
		UFC/ml (*)	Conclusion	UFC/ml (*)	Conclusion	UFC/ml (*)	Conclusion
FAMT	10^6 à 10^7	$3,5.10^6$	Satisfaisant	$1,5.10^6$	Satisfaisant	1,1	Satisfaisant
L&M	10^4 à 10^5	$2,0.10^4$	Satisfaisant	$1,3.10^4$	Satisfaisant	$1,9.10^4$	Satisfaisant
CT	<200	$2,7.10^2$	Acceptable	$3,0.10^2$	Acceptable	$3,4.10^2$	Acceptable
CF (**)	<10	<10	Satisfaisant	<10	Satisfaisant	0,7	Acceptable
Staph	absent dans 25 g	<10	Satisfaisant	<10	Satisfaisant	<10	Satisfaisant
Salmo	absent dans 25 g	0	Satisfaisant	0	Satisfaisant	0	Satisfaisant
Conclusion générale		Acceptable		Acceptable		Acceptable	

F... (...) : code échantillon (rapport protéine animale sur protéine végétale)

(*) : Valeur moyenne de trois analyses.

(**) : Coliformes fécaux ou Coliformes thermo tolérants

D'après ces résultats, les soycheeses à 75 % (F1), 66.67 % (F2) et 50 % (F3) de protéine animale par rapport aux protéines totales sont qualifiés microbiologiquement **acceptables**.

Les critères remplis pour qualifier les produits de satisfaisant ou d'acceptable reposent sur les normes en vigueur. Les normes appliquées sont celles de l'AFNOR [in BEERENS et LUQUET, 1987 ; BOURGEOIS et al., 1990]. Les détails concernant ces critères de qualité microbiologique et les résultats détaillés des analyses microbiologiques sont en Annexe IX.a et X.

Remarque : Pour le dénombrement des salmonelles : nous avons suspecté deux types de colonies. Les tests de confirmation ont pourtant révélé que ni l'une ni l'autre ne s'agissaient pas de salmonelles (cf. Annexe IX.b).

2.3.5.2. Qualité nutritionnelle

Pour la détermination de la valeur nutritionnelle, nous avons pris comme référence le fromage à pâte demi dure Saint Paulin dont la composition est détaillée en Annexe XI.

a) Apport énergétique

Les valeurs énergétiques des soycheeses varient de **302,2 à 376,4 Kcal par 100g** d'échantillon. La comparaison des apports énergétiques des soycheeses se figure comme suit :

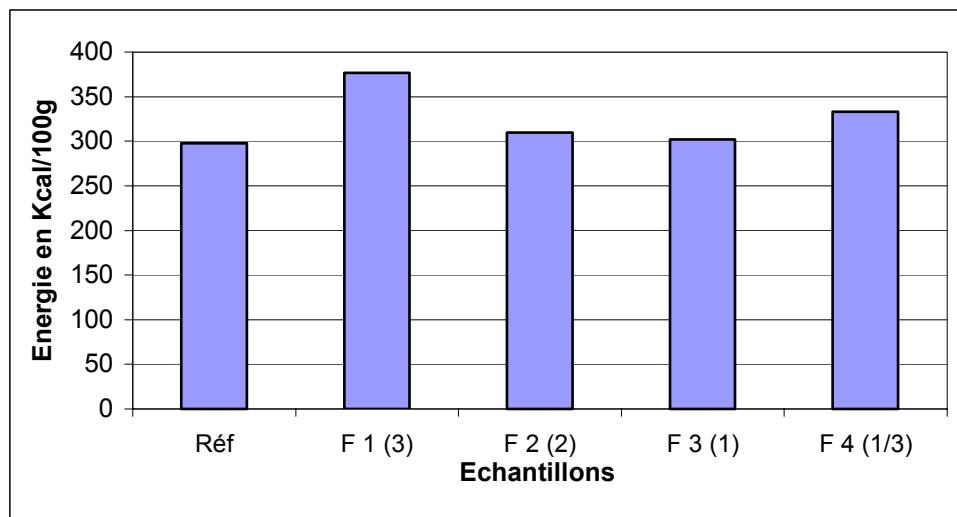


Figure n°14 : Comparaison de l'apport énergétique des soycheeses

Réf : référence (Saint Paulin) [CIQUAL, 1987]

F... (...) : Code échantillon (rapport protéine animale / protéine végétale)

Ainsi, par rapport à la référence, les soycheeses sont plus énergétiques grâce à leur teneur plus élevée en MG. L'apport énergétique est minimum à 50% de protéine animale (F3). Cependant, la différence reste non significative. Nous sommes en présence d'une population homogène, avec un coefficient de variation de 10,09 nettement inférieur à 30.

b) en éléments majeurs

Le tableau suivant montre les valeurs des principaux constituants obtenues lors de l'expérimentation. Elles sont exprimées en moyenne ± 2 fois écart-types.

Tableau n°12: Caractéristiques physico-chimiques des soycheeses (en g par 100 g)

	Réf (*)	F 1	F 2	F 3	F 4	LS (*)	CV
Matière sèche	51,46	52,48 \pm 0,60	51,07 \pm 2,26	50,27 \pm 1,15	45,49 \pm 0,71	4,88	6,09
Humidité (**)	48,54	47,52 \pm 0,60	48,93 \pm 2,26	49,73 \pm 1,15	54,51 \pm 0,71	95,12	6,05
Sels minéraux	3,39	2,36 \pm 0,32	2,29 \pm 0,40	1,79 \pm 0,14	1,16 \pm 0,05	n.i.	29,00
Protéines	23,28	22,85 \pm 1,44	18,89 \pm 2,18	18,87 \pm 1,83	14,54 \pm 0,33	2,7	18,06
Lipides	22,72	24,69 \pm 0,08	27,30 \pm 1,88	25,49 \pm 0,84	26,25 \pm 0,52	1,17	4,30
Glucides (**)	2,07	2,59 \pm 0,99	2,81 \pm 0,40	4,84 \pm 0,71	2,96 \pm 0,46	n.i.	31,52

(*) : Réf = Saint Paulin [CIQUAL, 1987] et LS = lait de soja

(**) : Valeurs calculées

et CV : coefficient de variation et n.i. : non identifié

D'après ce tableau, les compositions des soycheeses « nature » forment une population très homogène, à l'exception de leur teneur en matière glucidique. Pour cette dernière, une explication peut être avancée : les valeurs étant déduites à partir des données obtenues pour les autres constituants. Donc elles sont sujettes à la fluctuation de ces dernières.

Schématiquement, la comparaison des principaux éléments constituant les soycheeses peut se résumer comme suit :

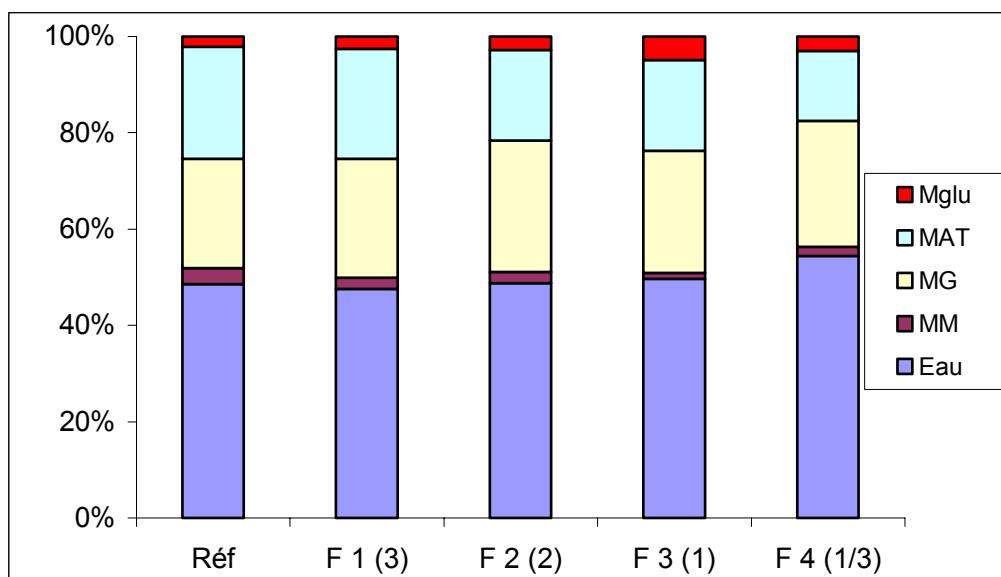


Figure n°15 : Comparaison de la valeur nutritionnelle des soycheeses

D'après cette figure, les soycheeses sont formés en moyenne de 50,2% d'eau, 25,9 % de MG, 18,8 % de MAT et 1,9 % de MM. Par rapport à la référence, ils présentent en général une teneur en MG plus faible sûrement à cause de l'absence de l'écrémage, et un pourcentage moins élevé en MAT.

Pourtant, une légère élévation de la teneur en eau est constatée au fur et à mesure que l'on augmente la quantité de lait de soja utilisé, bien que les soycheeses aient été égouttés de la même façon. Cette différence d'humidité est probablement due à la difficulté de la sortie de l'eau au sein du caillé à forte proportion de lait de soja. Mais cette différence reste non significative.

Nous pouvons conclure que les soycheeses sont quantitativement **de même valeur nutritionnelle**. Seule reste à voir la qualité des micro-éléments.

c) *Qualité de la phase grasse*

La composition de la matière grasse des soycheeses en comparaison avec celle de la référence et du lait du soja est la suivante :

Tableau n°13 : Composition en acide gras des soycheeses

N° pic	Acides gras		Composition en %					
	Formule	Nom	Réf (*)	F 1	F 2	F 3	F 4	LS (**)
1	C 8 : 0	Ac. caprylique	1,2	0,3	Trace	Trace	Trace	-
2	C 10 : 0	Ac. caprique	2,3	1,7	1,3	0,7	0,6	-
3	C 12 : 0	Ac. laurique	1,9	2,4	2,0	1,9	1,0	-
4	C 14 : 0	Ac. myristique	11,3	11,0	10,4	9,7	6,0	Trace
5	C 14 : 1w7			0,6	0,5	0,5	Trace	-
6	Iso et antéiso 15	-	-	1,3	1,2	1,1	0,3	-
7	C 15 : 0			1,0	0,9	0,8	0,4	Trace
8	C 16 : 0	Ac. palmitique	31,0	40,4	38,7	38,5	28,7	10,63
9	C 16 : 1w7	Ac. palmitoléique	3,1	0,7	0,6	0,5	0,2	-
10	Iso et antéiso 17	-	-	0,9	0,7	0,5	0,3	-
11	C 17 : 0			0,5	0,5	0,4	0,3	-
12	C 18 : 0	Ac. stéarique	11,5	9,0	8,2	8,0	6,4	2,93
13	C18 : 1w 9	Ac. oléique	26,5	23,1	22,2	21,9	21,8	26,95
14	C18 : 2 w6	Ac linoléique	1,6	6,6	10,5	13,7	29,4	52,77
15	C18: 3w3	Ac linolénique	1,0	0,56	1,2	1,7	4,1	5,76
Total AGI			33,5	31,45	35,0	38,36	55,5	85,23
Total AGS			66,5	67,71	64,9	61,64	44,5	13,56
Rapport AGI / AGS			0,50	0,46	0,54	0,62	1,25	6,30

(*) : Saint Paulin [CIQUAL, 1987]

(**) : Composition en AG du lait de soja déduite de celle de la graine et de l'okara

Cette composition en AG a été déterminée par le calcul de la LCE développée en Annexe XII. Les profils chromatographiques sont donnés en Annexe XIII.

Ainsi, les constituants majeurs de la phase grasse :

- Pour F 1 à $Qp^1 = 3$: acide palmitique (40,4%), oléique (23,1%), myristique (11,0%) et linoléique (6,6%) ;
- Pour F 2 ($Qp^1 = 2$), acide palmitique (38,7%), oléique (22,2%), linoléique (10,5%) et myristique (10,4%) ;
- Pour F 3 ($Qp^1 = 1$), acide palmitique (38,5%), oléique (21,9%), linoléique (13,7%) et myristique (9,7%) ;
- Pour F 4 ($Qp^1 = 1/3$), acide linoléique (29,4%), palmitique (28,7%), oléique (21,8%) et myristique (6,0%) ;

Concernant le rapport AGI / AGS, il va sans dire qu'il s'élève au fur et à mesure que l'on augmente la quantité de lait de soja de la matière première. Ceci résulte de l'enrichissement en AGI provenant du soja et appauvrissement en AGS provenant du lait. Les préoccupations des consommateurs à l'égard de la teneur en AGS du lait et de leurs effets sur la santé humaine ont activé les chercheurs à augmenter la proportion en AGI de la matière grasse du lait.

En particulier, l'acide linoléique conjugué suscite un grand intérêt par son effet bénéfique sur la santé humaine (prévention du cancer, de l'artériosclérose et de l'obésité). Différentes stratégies ont été mises en œuvre afin d'accroître l'insaturation de la matière grasse du lait telle que l'addition dans la ration alimentaire des ruminants de source d'acide linoléique protégé par des capsules protéiques [LACOSSE *et al.*, 2002]. D'autres ont essayé par voie génétique mais les résultats sont inconclusifs [RAZAFINDRAJAONA, 2004, communication personnelle].

Ainsi, l'addition de lait de soja dans la matière première de la fromagerie a **conduit à l'enrichissement des produits finis en acide linoléique** et l'augmentation de l'insaturation de la MG des soycheeses. Cette propriété est aussi confirmé par ANNE en 1999, qui a avancé que la consommation régulière de tofu (fromage de soja frais consommé surtout par les asiatiques) permettrait de lutter contre les maladies de civilisation (maladies cardiovasculaires, cancer, hypercholestérolémie, etc.).

¹ Qp = quotient protéique = protéine animale / protéine végétale

D'ailleurs, la composition en AG de la MG du lait se distingue par l'existence, à une proportion non négligeable (15,5 %) d'AG à courte chaîne – comme l'acide butyrique (C4) et caproïque (C6) –, et à courte et moyenne chaîne – comme l'acide caprylique (C8), caprique (C10) et laurique (C12) [Anonyme, 2003]. Or, leur teneur a diminué voire indétectable dans les soycheeses. Ceci pourrait vraisemblablement s'expliquer par le fait que les premiers sont volatils et solubles dans l'eau et les seconds volatils et faiblement solubles dans l'eau. [CHAMBON, 1996 in KARLESKIND et WOLFF, 1996]. En conséquence, une importante quantité de ces AG particuliers auront été entraînée par le lactosérum au cours de l'égouttage, ou encore perdue lors de la préparation de l'ester méthylique d'AG avant la CPG. Ces hypothèses restent encore à vérifier.

d) Les éléments minéraux

Pour la composition des soycheeses en éléments minéraux, nous avons le tableau suivant :

Tableau n°14 : Les macroéléments contenus dans les cendres en mg par 100 g

	Réf	F 1 (3)	F 2 (2)	F 3 (1)	F 4 (1/3)	Soja graine
Calcium	808,00	546,00	467,00	441,00	409,50	269,50
Phosphore	440,00	465,00	522,00	550,00	573,00	758,00
Rapport Ca/P	1,84	1,17	0,89	0,80	0,71	0,27
Magnésium	33,00	86,50	119,50	170,50	195,0	255,0
Zinc	5,00	4,98	5,00	5,02	5,06	5,10

Réf : Référence = fromage pur lait de vache, Saint Paulin [CIQUAL, 1987]

F... (...) : Code échantillon (rapport protéine animale / protéine végétale).

Par rapport au fromage de référence, la teneur en calcium (409 à 546 mg/100g) est plus faible, alors que le phosphore (465 à 573 mg/100g) se trouve plus intéressant. Leurs teneurs en magnésium varient de 86 à 195 mg/100g atteignant 2,5 à 6 fois celle de la référence. Par contre, la teneur en zinc se rapproche de celle du Sait Paulin.

Comme la graine de soja présente un déficit en calcium, un appauvrissement progressif de ce macroélément est proportionnel au taux de lait de soja utilisé. Par contre, elle est très riche en phosphore, c'est-à-dire que notre formulation a enrichi en cet élément la valeur nutritionnelle des soycheeses. Ainsi, le rapport Ca/P diminue avec la teneur en lait de soja utilisé. Seule la formulation 1 (75% des protéines étant d'origine animale) a pu garder cet équilibre, c'est-à-dire, un rapport Ca/P entre 1,1 et 1,6.

Pour les deux autres éléments minéraux, une augmentation très nette de la teneur en magnésium est observée pour les soycheeses à haute teneur en lait de soja. Si le magnésium est connu par sa vertu anti-stress, nos produits trouvent ici leur intérêt particulier. Quant au zinc, la teneur est presque la même pour tous les échantillons.

2.3.5.3. Qualité sensorielle

a) Résultat de l'analyse discriminative

L'analyse discriminative de l'échantillon témoin et celui issu de la formulation 1 (rapport protéine animale / protéine végétale égal à 3) a donné que **96 % des sujets ont pu distinguer les deux échantillons**. Nous pouvons ainsi dire que du point de vue organoleptique, les soycheeses sont différents des fromages pur lait de vache rencontrés habituellement.

b) Les caractéristiques de la référence

La référence prise est un fromage fabriqué avec du lait pur, sans épice, de nom commercial « La force ». Le jury a ressorti les caractéristiques suivantes :

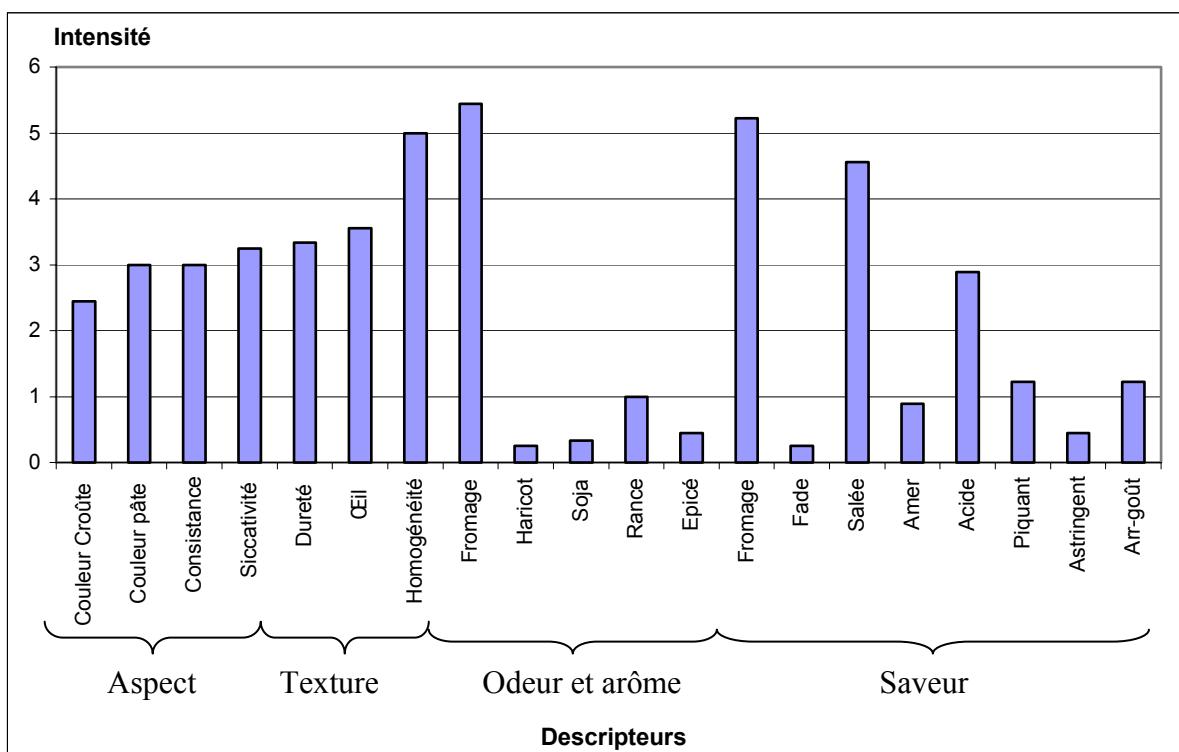


Figure n°16 : Caractéristiques sensorielles du fromage de vache de référence

D'après cette figure, l'échantillon pris comme référence se caractérise par :

- aspect : couleur de la pâte moins foncée que celle de la croûte, pas trop humide ni trop cassant ;

- texture : semi dure (de dureté 3,3 sur 6 en moyenne), avec des « yeux » et pâte homogène ;

- odeur et arôme de « fromage » ;
- saveur de « fromage » marquée, saveur salée et saveur acide assez prononcées.

Concernant la préférence des juges, cet échantillon a eu une note élevée de **5,2 ± 0,7**. Cette préférence est illustrée par la figure suivante.

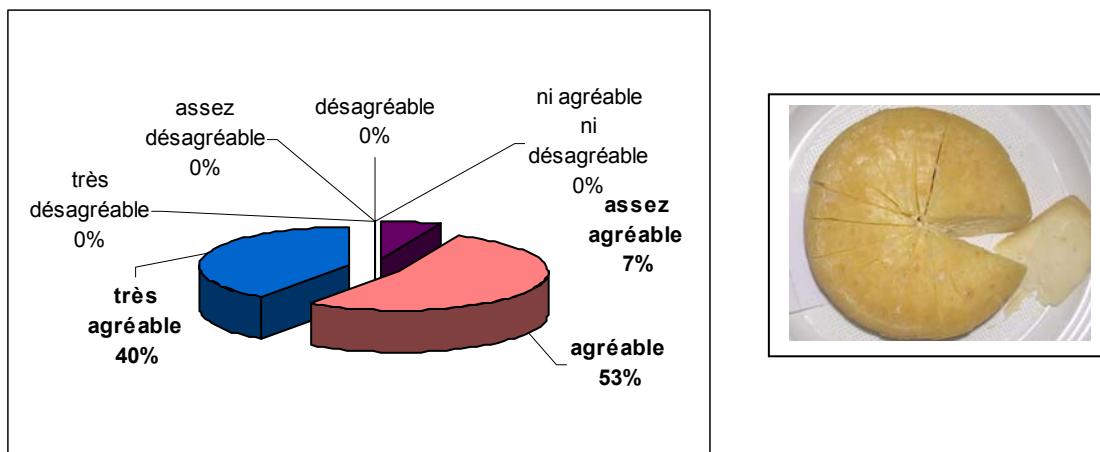


Figure n°17: Epreuve hédonique du fromage de lait de vache de référence

Ainsi, notre référence a été qualifiée comme **agréable**, voire **très agréable**.

c) Les profils sensoriels des soycheeses « nature »

L'appréciation de l'aspect et de la texture des soycheeses « nature » est donnée par les figures suivantes :

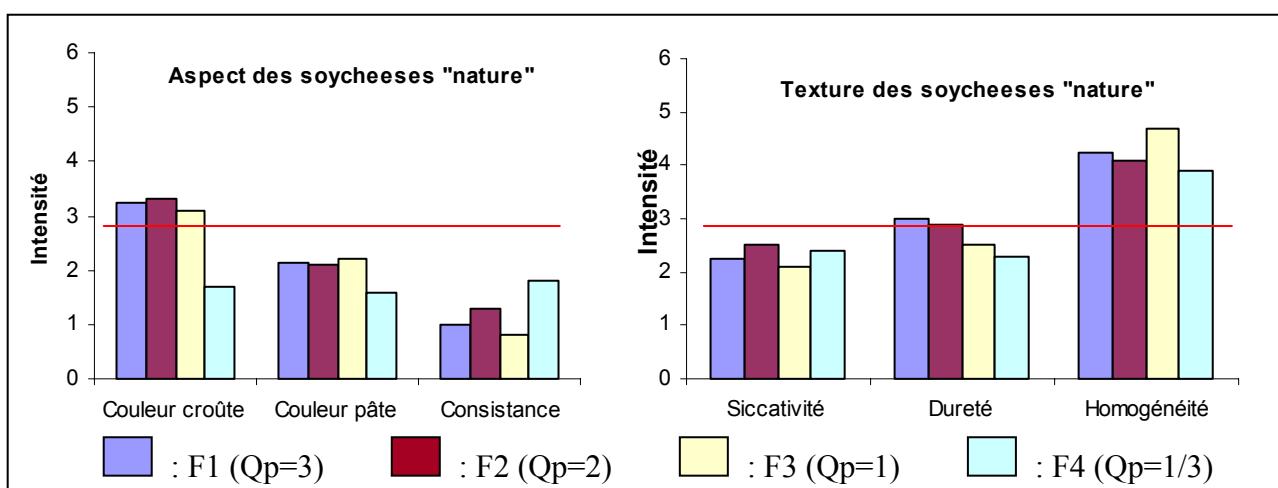


Figure n°18 : L'aspect et la texture des soycheeses « nature »

Ainsi, l'aspect des soycheeses « nature » est marqué par une couleur de la croûte plus foncée que celle de la pâte. Pour F 4, nous avons particulièrement noté une absence de croûte. Ce qui est confirmé par la clarté de la couleur aussi bien de la croûte que de la pâte.

Concernant leur texture, la dureté des soycheeses diminue de F1 à F4, c'est-à-dire qu'elle est proportionnelle à leur teneur en matière sèche (voir § 2.3.5.2.). Cependant, l'homogénéité est constante.

A propos de l'odeur et de l'arôme des soycheeses « nature », les résultats suivants ont été obtenus :

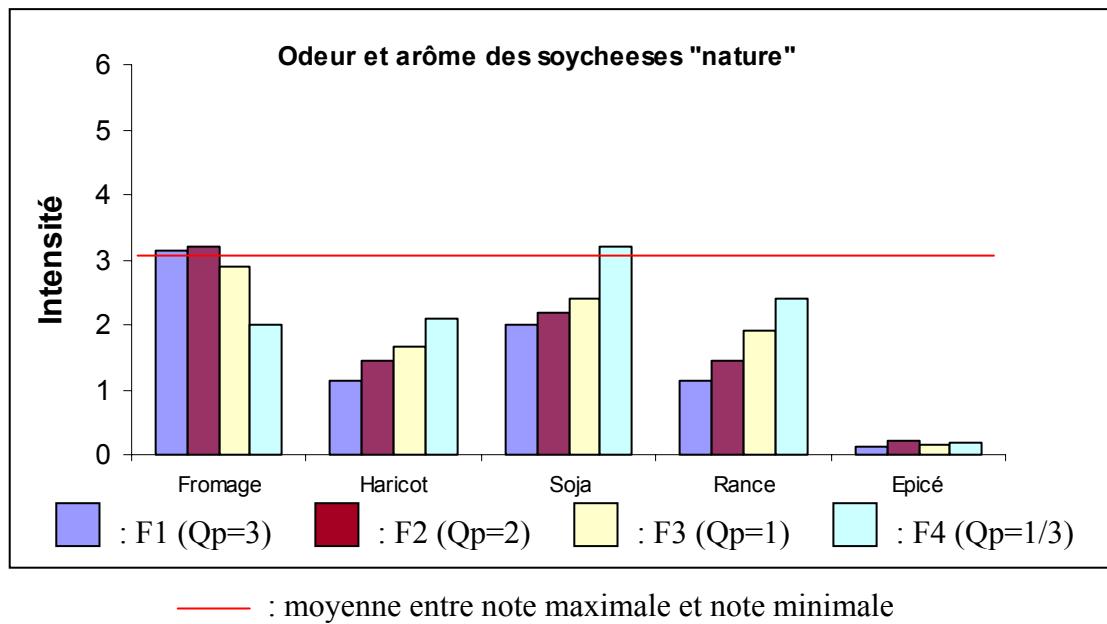
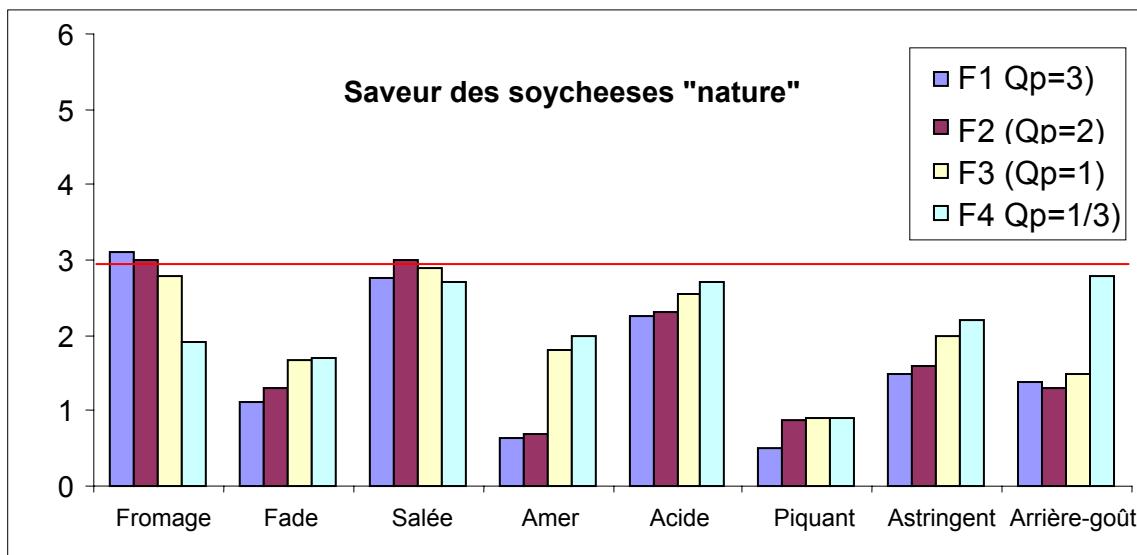


Figure n°19 : Comparaison de l'odeur et l'arôme des soycheeses « nature »

Les échantillons sont marqués par l'arôme caractéristique du fromage. Son intensité est presque identique pour les deux grands groupes de soycheeses, néanmoins elle a remarquablement diminué pour F 4, probablement masqué par les autres odeurs. Les odeurs de haricot ou de soja sont de plus en plus senties de F1 à F 4. De même, la rancidité, due à l'oxydation de la matière grasse, surtout d'origine végétale, est croissante avec l'augmentation du taux de lait de soja utilisé.

