



Projet PARRUR

**RAPPORT SCIENTIFIQUE de l’
« Etude d’acceptabilité des produits à base de racines de manioc
et de poudre de feuilles de *Moringa oleifera* par les enfants
malgaches de classes primaires »**

Réalisée dans le cadre de la thèse de doctorat de **Vonimihaingo RAMAROSON** en 2013 –
14 et financée par le projet Parrur (Allocation de Recherche) de l’Ambassade de France à
Madagascar

Rédigée en Mai 2014

Introduction

La malnutrition touche un tiers des enfants malgaches (Ralison, Bader et al. 2005). Ce problème est plus accentué en milieu rural, comme dans tous les pays sous développés (Smith, Ruel et al. 2005). La situation socio-économique du pays est certainement responsable de la réduction d'accès aux aliments chez les ménages pauvres (Smith and Haddad 2001) puisque la faiblesse du pouvoir d'achat entraîne un régime alimentaire de mauvaise qualité et une consommation alimentaire inadéquate. En effet, il a été développé que les ménages à faible pouvoir d'achat dans les pays sous développés dépensent une grande partie de leur budget dans les aliments riches en glucides et négligent les aliments sources de protéines et de micronutriments (Ramakrishnan and Huffman 2008). Pour Madagascar, ceci se manifeste surtout par la dominance du riz dans le régime alimentaire. Or, la consommation du riz telle que pratiquée par la population malgache ne peut pas satisfaire les besoins nutritionnels car le riz ne contient pas assez de matières grasses, de calcium, de fer, de riboflavine et d'acide ascorbique (Juliano 1993).

Quand le budget familial ne permet pas de s'approvisionner suffisamment du riz, les ménages font recours aux aliments appartenant à la catégorie de tubercules et racines, telles que les racines de manioc. Ceci est surtout visible pendant la période de soudure, période de pauvreté saisonnière (Dostie, Haggblade et al. 2002). Or, la position de ces racines en tant qu'aliment de sécurité à Madagascar ne fait qu'aggraver le problème de la malnutrition pour de multiples raisons : les racines de manioc sont encore plus riches en glucides que le riz, entraînant une diminution d'accès aux autres nutriments ; les racines sont souvent consommées seules sans accompagnements (les « laoka » comme avec le riz) ; les composés toxiques et des facteurs anti-nutritionnels inclus dans les racines sont nocifs si consommées en grandes quantités (Masheka, Bamubenga et al. 2010).

Cette étude ne vise pas à éliminer les racines de manioc dans l'alimentation des Malgaches, car il doit rester tout de même en tant qu'un des aliments de base à Madagascar (Montagnac, Davis et al. 2009). Mais des solutions doivent être trouvées pour que ce ne soit pas les racines de manioc qui accentue la malnutrition chez la population malnutrie malgache. Nous nous sommes donc intéressé à l'enrichissement nutritionnel des racines de manioc. Une de nos études précédentes a pu déjà vérifier que les poudres de feuilles de *Moringa oleifera* sont très riches en protéine (26,49 % par rapport à la matière sèche), calcium (2530 mg / 100 g de MS), magnésium (270,2 mg / 100 g de MS), fer (5,83 mg / 100 g de MS), en acides aminés et gras essentiels [Ramaroson Rakotosamimana et al. en préparation]. L'enrichissement des racines de manioc se fait donc par ces poudres de feuilles. Il s'agit de proposer des

formulations à partir des ingrédients à moindre coût, nutritifs et disponibles. Devant l’observation sur les conséquences néfastes d’une dénutrition sur le développement intellectuel et au niveau de la santé chez les enfants (Brown and Pollitt 1996) nous avons choisi de nous focaliser sur les enfants issus des ménages pauvres et scolarisés, qui constituent les populations les plus touchées par la malnutrition.

De nombreux programmes se sont intéressés à la malnutrition chez les enfants malgaches. Certains d’entre eux sont voués à l’échec car les populations bénéficiaires des aides nutritionnels ne mettent pas en pratique les éducations reçues. Ceci est dû par exemple au fait que les aliments proposés par les programmes d’aides alimentaires ont des goûts non acceptés par cette population (De Kock 2011). Dans notre étude qui vise à introduire les feuilles de *Moringa oleifera* dans l’alimentation des enfants malgaches, nous avons choisi d’intégrer l’évaluation sensorielle des aliments formulés. Afin de vérifier si les produits proposés seraient acceptés par les enfants, nous avons effectués une étude hédonique axée sur l’étude d’acceptabilité de différentes formulations. L’étude a été effectuée dans deux zones différentes (Antananarivo et Antsiranana), en milieux urbains et ruraux. Le but de cette étude est donc double : voir si l’incorporation de poudre de Moringa peut être acceptée par les enfants, et voir si le goût du Moringa va être accepté au même niveau dans différentes villes et zones d’études.