Pour la saveur, les juges perçus les caractéristiques suivantes :



— : moyenne entre note maximale et note minimale

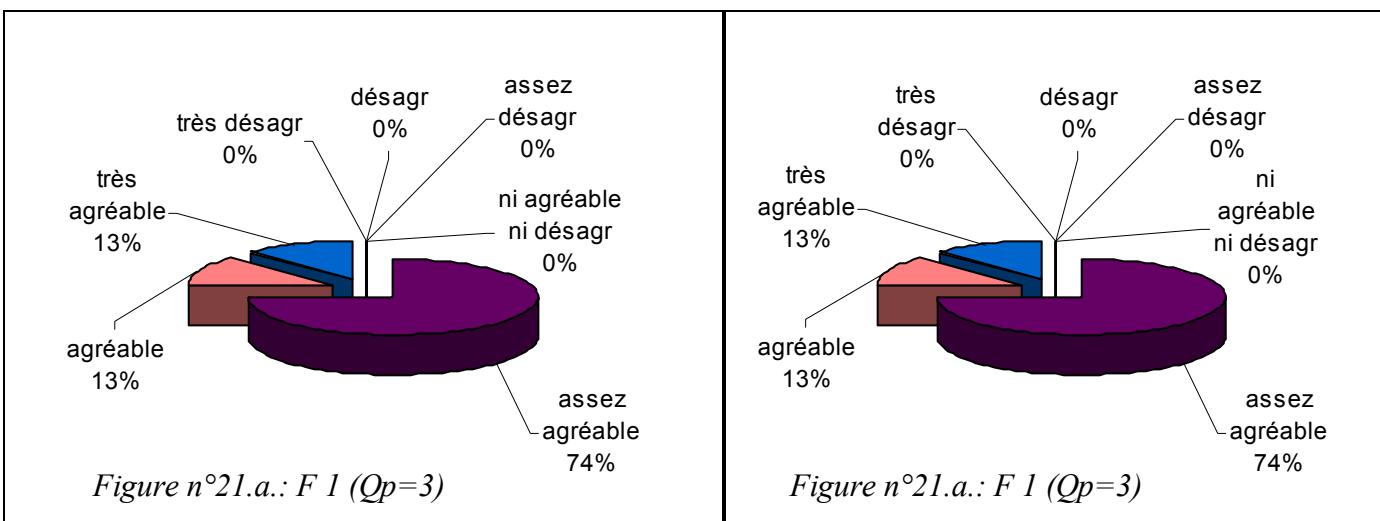
Figure n°20 : Comparaison de la saveur des soycheeses « nature »

Ce descripteur est généralement lié à l'odeur et l'arôme des produits. Les soycheeses ont une saveur assez complexe, prédominée par celle du fromage et une saveur salée. L'intensité de la première est de moins en moins sentie de F 1 à F 4. Inversement, les saveurs fade et astringente provenant du soja se sont accrues. Il en est de même pour la saveur acide ; mais cette perception est plus faible.

3.3.5.4. Résultats des épreuves hédoniques des soycheeses

« nature »

Les résultats des analyses hédoniques ont été compilés dans les figures suivantes :



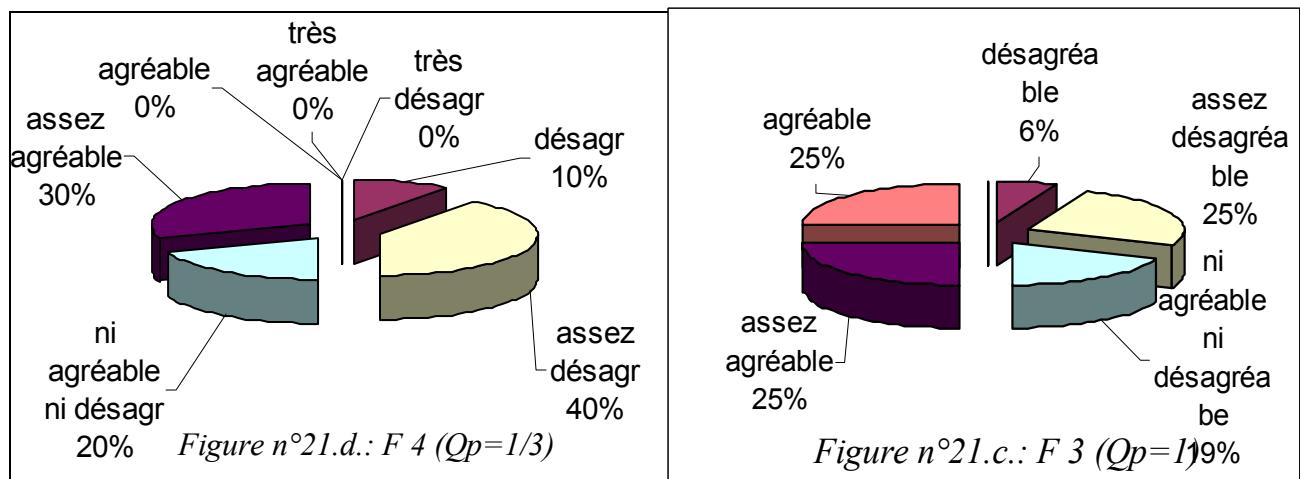


Figure n°21.a, b, c, d : Analyses hédoniques des soycheeses « nature »

D'après ces figures et l'épreuve de classement, le degré d'acceptabilité diminue avec la teneur en lait de soja ajouté :

Pour les soycheeses F1 (Qp=1) : ils ont eu une note moyenne de 4,5 sur 6. Une amélioration de leurs caractéristiques les rendra donc plus **agréable** aux yeux des consommateurs. Le coefficient de variation étant de 13,6 nettement inférieur à 30, c'est-à-dire que leur appréciation est homogène.

Pour les F 2 (Qp=2), la note moyenne a été de 4,1 avec un coefficient de variation de 28,2. La perception des sujets est donc homogène. Le produit en question est alors **assez agréable**.

Pour F 3, (Qp=3), la qualification d'**assez agréable** est justifiée par sa note moyenne de 3,5 sur 6. Le CV est de 27,2 c'est-à-dire que les réponses sont homogènes.

Pour F 4 (Qp=1/3), la formulation a été négativement perçue par les sujets. Ils ont donné une note moyenne de 2,7 sur 6. Cependant, l'importance du CV : 39,2 montre que les réponses sont dispersées, c'est-à-dire hétérogènes. Son appréciation est donc mitigée.

2.3.6. Les effets de l'optimisation sur les qualités sensorielles

2.3.6.1. Effets de l'écrémage

Avec un écrémage séparé du lait et du lait de soja, nous n'avons pas pu recueillir de la crème provenant du lait de soja. Par ailleurs, un écrémage du mélange n'a donné que la quantité de crème correspondante à la proportion de lait utilisé. Ce qui confirme la remarque de RAHARIVELOMANANA (1984), c'est-à-dire que la matière grasse du lait de soja ne peut pas être extraite par écrémage à cause de sa richesse en AGI.

Toutefois, nous avons pu remarquer la formation d'une écume grasse en surface du lait de soja même lors du chauffage. Ce résultat est identique à celui de RAMARSON (2002).

Les résultats de l'évaluation sensorielle des soycheeses écrémés et non écrémés sont donnés par la figure suivante.

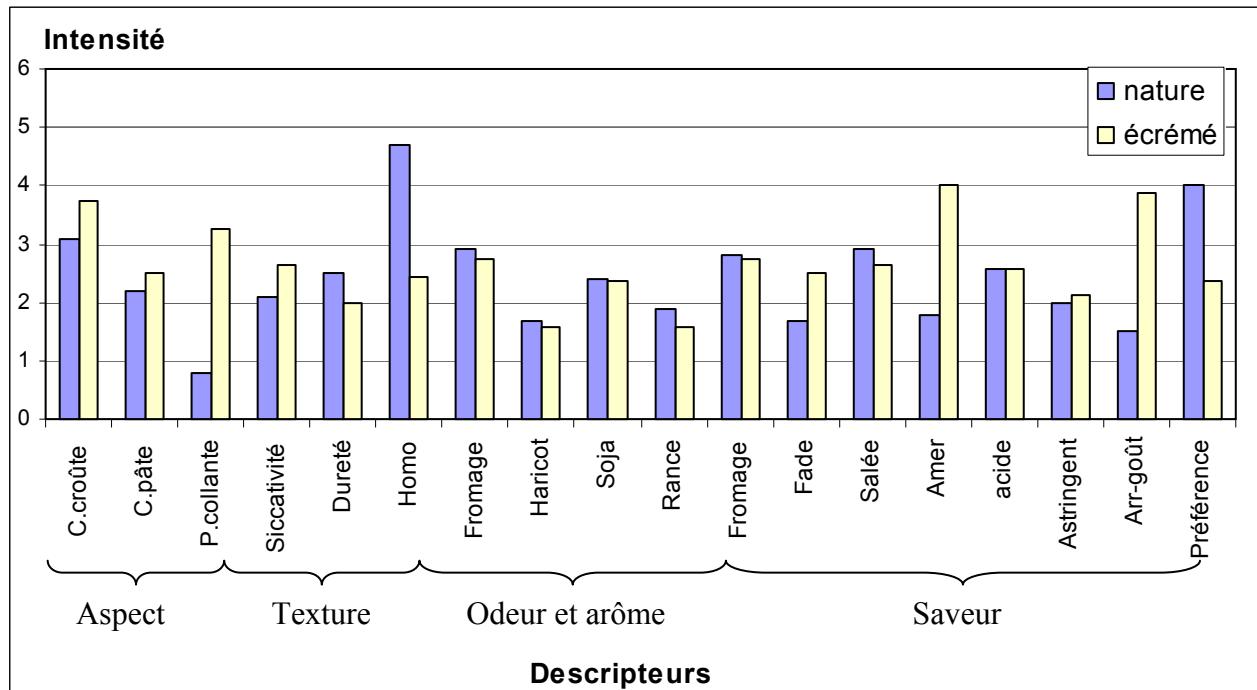


Figure n° 22 : Comparaison des caractéristiques sensorielles des soycheeses « nature » et écrémés

Les effets de l'écrémage sont les suivants :

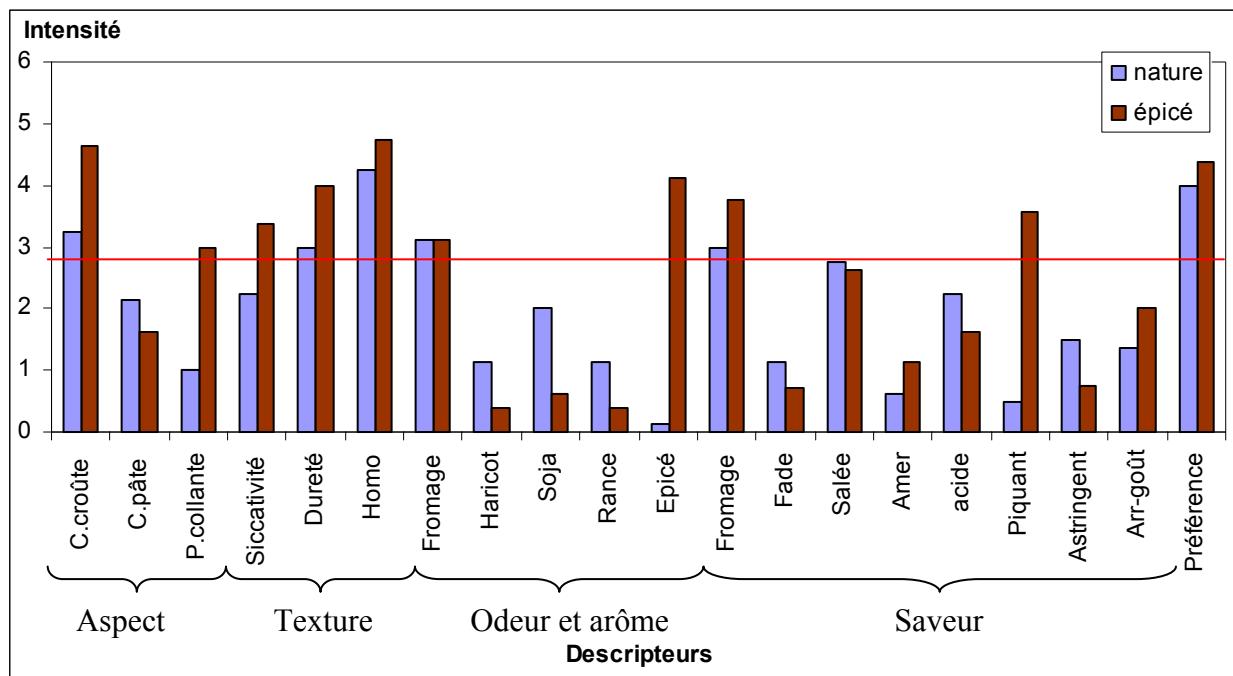
- La pâte devient plus collante, le goût fade, l'amertume et l'arrière-goût sont de plus en plus accentués ;
- La couleur de la croûte et celle de la pâte, la rancidité, la siccavité ainsi que la dureté sont très peu influencées ;
- Les perceptions du goût et de la saveur du fromage, du goût de soja et de haricot, du goût salé, de l'acidité et enfin de l'astringence ne sont pas modifiées ;
- L'homogénéité et surtout la préférence des consommateurs ont nettement diminué.

Ainsi, nous pouvons conclure que **l'écrémage**, en n'enlevant que la phase grasse du lait, a eu un **effet négatif sur la qualité**, essentiellement **organoleptique** du produit. Il est donc **à déconseiller**. Nous pouvons avancer que la matière grasse du lait masque partiellement les caractéristiques désagréables provenant du lait de soja.

2.3.6.2. Effets de l'aromatisation

a) Différence entre soycheese « nature » et soycheese au poivre

La figure suivante nous montre les réactions du jury durant l'analyse sensorielle de ces produits.



— : moyenne entre note maximale et note minimale

Figure n° 23 : Comparaison des caractéristiques sensorielles des soycheeses « nature » et épice

D'après cette figure, les effets de l'aromatisation sont les suivants :

- La couleur de la croûte, la consistance, la dureté et la perception de la saveur fromage se sont renforcées de façon significative ;
- L'odeur de haricot et de soja, la rancidité, la saveur fade et l'astringence sont masquées ;
- L'homogénéité, l'odeur de fromage, la saveur salée et l'amertume sont très peu influencées ;
- Des nouvelles caractéristiques sont perçues. Ce sont l'arôme épice et le goût piquant de l'épice (le poivre).

Du point de vue global, l'aromatisation a porté des **effets bénéfiques** sur la qualité organoleptique des soycheeses. Elle a été **vivement recommandée par le jury**. D'où une nette élévation du niveau d'appréciation du produit. Ainsi, la formulation d'un

produit épice sera retenue pour l'élaboration des soycheeses. Toutefois, une faible augmentation de la perception d'un arrière-goût a été notée.

b) *Les caractéristiques organoleptiques des soycheeses au poivre*

L'aspect et la texture des soycheeses au poivre sont évalués comme suit :

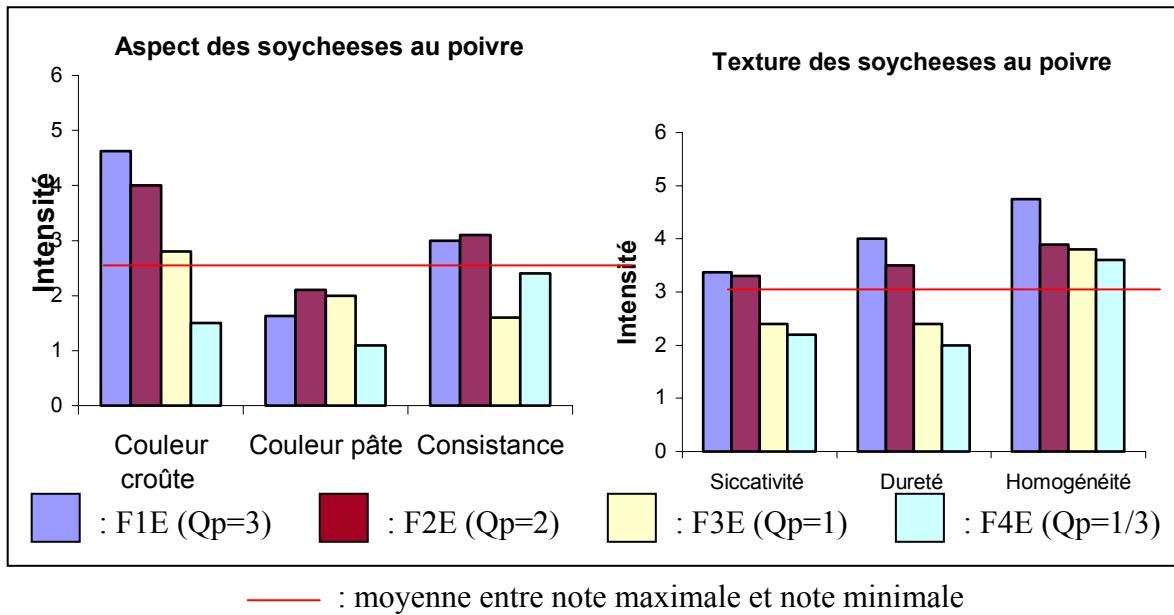


Figure n° 24 : Comparaison des aspects des soycheeses au poivre

Comme dans le cas des soycheeses « nature », la couleur de la croûte est proportionnelle à l'augmentation de la quantité de lait de soja utilisé. Les épices ont accentué la couleur de la croûte. Ceci est vraisemblablement dû au transfert de la couleur du poivre vers les soycheeses pendant leur fabrication. Par ailleurs, les soycheeses épices possèdent une siccavité inversement proportionnelle à la quantité de lait de soja ajoutée. Ce qui n'a pas été distingué pour les « nature ».

Concernant les réponses des sujets pour les descripteurs de la texture, les épices ont remarquablement rendu plus secs les échantillons F1E et F2E. Les deux autres formulations (F3E et F4E) demeurent non modifiées. Notons aussi que, comme dans le cas des soycheeses « nature », la dureté des soycheeses diminue en fonction de la teneur en lait de soja des produits. Les soycheeses au poivre sont aussi très homogènes.

L'évaluation de l'odeur et de l'arôme des soycheeses au poivre est la suivante :

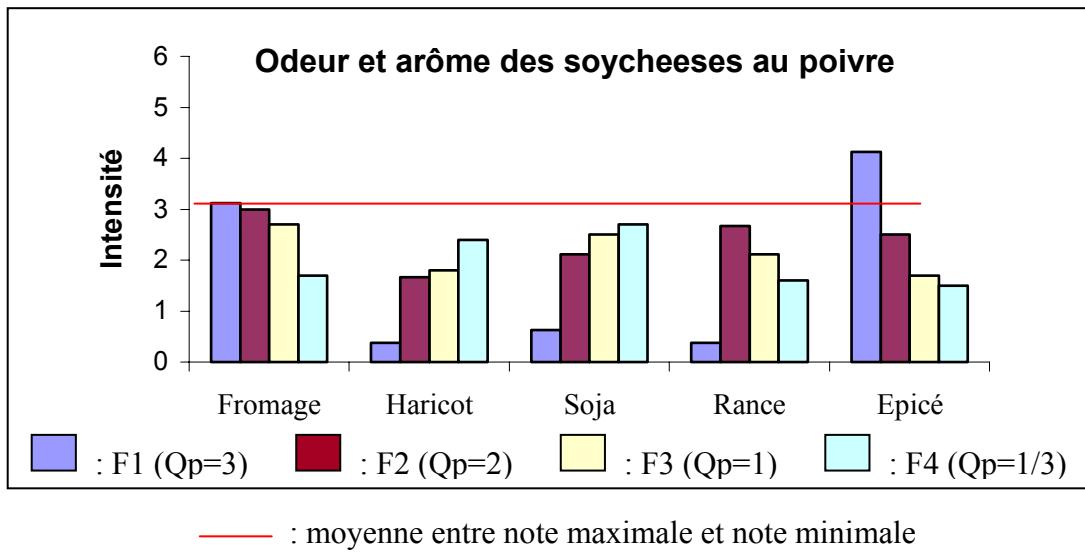


Figure n°25 : Comparaison de l'odeur et de l'arôme des soycheeses au poivre

Cette optimisation du procédé a surtout modifié l'arôme et l'odeur des soycheeses. Avec le même taux de poivre utilisé, l'intensité de la perception du descripteur « épice » est maximale pour l'échantillon F1E (75% de protéine animale et épice). De ce fait, les odeurs de haricot, de soja et rance ont été atténuées. Pour les trois autres formulations le poivre n'a pas réussi à masquer totalement les odeurs de haricot, de soja et rance. En effet, les juges ont faiblement perçu cet arôme épice.

La saveur des soycheeses au poivre est la suivante :

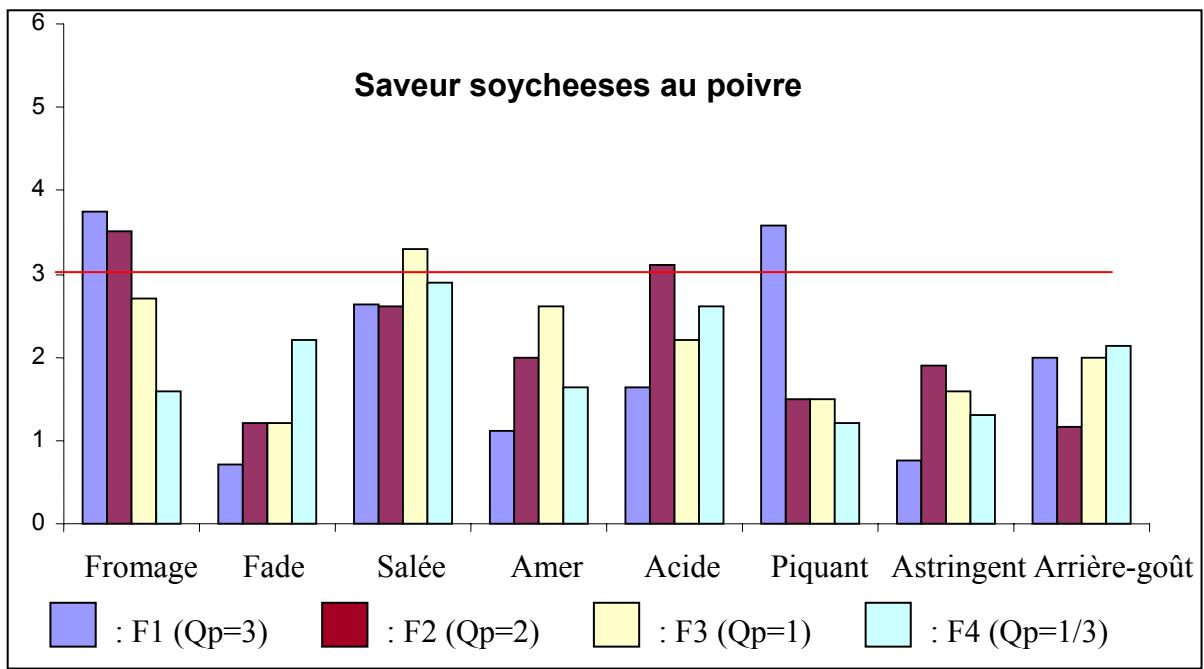


Figure n°26 : Saveur des soycheeses au poivre

La saveur des soycheeses a été améliorée par l'aromatisation. La saveur fade s'éclipse au profit de la saveur piquante provenant du poivre. Comme dans le cas de l'arôme fromage, l'intensité maximale de la saveur piquante est aussi constatée sur F1E (75% de protéine animale). On note aussi une diminution de la perception de la saveur de fromage en fonction de l'introduction de lait de soja ainsi que celle de la saveur fade.

La perception de la saveur salée, amère et acide par contre reste inchangée. Le taux de sel est convenable pour tous les échantillons, la moyenne se situe à 3. Le goût amer est faible (1,8). Les données sur l'acidité sont dispersées, cependant, nous pouvons dire qu'aucun excès ni insuffisance d'acidité n'a été décelé par les juges. Son intensité tourne autour de 2,3 pour tous les échantillons. L'arrière-goût persiste, mais aucune remarque particulière n'a été émise (ni positif, ni négatif).

c) Analyse hédonique des soycheeses au poivre

Les résultats de l'analyse hédonique des soycheeses au poivre sont résumés ci-après :

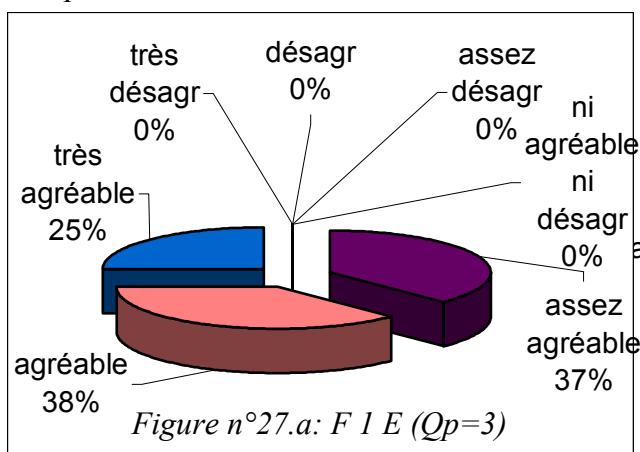


Figure n°27.a: F 1 E (Qp=3)

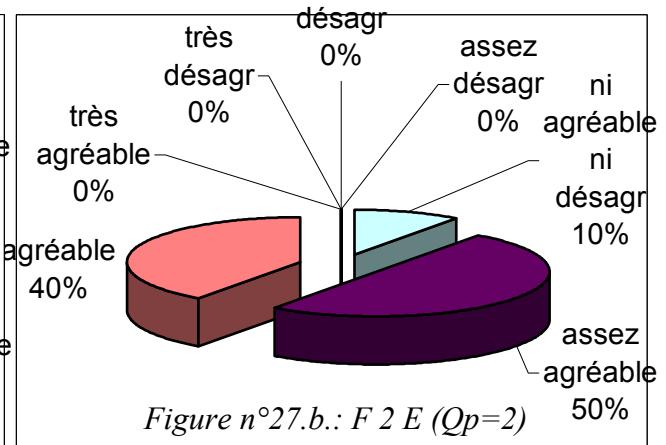


Figure n°27.b.: F 2 E (Qp=2)

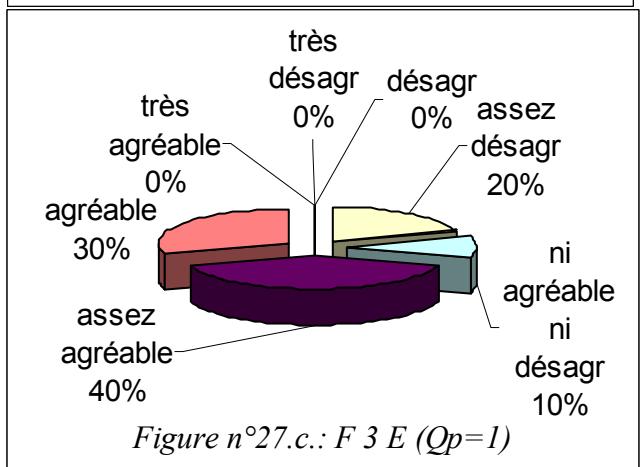


Figure n°27.c.: F 3 E (Qp=1)

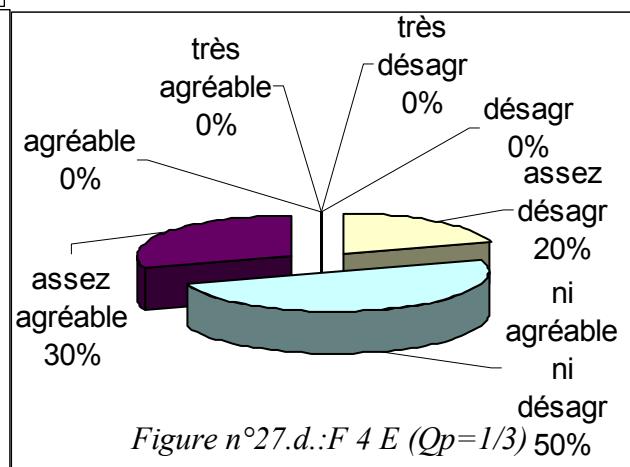


Figure n°27.d.: F 4 E (Qp=1/3) 50%

désagr : désagréable ; Qp = rapport protéine animale / protéine végétale.

Figure n°27.a., b., c., d. : Résultats des analyses hédoniques des soycheeses épices

L'aromatisation des soycheeses est **saisie positivement par les sujets**. Elle a nettement accru l'appréciation de ceux-ci. En général, **80 %** de la totalité du jury ont donné des réponses positives envers les produits, sauf pour F4E (Qp=1/3) c'est-à-dire les fromages constitués uniquement de 25 % de protéine animale.

Sur le plan organoleptique, **F1E** (Qp=3) est jugé **le meilleur** parmi tous les soycheeses produits. Cette qualité est sûrement due à deux raisons. D'abord parce que les mauvaises odeurs et saveurs du soja sont partiellement masquées par le poivre, et ensuite la composition de la matière première comporte une proportion assez élevée de lait, correspond davantage aux habitudes des consommateurs. Il a eu une note de 5 sur 6, nous pouvons donc le qualifier comme **agréable et même plus agréable**.

Les soycheeses issus de la 2^{ème} formulation (Qp=2) et aromatisés ont obtenu une note moyenne de 4,3 sur 6 par les sujets. Cette note a été réellement améliorée par rapport aux soycheeses « nature » de la même formulation. De même, les F3E (Qp=1) sont devenus « **assez agréables** », avec une note moyenne de 3,8.

Pour les soycheeses F4 (Qp=1/3), les résultats de l'optimisation restent insatisfaisants et imparfaits. Les produits F4E sont **ni agréables ni désagréables**.

La synthèse de l'appréciation organoleptique des soycheeses est la suivante :

Tableau n° 15 : Récapitulatif des qualifications organoleptiques des soycheeses

Désignation		Qp	Note moyenne	Ecart type	CV	Qualification
« nature »	F 1	3	4,5	0,7	17,0	Entre agréable et assez agréable
	F 2	2	4,1	0,9	21,4	Assez agréable
	F 3	1	3,5	1,0	27,8	Assez agréable
	F 4	1/3	2,7	1,1	39,2	Ni agréable ni désagréable
au poivre	F 1 E	3	5,0	0,8	17,1	Agréable
	F 2 E	2	4,3	0,7	15,7	Assez agréable
	F 3 E	1	3,8	1,1	29,9	Assez agréable
	F 4 E	1/3	3,1	0,7	23,8	Ni agréable ni désagréable

2.3.7. Valorisation de l'Okara

2.3.7.1. Rendement de production en Okara

D'après le paragraphe 2.3.1.2., nous avons pu obtenir 147g d'Okara à partir de 100 g de graine après l'extraction du lait de soja, c'est-à-dire un rendement de 147% (f Tableau n°9 de la page 36). Cette quantité sera séchée pour être valorisable. Ainsi, un

séchage à l'étuve réglée à $70^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ pendant une heure ou un séchage à l'air pendant 24 heures permet d'obtenir une humidité finale de 15,4%. Le rendement final en okara séché et broyé est de **90%** par rapport à la graine de soja.

2.3.7.2. Valeur nutritionnelle de l'okara

La composition de l'okara séché et broyé est résumée dans le tableau suivant.

Tableau n°16 : Valeur nutritionnelle du sous-produit OKARA

	Unités	Littérature (1)	Valeur expérimentale
Energie	Kcal	42,73	$492,64 \pm 8,89$
Eau	g	57,27	$15,39 \pm 0,05$
Matière sèche	g	42,73	$84,61 \pm 0,05$
Matière grasse	g	1,82	$27,30 \pm 1,23$
Matière azotée totale	g	n.i.	$22,46 \pm 3,28$
Matière minérale	g	n.i.	$5,78 \pm 0,04$
Calcium	mg	n.i.	83,0
Phosphore	mg	n.i.	1 830,0
Magnésium	mg	n.i.	145,0
Zinc	mg	n.i.	2,9
Matière glucidique	g	8	$\approx 29,07$

(1) : Source : USDA

n.i. : non indiqué

Sa valeur nutritionnelle nous indique que le résidu d'extraction du lait de soja est encore très riche en protéine et en phosphore. Bien qu'une grande proportion de la matière grasse du soja soit extraite avec le lait, sa composition en acides gras (cf. tableau n°8 de la page 35) est toujours intéressante à exploiter.

2.3.7.3. Possibilité d'utilisation de l'Okara

a) Valorisation en alimentation humaine

L'Okara séché et broyé, grâce à ses propriétés nutritionnelles, est en mesure de concurrencer la farine de soja dans certaines préparations alimentaires. Son utilisation en *biscuiterie*, en *pâtisserie* même en *panification* est suggérée.

Il peut aussi être employé comme un aliment de régime de certains sujets. Mélangé avec d'autres aliments tels que les céréales, l'okara peut être introduit dans la formulation d'aliment infantile [ANDRIAMANIRIMANASOA, 2001].

b) Valorisation en alimentation animale

En alimentation animale, le soja broyé grillé est très utilisé comme source de protéine. La formulation des provendes peut alors faire appel à l'okara séché et broyé, pour pallier la farine de soja grillé.

Conclusion partielle II

La technologie de fabrication des soycheeses fait appel à la technique habituelle de transformation du lait en fromage. Seulement, une considération particulière des caractéristiques du lait de soja a conduit à l'inutilisation de la présure.

La formulation des soycheeses a tenu compte des besoins en qualité de protéines pour l'organisme humain. Le mélange de laits a été caillé par une fermentation suivie d'une addition d'acide acétique. Le caillé obtenu a été égoutté par pressage et les fromages verts obtenus ont été salés dans un bain de saumure. L'affinage en cave pendant cinq à six jours termine les étapes de fabrication des fromages.

Les produits finis se caractérisent par une qualité microbiologique **acceptable**. Les valeurs énergétiques des soycheeses varient de **302,2 à 376,4 Kcal par 100g**. Ce sont des aliments nutritionnellement équilibrés. Ils comprennent en moyenne sont formés en moyenne de **50,2% d'eau, 25,9 % de lipide, 18,8 % de protéine et 1,9 % de sels minéraux**. Du point de vue organoleptique, les soycheeses surtout **aromatisés** ont été appréciés par les sujets sauf ceux à 75% de protéine végétale.

Les soycheeses retenus sont alors ceux issus des **trois formulations à 75%, 66,67% et 50% de protéine animale « nature » et au poivre**. L'étude technico-économique d'une unité de fabrication de ces produits fera l'objet de la dernière partie suivante.

Troisième partie :
ETUDE DE FAISABILITE
TECHNICO-ECONOMIQUE DE
L'UNITE FROMAGERE

Troisième partie : ETUDE DE FAISABILITE TECHNICO-ECONOMIQUE DE L'UNITE FROMAGERE

3.1. Contexte socioéconomique

3.1.1. Notion de sécurité alimentaire

3.1.1.1. Définition

La FAO a défini la sécurité alimentaire comme étant la disponibilité et accessibilité d'aliments nutritifs et sûrs en vue d'une vie saine et active pour chacun à tout moment [in RAMARIAVELO, 2002]. La consommation alimentaire est alors supérieure au besoin énergétique minimal (2300Kcal / personne / jour).

A l'échelle du ménage, la sécurité alimentaire se traduit par la capacité à produire ou à se procurer un éventail stable et abordable de nourritures adéquates. Et un pays est en sécurité alimentaire si chaque membre de chaque famille de chaque région du pays est en sécurité alimentaire.

Ce travail envisage de contribuer à la lutte contre l'insécurité alimentaire de la population des zones de distribution et même de tous les malgaches.

3.1.1.2. Facteurs déterminant l'insécurité alimentaire

Selon le GAIN (2004), ces facteurs peuvent être regroupés en trois :

- *les facteurs économiques* qui sont la difficulté d'accès aux aliments de base due à l'insuffisance du revenu accentuée par le chômage et le sous-emploi ; et la difficulté d'approvisionnement entraînant l'indisponibilité des aliments consommés, etc.
- *les facteurs socioculturels* qui sont surtout la croissance démographique, la santé publique, les mœurs, les pratiques inadéquates des traitements et de conservations des aliments provoquant une baisse de la disponibilité de ces derniers.
- *le facteur éducation* marqué particulièrement par la faible scolarisation, ce qui constitue un frein à la participation et à la mobilisation de la population.

3.1.2. Situation nutritionnelle des malgaches

3.1.2.1. La malnutrition

D'après l'UNICEF en 1991 [in RAMARIAVELO, 2002], la malnutrition se définit comme un déficit qualitatif et quantitatif en aliments de base accompagné d'un développement de maladies infectieuses. Elle peut prendre diverses formes : malnutrition protéino-énergétique (ou MPE), carence en oligoéléments (vitamines, etc.)

A propos de la MPE en particulier, il s'agit de la forme la plus courante de la malnutrition surtout infantile. On dit qu'elle est légère quand le régime est déficient à la fois en éléments énergétiques et protéiques. Elle est grave dans le cas des maladies de **marasme** et de **kwashiorkor** pouvant entraîner la mort immédiate des enfants atteints de ces maladies.

Chez l'adulte, la MPE se traduit par une perte de poids, parfois importante, et une réduction de la productivité. Les femmes enceintes et allaitantes sont les plus vulnérables. Celles atteintes de la MPE ont un faible poids, peuvent même perdre leur bébé. Les nouveaux-nés peuvent aussi avoir un poids très faible à la naissance.

3.1.2.2. Situation de Madagascar

D'après la DSRP (2003) [GAIN, 2004], sur une population totale de 17 millions d'habitants, **70% vivent en dessous du seuil de la pauvreté**. La malnutrition étant à la fois une cause et une conséquence de la paupérisation, la lutte contre cette malnutrition s'insère dans le cadre global de la lutte contre la pauvreté. Elle contribue aussi à la complication de certaines maladies infectieuses (diarrhées, rougeoles, paludisme et même SIDA).

A Madagascar [GAIN, 2004], la malnutrition est associée à plus de 50% de la mortalité des enfants de moins de 5 ans. Elle constitue également un facteur important de morbidité au niveau de la population active. De ce fait, elle entraîne une baisse du rendement de travail et de la productivité. Le coût économique de la malnutrition est donc énorme pouvant **enlever 2 à 3 points de la croissance économique**.

La lutte contre la malnutrition est donc un défi majeur que le pays doit relever pour la prochaine décennie.

3.1.2.3. Cause de la malnutrition à Madagascar

Elle peut être due à [d'après GAIN, 2004 et RAMARIAVELO, 2002] :

- des *causes directes* comme l'insécurité alimentaire due à une consommation et un apport alimentaires mal adaptés ainsi qu'une production insuffisante. **L'insécurité alimentaire** des ménages a augmenté de 59% en 1995, à **65% en 2001** (60% en milieu urbain et 67% en milieu rural). Le résultat de l'enquête permanente auprès des ménages (1993-2001) [INSTAT, 2001] a confirmé que 75% des dépenses totales des ménages sont consacrées à l'alimentation pour l'ensemble de la population malgache. La **faiblesse du revenu** contribue à cette insécurité alimentaire. La disponibilité des viandes et des produits de la pêche par habitant reste faible (4,4 et

7kg par an par habitant). Les rendements agricoles restent faibles malgré les actions entreprises en matière d'encadrement et de vulgarisation ;

- des *causes sous jacentes* : **soins sanitaires inadéquats** et **habitudes alimentaires inappropriées**. Bien que Madagascar soit une île disposant de potentialités agro-pastorales et halieutiques importantes, la ration alimentaire reste déséquilibrée, monotone et peu diversifiée – trop pauvre en protéine et en lipide avec une carence en vitamines et en minéraux. Ce fait est pourtant accentué par la difficulté d'accès aux services de santé et environnement salubre (eau potable inaccessible aux 90% de la population rurale, prévalence des maladies liées à la malnutrition encore élevée,...) ;
- des *causes fondamentales ou profondes* : liées surtout à **l'appauvrissement généralisé et continual** du pays : taux de pauvreté accrue (74% en 2002), taux de croissance économique faible (0,1% par an entre 1991 et 1996) par rapport au taux d'accroissement de la population (2,8%), la forte pression démographique. Mais il y a également la déforestation, les effets des catastrophes naturels, l'insécurité foncière, les facteurs socioculturels, ...

3.1.3. Les secteurs d'intervention de l'unité

L'unité pourrait intervenir dans les deux premiers groupes de facteurs déterminant la sécurité alimentaire annoncés dans le paragraphe 3.1.1.2.

D'abord, comme l'a dit BADOUIN (1976) [in PETITJEAN, 1976], « à travers une certaine garantie des débouchés et des prix, l'industrie de transformation peut inciter les agriculteurs à s'intéresser aux cultures qui en sont l'objet ». Cela pourrait alors faire augmenter la production, surtout en soja, grâce à un plus de débouché.

En créant des emplois, l'unité sera aussi en mesure d'augmenter le revenu des ménages en plus de l'Agriculture qui constitue leur principale activité.

Par ailleurs, sur le plan socioculturel, son implantation pourrait aussi contribuer à une vulgarisation de nouveau mode de préparation des aliments, d'où une diversification des aliments consommés. Dans cette même optique, l'éradication de la *malnutrition protéino-énergétique* serait envisageable grâce à un apport tant en protéine qu'en énergie provenant des soycheeses.

3.2. Etude de faisabilité commerciale

3.2.1. Le marché en amont

Les matières premières sont généralement collectées dans la région du Vakinankaratra, région d'implantation de l'usine.

3.2.1.1. Le soja

La quantité de soja produite dans la région de Vakinankaratra s'élève à **5 189t** en 2002 [MAEP/UPDR, 2003] cultivées sur une surface de **3 546 ha** (équivalent de 1,6% de la surface cultivée) soit un rendement cultural de **1,46 t / ha**. D'après la même source, cette production a connu une chute de 24% par rapport à l'année précédente à cause de la diminution du nombre de ménages producteurs, faute de débouchés.

L'approvisionnement en soja s'effectue généralement deux fois par an. L'achat se fait directement aux paysans producteurs ou auprès des groupements de paysans. Une partie des producteurs livrera leurs marchandises à l'usine.

3.2.1.2. Le lait

Le système d'approvisionnement est semblable à celui du soja. Le lait sera généralement livré à l'usine, une partie est quand même collectée. A plus long terme l'installation d'un ou de plusieurs centres de collecte sera plus intéressante. Un contrôle de la qualité surtout organoleptique et acidité du lait est à vérifier.

3.2.1.3. Les autres ingrédients

A propos des adjuvants de fabrication, le sel est acheté auprès des grossistes. L'acide acétique, par contre peut être acquis sous forme concentrée dans les revendeurs de produits chimiques comme ICTA (HOECHT).

3.2.2. Le marché en aval : étude de la mise en marché du produit

3.2.2.1. Définition du marketing

C'est l'ensemble des techniques ayant pour objet d'évaluer les besoins et les intentions du consommateur et, en fonction de ces données, d'élaborer des stratégies afin de peser sur les décisions d'achat. [Microsoft Corporation, 2005]

3.2.2.2. Les utilisateurs finaux ciblés

Le but de ce projet étant d'éradiquer l'insuffisance alimentaire surtout protéique des malgaches, alors cet aliment pourra être à la portée d'un grand nombre de personnes. Si les produits laitiers, et particulièrement les fromages, sont des aliments

« de luxe » destinés aux hautes catégories sociales, une possibilité de consommation de fromages est offerte à la classe moyenne, voire à celle en dessous de celle-ci.

La population cible comprend toutes les classes d'âges. Les soycheeses sont de divers types et destinés à chaque classe. Concernant la farine d'okara, elle sera vendue aux usines de transformation des produits céréaliers et les provenderies. Riche en protéine et vitamines hydrosolubles, le lactosérum peut être utilisé comme ingrédient pour la fabrication de boisson aux fruits ou de nectars. Mais les éleveurs de porcs l'utilisent aussi comme eau de boisson pour l'engraissement de ces animaux.

3.2.2.3. La concurrence

a) Les concurrents directs

Ce sont les fabricants et vendeurs des produits du même type. Or, les soycheeses que nous avons fabriqués sont issus du mélange de lait et de lait de soja. D'après l'investigation que nous avons effectuée, aucun fromager n'a utilisé du lait de soja ; et les fabricants et les revendeurs de fromage de soja à Madagascar (cas de quelques boutiques chinois dans le Tana Ville) ont utilisé uniquement du lait de soja pur.

Ainsi, jusqu'à maintenant nous n'avons pas de concurrents directs relatifs à l'écoulement de nos produits.

b) Les concurrents indirects

Ce sont les fabricants des produits apparentés donc les fromagers.

A côté des produits industriels et importés, le marché de fromages malgache est caractérisé par l'importance des produits artisanaux. On rencontre un accroissement du nombre de marchands de fromages dans la rue ces derniers temps.

Ainsi, les principaux concurrents de nos produits sont surtout les produits locaux. Nous avons donc intérêt à être compétitif tant au niveau de la qualité que du prix. Le tableau suivant nous montre une comparaison des prix des fromages à pâte ferme et dure dans les marchés de grande consommation dans le Grand Tana.

Tableau n°17 : Comparaison des prix de fromages existants sur le marché de Tananarive (valeur en Ariary)

Type de fabrication	Nom commercial	Producteur	Prix du kg	Lieu de vente
Fabrication artisanale	Fromageries artisanales et familiales		9 000	Rue, épicerie
	La force	Le Vakinankaratra	9 600	Epicerie, supermarché
	Fivatsy	Ambatomanga	9 400	Epicerie, supermarché
	Spring	Antsirabe	9 200	Epicerie, supermarché
Fabrication industrielle	BYBA	TIKO Antsirabe	14 000	Epicerie, supermarché
	Le délice	SOCOLAIT	14 400	Supermarché
	Le poivre	SOCOLAIT	15 000	Supermarché
Fromages importés	Saint Paulin	-	21 000	Supermarché
	Emmental	Franche – Comté	23 000	Supermarché

Source : Enquête des prix dans la rue, des épiceries et des supermarchés :
Shoprite et Jumbo Score (Mai 2005)

3.2.2.4. Le marché et estimation des ventes

Les soycheeses sont de nouveaux produits, la part de marché par rapport aux produits de même type est donc de 100%.

Concernant le marché des fromages en général, l'INSTAT a estimé en 1996 la différence entre la demande et la production nationale de fromage. Cette estimation montre un déficit au dépit de l'offre, et est présentée comme suit :

Tableau n°18 : Estimation de l'offre et la demande de produits laitiers à Madagascar

	Demande	Production nationale	Déficit (offre - demande)
Yaourt en Pots	120.000.000	50.000.000	70.000.000
Beurre en Kg	1.780.000	400.000	1.380.000
Fromage en Kg	670.000	170.000	500.000

Source : INSTAT 1996

Le tableau suivant résume les objectifs de vente pendant les trois phases du projet.

Tableau n°19 : Volume estimatif des ventes de soycheeses

Type de produit	Année 1 (70%)		Année 2 (80%)		Année 3 (80%)		Année 4 (90%)		Année 5 (90%)	
	Quantité (kg)	Valeur (Ar)								
F1E	604	6 644 000,00	736	8 096 000,00	736	8 096 000,00	828	9 108 000,00	828	9 108 000,00
F1	604	7 248 000,00	736	8 832 000,00	736	8 832 000,00	828	9 936 000,00	828	9 936 000,00
F 2 E	604	6 040 000,00	736	7 360 000,00	736	7 360 000,00	828	8 280 000,00	828	8 280 000,00
F 2	604	6 644 000,00	736	8 096 000,00	736	8 096 000,00	828	9 108 000,00	828	9 108 000,00
F 3 E	604	5 436 000,00	736	6 624 000,00	736	6 624 000,00	828	7 452 000,00	828	7 452 000,00
F 3	604	6 040 000,00	736	7 360 000,00	736	7 360 000,00	828	8 280 000,00	828	8 280 000,00
TOTAL	3 624	38 052 000,00	4 416	46 368 000,00	4 416	46 368 000,00	4 968	52 164 000,00	4 968	52 164 000,00

3.2.2.5. La politique marketing

Les soycheeses sont des nouveaux produits, une bonne politique de commercialisation est de ce fait plus que nécessaire. Cette politique touche surtout le lancement des produits et la fidélisation des clients. La politique marketing adoptée est celle du marketing mix qui concerne les quatre points dits **4P**.

a) *Produits*

Les soycheeses écoulés au marché sont des aliments nutritionnellement équilibrés. La mise en valeur de cette particularité par rapport aux autres produits apparentés renforcée par une standardisation de leur qualité va contribuer à la satisfaction des consommateurs. De même, la quantité vendue sur les étalages du marché doit répondre à leurs attentes et doit être ininterrompue.

Les produits sont les suivants :

Tableau n°20 : Les produits à commercialiser

Type de produit	Caractéristique commerciale	Caractéristique nutritionnelle	Conditionnement
F1	Soycheese nature pour enfants	75% de protéine animale	250 g
F1E	Soycheese au poivre pour enfants	75% de protéine animale	250 g
F 2	Soycheese nature pour les adolescents	66,67% de protéine animale	250 g
F 2 E	Soycheese au poivre pour les adolescents	66,67% de protéine animale	250 g
F 3	Soycheese nature pour les adultes	50% de protéine animale	250 g
F 3 E	Soycheese au poivre pour les adultes	50% de protéine animale	250 g

b) Prix

Le prix doit être concurrentiel pour que les clients puissent adopter les soycheeses. Les prix de vente habituels des soycheeses au marché sont les suivants :

Tableau n°21 : Les prix de vente des soycheeses (valeur en Ariary)

Type de produit	Conditionnement	Prix de la pièce	Prix du kg
F1E	250 g	3 000	12 000,00
F1	250 g	2 750	11 000,00
F 2 E	250 g	2 750	11 000,00
F 2	250 g	2 500	10 000,00
F 3 E	250 g	2 500	10 000,00
F 3	250 g	2 250	9 000,00

c) Place ou lieu de distribution

Le circuit de distribution est large. Les soycheeses seront écoulés dans les supermarchés, les épiceries, etc. Ils seront aussi vendus sur les étalages des produits diététiques, voire dans les hôpitaux.

Le choix des centres de distribution est basé sur l'effectif de la population, son pouvoir d'achat et enfin l'accessibilité. Les premières cibles sont d'abord la commune urbaine hors catégorie de Tana ville et les villes de proximité comme Antsirabe et Ambositra. Viennent ensuite les communes urbaines de première catégorie comme Fianarantsoa, Toamasina, Mahajanga. Ultérieurement les communes urbaines de deuxième catégorie, les communes rurales de première catégorie voire les autres villes éloignées comme Antsiranana, Nosy Be et Sainte Marie seront visées.

d) Publicité et promotion des produits

Les stratégies pour la **promotion des soycheeses** envisagées sont les suivantes :

- des prix promotionnels en début de production et pendant les évènements spéciaux comme les fêtes nationales ou religieuses ;
- des publicités par les mass média : émissions radio et télé d'éducation nutritionnelle appropriée et relative à l'utilisation des soycheeses ;
- confection de calendriers, d'affiches et de spots publicitaires.

3.3. Ingénierie et technologie

3.3.1. Localisation, site et environnement de la fromagerie

3.3.1.1. Choix de l'emplacement de l'usine

L'unité sera implantée dans la région du Vakinankaratra où la majorité des matières premières sont achetées. Ceci a pour but de créer des emplois pour la population riveraine et de valoriser les ressources locales en tant que débouchés des produits agricoles.

L'usine sera érigée dans un site ne courant aucun risque d'inondation, d'infiltration d'eau et d'excès d'aération pouvant nuire la qualité des produits finis. Des systèmes d'évacuation d'eau seront mis en place. L'unité sera aussi accessible toute l'année.

Enfin, afin de disposer d'un environnement sain et approprié, elle sera située loin de la ville où la pollution risque d'apporter préjudice à la qualité des produits finis.

3.3.1.2. Plan simplifié de l'unité fromagère

La figure de la page suivante nous donne le plan simplifié de l'unité fromagère. Elle s'étend sur une surface totale de 300 m².