Matériels et méthodes

Sujets et lieux d’étude:

424 enfants entre 6 et 13 ans ont participé dans les tests hédoniques. Les séances ont été réalisées dans quatre écoles primaires publiques localisées dans quatre endroits différents (EPP Ambatobe à Antananarivo urbain – AU, EPP Ambatolampy Tsimahafotsy à Antananarivo rural – AR, EPP Labigorne à Antsiranana urbain – DU et EPP Mahagaga à Antsiranana rural - DR). Les caractéristiques des enfants (sujets) sont visibles dans le Tableau 1.

Tableau 1. Caractéristiques des sujets

| | Nombre de sujets à | | | |
|-----------|--------------------|----|----|----|
| | AU | AR | DU | DR |
| Age | | | | |
| <7 ans | 1 | 2 | 0 | 0 |
| 7-8 ans | 34 | 19 | 20 | 13 |
| 9-10 ans | 37 | 38 | 27 | 35 |
| 11-12 ans | 35 | 27 | 40 | 37 |
| >12 ans | 12 | 14 | 14 | 18 |

| Sexe | | | | |
|-----------------|----|----|----|----|
| Fille | 67 | 62 | 54 | 60 |
| Garçon | 52 | 38 | 47 | 43 |
| Niveau (classe) | | | | |
| CP1 | 0 | 8 | 6 | 0 |
| CP2 | 44 | 27 | 27 | 39 |
| CE | 13 | 20 | 25 | 30 |
| CM1 | 23 | 26 | 25 | 17 |
| CM2 | 40 | 19 | 18 | 17 |

Produits

Quatre produits, fabriqués à base de racines de manioc, de poudre de feuilles de Moringa et de sucre à différentes proportions, ont été évalués lors des tests hédoniques (Tableau 2). Les racines ont été épluchées puis râpées et mélangées avec les autres ingrédients. Les feuilles fraîches de Moringa ont été séchées puis broyées au mixeur de cuisine. Les mélanges ont été cuits à la vapeur dans des cuiseurs vapeur (fournis par le laboratoire du Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation de Dijon) pendant 45 min.

Les produits ont été distribués dans des petits verres codés de trois chiffres. Chaque échantillon pèse environ 25 g.

Tableau 2. Les proportions des différents ingrédients dans les 4 formulations (en pourcentage m/m)

| Produit | Racines de manioc râpées | Poudre de <i>Moringa</i> <i>oleifera</i> | Sucre |
|---------|-----------------------------|---|-------|
| C | 100 | 0 | 0 |
| C+M1 | 99,4 | 0,6 | 0 |
| C+M1+S | 89,4 | 0,6 | 10 |
| C+M2+S | 88,8 | 1,2 | 10 |

C: Manioc; M: *Moringa oleifera*; S: sucre

Procédure lors des tests hédoniques

Chaque sujet a évalué quatre échantillons qui ont été présentés de façon monadique. L'ordre de présentation des échantillons a suivi l'ordre selon le Carré Latin de William, fabriqué à partir du logiciel Fizz ® (Biosystemes, Couternon). Aucune information sur les produits testés n'a été donnée aux sujets avant, pendant et après les tests afin d'éviter l'effet d'attente pouvant être induit par les informations. Chaque sujet a été assisté par un animateur ou une animatrice qui aident les sujets à comprendre comment évaluer les échantillons avec une échelle. Une échelle picturale à 7 points a été utilisée lors des évaluations (Guinard 2001). Ce sont les animateurs qui remplissent le questionnaire (Annexe 1). Le questionnaire est divisé en trois parties : la première partie permet d'évaluer les quatre échantillons grâce à

l'échelle ; la deuxième partie concerne les informations socio-démographiques des sujets (sexe, âge et classe) ; et la troisième partie concerne le test de choix. Lors de ce test de choix, les sujets ont à choisir un parmi les quatre produits. Pour les sujets, ce produit choisi est considéré en tant que cadeau alors que les résultats de ce choix ont été considéré pour traitement.

Traitement de données

Les données de scores ont été traitées grâce à l'ANOVA à deux facteurs sans interaction, selon le modèle mixte : Score = sujet < lieu + produit + produit x lieu + erreur. Le test Neuman-Keuls a été couplé à l'ANOVA en vu de tester la significativité entre deux produits deux à deux. Le logiciel XLStat 2013 (Addinsoft, Paris) a été utilisé.

Un test χ^2 a permis de traiter les données issues du test de choix.