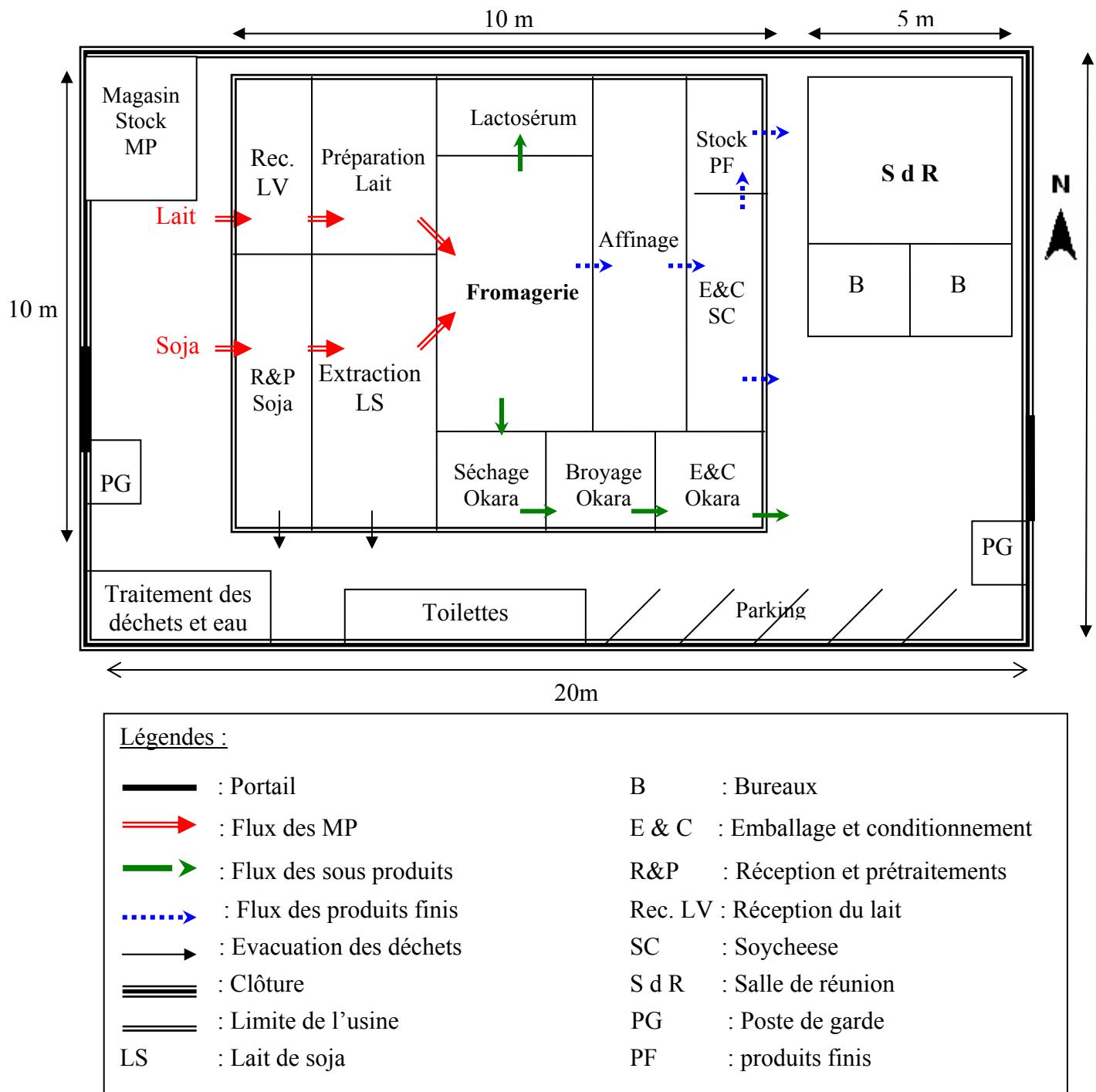


Figure n°28 : Plan simplifié de l'unité

L'unité est composée de l'usine de dimension 10m x 10m et du bâtiment administratif 7m x 5m. Le reste est destiné à la cour, au magasin de stockage, aux toilettes et aux traitements des déchets. Deux postes de gardes sont mis en place à chaque portail pour la vérification des entrées de matières premières et sorties de produits finis.

3.3.2. Besoin en matériels de l'unité fromagère

Les matériels requis pour la réalisation des travaux au niveau de l'unité sont figurés dans le tableau suivant :

Tableau n°22 : Besoin en matériels de l'unité fromagère

Opérations unitaires		Matériels requis	Caractéristiques	Nombre
Extraction du Lait de soja	Réception du soja	Balance	Portée 25 kg, précision 50g	1
	Prétraitements	Paniers (corbeilles)	En bozaka	4
	Trempage – Lavage	Sceaux	Capacité 15 l	4
	Broyage	Broyeur	A manivelle	2
	Tamisage	Passoires	En plastique	4
	Filtration	Tissus ou toile	En polyéthylène	4
	Cuisson	Marmites	En inox, capacité 30 l	2
LAIT	Pasteurisation	Marmites	En inox, capacité 30 l	2
Fabrication des soycheeses	Mélange MP et caillage	Bac	En inox, capacité 120 l	1
	Pressage	Moule	En plastique	40
		Presse	En bois avec des bords en plastique	3
	Saumurage	Bac saumurage	En inox, capacité 120 l	1
	Affinage	Etalage	En bois	3
Okara	Séchage	Table de séchage	En inox, 4m ²	1
	Broyage	Broyeur	Puissance : 750 W	1
	Conditionnement	Soude sac	Puissance : 200W	1
Lactosérum	Récupération	Bac de récupération	En inox, capacité 100 l	1
Traitement de l'eau	Pompage	Motopompe	Puissance : 3CV	1
	Filtration	Filtre	Maille : 20µ	2
Contrôle de la qualité	Contrôle pondéral du poids des produits	Balance de précision	Capacité 5 kg, précision 1g	1
	Densité des laits	Lactodensimètre	Plongeant	1
	Température et hygrométrie de la cave	Thermo hygromètre	-	1
	Température des laits	Thermomètre	Mesure de 20 à 100°C	2
	Contrôle temporel	Chronomètre	Portatif	1
	Acidité des laits	Acidimètre	Electronique	10
	Manutention	Verreries	En pyrex	-

3.3.3. Système de promotion et de contrôle de la qualité

La réalisation de la qualité se fait tout au long de la fabrication des soycheeses.

Le suivi de la bonne pratique de fabrication est alors indispensable. Le système de promotion et de contrôle de la qualité peut se résumer comme suit :

Tableau n°23 : Système de promotion et de contrôle de la qualité

Opérations unitaires		Paramètres à contrôler	Fréquence	Matériels de contrôle	Contrôleur
Extraction du Lait de soja	Réception du soja	- Poids - Propreté graines	Chaque lot	- Balance - Fiche de contrôle	Resp. approv. + Chef équipe MP
	Prétraitements	Propreté des graines	Chaque lot	Contrôle visuel	
	Trempage	Quantité d'eau	Chaque lot	Récipient gradué	
	Broyage et Tamisage	Granulométrie	Chaque lot	Tamis	
	Filtration	- Absence de solide - Rendement	Chaque lot	Filtre Récipient gradué	
Préparation du lait	Cuisson	- Température et durée - Rendement	Chaque lot	Thermomètre Chronomètre Récipient gradué	Chef d'équipe Extraction du LS
	Réception	- Teneur en MS - Acidité	Chaque lot	Densimètre Acidimètre Dornic	
Fabrication des soy-cheseses	Pasteurisation	Température et durée	Chaque lot	Thermomètre Chronomètre	Resp. approv. + Chef équipe MP
	Mélange MP et caillage	Proportion de chaque constituant	Chaque lot	Récipient gradué	
	Pressage	- Consistance du caillé pressé - Rendement	Chaque lot	- Contrôle organoleptique - Balance	
	Saumurage	- Durée et température - Teneur en sel de la saumure et des PF	Chaque lot	- Chronomètre - Thermomètre - Densimètre - Test sensoriel	
Produits finis	Affinage	Température Humidité	Chaque lot	Thermo-humidimètre	Resp. Usine + Chef d'équipe fabrication de SC
		Poids des PF	Chaque lot	Balance	
		Qualités sensorielles	Mensuelle	Analyse sensorielle	
		Qualités hygiéniques	Annuelle	Laboratoire Institut Pasteur	
Okara		Qualités nutritionnelle	Annuelle	Laboratoire des Fraudes Alimentaires	Chef d'équipe
	Séchage	Teneur en eau	Chaque lot	Contrôle visuel	
	Broyage	Granulométrie	Chaque lot	Tamis	
Lacto-sérum	Récupération	Quantité Acidité	Chaque lot	Récipient gradué Acidimètre Dornic	

3.3.4. Organisation des ressources humaines

3.3.4.1. Les principales activités de l’unité

L’unité a pour objectif principal de transformer le lait et le soja en produits du type « fromage ». Ainsi ses principales activités sont :

- l’approvisionnement en matières premières ;
- le contrôle de la qualité des produits depuis l’acquisition des matières premières jusqu’à la vente des produits finis ;
- l’extraction de lait de soja ;
- la transformation du mélange de lait en fromage ;
- le traitement des produits secondaires ;
- le conditionnement des produits finis ;
- la distribution et la vente des produits ;
- et l’administration.

L’attribution des fonctions au personnel est rencontrée dans § 3.3.4.3.

3.3.4.2. Chronogramme des activités

a) Déroulement des activités techniques hebdomadaires

L’unité produit six types de soycheeses dont trois « nature » et trois au poivre ; et deux produits secondaires : le lactosérum et l’okara.

Tableau n°24 : Planification des activités hebdomadaires

Types de produits	Lundi		Mardi		Mercredi		Jeudi		Vendredi		Samedi	
F1E												
F1												
F2E												
F2												
F3E												
F3												
Okara												
Lactosérum												

Ainsi, les ouvriers travaillent six jours par semaine.

b) *Chronogramme des activités de l'usine*

Le projet dure cinq ans et se repartit en trois phases telles que le tableau suivant le montre :

Tableau n°25 : Chronogrammes des activités de l'usine

Désignation	Année 0	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5
Installation		■				
Phase de démarrage		■■■■■				
Phase de maîtrise			■■■■■	■■■■■		
Phase de croisière					■■■■■	■■■■■

La phase de **démarrage** consiste au lancement du produit, elle dure une année et le niveau de production est de **70%** de sa capacité. Les deux années qui la suivent sont destinées à la **maîtrise** de l'approvisionnement des matières premières, la technologie de fabrication et le circuit de distribution des produits finis (**80%**). L'unité devrait atteindre la vitesse de **croisière** équivalant à **90%** de sa capacité de production durant les deux dernières années.

3.3.4.3. Répartition des tâches

Pour une unité artisanale, la ressource humaine employée se charge de la grande majorité des travaux. Les matériels fonctionnent quasiment manuels. Les ouvriers seront, de préférence, polyvalents.

L'attribution du personnel au sein de l'unité se résume comme suit :

- Responsable d'usine : coordonne et supervise en général les travaux dans l'unité (approvisionnement et distribution), vérifie les comptes d'exploitation. Il peut être à la fois le propriétaire ;
- Responsable administratif, financier et commercial : assume toutes les tâches administratives avec l'aide de ses deux assistants. Ces derniers s'occupent respectivement des affaires concernant le personnel et l'administration en général, et de l'approvisionnement en matières premières et le marketing des produits finis ;
- Responsable technique est le responsable direct des opérations de production effectuées dans l'usine. Il assure le bon fonctionnement de l'unité ;
- Les chefs d'équipe supervisent tout en exécutant les démarches simulées par le Responsable Technique ;
- Les ouvriers réalisent l'essentiel des travaux de prétraitements, de transformation des matières premières ainsi que le conditionnement des produits finis.

3.3.4.4. Organigramme

L'organigramme hiérarchique de la société se présente comme suit :

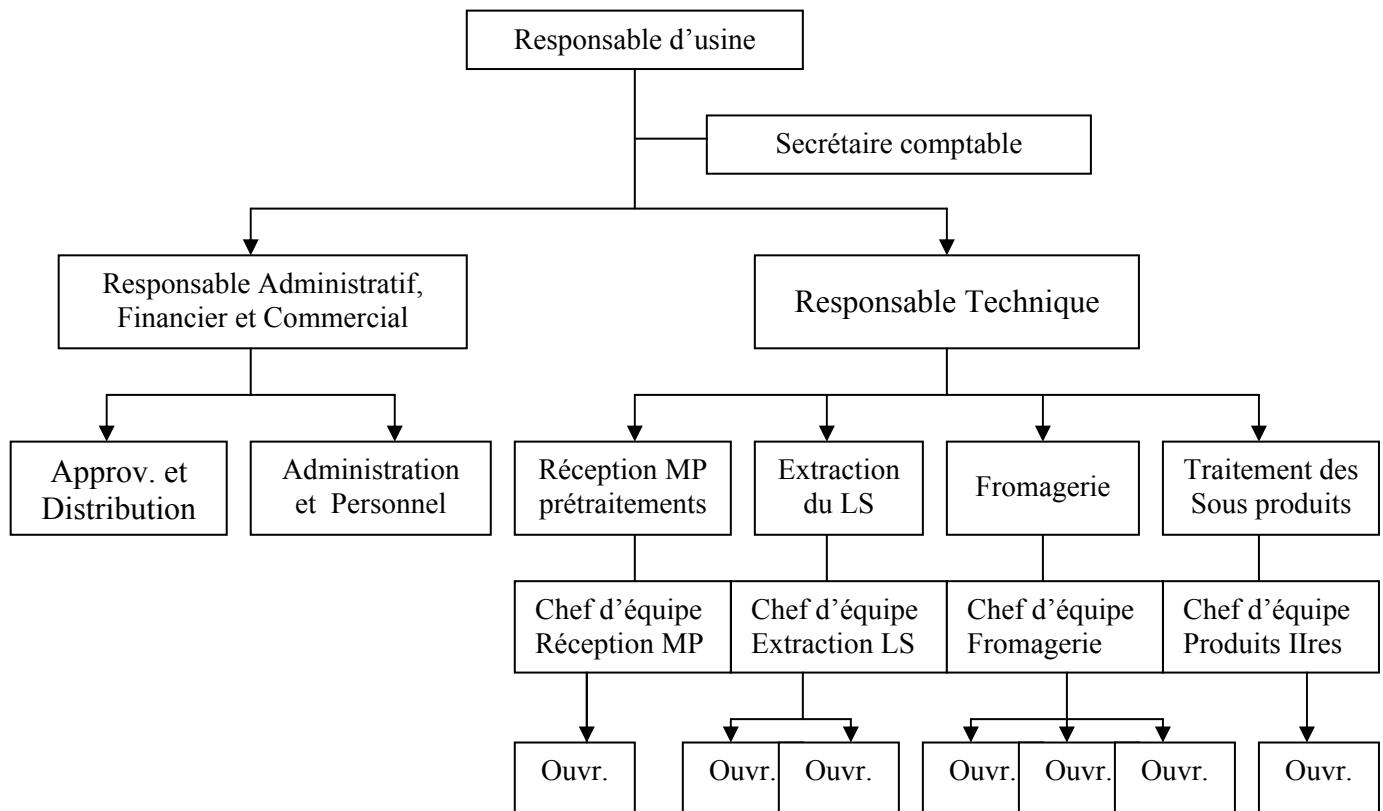


Figure n°29 : Organisation de la ressource humaine au sein de la société

3.3.4.5. Quelques points sur la gestion des ressources humaines

La motivation du personnel au sein de l'entreprise est très importante pour obtenir des résultats satisfaisants. Ceci pourra se faire grâce à l'octroi de prime en fonction du travail effectué. En revanche, ceux qui font des fautes professionnelles seront pénalisés.

Du point de vue social, le personnel bénéficiera des soins médicaux appropriés grâce à leur adhésion aux OSIE. Des allocations sociales lui seront aussi offertes par leur inscription au CNaPS.

Enfin, les employés recevront chaque trimestre une formation sur leur rôle dans l'unité et surtout sur l'hygiène qu'ils doivent respecter.

3.3.4.6. Tableau récapitulatif du besoin en ressources humaines

Le besoin en ressources humaines de l'unité se synthétise comme suit :

Tableau n°26 : Le besoin en personnel de l'unité

Désignation		Qualité	Nombre
Direction	Responsable usine	TS	1
	Secrétaire comptable	5 B	1
Administration, Finance et Commercial	Responsable AFC	4 B	1
	Assistants	2A	2
Production	Responsable technique	OP2	1
Réception MP et prétraitements	Chef d'équipe MP	OS1	1
	Ouvriers	M1	2
Extraction LS	Chef d'équipe LS	OS2	1
	Ouvriers	M2	2
Fromagerie	Chef d'équipe Fromagerie	OS2	1
	Ouvriers	M2	2
Traitement des produits secondaires	Chef d'équipe Produits IIres	OS1	1
	Ouvriers	M1	2
Poste de garde	Gardien	M1	2
TOTAL			20

3.4. Etude de faisabilité financière

3.4.1. Coûts des investissements

3.4.1.1. Infrastructures

Les coûts d'investissement relatifs à la construction des infrastructures se résument dans le tableau suivant :

Tableau n°27 : Les dépenses d'investissement pour les infrastructures (valeur en Ariary)

Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire	Prix total	Durée de vie (ans)
Achat de terrain	m ²	300	3 000,00	900 000,00	-
Bâtiment administratif	m ²	35	100 000	3 500 000,00	25
Usine	m ²	100	150 000	15 000 000,00	25
Clôture	m ²	70	20 000	1 400 000,00	20
Poste de gardiennage	m ²	2	20 000	40 000,00	20
TOTAL				20 840 000,00	

Le coût total des infrastructures s'élève donc à **Ar 20 840 000,00**.

3.4.1.2. Investissements des activités techniques

Parmi ces investissements sont classés ceux relatifs à la production des soycheeses, aux opérations annexes (traitement de l'eau de process et celui des produits secondaires) ainsi que la gestion de la qualité.

Les investissements liés aux activités techniques sont figurés dans les tableaux suivants :

Tableau n°28 : Coût des matériels de production (valeur en Ariary)

Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire	Prix total	Duré de vie (ans)	Amortissements annuels
Balance	N	1	80 000,00	80 000,00	5	16 000,00
Sceaux	N	4	3 000,00	12 000,00	1	12 000,00
Broyeur	N	2	30 000,00	60 000,00	5	12 000,00
Récipient gradué (plastique)	N	2	3 000,00	6 000,00	1	6 000,00
Passoires	N	4	1 000,00	4 000,00	0,25	16 000,00
Marmites	N	2	20 000,00	40 000,00	5	8 000,00
Bac	N	1	50 000,00	50 000,00	5	10 000,00
Moule	N	40	1 000,00	40 000,00	1	40 000,00
Presse	N	2	9 000,00	18 000,00	3	6 000,00
Bac saumurage	N	1	40 000,00	40 000,00	5	8 000,00
Etalage	N	3	42 000,00	126 000,00	5	25 200,00
Divers ustensiles	N	1	10 000,00	10 000,00	1	10 000,00
Total				486 000,00		169 200,00

Les investissements pour les opérations annexes sont les suivants :

Tableau n°29 : Coût des matériels pour les opérations annexes (valeur en Ariary)

Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire	Prix total	Durée de vie (ans)	Amortissements annuels
Okara						
Table de séchage	N	1	100 000,00	100 000,00	20	5 000,00
Broyeur	N	1	600 000,00	600 000,00	20	30 000,00
Lactosérum						
Bac de récupération	N	1	40 000,00	40 000,00	5	8 000,00
Eau de process						
Motopompe	N	1	200 000,00	200 000,00	20	10 000,00
Filtre	N	2	20 000,00	40 000,00	2	20 000,00
Total				980 000,00		73 000,00

Le besoin en matériels de contrôle se synthétise comme suit :

Tableau n°30 : Coût des matériels de laboratoire (valeur en Ariary)

Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire	Prix total	Durée de vie (ans)	Amortissements annuels
Balance de précision (1g)	N	1	80 000,00	80 000,00	5	16 000,00
Lactodensimètre	N	1	80 000,00	80 000,00	5	16 000,00
Thermohygromètre	N	1	80 000,00	80 000,00	5	16 000,00
Thermomètre	N	1	30 000,00	30 000,00	5	6 000,00
Chronomètre	N	2	5 000,00	10 000,00	2	5 000,00
Acidomètre Dornic	N	1	10 000,00	10 000,00	2	5 000,00
Verreries	N	10	10 000,00	100 000,00	2	50 000,00
Total				390 000,00		114 000,00

3.4.1.3. Investissements des activités administratives et financières

Les investissements relatifs aux activités administratives et financières regroupent le frais d'établissement et les coûts des matériels de bureau.

Le total des frais d'établissement est estimé à **Ar 200 000**. Cette somme englobe le coût de la descente et des études préliminaires de l'unité ainsi que la constitution du dossier. Tandis que le coût total des mobiliers de bureau se répartit comme suit :

Tableau n°31 : Coût des mobiliers de bureau (valeur en Ariary)

Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire	Prix total	Durée de vie (ans)	Amortissements annuels
Tables de bureau	N	4	60 000,00	240 000,00	5	48 000,00
Tables (salle de réunion)	N	10	40 000,00	400 000,00	5	80 000,00
Armoire	N	2	60 000,00	120 000,00	5	24 000,00
Chaise	N	25	8 000,00	200 000,00	5	40 000,00
Matériels informatiques	N	1	1 000 000,00	1 000 000,00	5	200 000,00
Consommables et petits matériels	N			100 000,00	1	100 000,00
Total				2 060 000,00		492 000,00

Pendant l'installation de l'usine, les besoins en ressources humaines sont les suivants :

- une personne surveillant le déroulement des travaux de chantier. Cette tâche est confiée au promoteur du projet ;
- un secrétaire comptable ;
- le responsable administratif et financier recrutant le personnel pendant le dernier mois de l'installation.

Le coût de la promotion des produits par des publicités pour leur lancement est fixé à **Ar 200 000**. Enfin, l'unité dépense de l'énergie électrique de l'ordre de 806KW. Les coûts correspondant à ces activités sont les suivantes :

Tableau n°32 : Charges exceptionnelle pour l'installation de l'usine (valeur en Ariary)

Désignation	Quantité	Nombre de mois	Prix unitaire	Prix total
Superviseur	1	3	200 000,00	600 000,00
Secrétaire comptable	1	3	62 054,00	186 162,00
Responsable AFC (*)	1	1	110 584,00	110 584,00
Gardiens	1	3	107 364,00	322 092,00
Sous total Personnel	4	-	-	1 218 838,00
Marketing	-	-	200 000,00	200 000,00
Électricité	806,4	-	73 382,40	73 382,40
Sous total Lancement		-	-	273 382,40
Total général			-	1 492 220,40

(*) : Administratif, financier et commercial

3.4.1.4. Coût total des investissements et amortissements

Les investissements ainsi que les amortissements y afférents sont récapitulés dans le tableau qui suit :

Tableau n°33 : Investissements et amortissements (valeur en Ariary)

Désignation	Prix total	Amortissements annuels
Achat de terrain	900 000,00	
Construction	19 940 000,00	812 000,00
Sous total Infrastructures	20 840 000,00	812 000,00
Matériels de production	486 000,00	169 200,00
Matériels opérations annexes	980 000,00	73 000,00
Matériels de contrôle	390 000,00	114 000,00
Sous total activités techniques	1 856 000,00	356 200,00
Frais d'établissement	200 000,00	
Matériels de bureau	2 060 000,00	492 000,00
Ressource humaine	1 218 838,00	
Lancement des produits	273 382,40	
Sous total activités administratives	3 752 220,40	492 000,00
TOTAL INVESTISSEMENTS	26 448 220,40	1 660 200,00

3.4.2. Compte de résultats prévisionnels

3.4.2.1. Les charges

a) Les charges fixes

Elles regroupent les dépenses incompressibles totalement indépendantes de la production de l'usine. Ce sont donc les charges du personnel, les amortissements et les remboursements des dettes.

Le tableau suivant nous montre la rémunération mensuelle qui est le salaire de base ajouté de la charge sociale. Cette dernière vaut **15%** du salaire de base dont 13% est pour le CNaPS et 2% pour l'OSIE.

Tableau n°34 : La rémunération mensuelle du personnel (valeur en Ariary)

Désignation		Nombre	Base salariale	Charge sociale (15%)	Rémunération unitaire
Direction	Responsable usine	1	150 000,00	22 500,00	172 500,00
	Secrétaire comptable	1	101 360,00	15 204,00	116 564,00
Administration, Finance et Commercial	Responsable AFC	1	74 120,00	11 118,00	85 238,00
	Assistants	2	51 160,00	7 674,00	58 834,00
Production	Responsable technique	1	74 120,00	11 118,00	85 238,00
Réception MP, prétraitement et conditionnement PF	Chef d'équipe Réception MP	1	51 160,00	7 674,00	58 834,00
	Ouvriers	2	46 680,00	7 002,00	53 682,00
Extraction LS	Chef d'équipe Extraction LS	1	53 960,00	8 094,00	62 054,00
	Ouvriers	2	48 080,00	7 212,00	55 292,00
Fromagerie	Chef d'équipe Fromagerie	1	53 960,00	8 094,00	62 054,00
	Ouvriers	2	48 080,00	7 212,00	55 292,00
Traitement des sous produits	Chef d'équipe Produits IIres	1	51 160,00	7 674,00	58 834,00
	Ouvriers	2	46 680,00	7 002,00	53 682,00
Poste de garde	Gardien	2	46 680,00	7 002,00	53 682,00
TOTAL		20			

La base salariale adoptée est celle mentionnée par le Décret n°2004 – 517 du 04 mai 2004 [Ministère de la Fonction Publique et des Lois Sociales, 2005, Communication personnelle]. (cf. Annexe XIV)

Le personnel bénéficie d'une formation périodique trimestrielle, dont le coût est évalué à **2%** de la rémunération et se présente comme suit :

Tableau n°35 : Le coût de formation du personnel (valeur en Ariary)

Désignation		Nombre	Rémunération annuelle	Coût de formation (2%)	Coût annuel de formation
Direction	Responsable usine	1	2 070 000,00	41 400,00	165 600,00
	Secrétaire comptable	1	1 398 768,00	27 975,36	111 901,44
Administration, Finance et Commercial	Responsable AFC	1	1 022 856,00	20 457,12	81 828,48
	Assistants	2	1 412 016,00	28 240,32	112 961,28
Production	Responsable technique	1	1 022 856,00	20 457,12	81 828,48
Réception MP, prétraitemet et E&C des PF	Chef d'équipe Réception MP	1	706 008,00	14 120,16	56 480,64
	Ouvriers	2	1 288 368,00	25 767,36	103 069,44
Extraction LS	Chef d'équipe Extraction LS	1	744 648,00	14 892,96	59 571,84
	Ouvriers	2	1 327 008,00	26 540,16	106 160,64
Fromagerie	Chef d'équipe Fromagerie	1	744 648,00	14 892,96	59 571,84
	Ouvriers	2	1 327 008,00	26 540,16	106 160,64
Traitement des produits secondaires	Chef d'équipe Produits IIres	1	706 008,00	14 120,16	56 480,64
	Ouvriers	2	1 288 368,00	25 767,36	103 069,44
Poste de garde	Gardiens	2	1 288 368,00	25 767,36	103 069,44
TOTAL		20	16 346 928,00	326 938,56	1 307 754,24

La formation du personnel dépense **Ar 326 938** par trimestre soit **Ar 1 307 754** par an.

La charge relative au personnel est repartie comme suit :

Tableau n°36 : Récapitulatif des charges annuelles du personnel (valeur en Ariary)

Désignation	Nombre	Rémunération totale	Coût de formation	Total charges annuelles
Direction	2	3 468 768,00	277 501,44	3 746 269,44
Administration	3	2 434 872,00	194 789,76	2 629 661,76
Technique	13	9 154 920,00	732 393,60	9 887 313,60
Poste de garde	2	1 288 368,00	103 069,44	1 391 437,44
TOTAL	20	16 346 928,00	1 307 754,24	17 654 682,24

b) *Les charges variables*

Ce sont les dépenses en relation directe avec les quantités produites : matières premières, intrants, etc. Pendant toute l'année, en soustrayant la fermeture annuelle pour inventaire (1 mois ou 4 semaines) et les jours fériés, le nombre de semaines travaillées est en moyenne de 46.

Nous avons évalué comme suit les coûts d'achats de matières premières par kg de produits finis en relation directe avec leur formulation respective :

Tableau n°37 : Coût d'achat de matières premières par kg de produit fini (valeur en Ariary)

Type de produit	Lait				Soja				Coût total des MP
	Unité	PU	Quantité	PT	Unité	PU	Quantité	PT	
F1	l	450,00	7,81	3 123,72	kg	600,00	0,39	235,82	62 710,24
F1E	l	450,00	7,81	3 123,72	kg	600,00	0,39	235,82	62 710,24
F2	l	450,00	6,67	2 666,42	kg	600,00	0,59	356,05	53 684,43
F2E	l	450,00	6,67	2 666,42	kg	600,00	0,59	356,05	53 684,43
F3	l	450,00	4,81	1 922,09	kg	600,00	0,98	589,21	39 030,92
F3E	l	450,00	4,81	1 922,09	kg	600,00	0,98	589,21	39 030,92

Correspondant à ces matières premières, la quantité d'ingrédients nécessaire est :

- Sel : saumure renouvelée deux fois par semaine, soit un besoin hebdomadaire de 42kg ;
- Acide acétique : la quantité nécessaire est de 2,1ml par litre de lait;
- Poivre : il est ajouté à raison de **0,5% du poids final** des soycheeses.

Quant au conditionnement des produits :

- Chaque pièce de soycheeses de 250 g est étiquetée ;
- L'okara séché et broyé est emballé par unité de 10 kg ;
- Le lactosérum est vendu en vrac.

L'évaluation des coûts des matières premières à utiliser, des ingrédients et intrants nécessaires est résumée dans les tableaux suivants :

Tableau n°38 : Les coûts d'achats annuels de matières premières (valeur en Ariary)

Désignation	Année 1 (70%)		Année 2 (80%)		Année 3 (80%)		Année 4 (90%)		Année 5 (90%)	
	Quantité	Valeur (Ar)								
Lait (l)	23 290,92	9 316 368,85	28 380,99	11 352 396,48	28 380,99	11 352 396,48	31 928,62	12 771 446,04	31 928,62	12 771 446,04
Soja (kg)	2 377,90	1 426 741,89	2 897,58	1 738 546,41	2 897,58	1 738 546,41	3 259,77	1 955 864,71	3 259,77	1 955 864,71
TOTAL		10 743 110,74		13 090 942,89		13 090 942,89		14 727 310,75		14 727 310,75

Tableau n°39 : Les coûts d'achats d'ingrédients et d'intrants (valeur en Ariary)

Désignation	Année 1 (70%)		Année 2 (80%)		Année 3 (80%)		Année 4 (90%)		Année 5 (90%)	
	Quantité	Valeur (Ar)								
Sel	1 268,40	317 100,00	1 545,60	386 400,00	1 545,60	386 400,00	1 738,80	434 700,00	1 738,80	434 700,00
Acide acétique	859,33	206 240,03	1 047,13	251 312,36	1 047,13	251 312,36	1 178,03	282 726,40	1 178,03	282 726,40
Poivre	90,60	362 400,00	110,40	441 600,00	110,40	441 600,00	124,20	496 800,00	124,20	496 800,00
Sous total ingrédients		885 740,03		1 079 312,36		1 079 312,36		1 214 226,40		1 214 226,40
Etiquette Soycheeses	14 496	434 880,00	17 664	529 920,00	17 664	529 920,00	19 872	596 160,00	19 872	596 160,0
Emballage Okara	210	10 488,91	256	12 781,19	256	12 781,19	288	14 378,84	288	14 378,8
Sous total intrants		445 368,91		542 701,19		542 701,19		610 538,84		610 538,84
TOTAL		1 331 108,95		1 622 013,55		1 622 013,55		1 824 765,24		1 824 765,24

Les autres charges de production sont :

- les produits de nettoyage et de désinfection évalués à Ar 1000 par jour, avec les désinfections périodiques ;
- l'énergie consommée dont l'électricité, le détail est donné en annexe ;
- le transport des matières premières (**0,5%** du prix d'achat) et des produits finis (**1%** du prix de vente) ;
- le coût des activités de promotion des produits, regroupé dans la rubrique marketing, estimé à **1,5%** du chiffre d'affaires ;
- les coûts de maintenance et d'analyse des produits finis sont forfaitaires et sont respectivement **Ar 100 000** et **Ar 200 000** par an.

Toutes ces autres charges de production sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau n°40 : Les autres charges de production (valeur en Ariary)

Désignation	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5
Produits de N&D	276 000,00	276 000,00	276 000,00	276 000,00	276 000,00
Transport	455 148,57	554 618,13	554 618,13	623 945,39	623 945,39
Electricité	365 019,20	365 019,20	365 019,20	365 019,20	365 019,20
Marketing	491 827,33	590 888,38	590 888,38	664 749,42	664 749,42
Maintenance	100 000,00	100 000,00	100 000,00	100 000,00	100 000,00
Analyse des produits finis	200 000,00	200 000,00	200 000,00	200 000,00	200 000,00
Total	1 887 995,10	2 086 525,71	2 086 525,71	2 229 714,02	2 229 714,02

Voici le récapitulatif de toutes les charges variables :

Tableau n°41 : Charges variables totales (valeur en Ariary)

Désignation	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5
Achat de matières premières	10 743 110,74	13 090 942,89	13 090 942,89	14 727 310,75	14 727 310,75
Achats des ingrédients et intrants	1 331 108,95	1 622 013,55	1 622 013,55	1 824 765,24	1 824 765,24
Autres charges de production	1 887 995,10	2 086 525,71	2 086 525,71	2 229 714,02	2 229 714,02
Total charges variables	13 962 214,79	16 799 482,14	16 799 482,14	18 781 790,01	18 781 790,01

Les charges variables totales sont de l'ordre de Ar 13 962 000 en phase de démarrage, Ar 16 800 000 en maîtrise et Ar 18 800 000 en phase de croisière.

L'évolution des dépenses annuelles de l'exploitation sont reparties comme suit :

Tableau n°42 : Tableau de l'évolution des charges d'exploitation (valeur en Ariary)

Désignation		Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5
Charges variables	Achat de MP	10 743 110,74	13 090 942,89	13 090 942,89	14 727 310,75	14 727 310,75
	Ingrédients et intrants	1 331 108,95	1 622 013,55	1 622 013,55	1 824 765,24	1 824 765,24
	Autres charges	1 887 995,10	2 086 525,71	2 086 525,71	2 229 714,02	2 229 714,02
Charges fixes	Personnel	17 654 682,24	17 654 682,24	17 654 682,24	17 654 682,24	17 654 682,24
	Amortissements	2 094 200,00	2 094 200,00	2 094 200,00	2 094 200,00	2 094 200,00
Total des charges		33 711 097,03	36 548 364,38	36 548 364,38	38 530 672,25	38 530 672,25

Les charges du personnel (44%) et les coûts d'achats de matières premières (41%) constituent la part la plus importante des charges totales.

3.4.2.2. Prévision des produits

Les produits prévisionnels de l'exploitation sont issus de la vente de soycheeses, d'okara et de lactosérum. Ils sont résumés dans le tableau de la page suivante.

Tableau n°43 : Tableau de l'évolution des ventes des produits et sous-produits de l'unité (valeur en Ariary)

Type de produit	Année 1 (70%)		Année 2 (80%)		Année 3 (80%)		Année 4 (90%)		Année 5 (90%)	
	Quantité (kg)	Valeur (Ar)								
F1	604	6 644 000,00	736	8 096 000,00	736	8 096 000,00	828	9 108 000,00	828	9 108 000,00
F1E	604	7 248 000,00	736	8 832 000,00	736	8 832 000,00	828	9 936 000,00	828	9 936 000,00
F 2	604	6 040 000,00	736	7 360 000,00	736	7 360 000,00	828	8 280 000,00	828	8 280 000,00
F 2 E	604	6 644 000,00	736	8 096 000,00	736	8 096 000,00	828	9 108 000,00	828	9 108 000,00
F 3	604	5 436 000,00	736	6 624 000,00	736	6 624 000,00	828	7 452 000,00	828	7 452 000,00
F 3 E	604	6 040 000,00	736	7 360 000,00	736	7 360 000,00	828	8 280 000,00	828	8 280 000,00
Sous total soycheeses	3 624,00	38 052 000,00	4 416,00	46 368 000,00	4 416,00	46 368 000,00	4 968,00	52 164 000,00	4 968,00	52 164 000,00
Okara	2 236,71	3 578 734,25	2 556,24	4 089 982,00	2 556,24	4 089 982,00	2 875,77	4 601 229,75	2 875,77	4 601 229,75
Lactosérum	37 759,99	7 551 998,72	43 154,28	8 630 855,68	43 154,28	8 630 855,68	48 548,56	9 709 712,64	48 548,56	9 709 712,64
Sous total produits secondaires		11 130 732,97		12 720 837,68		12 720 837,68		14 310 942,39		14 310 942,39
TOTAL		49 182 732,97		59 088 837,68		59 088 837,68		66 474 942,39		66 474 942,39

D'après ce tableau, c'est la vente de soycheeses qui génère le plus de recettes à l'unité fromagère soit environ **78%** des produits. Les revenus obtenus à partir des sous produits sont aussi non négligeables : jusqu'à **Ar 14 300 000** en phase de croisière.

3.4.2.3. Compte de résultats prévisionnels

Le compte de résultat ci-après correspond au résultat obtenu s'il n'y pas d'emprunt. Il s'agit donc d'un résultat théorique.

Tableau n°44 : Compte de résultats prévisionnel (valeur en Ariary)

Année	Année 0	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5
Niveau de production	Installation	70%	80%	80%	90%	90%
Durée	3 mois	1	2	3	4	5
Vente de Soyses	0,00	38 052 000,00	46 368 000,00	46 368 000,00	52 164 000,00	52 164 000,00
Vente de okara	0,00	3 578 734,25	4 089 982,00	4 089 982,00	4 601 229,75	4 601 229,75
Vente de lactosérum	0,00	7 551 998,72	8 630 855,68	8 630 855,68	9 709 712,64	9 709 712,64
Produits provisionnels	0,00	49 182 732,97	59 088 837,68	59 088 837,68	66 474 942,39	66 474 942,39
Infrastructures	20 840 000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Acquisition de matériels et outillages	1 856 000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Investissement (administration)	2 260 000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Charges fixes	1 218 838,00	19 748 882,24	19 748 882,24	19 748 882,24	19 748 882,24	19 748 882,24
Charges variables	273 382,40	13 962 214,79	16 799 482,14	16 799 482,14	18 781 790,01	18 781 790,01
Charge totale	26 448 220,40	33 277 097,03	36 114 364,38	36 114 364,38	38 096 672,25	38 096 672,25
Résultat avant impôt	-26 448 220,40	15 905 635,94	22 974 473,29	22 974 473,29	28 378 270,13	28 378 270,13
Impôts (35%)	0,00	5 566 972,58	8 041 065,65	8 041 065,65	9 932 394,55	9 932 394,55
Résultat net	-26 448 220,40	10 338 663,36	14 933 407,64	14 933 407,64	18 445 875,59	18 445 875,59
Dotations aux amortissements	0,00	1 660 200,00	1 660 200,00	1 660 200,00	1 660 200,00	1 660 200,00
Cash flow (MBA)	-26 448 220,40	11 998 863,36	16 593 607,64	16 593 607,64	20 106 075,59	20 106 075,59

Le cash flow positif nous indique que l'unité est **capable de s'autofinancer** durant la durée du projet.

3.4.3. Plan de financement

3.4.3.1. Flux de trésorerie

Le plan de trésorerie de la première année se présente comme suit :

Tableau n°45 : Plan de trésorerie de la première année de fonctionnement de l'unité

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Dépenses	7 229 021,17	1 502 213,14	1 502 213,14	1 829 151,70	1 502 213,14	1 502 213,14	8 028 638,37	1 502 213,14	1 502 213,14	1 829 151,70	1 502 213,14	1 502 213,14
Recettes	2 247 944,91	4 495 889,82	4 495 889,82	4 495 889,82	5 619 862,28	4 495 889,82	4 495 889,82	5 619 862,28	4 495 889,82	4 495 889,82	4 495 889,82	0,00
Solde	-4 981 076,26	2 993 676,68	2 993 676,68	2 666 738,12	4 117 649,14	2 993 676,68	-3 532 748,55	4 117 649,14	2 993 676,68	2 666 738,12	2 993 676,68	-1 502 213,14
Solde cumulée	-4 981 076,26	-1 987 399,58	1 006 277,11	3 673 015,23	7 790 664,37	10 784 341,06	7 251 592,51	11 369 241,65	14 362 918,33	17 029 656,46	20 023 333,14	18 521 120,00

Pendant le premier mois, les deux semaines seulement nous procurent de recettes. Les deux autres nous seront utiles pour la production des premiers soycheeses et la prise de poste par les employés.

D'où, le fonds de roulement initial est de **Ar 4 981 076,26**. Pour plus de sécurité, nous avons majoré 10% cette valeur, le **fonds de roulement initial** nécessaire s'élève donc à **Ar 5 374 988,29**.

3.4.3.2. Plan de financement

Les besoins de l'entreprise pour sa création, le démarrage de ses activités et les ressources de financement sont mentionnés dans le tableau suivant :

Tableau n°46 : Tableau de financement (valeur en Ariary)

BESOINS	Montant	RESSOURCES	Montant
Investissements	26 448 220,40	Apport personnel	1 700 000,00
		<i>Numéraire :</i>	
FRI	5 479 183,89	Frais d'établissement	200 000,00
		<i>Nature :</i>	
		Terrain	900 000,00
		Surveillance chantier	600 000,00
		Crédit à moyen terme	5 479 183,89
		Fonds de roulement initial	5 479 183,89
		Crédit à long terme	24 748 220,40
		Construction	19 940 000,00
		Matériels et équipements	1 856 000,00
		Matériels de bureau	2 060 000,00
		Ressources humaines	618 838,00
		Lancement des produits	273 382,40
	31 927 404,29		31 927 404,29

Le coût total du projet s'élève à **Ar 31 927 404,29** dont un investissement de **Ar 26 448 220,40**.

Concernant les ressources, les crédits à moyen terme sont remboursables en douze (12) mois avec un taux d'intérêt de 20% par an soit 1,67% par mois. Quant aux crédits à long terme, le remboursement des dettes s'étale sur cinq (5) ans, le taux d'intérêt étant de 20% par an.

3.4.3.3. Remboursement des emprunts

D'après le précédent paragraphe, l'entreprise a besoin d'emprunter une somme de **Ar 30 227 404,29** dont **Ar 5 479 183,89** sont destinés au fonds de roulement initial. Ce dernier sera remboursé pendant la première année de fonctionnement avec un intérêt de 20% et la somme à verser chaque mois s'élève à **Ar 507 561,49**. Quant à l'emprunt à long terme, l'annuité est de **Ar 9 102 832,85**. Le détail est figuré dans l'Annexe XV.

3.4.4. Calcul financier

3.4.4.1. Le cash flow

La répartition des produits et des charges de l'unité en tenant compte des emprunts se résume comme suit :

Tableau n°47 : Récapitulation des produits et des charges pendant la durée du projet (valeur en Ariary)

Période	Année 0	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5
Niveau de production	Installation (3 mois)	70%	80%	80%	90%	90%
		1	2	3	4	5
Vente de marchandises	-	49 182 732,97	59 088 837,68	59 088 837,68	66 474 942,39	66 474 942,39
Apport du promoteur	1 700 000,00					
Emprunts à court terme	5 479 183,89	-	-	-	-	-
Emprunts à long terme	24 748 220,40	-	-	-	-	-
Recettes totales	31 927 404,29	49 182 732,97	59 088 837,68	59 088 837,68	66 474 942,39	66 474 942,39
Investissements	24 956 000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Charges du personnel	1 218 838,00	17 654 682,24	17 654 682,24	17 654 682,24	17 654 682,24	17 654 682,24
Amortissements	0,00	2 094 200,00	2 094 200,00	2 094 200,00	2 094 200,00	2 094 200,00
Sous total charges fixes	26 174 838,00	19 748 882,24				
Achat de matières premières	0,00	10 743 110,74	13 090 942,89	13 090 942,89	14 727 310,75	14 727 310,75
Ingrédients et intrants	0,00	1 331 108,95	1 622 013,55	1 622 013,55	1 824 765,24	1 824 765,24
Autres charges de production	273 382,40	1 887 995,10	2 086 525,71	2 086 525,71	2 229 714,02	2 229 714,02
Sous total charges variables	273 382,40	13 962 214,79	16 799 482,14	16 799 482,14	18 781 790,01	18 781 790,01
Remboursement des dettes à moyen terme	0,00	6 090 737,90	0,00	0,00	0,00	0,00
Remboursement des dettes à long terme	0,00	9 102 832,85	9 102 832,85	9 102 832,85	9 102 832,85	9 102 832,85
Sous total charges financières	0,00	15 193 570,76	9 102 832,85	9 102 832,85	9 102 832,85	9 102 832,85
Charges totales	26 448 220,40	48 904 667,79	45 651 197,24	45 651 197,24	47 633 505,11	47 633 505,11

Le tableau suivant nous donne le résultat financier de l'entreprise pendant la durée totale du projet :

Tableau n°48 : Calcul de la rentabilité de l'unité (valeur en Ariary)

Période	Année 0	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5
Niveau de production	Installation (3 mois)	70%	80%	80%	90%	90%
		1	2	3	4	5
Recettes totales	31 927 404,29	49 182 732,97	59 088 837,68	59 088 837,68	66 474 942,39	66 474 942,39
Charges fixes	26 174 838,00	19 748 882,24	19 748 882,24	19 748 882,24	19 748 882,24	19 748 882,24
Charges variables	273 382,40	13 962 214,79	16 799 482,14	16 799 482,14	18 781 790,01	18 781 790,01
Charges financières	0,00	15 193 570,76	9 102 832,85	9 102 832,85	9 102 832,85	9 102 832,85
Charges totales	26 448 220,40	48 904 667,79	45 651 197,24	45 651 197,24	47 633 505,11	47 633 505,11
Résultat avant impôt	5 479 183,89	278 065,18	13 437 640,44	13 437 640,44	18 841 437,28	18 841 437,28
Impôts (35%)	0,00	97 322,81	4 703 174,15	4 703 174,15	6 594 503,05	6 594 503,05
Résultat net	5 479 183,89	180 742,37	8 734 466,29	8 734 466,29	12 246 934,23	12 246 934,23
Dotations aux amortissements	0,00	1 660 200,00	1 660 200,00	1 660 200,00	1 660 200,00	1 660 200,00
Cash flow (MBA)	5 479 183,89	1 840 942,37	10 394 666,29	10 394 666,29	13 907 134,23	13 907 134,23
(1+i)-n	0,93	0,83	0,69	0,58	0,48	0,40
MBA actualisée	5 093 817,46	1 534 118,64	7 218 518,25	6 015 431,88	6 706 758,41	5 588 965,34
MBA cumulée	5 093 817,46	6 627 936,10	13 846 454,35	19 861 886,23	26 568 644,64	32 157 609,98

La marge brute d'autofinancement est toujours positive. Même en effectuant des emprunts, l'entreprise peut s'autofinancer. Un calcul plus précis de la rentabilité est détaillé dans le paragraphe suivant.

3.4.4.2. Les indices de rentabilité

a) La valeur nette actualisée (VNA)

C'est et se détermine grâce à la formule :

$$VNA = \sum_{i=1}^n MBA (1 + i)^n - I$$

Où MBA = cash flow

i : taux d'actualisation = 20%

n : durée du projet = 5 ans

I : investissement = Ar 26 448 220,40

D'après le tableau précédent, nous avons :

$$\sum_{i=1}^n MBA(1+i)^n = 32\ 157\ 609,98$$

D'où **VNA = 5 709 389,58 > 0**

La valeur nette actualisée est positive, le projet est alors **faisable**.

b) Le taux de rentabilité interne (TRI)

Il consiste à déterminer i moyennant la formule suivante :

$$\sum_{i=1}^n MBA (1 + i)^n - I = 0$$

Où MBA = cash flow

i : taux d'actualisation

n : durée du projet = 5 ans

I : investissement = Ar 26 448 220,40

On obtient : **TRI = 28,9%**

Le taux directeur des banques s'élève à 20%. Le taux de rentabilité interne de l'entreprise dépasse largement ce taux. Le projet est alors **finançable**.

c) *L'indice de profitabilité (Ip)*

L'indice de profitabilité fait ressortir le taux de profitabilité qui est le pourcentage de profit par rapport au capital investi.

$$Ip = \frac{\sum_{i=1}^n MBA(1+i)^{-i}}{I}$$

Où MBA = cash flow

i : taux d'actualisation = 20%

n : durée du projet = 5 ans

Dans notre cas l'Ip est de : **1,22** d'où un taux de profitabilité (Ip-1) de 22%, c'est-à-dire que Ar 1 investi produit Ar 0,22.

d) *Le délai de récupération du capital investi (DRCI)*

Le DRCI exprime le temps nécessaire pour recouvrer l'investissement. Il se calcule par interpolation des MBA actualisés. Nous avons trouvé **DRCI = 3,98**.

L'investissement initial de l'unité fromagère sera donc remboursé après **3 ans 11 mois et 24 jours** de fonctionnement avec le rythme de production suscité. Le DRCI est nettement inférieur à cinq ans, il est alors possible de rembourser les dettes de l'entreprise pendant la durée du projet.

Conclusion partielle III

Du point de vue technique, la création d'une telle unité est intéressante du fait de la disponibilité en matières premières dans la zone d'implantation.

La création d'une telle unité permettra aussi d'offrir aux consommateurs un aliment d'important intérêt nutritionnel. Son implantation dans le Vakinankaratra contribuera à l'amélioration de la condition de vie de la population environnante : élargissement du débouché du soja et du lait et création de 20 emplois.

Sur le plan commercial, l'acquisition des matières premières ne constitue pas un facteur limitant. Le prix du soja reste faible. Quant à l'écoulement des produits, le marché est large et a un avenir.

Le calcul financier effectué confirme qu'un tel projet est faisable et viable.

CONCLUSION

CONCLUSION GENERALE

Au terme de cet ouvrage, nous pouvons avancer que la valorisation du lait de soja en fromagerie est possible. Le soja s'adapte bien aux conditions climatiques et édaphiques de la région du Vakinankaratra, qui elle-même appartient au triangle laitier. L'acquisition des matières premières n'est donc pas un problème.

La technologie de fabrication adoptée est très pratique, utilisant des matériels simples. Les soycheeses obtenus sont de qualité microbiologique acceptable. La technologie mise en œuvre a abouti à des produits finis d'excellente valeur nutritionnelle : répondant au besoin en protéines de toutes les classes d'âge ; riches en matière grasse (25%) de bonne qualité, en magnésium (2,5 à 6 fois celui du fromage pur lait de vache) ainsi qu'en phosphore.

Du point de vue organoleptique, les soycheeses ont les mêmes caractéristiques que le fromage, à une exception près. L'odeur, l'arôme et la saveur provenant du soja ont été de plus en plus perçus au fur et à mesure que l'on augmente le taux de lait de soja dans la matière première. Afin de les masquer l'aromatisation des produits par le poivre a donné d'excellent résultat. Les soycheeses au poivre sont alors plus appréciés que les soycheeses « nature ». Seule la formulation à 25% de protéine d'origine animale a été rejetée par les sujets.

Sur le plan social, l'utilisation des soycheeses par les malgaches serait attendue pour améliorer leur alimentation et contribuerait à leur permettre un équilibre nutritionnel. L'étude du marché effectuée a donné des résultats encourageants : large débouché grâce à l'originalité et la spécificité des produits.

Enfin, avec un investissement initial de **Ar 26 448 220, 40**, le taux de rentabilité interne de la société s'élève à **28,9%**. Cet investissement serait remboursé après **3 ans 11 mois et 24 jours** de fonctionnement. Le projet est donc rentable, finançable et viable.

Il est donc intéressant sur tous les plans de produire des fromages à partir du mélange de lait et de lait de soja. De telle activité pourra aussi être entreprise dans d'autre région où le lait et le soja sont en quantité exploitable. Mais beaucoup de choses restent à faire, telle par exemple la modélisation scientifique de la fabrication de soycheeses, leur diversification et même les tests *in vivo* de leur efficacité.

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

1. **AFNOR**, (1994), Contrôle de la qualité des produits alimentaires : laits et produits laitiers. Analyses physico-chimiques, Editions Lavoisier Technique et Documentation, Paris, France, 561 p.
2. **ALAIS**, (1961), Science du lait et principes des techniques laitières, éditions Sep, Paris, France, 449 p.
3. **ANDRIAMANIRIMANASOA H. L.**, (2001), Essai de fabrication de farine infantile instantanée à moyenne échelle, Mémoire de fin d'études, Département IAA, ESSA, Université d'Antananarivo, Madagascar, 80 p.
4. **ANNE D.**, (1999), Le soja : une plante miracle, Editions de Dauphin, Paris, 192p.
5. **BEERENS H. et LUQUET F. M.**, (1987), Guide pratique d'analyse microbiologique des laits et produits laitiers, Edition Lavoisier Techniques et Documentation, Paris France, 144 p.
6. **BERK B.**, (1993), Technologie de production de farines alimentaires et de produits protéiques issus du soja, Bulletin des services agricoles de la FAO, n°97, Rome
7. **BOTTON B., BRETON A., FEVRE M., GAUTHIER S., GUY Ph., LARPENT J.-P., REYMOND P., SANGLIER J.-J., VAYSSIER Y. et VEAU P.**, (1990), Moisissures utiles et nuisibles : importance industrielle, 2^{ème} édition, Edition Masson, Collections Biotechnologies, Paris, France, 420 p.
8. **BOURGEOIS C. M. et LARPENT J.-P.**, (1996), Microbiologie alimentaire : Tome 2 : Aliments fermentés et fermentations alimentaires, Collection Sciences et techniques agroalimentaires, Edition Lavoisier, Technique et Documentation, France, 523 p.
9. **BOURGEOIS C. M. et LEVEAU J. Y.**, (1991), Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agroalimentaires : Volume 3 : Le contrôle microbiologique, Deuxième édition, Lavoisier, Technique et Documentation, France, 454 p.
10. **BOURGEOIS C. M., MESCLE J. F. et ZUCCA J.** (1990), Microbiologie alimentaire : Aspect microbiologique de la sécurité alimentaire et de la qualité alimentaires, Deuxième édition, Lavoisier, Techniques et Documentations France, 422p.
11. **CIRAD, GRET et MAE**, (2002), Mémento de l'agronome, Paris France, 1691p.