Résultats

Acceptabilité des aliments formulés à base de manioc et de feuilles de *Moringa oleifera*

De façon globale, les réponses hédoniques des quatre produits diffèrent significativement ($F = 102,5$; $p < 0,0001$). Dans chaque lieu, (

Tableau 3), une différence significative a été également observé (F entre 9,55 et 37,78, $p < 0,001$; Newman Keul's_{99%}). En général, le sucre ajouté a influencé les notations hédoniques. Les produits sucrés (C+M1+S et C+M2+S) ont été les produits les plus aimés dans les quatre lieux. Le manioc seul (C) et le manioc + *Moringa* sans sucre (C+M) ont été évalué identiquement comme étant les moins aimés à AR, DU et DR. A AU, C+M a été le moins aimé, et la position de C a été entre les produits sucrés (C+M1+S and C+M2+S) et le C+M.

Il a été montré que les enfants aiment les racines de manioc. Les produits évalués au même niveau ou supérieur que le manioc (C) peut être interprété comme étant aimé. Il s'agit de C+M1+S, C+M2+S et C+M, sauf à AU où C+M a été évalué entre le niveau « non aimé légèrement » et « ni non aimé ni aimé ».

Aucune influence par rapport au sexe, âge et niveau d'éducation des enfants n'a été observée sur les notes hédoniques (test χ^2 d'indépendance à $\alpha = 0,05$).

Tableau 3. Moyennes des réponses hédoniques des produits testés – Test de l'effet produit

| | Antananarivo urbain (AU) | Antananarivo rural (AR) | Antsiranana urbain (DU) | Antsiranana rural (DR) |
|-------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|
| F de Fisher | 37.78*** | 29.06*** | 19.29*** | 9.55*** |
| C | 4.32 ^b | 4.17 ^b | 4.35 ^b | 4.42 ^b |
| C+M1 | 3.50 ^c | 3.77 ^b | 4.24 ^b | 4.37 ^b |
| C+M1+S | 6.64 ^a | 5.63 ^a | 5.47 ^a | 5.35 ^a |
| C+M2+S | 5.77 ^a | 5.81 ^a | 5.91 ^a | 5.56 ^a |

(Dans chaque lieu, les moyennes portant les mêmes lettres ne sont pas significativement différents d'après les tests de Newman-Keuls à $\alpha=0,05$)

Une différence significative a été observée entre les lieux d'après le test de l'effet « lieu » de l'ANOVA ($F = 1,79$; $p < 0,0001$). Aucun effet de l'interaction n'a été observé (Lieu*Produit) ($F = 2,87$; $p < 0,002$). L'interaction entre les lieux et les produits sucrés n'a pas été observée. Par contre, un effet de l'interaction a été observé entre les lieux et les produits non sucrés (Figure 1).

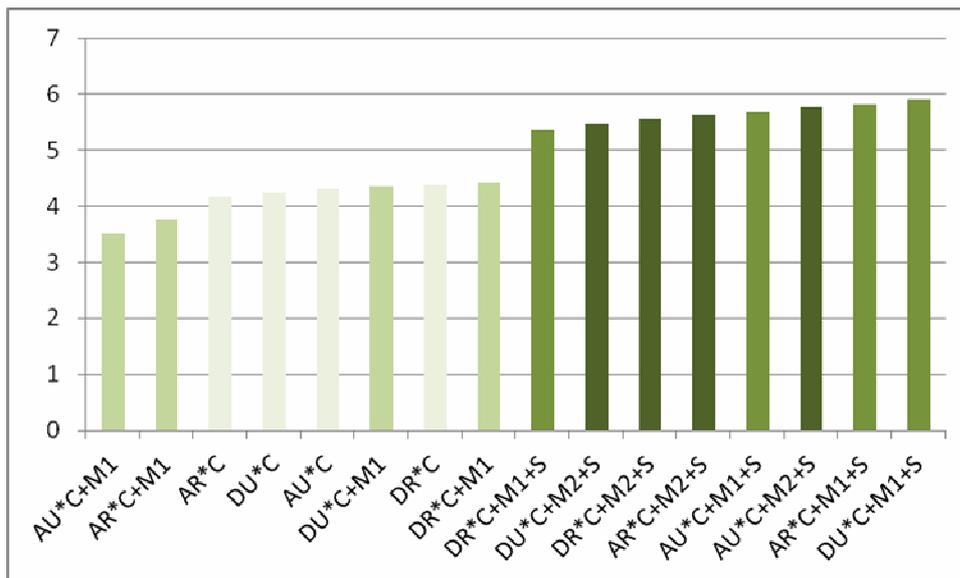


Figure 1. Moyennes des réponses hédoniques pour les produits testés – test de l'interaction (vert clair: C, vert pastel: C+M1, vert olive: C+M1+S, vert foncé: C+M2+S)

Produits choisis par les enfants

A la fin du test, chaque enfant a choisi un par les quatre produits. Les nombres des enfants correspondant aux produits choisis sont illustrés à la Figure 2. Seul le produit C+M1+S a montré une différence significative entre les quatre lieux (test χ^2 d'ajustement = 10,93 à $\alpha = 0,05$).