12. **CIQUAL**, (1987), Répertoire général des aliments : Tome 2, Table de composition des produits laitiers, Edition Lavoisier Techniques et Documentations, Paris, France, 220 p.
13. **DACOSTA Y.**, (1990), Lait de soja et tofu, CDIUPA, Massy, France, 192 p.
14. **ECK A.**, (1979), Le fromage, Technique et documents, France, 680 p.
15. **ERIKSSON L.**, (2004), Development of a product strategy for a soy / dairy based yoghurt enriched with the algae Spirulina for the Madagascan market, Institutionen för Livsmedelsvetenskap Swedidh UniversityOf Agricultural Sciences, Department of Food Sciences, Uppsala, Sweden, 69 p.
16. **Groupe d'Actions Intersectorielles en Nutrition (GAIN)**, (2004), Politique nationale de nutrition, MINSAN, MAEP et MEFB, 31 p.
17. **KARLESKIND A. et WOLFF J.-P.**, (1996), Oils and fats manual : properties – production – applications, Volume 2, Edition Lavoisier Techniques et Documentations, Paris, France, 1572 p.
18. **LACOSSE P., DELBECCHI et PETITCLERC D.**, (2002), Manipulation nutritionnelle de la matière grasse du lait chez les vaches laitières, in Cahiers d'études et de recherches francophones : Agriculture, Vol 11 (4), 7, p.243-250.
19. **LAROUSSE / VUEF** (2003), Le Petit Larousse 2004 (Version électronique).
20. **LOF G., TOPS A. et NETJES J.**, (1990), Le soja, Agrodok, Edition Agromisa, 16 p.
21. **LUQUET F. M.**, (1996), Lait et produits laitiers : Vache – Brebis – Chèvres, Tome I : Qualité, énergie et tables de composition, Edition Lavoisier Techniques et Documentations, Paris, France, 445 p.
22. **MACHETEAU M., SAVIO M. et BERMAN J.-P.**, (2001), S'initier à l'anglais commercial, Edition POCKET, Troisième édition, Paris, France, 319 p.
23. **MAEP et UPDR**, (2003), Monographie de la Région de Vakinankaratra, Madagascar, 205 p.
24. **Microsoft Corporation**, (2005), Encyclopédie Microsoft Encarta (Version électronique).

25. **PETITJEAN B.**, (1976), Le système agro-industriel et les pays du Tiers Monde : Le cas de Madagascar, Terre Malgache n°18, Tome I, EESSA, Université de Madagascar, Antananarivo, Madagascar, 336 p.
26. **RADANIELINA P. M. P.**, (2004), Contribution à l'étude des potentialités en huile des graines de la forêt de Tampolo : *Brochoneura acuminata*, *Callophyllum inophyllum*, *Pittosporum ochtosiae folium*, *Dypsis lutea*, *Prothorus ditimena*, Mémoire de fin d'études, Département IAA, ESSA, Université d'Antananarivo, Madagascar, 115p.
27. **RAHARIVELOMANANA P. J.**, (1984), Contribution à l'étude analytique du lait de soja artisanal et industriel : comparaison de quelques variétés, Mémoire de fin d'études, Département IAA, ESSA, Université d'Antananarivo, Madagascar, 81 p.
28. **RAMANANTSARA L.**, (2003), Isolement de ferment lactiques thermophiles locaux à partir du lait frais, Mémoire de fin d'études, Département IAA, ESSA, Université d'Antananarivo, Madagascar, 119 p.
29. **RAMARIAVELO V. T.**, (2002), Contribution à l'étude de la sécurité alimentaire et nutritionnelle dans la Commune d'Anosy Tsararafa Fivondronana Farafangana, Mémoire de fin d'études, Département IAA, ESSA, Université d'Antananarivo, Madagascar, 89 p.
30. **RAMARSON H.**, (2002), Etude de faisabilité technico-économique du « *soyourt* » ou lait de soja fermenté, Mémoire de fin d'études, Département IAA, ESSA, Université d'Antananarivo, Madagascar, 82 p.
31. **RANDRIANALIJAONA J. A.** (2003), Chimie et Biochimie Alimentaire I, Département IAA, ESSA, Antananarivo.
32. **RASAMIZANANY S. L.**, (1982), Perspectives d'utilisation des protéines de soja dans l'alimentation animale et humaine à Madagascar, Mémoire de fin d'études, Département IAA, ESSA, Université d'Antananarivo, Madagascar, 145 p.
33. **RASOARAHONA J. E.**, (2004), Etude de la fraction lipidique des poissons d'eau douce à Madagascar, Thèse de Doctorat d'état ès – Sciences physiques, Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo, Université d'Antananarivo, Madagascar, 213p.

34. **RASOLOFOSON G.** (1975), Introduction à l'étude du soja à Madagascar. Cadre d'analyse la région de Tananarive, Mémoire de fin d'études, Département Agriculture, EESSA, Université d'Antananarivo, Madagascar, 103 p.
35. **RAZAFIARIHANTA M. F.** (1993), L'entreprenariat pour la relance du soja dans le Vakinankaratra, Mémoire de fin d'études, Département Agro management, ESSA, Université d'Antananarivo, Madagascar, 81 p.
36. **RAZAFINDRAHAGA H. J. F.** (1999), La transformation du lait à Madagascar, Antananarivo, Madagascar.
37. **RAZAFINDRAJAONA J. M.** (1997), Industries laitières, Département IAA, ESSA, Université d'Antananarivo, Madagascar, 118 p.
38. **SAUVAGEOT F.**, (1982), L'évaluation sensorielle des denrées alimentaires : aspects méthodologiques, CDIUPA / MIDIST : Actualités scientifiques et techniques en IAA, France, 195 p.

Internet :

1. Anonyme, (2003), Variation de la composition de la matière grasse du lait en fonction de la saison, <http://www.chanvre-info.ch/info/fr/article470.html> (2003), consulté le 7 mai 2005.
2. Anonyme, (sans date), Le soja,
<http://www.eutraco.com/sante/lesplantes/cholesterol/lecithinesoja.html> consulté le 10 Janvier 2005
3. **USDA, Nutrient Database for Standard Reference** (1999), Release 13 in http://www.asa-europe.org/SoyInfo/composition_f.htm consulté le 17 Février 2005.
4. **USDA, Human Nutrition Information Service Agriculture**, Composition of Foods: Legume & Legume Products. Handbook No. 8-16, in <http://www.soyfoods.com/nutrition/soymilk.html> consulté le 17 Février 2005.

PARTIE EXPERIMENTALE

PARTIE EXPERIMENTALE

I. PROTOCOLE D'ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES DES MATIERES PREMIERES ET DES PRODUITS FINIS

I.1. Détermination des caractéristiques du lait de vache et du lait de soja

Les principales composantes des matières premières suivantes ont été déterminées.

- la teneur en extrait sec total ;
- la teneur en extrait sec dégraissé ;
- la teneur en matière grasse ;
- la teneur en protéines ;
- et la teneur en sucre.

Principe [JOHNSON E., 2004, Communication personnelle]

Ces principaux constituants du lait et du lait de soja ont été déterminés grâce à l'appareil FMA 2001 ou Farm Milk Analysis. Cet appareil fonctionne en spectre infra rouge. Ainsi, il mesure l'intensité lumineuse que laisse transmettre chacun des constituants de l'échantillon dans la zone infra rouge et la transforme en pourcentage de ceux-ci par rapport à l'ensemble de l'échantillon.

Mode opératoire

- Préparer l'échantillon ;
- Etalonner l'appareil à l'aide d'une solution préalablement indiquée et fournie avec l'appareil ;
- Introduire à l'aide d'une seringue l'échantillon à analyser, la mesure débute automatiquement après l'introduction de l'échantillon ;
- Lorsque la mesure est terminée, lire et inscrire les résultats affichés sur l'écran de l'appareil ;
- Bien le nettoyer (surtout l'intérieur) à l'aide d'une autre solution injectée en se servant d'une seringue avant le rangement.

I.2. Détermination du pouvoir énergétique brut des produits finis

La valeur énergétique brute a été déterminée à partir de sa chaleur de combustion dans le calorimètre adiabatique IKA C 4000.

Principe

La substance préalablement pesée est placée en contact intime avec le fil d'allumage. Elle est ensuite brûlée dans une bombe calorimétrique sous une pression

d'oxygène de 30 kg / cm². La combustion est déclenchée par une impulsion électrique communiquée par le fil d'allumage.

La chaleur de combustion dégagée élève la température du calorimètre. Cette élévation de température sert à mesurer le pouvoir calorifique, et elle est affichée avec le pouvoir calorifique provisoire. Ce dernier sera encore modifié automatiquement par l'appareil après une rectification des températures, d'où le pouvoir calorifique définitif.

Mode opératoire

- Peser 0,1 g de l'échantillon à une précision de 10^{-4} près ; l'introduire dans la capsule, puis l'ensemble dans la bombe ;
- Préparer le calorimètre : mettre en route, introduire les pré paramètres (poids de l'échantillon,...), brancher le réfrigérant ;
- Remplir la bombe d'oxygène, puis la placer dans le calorimètre ;
- Actionner le calorimètre, et la mesure commencera ;
- Après quelques secondes, la mesure effectuée, une alarme est déclenchée.

Prendre les résultats provisoires ;

- Reprendre la bombe et l'introduire de nouveau dans le réfrigérant ;
- Après rectification de la température par l'appareil lui-même, lire et inscrire le pouvoir calorifique définitif.

I.3. Détermination de la teneur en matière sèche ou extrait sec des fromages et des fromages fondus (NF V 04 - 282) [AFNOR, 1994]

Définition

La matière sèche est définie comme le résidu restant d'un échantillon après sa dessiccation complète.

Principe

Evaporation de l'eau d'une prise d'essai, en présence de sable, dans une étuve à la température de $102^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

Appareillage et produits

- Balance analytique ;
- Dessiccateur muni d'un déshydratant efficace (gel de silice par exemple)
- Etuve ventilée réglable thermostatiquement pour opérer à $102^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$;
- Capsules à fond plat
- Dispositifs adaptés au râpage, au broyage ou au mélange de l'échantillon.

Mode opératoire

- Sécher au four à 650°C pendant 30 minutes des capsules vides ;
- Les refroidir puis peser, soit **a** le poids de la capsule vide ;
- Introduire dans la capsule 2 g environ d'échantillon à doser. Soit **b** le poids de la capsule munie de l'échantillon ;
- Placer la capsule munie de l'échantillon dans une étuve réglée à 103°C pendant 4 heures;
- Sortir la capsule ainsi traitée dans un dessiccateur, la refroidir ; la peser. Soit **c** le poids de la capsule munie de son échantillon.

Mode de calcul

$$\% \text{ MS} = 100 \times \frac{c - a}{b - a}$$

La tolérance étant de 0,2 %.

I.4. Détermination de la teneur en matière minérale (cendres)

Principe

Les cendres brutes sont les résidus d'un traitement à 650°C pendant 6 heures dans un four à moufle.

Mode opératoire

- Pré incinérer la capsule contenant la matière sèche sur une plaque chauffante réglée à 100°C ;
- Introduire cette capsule dans le four à moufle réglé à 650°C, attendre 6 heures ;
- Sortir la capsule munie de son échantillon, la refroidir dans un dessiccateur ; la peser. Soit **d** le poids de la capsule contenant des cendres.

Mode de calcul

$$\% \text{ MM} = 100 \times \frac{d - a}{b - a}$$

La tolérance étant de 0,2 %.

I.5. Détermination de la teneur en éléments minéraux

Préparation des échantillons

- Peser 1g de l'échantillon séché (MS) broyé dans un creuset en porcelaine de 25ml ou de 50ml ;
- Mettre dans un four à moufle à $500^\circ \pm 50^\circ$ pendant environ 5h pour calciner.

Si la calcination n'est pas complète (couleur noirâtre) il faut refroidir l'échantillon, ajouter 3ml de HNO₃ 5N, mettre sur une plaque chauffante pour évaporer. L'introduire ensuite dans le four à moufle pendant 15mn.

- Refroidir ;
- Ajouter quelques gouttes d'eau distillée pour l'humidifier
- Ajouter 2ml de HCl concentré et évaporer sur une plaque chauffante (1h) ;
- Ajouter 5ml de HNO₃ 2N et bien mélanger pour dissoudre les résidus ;
- Filtrer dans une fiole de 50 ml en utilisant de l'eau distillée chaude ;
- Après refroidissement, ajouter de l'eau distillée froide jusqu'au trait de jauge
- Faire une série de dilution à 1/10, 1/100, 1/1000, ces solutions sont utilisées pour déterminer P, Ca, Mg, Zn.

Détermination de Ca, Mg, Zn

Lecture à l'appareil à absorption atomique des solutions diluées en fonction de la teneur en l'élément pour la détermination de Ca, Mg, Zn.

Détermination de P :

➤ Préparation des étalons

Dans un tube à essai, mettre respectivement 1 ml de la solution standard de 1ppm de P, 6 ml d'eau distillée, 2 ml de la solution de molybdate d'ammonium et 1 ml de la solution diluée de chlorure stanneux. Bien homogénéiser le contenu du tube à essai à l'aide d'un mélangeur Vortex. Répéter les mêmes opérations avec les autres solutions standard de 2, 3, 4 et 5 ppm de P.

➤ Préparation des échantillons

Dans un tube à essai, mettre successivement 1 ml de filtrat, 6 ml d'eau distillée, 2 ml de la solution de molybdate d'ammonium et 1 ml de la solution diluée de chlorure stanneux. Bien homogénéiser le contenu du tube à essai.

Faire un essai à blanc avec 7ml d'eau distillée, 2 ml de la solution de molybdate d'ammonium et 1 ml de la solution diluée de chlorure stanneux.

Attendre 20 mn pour la stabilisation de la coloration ainsi obtenue, puis effectuer les mesures au spectromètre UV/VIS à la longueur d'onde de 660 nm.

➤ Expression des résultats

Etablir une courbe d'étalonnage pour avoir la concentration correspondant à chaque absorbance obtenue avec l'appareil. Avec un facteur multiplicatif de 500, on obtient la teneur en P assimilable de l'échantillon.

I.6. Détermination de la teneur en matière grasse de fromages et des fromages fondus (NF V 04 - 286) [AFNOR, 1994]

Définition

La teneur en matière grasse des fromages et des fromages fondus correspond à toutes les substances déterminées selon la méthode décrite par la présente Norme internationale.

Principe

Minéralisation d'une prise d'essai par l'acide chlorhydrique, addition d'éthanol, suivie d'une extraction de la solution éthanolique par l'hexane, élimination des solvants par distillation ou évaporation, et détermination de la masse des substances extraites solubles dans l'hexane.

Réactifs

- Acide chlorhydrique ($\rho_{20} = 1,125$ g/ml) ;
- Ethanol ou éthanol dénaturé au méthanol à au moins 94% ;
- Solvant (hexane).

Appareillage

- Balance analytique ;
- Centrifugeuse (fréquence = 500 à 600 min^{-1}) ;
- Appareil de distillation ou d'évaporation ;
- Etuve à dessiccation réglable à une température de $102^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$;
- Bain d'eau bouillante ou plaque chauffante ;
- Fioles d'extraction et récipients de récupération de la matière grasse ;
- Pipettes de capacité 10ml ;
- Dispositifs adaptés au râpage, au broyage ou au mélange de l'échantillon.

Mode opératoire

- Tarer le récipient destiné à recevoir la MG après un chauffage à l'étuve et un refroidissement dans un dessiccateur. Soit **a** son poids.
- Peser la substance à doser. Soit **b** ce poids. La mettre dans la fiole ;
- Ajouter 8 à 10 ml de la solution d'acide chlorhydrique et mélanger ;
- Chauffer, en remuant doucement le récipient, dans un bain d'eau bouillante, jusqu'à ce que les particules soient complètement dissoutes. Refroidir ;
- Ajouter 25 ml de solvant, bien mélanger, puis centrifuger ;
- Prélever la phase supérieure et la verser dans le récipient de récupération ;

- Répéter trois fois l'extraction, et mettre les phases supérieures dans le même récipient de récupération de la MG ;
- Eliminer les solvants par évaporation à l'étuve pendant une heure à 102°C ± 2°C.
- Refroidir le récipient de récupération dans un dessiccateur et peser. Soit **c** le poids du ballon muni de la matière grasse.

Mode de calcul

$$\% \text{ M.G.} = 100 \times \frac{c - a}{b}$$

La tolérance étant de 0,2 %.

I.7. Détermination de la composition en acide gras de la MG

1.7.1. Extraction de l'ester méthylique (utilisation de catalyse acide)

Réactifs

- KOH alcoolique 2N
- Méthanol sulfurique à 3%
- HCl 5N

Mode opératoire

- Peser 100 mg de graisse notée **a** et ajouter 2 ml de KOH 2N.
- Porter à l'étuve 80°C pendant 30 min.
- Refroidir jusqu'à température ambiante et ajouter 4 ml d'eau distillée.
- Ajouter 3 ml x 4 d'hexane, puis soutirer l'insaponifiable (partie supérieure).

Evaporer et peser.

- Ajouter 2 ml de HCl 5N (phase inférieure = phase savonneuse).
- Extraire l'acide gras (partie supérieure) par 3 ml x 3 d'hexane.
- Rassembler la phase hexanique dans un flacon (tube à essai). Tarer la capsule avant introduction de cette phase. Soit **b** ce poids.
- Evaporer sous vide. Noter le poids de la capsule muni de l'échantillon après évaporation de l'hexane égal à **c**.

Méthylation

- Ajouter 2 ml de méthanol sulfurique à 3%.
- Porter à l'ébullition par bain marie pendant 15 à 20 min. la réaction est complète à l'ébullition.
- Ajouter 6 ml d'eau distillée.

- Extraire l'ester méthylique par 3 ml x 2 d'hexane.
- Evaporer à sec à 90°C dans une étuve. Soit **d** le poids net de l'ester méthylique.
- Diluer jusqu'à 0,5 à 1% puis CPG.

1.7.2. Chromatographie en phase gazeuse (CPG)

Les conditions opératoires sont :

- Température d'injection : 200°C ;
- Températures injecteur – détecteur : 230°C ;
- Gaz vecteur : hydrogène à une pression de 0,35 bar ;
- Colonne capillaire : DBwax 30m, diamètre interne 0,25 et externe 0,32.

1.7.3. Identification

L'identification des pics a été réalisée par la détermination de la longueur de la chaîne équivalente (LCE) d'acide gras. Les résultats ont été par la suite comparés avec la littérature.

I.8. Détermination de la teneur en matière azotée totale

Définition et principe

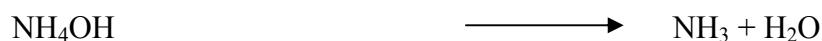
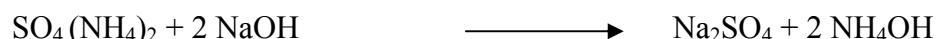
La matière azotée totale est égale à la quantité d'azote (N) en gramme dosée par la méthode KJELDAHL multipliée par 6.25.

Cette méthode comporte 4 étapes :

a) La minéralisation sulfurique



b) La distillation



c) Collecte de NH₃ avec du H₂SO₄ titré et en excès de volume



d) Titrage du H₂SO₄ n'ayant pas fixé du NH₃



Notons que :

- à 1 ml de H₂SO₄ 1N combiné avec du NH₃ correspond à 0.014g de N
- à 1 ml de H₂SO₄ N/5 combiné avec du NH₃ correspond à 0.028g de N
- à 1 ml de H₂SO₄ N/10 combiné avec du NH₃ correspond à 0.0014g de N
- à 1 ml de H₂SO₄ N/14 combiné avec du NH₃ correspond à 0.001g de N

Mode opératoire

- Peser 1 g d'échantillon à analyser et introduire cette matière dans une fiole de KJELDAHL. Soit **a** cet échantillon.
- Ajouter le catalyseur constitué de 0.2g de Sélénium + 2 g de Sulfate de potassium.
- Verser dans la fiole 30 ml de H_2SO_4 concentré (98% pour l'analyse de l'azote).
- Chauffer dans le minéralisateur après avoir enclenché le ventilateur et la pompe à vide. Retourner la fiole de temps en temps.
- Quand le contenu de la fiole vire au blanc compter 1heure 30 min d'attente.
- Dégager la fiole du minéralisateur et la laisser refroidir à la température ambiante.
- Ajouter quelques granulés de zinc (3) et 200ml d'eau distillée. Poser la fiole sur l'appareil à distiller.
- Préparer l'Erlenmeyer servant à recevoir le distillat :
 - Verser dans celui-ci 100 ml de H_2SO_4 N/14 (la quantité est généralement de 50 ml mais puisqu'il s'agit d'un échantillon présumé riche en matière azotée. Soit **X** la quantité d'acide versée.
 - Ajouter 3 gouttes de réactif de KOLTHOFF puis 50 ml d'eau distillée.
 - Positionner l'Erlenmeyer ainsi préparé sous l'appareil à distiller. Le bout de l'appareil devant être plongé dans le contenu de l'Erlenmeyer.
 - Enclencher le robinet du réfrigérant de l'appareil à distiller.
 - Verser dans un tube gradué 100ml de NaOH 32% et 20ml de K_2S 10%. Introduire cette dernière solution dans la fiole. La réaction débute dès que la NaOH 32% est versée alors, on a intérêt à fermer immédiatement le bouchon dès que le contenu du tube gradué est versé. Autrement, une perte de NH_4OH risque de fausser le résultat.
- Quand le contenu de la fiole bouillit, compter 1 heure.
- Pour arrêter la distillation : enlever le bouchon et rincer avec de l'eau distillée le tuyau se trouvant à l'intérieur du réfrigérant. L'arrêt du chauffage doit se faire en dernier lieu.
- Prendre l'Erlenmeyer et titrer le H_2SO_4 N/14 restant avec du NaOH N/14.

Noter la quantité de NaOH N/14 utilisé, soit **Y** ce volume.

Mode de calcul

$$\boxed{\% \text{ MAT} = 100 \times \frac{g \text{ de N} \times 6,25}{a}}$$

La tolérance étant de 0,2 %
avec $g \text{ de N} = (F_{ac} \cdot X - F_{bas} \cdot Y) \times 0.001$

où F_{ac} : facteur de correction pour l'acide
et F_{base} : facteur de correction pour la base.

I.9. Détermination de la teneur en matière glucidique

La partie glucidique a été estimée à partir du calcul suivant :

$$\begin{aligned} \text{Matière organique} &= \text{matière sèche} - \text{matière minérale} \\ &= \text{matière grasse} + \text{matière protéique} + \text{matière glucidique} \end{aligned}$$

La partie glucidique sera évaluée de la façon suivante :

$$\boxed{\text{Matière glucidique} = MS - (MM + MG + MAT)}$$

II. PROTOCOLE D'ANALYSES SENSORIELLES DES PRODUITS FINIS

II.1. Epreuve discriminative

But

Cette opération consiste à comparer des produits entre eux par l'analyse de leur point commun et de leur différence.

Principe

Les deux échantillons à comparer sont présentés simultanément aux sujets afin d'accentuer les différences perçues.

Le sujet sera amené à évaluer le degré de perception des différents descripteurs prévus dans le formulaire en même temps. Les descripteurs utilisés pour ce test sont ceux utilisés habituellement pour qualifier un yaourt.

Il a été donné aux sujets l'opportunité de mentionner les descripteurs qu'ils auront perçus mais qui n'ont pas été cités dans la liste.

Une séance d'explication des vocabulaires ambigus a été effectuée au début de la séance.

Le Jury

Le projet de norme ISO/DIS 8586 prévoit des fourchettes d'effectif comprises entre 6 et 12 sujets pour l'épreuve de profil simple, et un effectif compris entre 12 et 20

sujets pour des épreuves discriminatives de classement, de notation et pour l'analyse descriptive du produit particulier.

II.2. Les épreuves descriptives quantitatives

But

Ce sont des méthodes théoriques permettant de déterminer de manière reproductible les propriétés organoleptiques pré-déterminées d'un produit. Les propriétés distinctes contribuant à former l'impression sensorielle globale de l'échantillon sont classées selon une échelle d'intensité, et les résultats permettent d'établir le profil sensoriel du produit. (NF V 09-001).

Principe

L'échantillon est présenté aux sujets de façon monadique. Un questionnaire est mis à la disposition du sujet. Ce dernier aura à quantifier le degré de perception de chaque descripteur.

Dans notre cas, il s'agit d'utiliser une épreuve d'intervalle à échelle structurée allant de 0 à 6.

Le Jury

Le projet de norme ISO/DIS 8586 prévoit des fourchettes d'effectif entre 6 et 12 sujets pour l'épreuve de profil simple et un effectif compris entre 12 et 20 sujets pour des épreuves discriminatives de classement, de notation et pour l'analyse descriptive du produit particulier.

II.3. Epreuve hédonique

But

Cette épreuve consiste à savoir dans quelle mesure le produit est apprécié lors d'une première consommation.

Principe

Le sujet aura à exprimer sa perception en classant chaque produit qui lui est présenté dans une échelle de 0 à 6 points allant de très agréable à très mauvais. L'échantillon est présenté de façon monadique.

Le jury

Cette épreuve peut être effectuée par des sujets naïfs. Le nombre de sujets doit être supérieur à 30. Pour l'analyse hédonique de yaourt labo, on a effectué un recrutement pour compléter le groupe à vocation descriptive formée par les étudiants ayant bénéficié du cours d'analyse sensorielle.

III. PROTOCOLE D'ANALYSE MICROBIOLOGIQUE DES PRODUITS FINIS

1. Preparation des échantillons

Le prélèvement de l'échantillon à analyser doit se faire dans des conditions aseptiques. On les prélève à l'aide d'une spatule flambée à l'alcool. L'échantillon prélevé est ensuite introduit dans des sacs de prélèvement stérile à usage unique.

Puisque les échantillons sont solides, la préparation d'une solution - mère ou suspension – mère (SM) est requise. Elle doit se faire dans des conditions aussi aseptiques que possibles : dans le hote à flux laminaire, stérilisation des mains et de la zone de travail à l'alcool. Il s'agit en fait de peser 10 mg du produit dans un sac stérile puis le ramener à 100 ml d'eau peptonée stérilisée à l'autoclave et refroidie. Le mélange est ensuite broyé à l'aide de l'appareil stomacher.

2. Ensemencement

L'inoculum est prélevé soit directement de la solution – mère, soit des différentes dilutions. La quantité ensemencée est de 1ml suivant les germes à chercher.

Après l'ensemencement s'ajoute 9 ml de milieu de culture préalablement préparé.

3. Incubation

Les conditions d'incubation varient suivant le type de microbe à cultiver :

- pour la FAMT, on utilise le milieu PCA (Cf. Annexes) et l'incubation se fait à 30°C pendant trois jours,
- pour les levures et moisissures, l'incubation est de cinq jours à la température ambiante avec le milieu OGY,
- les coliformes se développent grâce au milieu VRBA durant un jour (24 à 38 heures) à 37°C pour les coliformes totaux et 44°C pour les coliformes fécaux.

Après gélification du milieu de culture, on renverse les boîtes de Pétri et les introduit dans l'étuve.

4. Dénombrement des colonies

Le temps d'incubation écoulé, le dénombrement des colonies s'effectue :

- a. pour la flore totale mésophile : toutes les colonies quelles que soient leur taille et leur forme sont comptées ;
- b. les colonies de levures sont de couleur jaune ou blanc jaunâtre alors que celles des moisissures sont chevelues de couleur noire, verte, blanche, ou autre ;
- c. enfin, les colonies des bactéries coliformes sont des tâches rouges violacées.

ANNEXES

ANNEXES

ANNEXE I : COMPOSITION DE LA GRAINE DE SOJA

Tableau n°49 : Composition de 100 grammes de graine de soja

	Unité	Littérature (*)	Valeurs expérimentales
Energie	Kcal	416	496,35 ± 14,85
Humidité	g	8,54	8,82 ± 0,61(**)
Matière sèche	g	91,55 (**)	91,18 ± 0,61
Matière minérale dont :	g	4,87 (**)	4,37 ± 0,17
Calcium	mg	277	269,5
Magnésium	mg	280	255
Phosphore	mg	704	658
Zinc	mg	4,89	5,1
Matière grasse dont :	g	19,94	21,30 ± 0,11
Cholesterol	mg	0	-
Acides gras saturés :	g	2.88	
C12 (acide laurique)	% MG	trace	0,59
C16 (acide palmitique)	% MG	11.0	11,07
C18 (acide stéarique)	% MG	4.1	3,20
C20 (acide arachidique)	% MG	Trace	Trace
Acides gras insaturés :	g	15.659	
16:1 (acide palmitoléique)	% MG	trace	-
18:1 (acide oléique)	% MG	22.0	25,29
18:2 (acide linoléique)	% MG	54.0	53,48
18:3 (acide linolénique)	% MG	7.5	6,37
Matière azotée totale	g	36,49	35,25 ± 0.23
Matières glucidiques	g	30, 16 dont 9,31 fibres	30,26

(*) Source: USDA Nutrient Database for Standard Reference, Release 13 (1999)

Tableau n°50 : Comparaison des acides aminés indispensables du soja et de l'œuf entier

Teneur en acides aminés	Graine de soja	Œuf entier
Sérine	5,74	6,9
Valine	3,73	6,2
Méthionine	1,34	2,8
Isoleucine	3,46	5,3
Leucine	7,90	8,6
Phénylalanine	4,85	4,6
Lysine	6,19	6,9
Tryptophane	1,20	2,4

Source : [WANG et CAVINS, 1989]

ANNEXE II : COMPOSITION DU LAIT DE SOJA*Tableau n°51 : Composition de 100g de lait de soja*

	Unités	Composition théorique (1)	Valeurs expérimentales
Energie	Kcal	33	-
Eau	g	93,3	95,12 (*)
Matière sèche	g	6,7 (*)	4,88
Matière minérale	g	0,2 (*)	-
Calcium	mg	4	-
Fer	mg	0,58	-
Zinc	mg	0,23	-
Sodium	mg	12 (**)	-
Protéine (N * 5,71)	g	2,8	2,7
Matière grasse	g	1,9	1,17
Hydrates de carbone	g	1,8	-

(1) Source: USDA

(*) Valeurs calculées et (**) Selon USDA handbook amount

Tableau n°52 : Quantité d'acides aminés reçus par l'ingestion de

2 g de protéines / kg pc / jour par rapport au besoin

Acides aminés	Besoin minimal mg / kg pc / jour	Lait de soja mg / kg pc / jour	Lait de vache mg / kg pc / jour
Histidine	34	33 – 57	45
Isoleucine	119	67 – 117	128
Leucine	150	91 – 159	216
Total acides aminés soufrés	45	31 – 55	52
Total acides aminés aromatiques	90	65 – 115	104
Thréonine	87	51 -89	92
Tryptophane	22	11 – 20	30
Valine	105	67 -117	138

pc: poids corporel

Source : [RAHARIVELOMANANA, 1984]

ANNEXE III : DONNEES SUR L'AGRICULTURE ET L'ELEVAGE
(DRDR Vakinankaratra)

Données générales :

Population : 1 344 054 habitants

Nombre d'exploitants agricoles : 221 936 (il manque encore 4 communes)

Nombre d'éleveurs : 182 805

Données sur l'agriculture :

Tableau n°53 : Données sur l'agriculture dans le Vakinankaratra

Cultures	Superficies (ha)	Production (tonnes)
Riz irrigué	76 229	210 364
Maïs	49 116	66 913
Pomme de terre		
- culture de saison	23 680	309 437
- culture de contre saison	6 899	86 246
Soja	3 546	5 189
Fruitiers	Exprimé en nombre de pieds	
- pommiers		23 549
- pêcheurs	463 453	42 694
- pruniers	374 170	31 225
	303 267	

Données sur l'élevage :

Bovins : 243 996 têtes dont 17 452 de vaches laitières procurant 14,96 millions de litres de lait

Porcins : 93 404 têtes

Volailles : 1 459 296 têtes

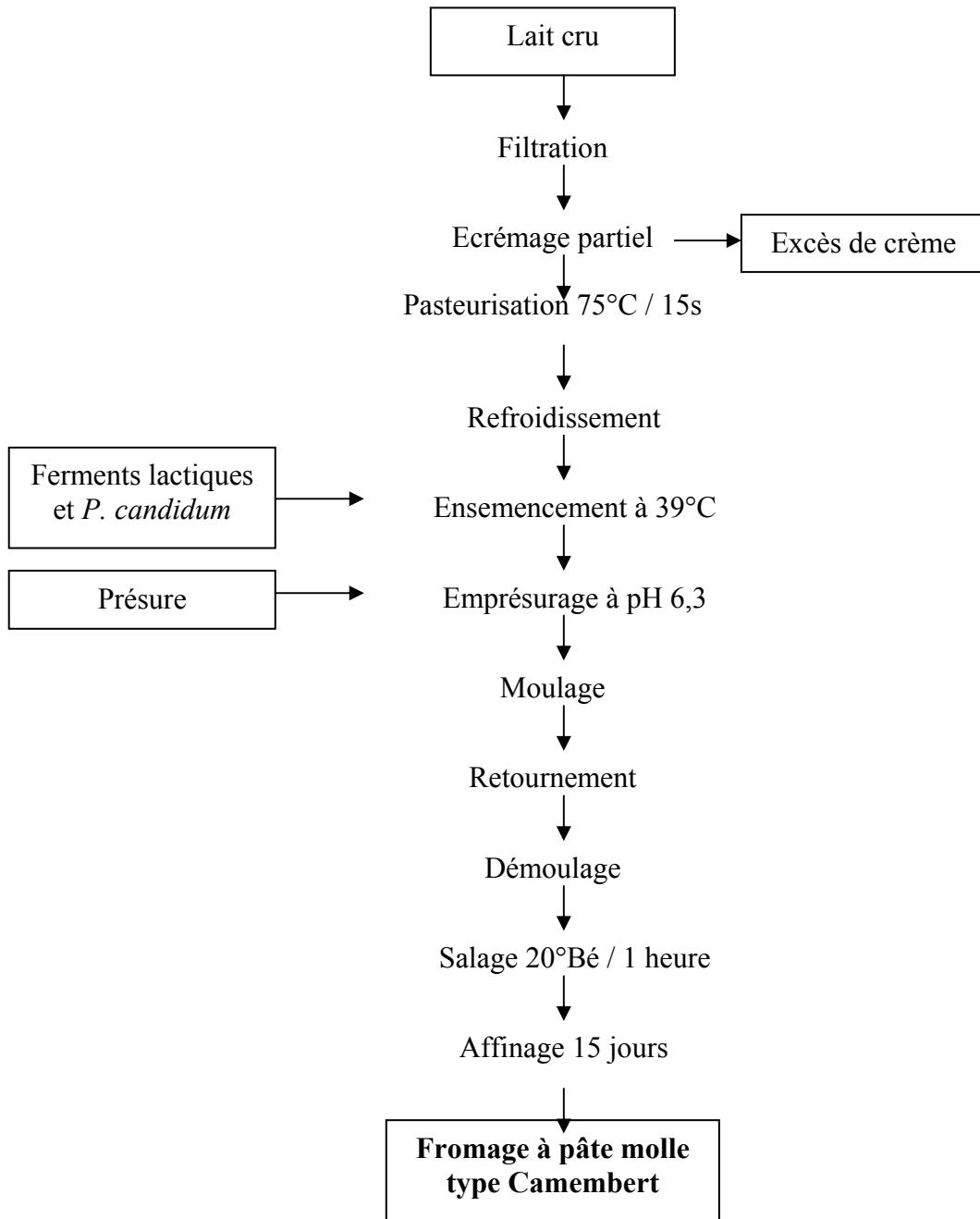
Source : Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche, UPDR, (2003).

ANNEXE IV : DONNEES CLIMATOLOGIQUES DE LA REGION DE
VAKINANKARATRA

Tableau n°54 : Données climatologiques du Vakinankaratra

Précipitation en mm												
Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
1996	355	262,6	337,1	42,9	3,8	1,3	7,3	0	0	5,9	90,5	300,5
1997	658	361,1	112	64,3	38,1	1,9	8,4	4,8	22,7	99,2	57,6	120,3
1998	248,5	133,8	222	235,4	0,4	11,8	5,1	1,4	72,4	49,5	30	282,3
1999	420,2	122,9	110,5	28,8	11	0,7	0,8	3,1	19,3	100,9	94,7	84,5
2000	231,9	170,2	139,7	36,9	5,8	4,4	34,6	2,7	0	128,9	242,9	201,8
Moyenne	382,72	210,12	184,26	81,66	11,82	4,02	11,24	2,4	22,88	76,88	103,14	197,88
Normale	251,70	218,80	188,10	82,00	27,40	11,10	15,20	14,40	19,50	88,20	179,00	235,20
Température en °C												
Min	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
1996	14,3	14,6	14,7	12,1	9,4	5,3	5,2	4,8	5,8	7,6	11,4	-
1997	-	14,7	12,4	12,4	8,9	3,9	4,8	4,8	7,5	11	13,3	13,6
1998	15,3	17	14,3	12,7	8,1	6,5	4,7	6,6	8,1	9	11,3	14,1
1999	14,2	10	9,9	3,5	2,5	4,1	6,6	5,4	9	9,2	10,9	13
2000	14,3	13,7	13	15,6	8,6	6,6	6,7	6,9	5,3	8,8	13,6	14,4
Moyenne min	14,525	14	12,86	11,26	7,5	5,28	5,6	5,7	7,14	9,12	12,1	13,775
Max	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
1996	25,1	25	25,4	25,6	23,7	21,8	21,8	24,1	26,8	30,8	29,1	-
1997	-	26	26,4	25,2	22,7	22,4	21,6	23,3	28,3	26,5	27,2	26,6
1998	25,1	25	25,4	25,6	23,7	21,8	21,8	24,1	26,8	30,8	29,1	-
1999	25,3	26,8	25	24,3	24	22,5	20,6	23,6	25,2	26,9	26,1	26,7
2000	25,5	25,4	26	26,8	24,3	22,5	20,6	23,1	26	27	24,7	25,1
Moyenne max	25,25	25,64	25,64	25,5	23,68	22,2	21,28	23,64	26,62	28,4	27,24	26,133
T° Moyenne °C	19,89	19,82	19,25	18,38	15,59	13,74	13,44	14,67	16,88	18,76	19,67	19,954
Normale	19,50	19,60	18,80	17,70	15,00	12,90	12,70	13,30	15,30	17,50	18,50	19,20

Source : Service météorologie Ampandrianomby
Février 2005

ANNEXE V : QUELQUES PROCESSUS DE FABRICATION DE FROMAGES*Figure n°30.a., b., c. : Processus de fabrication de fromage**Figure n°30.a. : Pâte molle : cas de Camembert de TIKO*

Source : [RAZAFINDRAJAONA, 1997]

Ce type de fromage se caractérise par la présence de « fleur » blanche en surface due au développement des moisissures *Pénicillium candidum* ou *Pénicillium camembertii* et par un égouttage par gravitation.

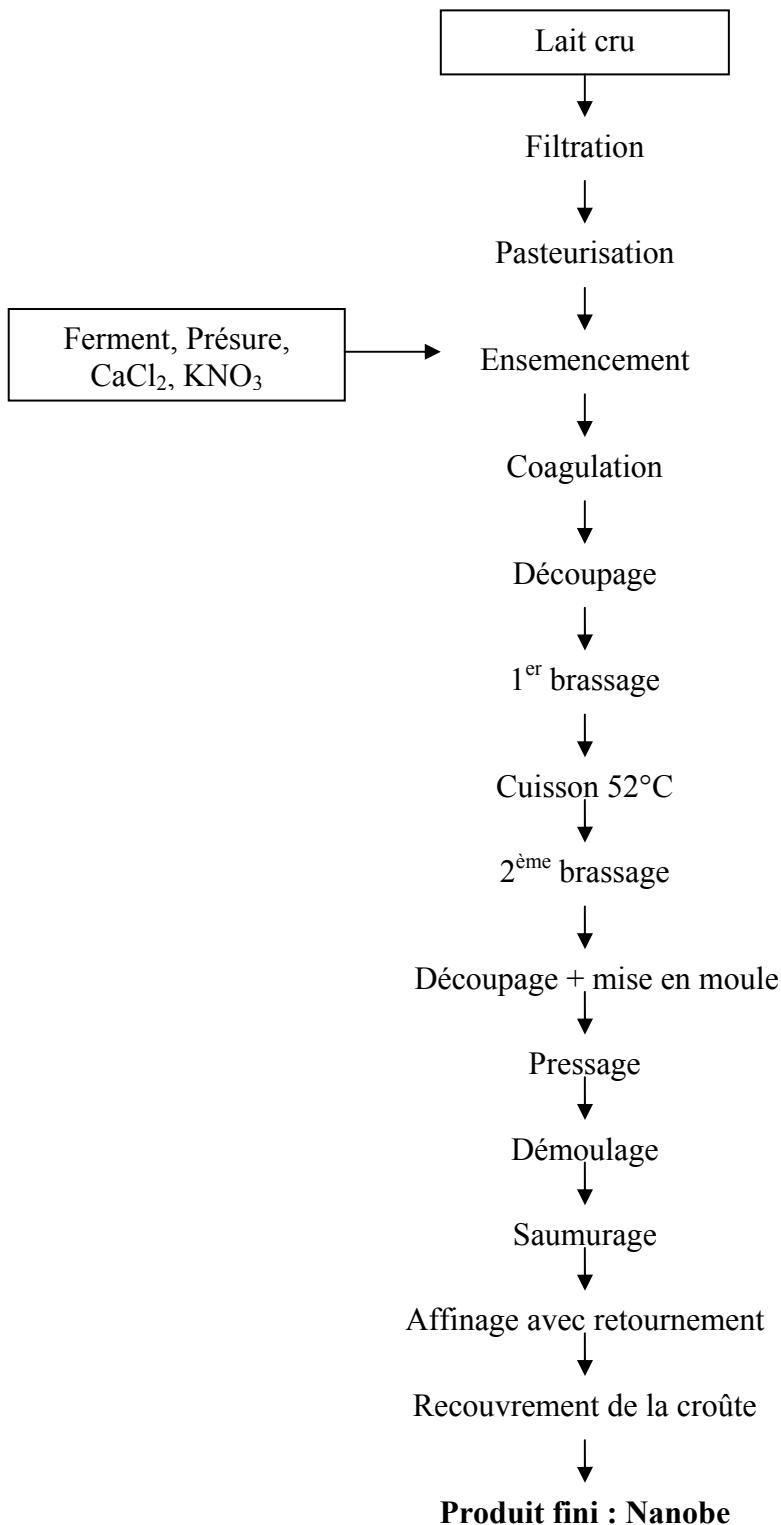
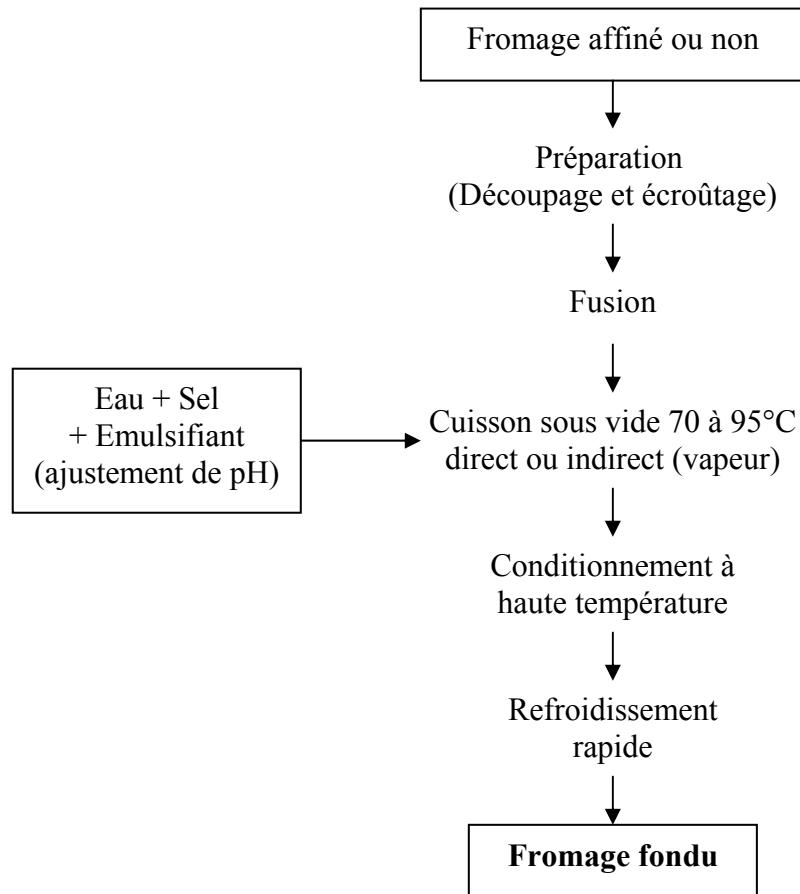


Figure n°30.b. : Pâte pressée: cas de Nanobe de ROMINCO

Source : [RAZAFINDRAJAONA, 1997]

Figure n°30.c.: Fromage fonduSource : [RAZAFINDRAJAONA, 1997]

La cuisson sous vide a pour but de régler la température et enlever les mauvaises odeurs. L'ajout d'épices et d'aromates pour aromatiser les fromages fondus est autorisé.

ANNEXE VI : LES MILIEUX DE CULTURES UTILISES POUR LES ANALYSES MICROBIOLOGIQUES.

Tableau n°55 : Les milieux de culture utilisés

Milieu	Utilisation	Préparation	Composition
EPT	Dilution pH : 7.2 ± 0.2 à 25°C	Ajouter 25,5g à 1l de l'eau déminéralisée. Introduire éventuellement dans des récipients plus petits. Passer à l'autoclave (15min à 121°C).	peptone 10.0 sodium chlorure 5.0 tampon phosphate 10.5
PCA	Dénombrement des germes totaux	Ajouter 22.5g à 1l de l'eau déminéralisée par chauffage dans un bain-marie bouillant ou dans un courant de vapeur. Passer à l'autoclave (15min à 121°C).	peptone de caséine 5.0 extrait de levure 2.5 D (+) glucose 1.0 Agar-agar : 14.0
OGY	Culture de levures et moisissures	Ajouter 37 g à 1l de l'eau déminéralisée par chauffage dans un bain-marie bouillant. Passer à l'autoclave (15 min à $121-124^{\circ}\text{C}$). A environ 50°C mélanger 10ml d'oxytetracycline réhydratée à moitié. Bien agiter.	extrait de levure 5g bacto dextrose 20g Agar-agar 12g
VRBA	Dénombrement des coliformes pH : 7.4 ± 0.2 à 25°C	Ajouter 39,5g en 1l de l'eau déminéralisée. Faire bouillir au bain-marie bouillant ou dans un flux de vapeur en remuant régulièrement jusqu'à ce que la courbe nourricière soit entièrement diluée. Puis continuer à faire bouillir pas plus 2 min ne pas autoclave, ne pas surchauffer.	peptone de viande 7,0 extrait de levure 3,0 sodium de chlorure 5,0 lactose 10,0 rouge neutre 0,03 mélange de sels biliaires 1,5 violet cristallisé 0,002 agar-agar 13,0.
Rambach agar	Dénombrement des salmonelles pH : $7,3 \pm 0,2$ à 25°C	Ajouter le contenu du flacon en poudre et agiter le récipient jusqu'à complète dissolution. Chauffer au bain marie bouillon en agitant de temps en temps. Ne pas autoclaver ni surchauffer. Refroidir aussi vite que possible dans un bain marie (45 à 50°C / 30 min max). Couler en boîte. Bien	peptone 8,0 chlorure de sodium 5,0 desoxycholate de sodium 1,0 mélange chromogène 1,5 propylène 10,5 agar 15,0.

		sécher avant inoculation.	
Klig.	Différenciation de culture de Salmonelles	<p>Ajouter le contenu du flacon en poudre et agiter le récipient jusqu'à complète dissolution.</p> <p>Chauffer au bain marie bouillon en agitant de temps en temps. Ne pas autoclaver ni surchauffer.</p> <p>Refroidir aussi vite que possible dans un bain marie (45 à 50°C / 30 min max).</p> <p>Couler en boîte.</p> <p>Bien sécher avant inoculation.</p> <p>pH : $7,3 \pm 0,2$ à 25°C</p>	<p>peptone 8,0</p> <p>chlorure de sodium 5,0</p> <p>desoxycholate de sodium 1,0</p> <p>mélange chromogène 1,5</p> <p>propylène 10,5</p> <p>agar 15,0.</p>
Lysine fer	Différenciation de bacilles entériques. pH : $6,7 \pm 0,2$ à 25°C.	<p>Ajouter 34,5g de poudre en suspension dans 1l d'eau déminéralisée.</p> <p>Bien mélanger.</p> <p>Chauffer sous agitation fréquente et laisser bouillir pendant 1 min de manière à dissoudre complètement la poudre.</p> <p>Stériliser à l'autoclave à 121°C / 15 min</p>	<p>peptone 5,0</p> <p>extrait de levure 3,0</p> <p>dextrose 1,0</p> <p>L. lysine HCl 10,0</p> <p>citrate d'ammonium ferrique 0,5</p> <p>thiosulfate de sodium 0,04</p> <p>pourpre de bromocrésol 0,02</p> <p>gélose 15,0.</p>
Sélénite cystine	recherche de salmonelle dans les aliments et les eaux pH : $7,0 \pm 0,2$ à 25°C.	<p>dissoudre 29g dans 1l d'eau déminéralisée.</p> <p>Bouillir pour bien dissoudre.</p> <p>Ne pas autoclaver.</p>	<p>tryptone 5,0</p> <p>actose 4,0</p> <p>phosphate de dissodium 10,0</p> <p>sodium acide sélénite 4,0</p> <p>L - cystine 0,01.</p>
Rappaport	Recherche de salmonelle dans les aliments et les eaux pH : $75,2 \pm 0,2$ à 25°C.	<p>Ajouter 31,6g dans 1l d'eau déminéralisée.</p> <p>Bouillir pour bien dissoudre.</p> <p>Ne pas autoclaver.</p> <p>Aseptiquement, ajouter 10ml d'antibiotique (bacto novobiocine), bien agiter.</p>	<p>tryptone 4,59</p> <p>caséine 4,59</p> <p>chlorure de sodium 7,34</p> <p>dihydrogenosulfate de potassium 1,47</p> <p>chlorure de magnésium anhydre 10,93</p> <p>oxalate de malachite vert 0,037</p> <p>agar 2,7</p>

ANNEXE VII : QUESTIONNAIRES POUR L'EVALUATION
SENSORIELLE DES PRODUITS FINIS

I. Epreuve descriptive de l' Echantillon n°

--

Nom et prénoms :

Date :

Nous vous proposons d'évaluer chacun des descripteurs pour l'échantillon suivant afin de déterminer ses caractéristiques en utilisant l'échelle d'intensité allant de 0 à 6, 0 étant l'intensité perçue nulle et 6 celle perçue forte.

NB : Encadrer la note correspondant à votre perception et noter une réponse dans tous les cas.

1. Aspect

Couleur (de blanche vers marron)	0	1	2	3	4	5	6
Croûte huileuse	0	1	2	3	4	5	6
Consistance	0	1	2	3	4	5	6
Siccavité (de très tendre à cassant)	0	1	2	3	4	5	6

2. Texture

Pâte de très molle à dure	0	1	2	3	4	5	6
Œil	0	1	2	3	4	5	6
Homogène (de grumeleuse à lisse)	0	1	2	3	4	5	6

3. Odeur et arôme

Fromage	0	1	2	3	4	5	6
Soja	0	1	2	3	4	5	6
Rance	0	1	2	3	4	5	6
Moisi	0	1	2	3	4	5	6
Epicé	0	1	2	3	4	5	6

4. Saveur

Fromage	0	1	2	3	4	5	6
Salée	0	1	2	3	4	5	6
Amer	0	1	2	3	4	5	6
Acide	0	1	2	3	4	5	6
Piquant	0	1	2	3	4	5	6
Astringent	0	1	2	3	4	5	6
Fade	0	1	2	3	4	5	6
Goût de haricot	0	1	2	3	4	5	6
Arrière-goût	0	1	2	3	4	5	6

REMARQUES :

II. Epreuve hédonique de l' Echantillon n°Nom et prénoms :Date :

Encadrer la note correspondant à votre perception :

0	1	2	3	4	5	6
très désagréable	désagréable	assez désagréable	ni agréable ni désagréable	assez désagréable	assez agréable	très agréable
désagréable						

III. Epreuve discriminativeNom et prénoms :Date :

Trois échantillons vous sont proposés, numérotés.

Deux proviennent du même produit et le troisième d'un autre. Quel est l'échantillon que vous percevez différent : ***IV. Epreuve de classement***Nom et prénoms :Date :

Trois échantillons vous sont proposés, numérotés. Veuillez les classer selon votre préférence.

1 2 3 **Remarques :**

ANNEXE VIII : LES FACTEURS ANTINUTRITIONNELLES DU SOJA**• Les facteurs antinutritionnels thermolabiles**

Ce sont :

- Les facteurs antitrypsiques qui interviennent dans la protéolyse par inhibition de la trypsine. Cependant, le traitement thermique que subit le lait de soja fait diminuer jusqu'à moins de 10% cette antitrypsine ;
- Les hémagglutinines qui sont des mucoprotéines du soja provoquant l'agglutination des globules rouges. Cela provoque une inhibition de la croissance qui est due à un blocage de l'absorption des aliments au niveau de l'intestin. Cette action néfaste est pourtant inhibée facilement par l'action de la chaleur ;
- Les régimes antivitaminiques interférant sur la disponibilité des vitamines D et E, mais sont complètement inhibés par la chaleur ;
- Les goitrigènes dont les effets néfastes sont détruits sous l'action de la chaleur, ou neutralisés par l'addition d'iode dans les régimes alimentaires (sel iodée pour la préparation de la saumure) ;

Tout cela nous revient à réitérer combien est important la température et la durée de la cuisson.

• Les facteurs antinutritionnels thermostables

Dans ce groupe, il existe :

- La saponine qui est inoffensive pour le cas du soja ;
- Les facteurs de flatulence : la production de gaz dans l'estomac ou les intestins est due à la fermentation gastro-intestinale des saccharides (raffinose et stachyose). Une hydrolyse de ces saccharides, qui se fait pendant le trempage, élimine toute leur action ;

La lysinoalanine dont la liaison est attaquable par les enzymes intestinales.

Source : [RASOLOFOSON, 1975]

ANNEXE IX : LES CRITERES MICROBIOLOGIQUES

Annexe IX.a : Interprétation officielle des critères microbiologiques

Soit **n** le nombre d'échantillons analysés issus d'un même lot. On considère que les nombres de bactéries figurants dans les critères correspondants aux différents produits sont désignés par **m** (norme).

- Tout résultat égal ou inférieur à **m** est déclaré **satisfaisant** ;
- On considère une tolérance de $3m$ lors de l'emploi de milieu solide et $10m$ en milieu liquide. **M** correspond donc à $3m$ (milieu solide) et $10m$ (milieu liquide). Ainsi, tout résultat compris entre **m** et **M**, la qualité est **acceptable** ;
- **S** correspond à $m \cdot 10^3$. La qualité **non acceptable** si le nombre de colonies est entre **M** et **S** ;
- Le produit est considéré comme **toxique** ou **corrompu** si le nombre de colonies trouvées dépasse **S**.

Source : [BEERENS et LUQUET, 1987]

Annexe IX.b : Remarque particulière sur l'identification des salmonelles

Pour la confirmation des résultats, les tests biochimiques appliqués aux colonies suspectés correspondent aux conclusions suivantes :

Tableau n°56 : Caractéristiques d'identification des salmonelles

	Réaction des salmonelles	Milieu de culture
Couleur de la colonie	Rose foncée	Rambach agar
Dégagement de gaz	(+)	Kligler et lysine fer
LDA	(-)	
H₂S	(+/-)	Lysine fer
LDC	(+)	
H₂S	(+)	
Lactose	(-)	Kligler agar
Glucose	(+)	

Source : Manuel d'analyse (Laboratoire de Chimie et de microbiologie Nanisana)

ANNEXE X : RESULTATS DES ANALYSES MICROBIOLOGIQUES*Tableau n°57 : Résultats détaillés des analyses microbiologiques*

Germes	Norme	F 1	Moy (*)	Conclusion F1	F 2	Moy (*)	Conclusion F2	F 3	Moy (*)	Conclusion F3
FAMT (x10⁶)	10 ⁶ à 10 ⁷	2,9	3,5	Satisfaisant	2,0	1,5	Satisfaisant	1,2	1,1	Satisfaisant
		2,7			0,6			0,1		
		5,0			2,0			2,0		
L&M (x10⁴)	10 ⁴ à 10 ⁵	1,4	2,0	Satisfaisant	0,9	1,3	Satisfaisant	0,6	1,9	Satisfaisant
		2,5			1,6			3,2		
CT (x10²)	<200	6,0	2,7	Acceptable	7,0	3,0	Acceptable	8,1	3,4	Acceptable
		2,0			2,0			2,0		
		0,0			0,0			0,0		
CF (**) (x10)	<10	0,0	0,0	Satisfaisant	0,0	0,0	Satisfaisant	2,0	0,7	Acceptable
		0,0			0,0			0,0		
		0,0			0,0			0,0		
Staph	absent dans 25 g	0,0	0,0	Satisfaisant	0,0	0,0	Satisfaisant	0,0	0,0	Satisfaisant
		0,0			0,0			0,0		
		0,0			0,0			0,0		
Salmo	absent dans 25 g	0,0	0,0	Satisfaisant	0,0	0,0	Satisfaisant	0,0	0,0	Satisfaisant
		0,0			0,0			0,0		
		0,0			0,0			0,0		
Conclusion générale		F1	Acceptable		F2	Acceptable		F3	Acceptable	

(*) : Moyenne

ANNEXE XI : VALEUR NUTRITIONNELLE DU SAINT PAULIN
(FROMAGE PUR VACHE DE REFERENCE)

Tableau n°58 : Valeur nutritionnelle de la référence Saint Paulin

Constituants	Unité	Moyenne
Energie		
Eau	g / kg	485,4
Matière sèche	g / kg	514,6
Protéine (N x 6,38)	g / kg	232,8
Lipide total	g / kg	227,2
Glucide disponible	g / kg	trace
Vitamines		
Réthanol	µg / kg	1 800,0
β – carotène	µg / kg	1 250,0
Acide folique libre	µg / kg	176,0
Folates totaux	µg / kg	503,0
Minéraux		
Sodium	mg / kg	6 950,0
Magnésium	mg / kg	330,0
Phosphore	mg / kg	4 400,0
Chlore	mg / kg	13 230,0
Potassium	mg / kg	900,0
Calcium	mg / kg	8 080,0
Zinc	mg / kg	50,0
Acides aminés		
Phénylalanine	mg / gN	358,0
Tryptophane	mg / gN	108,0
Valine	mg / gN	461,0
Histidine	mg / gN	258,0
Alanine	mg / gN	190,0
AG en p.100 totaux		
AG saturés	p.100	66,9
AG monoinsaturés	p.100	30,9
AG polyinsaturés	p.100	2,6

Source : Code REGAL [in CIQUAL, 1987]

ANNEXE XII : LONGUEUR DES CHAINES EQUIVALENTES DE QUELQUES ACIDES GRAS

Tableau n°59 : Longueur des chaînes équivalentes de quelques acides gras

Acides gras	LCE (1)	LCE (2)
Iso 14	13,51	13,53
14 : 0	14	14,0
Iso 15	14,51	14,53
Antéiso 15	14,70	14,67
15 : 0	15	15
Iso 16	15,51	15,53
16 : 1 (n-9)	-	16,21
16 : 1 (n-7)	16,25	16,27
16 : 0	16	16
Iso 17	16,52	-
Antéiso 17	16,66	16,67
17 : 0	17	17
17 : 1 (n-8)	-	17,23
Iso 18	17,53	17,53
18 : 0	18	18
18 : 1 (n-9)	18,20	18,20
18 : 2 (n-6)	18,66	18,63
18 : 3 (n-6)	18,96	18,91
Iso 20	-	-
20 : 0	20	20
20 : 1 (n-9)	20,16	20,17
20 : 2 (n-6)	20,65	20,61
20 : 3 (n-6)	20,85	20,86
20 : 3 (n-3)	21,25	21,22
20 : 4 (n-6)	21,09	21,06
20 : 5 (n-3)	21,70	21,67
22	22	22
22 : 1 (n-9)	22,14	22,14
22 : 1 (n-11)	-	22,08

Source : (1) RASOARAHONA, 2004

(2) in RADANIELINA, 2004

**ANNEXE XIII : LES PROFILS CHROMATOGRAPHIQUES DES MATERES
GRASSES DE LA GRAINE, DES SOYCHEESES ET DE L'OKARA**

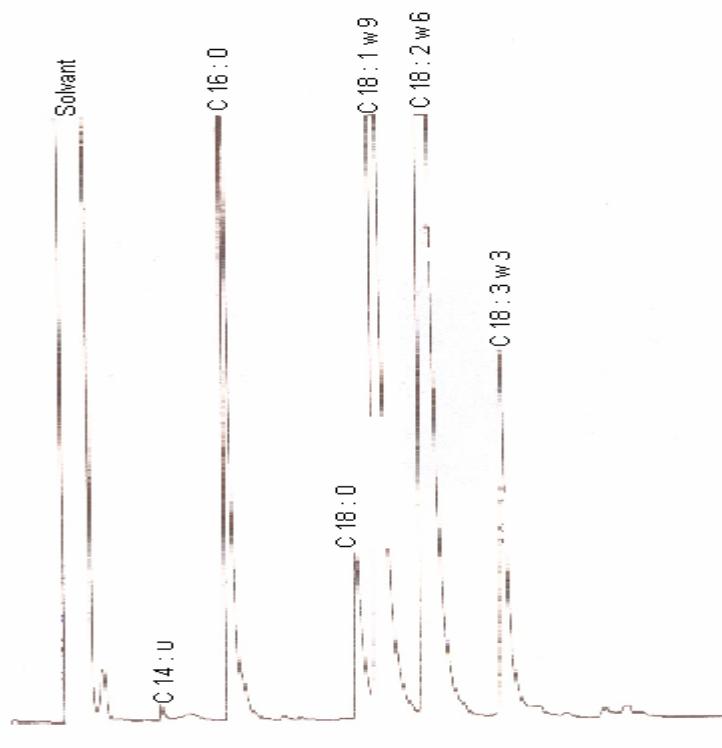


Figure n°31 : Profil chromatographique de la matière grasse de la graine de soja

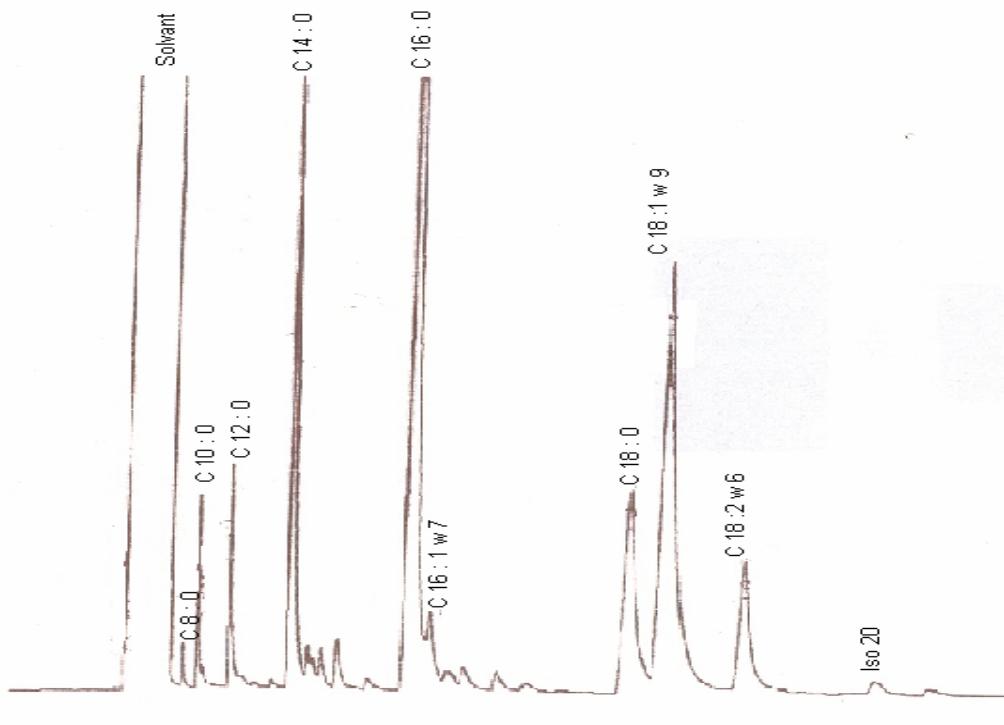


Figure n°32 : Profil chromatographique de la matière grasse des soycheeses F1

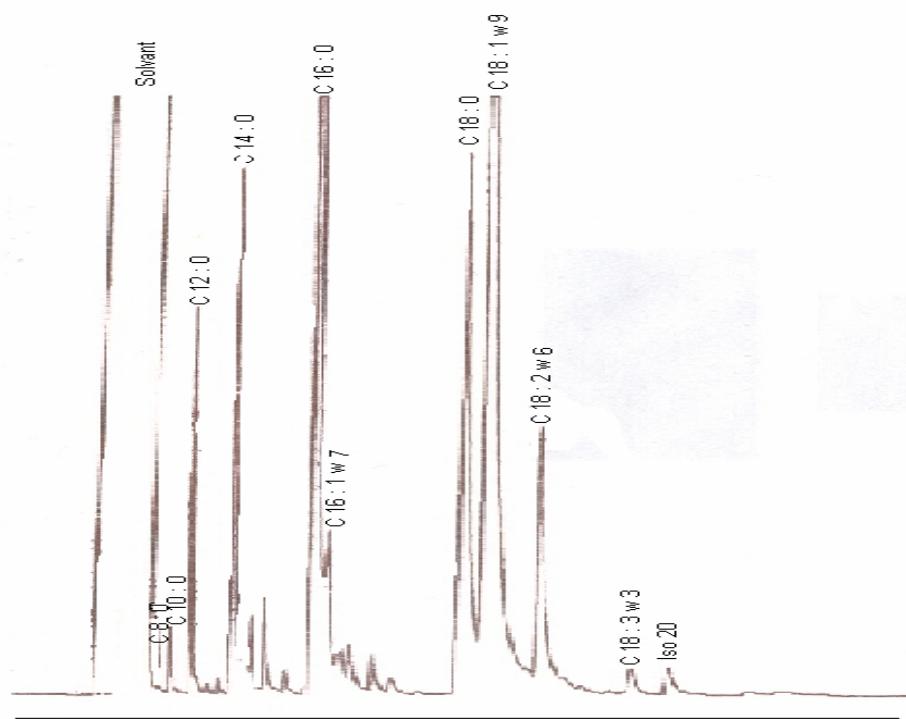


Figure n°33 : Profil chromatographique de la matière grasse des soycheeses F2

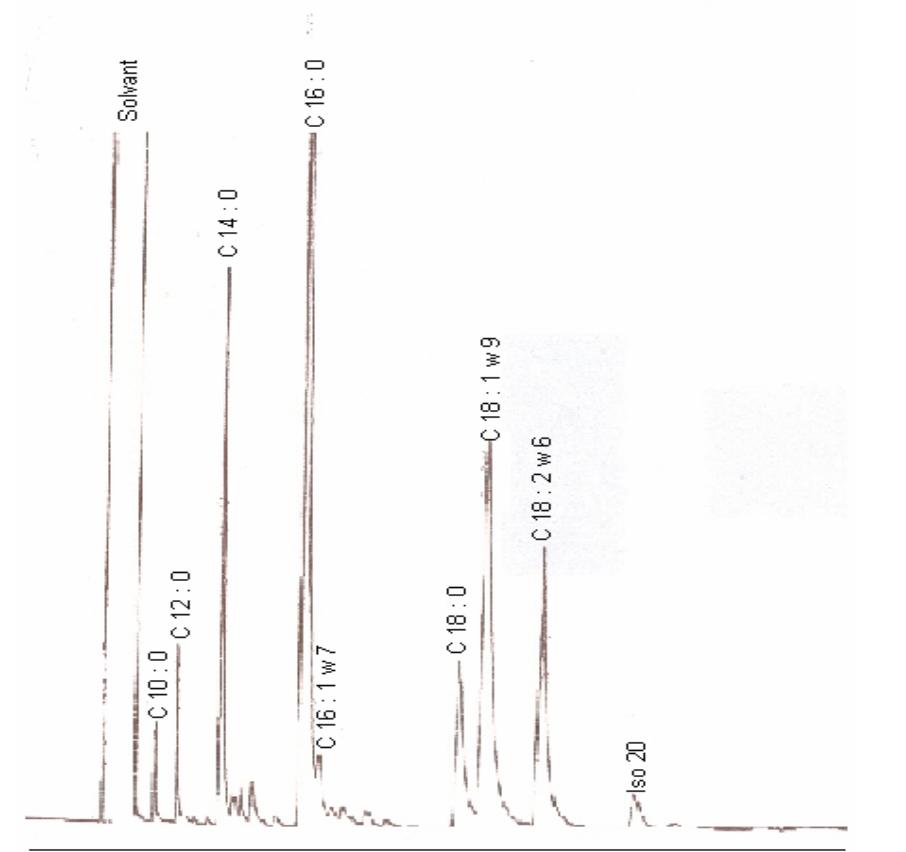


Figure n°34 : Profil chromatographique de la matière grasse des soycheeses F3

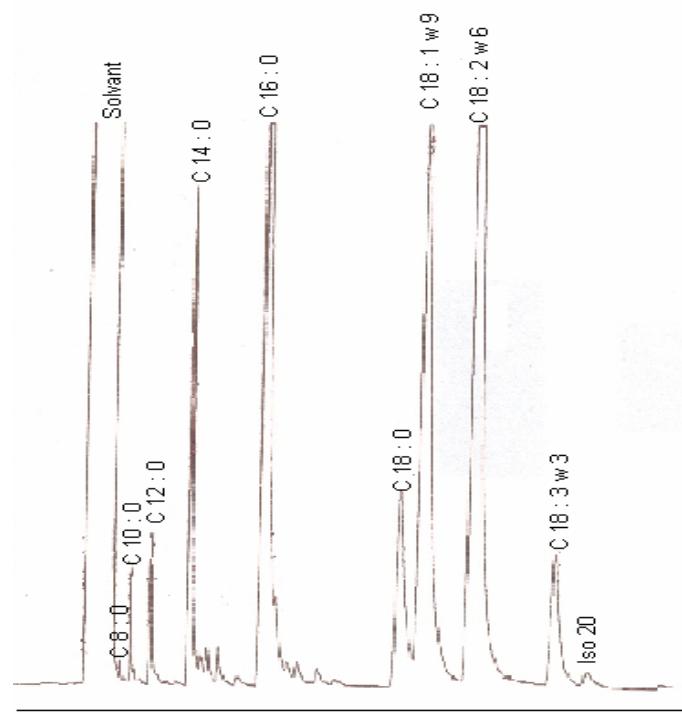


Figure n°35 : Profil chromatographique de la matière grasse des soycheeses F4

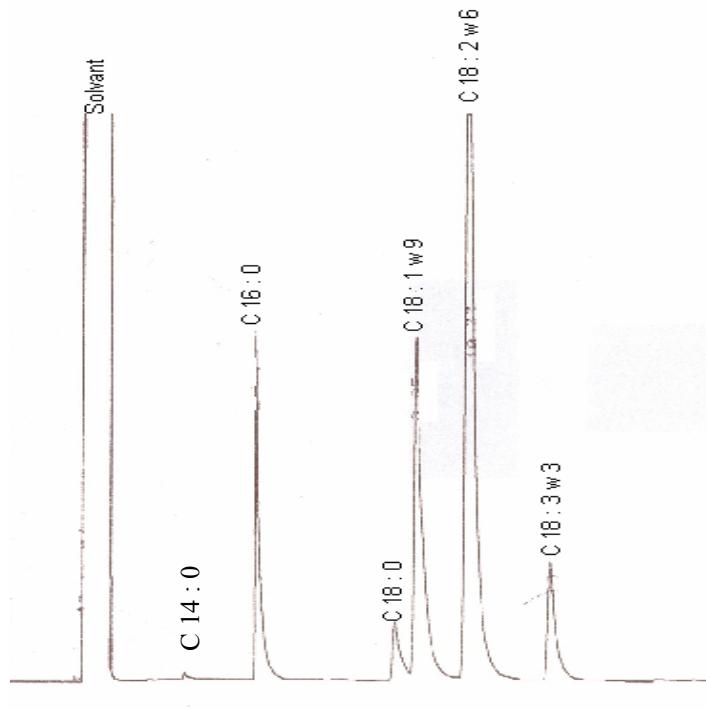


Figure n°36 : Profil chromatographique de la matière grasse de l'okara

ANNEXE XIV : REMUNERATION DU PERSONNEL

Décret n°2004 – 517 du 04 mai 2004

Rémunération à l'embauche dans le secteur agricole :

Point d'indice = 0,173

Volume horaire mensuel = 200 h

Tableau n°60 : Rémunération du personnel dans le secteur agricole

Catégorie professionnelle	Indice	Salaire horaire (en Fmg)	Salaire mensuel (en Fmg)
M1 – 1A	995	1 167	233 400
M2 – 1B	1025	1 202	240 400
OS 1 – 2 A	1090	1 279	255 800
OS 2 – 2 B	1150	1 349	269 800
OS 3 – 3 A	1225	1 437	287 400
OP 1A – 3 B	1315	1 542	308 400
OP 1B – 4 A	1440	1 689	337 800
OP 2A – 4 B	1580	1 853	370 600
OP 2B – 5 A	1835	2 152	430 400
OP 3 – 5 B	2160	2 534	506 800

M1: manœuvre ordinaire effectuant un travail simple n'exigeant aucune adaptation préalable, aucune connaissance technique ni aucun effort physique particulièrement pénible.

M2 : manœuvre spécialisée ayant une initiation rapide et des connaissances techniques rudimentaires ou manœuvre de force.

OS1 : ouvrier simple capable d'exécuter sous surveillance des travaux professionnels courants avec des connaissances techniques élémentaires.

OS2 : ouvrier susceptible d'exécuter dans des bonnes conditions et avec un rendement supérieur les travaux de sa spécialité.

OS3 : même personnel que OS2 mais avec une ancienneté de service.

OP1 : ouvrier qualifié possédant une expérience réelle de son métier et dont la connaissance est sanctionnée par un examen professionnel.

OP2 : agent de maîtrise hautement qualifié ayant une longue pratique professionnelle et la maîtrise totale de sa profession.

OP3 : agent de maîtrise, chef de chantier capable d'organiser et de diriger tous les travaux du métier suivant un plan d'action préalablement établi. C'est un véritable technicien.

Source : Ministère de la Fonction Publique et de la Loi Sociale

Enquête Octobre 2004

ANNEXE XV : DETAILS DES CALCULS FINANCIERS*Tableau n°61 : Détails des besoins en ingrédients et intrants (valeur en Ariary)*

Désignation	Unité	PU	Quantité hebdo	PT hebdo	Quantité annuelle	PT annuel
Sel	kg	250	42	10 500,00	1 932	483 000,00
Acide acétique	litre	240	28	6 829,14	1 309	314 140,45
Poivre	kg	4000	3	12 000,00	138	552 000,00
Sous total ingrédients				29 329,14		1 349 140,45
Etiquette SC	pièce	30	480	14 400,00	22 080	662 400,00
Emballage Ok	pièce	50	7	347,32	320	15 976,49
Sous total intrants				14 747,32		678 376,49
TOTAL				44 076,46		2 027 516,94

Tableau n°62 : Détails des autres charges de production (valeur en Ariary)

Désignation	unité	PU	Quantité hebdo	Quantité annuelle	PT annuel
Eclairage	kwh	91	67,20	3 091,20	281 299,20
Chauffage	kwh	91	14,00	644,00	58 604,00
Mat info	kwh	91	6,00	276,00	25 116,00
Sous total électricité	kwh		87,20	4 011,20	365 019,20
Sous total Xts N&D		1000	6	276,00	276 000,00
Soja	%	0,5	78,74	3 621,97	70 952,48
Lait	%	0,5	771,22	35 476,24	10 865,92
Soycheeses	%	1	120	5 580	579 600,00
Sous total transport					661 418,40

Tableau n°63 : Détails des ventes (valeur en Ariary)

Désignation	Unité	Quantité prévue		PU	PT hebdo	PT an (100%)
		Semaine	par an			
F1	kg	20,0	920,0	11 000,00	220 000,00	10 120 000,00
F1E	kg	20,0	920,0	12 000,00	240 000,00	11 040 000,00
F2	kg	20,0	920,0	10 000,00	200 000,00	9 200 000,00
F2E	kg	20,0	920,0	11 000,00	220 000,00	10 120 000,00
F3	kg	20,0	920,0	9 000,00	180 000,00	8 280 000,00
F3E	kg	20,0	920,0	10 000,00	200 000,00	9 200 000,00
Okara	kg	69,5	3 195,3	1 600,00	111 140,82	5 112 477,50
Lactosérum	l	1 172,7	53 942,8	200,00	234 534,12	10 788 569,60
Total			62 658,1		1 605 674,94	73 861 047,10

Tableau n°64 : Détails du flux de trésorerie (valeur en Ariary)

Désignation	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Achat de matières premières	5 015 823	0	0	0	0	0	5 727 288	0	0	0	0	0
Ingrédients et intrants	384 046	0	0	0	0	0	472 199	0	0	0	0	0
Autres charges de production sans électricité	139 969	139 969	139 969	139 969	139 969	139 969	139 969	139 969	139 969	139 969	139 969	139 969
Charge du personnel	1 689 183	1 362 244	1 362 244	1 689 183	1 362 244	1 362 244	1 689 183	1 362 244	1 362 244	1 689 183	1 362 244	1 362 244
Total des dépenses	7 229 021	1 502 213	1 502 213	1 829 152	1 502 213	1 502 213	8 028 638	1 502 213	1 502 213	1 829 152	1 502 213	1 502 213
Soycheeses	1 764 000	3 528 000	3 528 000	3 528 000	4 410 000	3 528 000	3 528 000	4 410 000	3 528 000	3 528 000	3 528 000	0
Okara	155 597	311 194	311 194	311 194	388 993	311 194	311 194	388 993	311 194	311 194	311 194	0
Lactosérum	328 348	656 696	656 696	656 696	820 869	656 696	656 696	820 869	656 696	656 696	656 696	0
Total des recettes	2 247 945	4 495 890	4 495 890	4 495 890	5 619 862	4 495 890	4 495 890	5 619 862	4 495 890	4 495 890	4 495 890	0
Solde	-4 981 076	2 993 677	2 993 677	2 666 738	4 117 649	2 993 677	-3 532 749	4 117 649	2 993 677	2 666 738	2 993 677	-1 502 213
Solde cumulée	-4 981 076	-1 987 400	1 006 277	3 673 015	7 790 664	10 784 341	7 251 593	11 369 242	14 362 918	17 029 656	20 023 333	18 521 120

Tableau n°65 : Remboursement des emprunts à moyen terme (valeur en Ariary)

Mois	Capital	Intérêt	Remboursement	Mensualité	Cap. restant dû
1	5 479 183,89	91 319,73	416 241,76	507 561,49	5 062 942,13
2	5 062 942,13	84 382,37	423 179,12	507 561,49	4 639 763,00
3	4 639 763,00	77 329,38	430 232,11	507 561,49	4 209 530,89
4	4 209 530,89	70 158,85	437 402,64	507 561,49	3 772 128,25
5	3 772 128,25	62 868,80	444 692,69	507 561,49	3 327 435,56
6	3 327 435,56	55 457,26	452 104,23	507 561,49	2 875 331,33
7	2 875 331,33	47 922,19	459 639,30	507 561,49	2 415 692,03
8	2 415 692,03	40 261,53	467 299,96	507 561,49	1 948 392,07
9	1 948 392,07	32 473,20	475 088,29	507 561,49	1 473 303,78
10	1 473 303,78	24 555,06	483 006,43	507 561,49	990 297,35
11	990 297,35	16 504,96	491 056,54	507 561,49	499 240,81
12	499 240,81	8 320,68	499 240,81	507 561,49	0,00
TOTAL		611 554,02	5 479 183,89	6 090 737,90	

Quant au remboursement du capital investi outre l'achat du terrain et le frais d'établissement, il se fait pendant cinq ans, le taux d'intérêt est unique (20%).

Tableau n°66 : Remboursement des emprunts à long terme (valeur en Ariary)

Année	Capital	Intérêt	Remboursement	Annuité	Cap. restant dû
0	27 178 804,40	2 717 880,44	0,00	0,00	29 896 684,84
1	29 896 684,84	5 979 336,97	4 017 507,64	9 996 844,61	25 879 177,20
2	25 879 177,20	5 175 835,44	4 821 009,17	9 996 844,61	21 058 168,04
3	21 058 168,04	4 211 633,61	5 785 211,00	9 996 844,61	15 272 957,04
4	15 272 957,04	3 054 591,41	6 942 253,20	9 996 844,61	8 330 703,84
5	8 330 703,84	1 666 140,77	8 330 703,84	9 996 844,61	0,00
		20 087 538,19	29 896 684,84	49 984 223,03	



Valorisation du Lait de soja en fromagerie : Cas de la fabrication de « Soycheeses » dans la région de Vakinankaratra

Par **Sylviane Marie Samuélina VOLOOLONIAINA**
Encadré par Dr Ing. **Jean Marie RAZAFINDRAJAONA**

RESUME

Le soja possède une **valeur nutritionnelle exceptionnelle**. Il contient 36,5% de protéine de qualité et 20% de matière grasse riche en acides gras oléique et linoléique. Avec un **rendement d'extraction de 741,4%** à une teneur en matière sèche de 6%, le lait de soja conserve cette propriété nutritionnelle de la graine. Sa **complémentarité avec le lait** d'origine animale est surtout constatée au niveau de leur protéine, matière grasse et sels minéraux.

Les fromages obtenus à partir du mélange de lait de soja et de lait de vache sont nutritionnellement équilibrés. Les **rapports protéine animale sur protéine végétale** de chaque type de « **soycheeses** » (F1, F2 et F3) égaux à 3, 2 et 1 **correspondent parfaitement au besoin de chaque catégorie d'âge**. De plus, l'addition de la phase lipidique du soja à celle du lait a conduit à son **enrichissement en acides gras insaturés**, très recherchés chez les produits laitiers. Il en est de même pour la teneur en phosphore et en magnésium. Du point de vue organoleptique, les soycheeses ont été acceptés par les sujets d'évaluation sensorielle, malgré la persistance de la flaveur du soja. **L'ajout de poivre a fait augmenter leur appréciation**.

La fabrication de soycheeses « nature » et « au poivre » contribue à **l'éradication de la malnutrition protéino - énergétique chez les malgaches**. La construction d'une unité artisanale sera bénéfique pour les consommateurs et la population de la région de Vakinankaratra grâce à la création d'emploi et de débouché aux produits agricoles. L'étude financière a montré qu'une telle unité est **rentable et finançable** (taux de rentabilité interne égal à **28,9%** et l'investissement (**Ar 26 448 220, 40**) est remboursable après 3 ans, 11 mois et 24 jours de fonctionnement. L'indice de profitabilité est de **1,22**.

Mots clés : Soja – Lait – Soycheeses - Protéine – Acides gras insaturés — Malnutrition – Ingénierie - Vakinankaratra.