Avec les pourcentages globaux, une différence significative a été observé entre les quatre produits ($\chi^2 = 98,05$ à $\alpha=0,05$). C+M2+S est le plus choisi (41.98 %). Ensuite, viennent le

C+M1+S et C qui ont été choisis par 28,54% et 20,52% des enfants respectivement. C+M1 a été le moins choisi (8,96 %). Ce résultat est en accord avec le résultat du test d'acceptabilité.

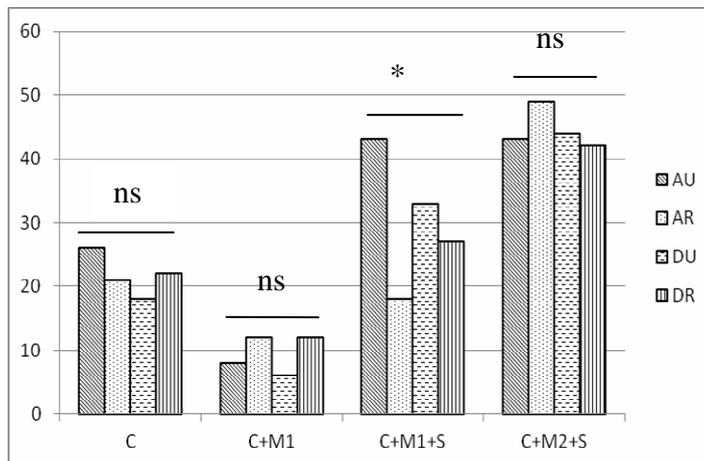


Figure 2: Nombres des enfants correspondant aux produits choisis

Des tests χ^2 d'ajustement ont été faits pour comparer deux à deux les quatre produits par lieu. Les produits sucrés (C+M1+S et C+M2+S) ont été identiquement choisis par les enfants à AU, DU et DR. A AR, le nombre d'enfants ayant choisi C+M1+S excède significativement, par rapport aux nombres relatifs aux trois autres produits.

Discussion

Les poudres de feuilles de *Moringa oleifera* incorporées dans des matrices « manioc » ont été bien acceptées par les enfants, sauf à AU. D'une part, ceci confirme notre résultat précédent montrant que si le manioc est largement consommé à Madagascar, c'est dû au fait que son goût est aimé par la population malgache [Ramaroson Rakotosamimanana, en préparation]. D'autre part, la présence des poudres de légumes feuilles dans l'alimentation des enfants de classes primaires n'est pas un blocage dans l'acceptation des produits formulés. Les feuilles de Moringa peuvent donc être utilisées, avec les proportions considérées dans cette présente étude, dans des programmes nutritionnels visant à diminuer le taux de la malnutrition chez les enfants de classes primaires.

Le résultat observé pour le cas d'Antananarivo Rural mérite une attention particulière car dans ce lieu, seul le produit contenant une double quantité de Moringa a été le plus choisi par les enfants. La population consomme beaucoup plus de légumes feuilles, en zone rurale d'Antananarivo puisque ces légumes feuilles sont beaucoup plus disponibles dans cette zone (Rakotonirainy, Razafindratovo et al. 2012). La notion de familiarité pourrait donc expliquer

pourquoi les enfants dans cette zone préfèrent plus les produits ayant une proportion élevée en Moringa. En effet, il a été largement accepté que plus les produits sont familiers aux enfants, plus ils ont moins du mal à les accepter (Mustonen and Tuorila 2010). Cette étude a permis de mettre en évidence que dans le but d'introduire de nouveaux aliments nutritifs chez les enfants, il est important de considérer le niveau de familiarité de la catégorie d'aliments à introduire.

L'ajout de sucre a relevé l'acceptabilité et le choix des produits sucrés par les enfants. Ces résultats sont en accord avec la notion de la préférence innée chez les enfants face à la saveur sucrée dans des produits alimentaires. Cette prédisposition à préférer le sucré peut évoluer selon les expériences avec les aliments (Birch 1999).

Conclusion

Cette étude a pu mettre en évidence le fait que l'ajout de sucre dans un aliment nouvellement formulé aide les enfants de classes primaires à mieux accepter ce produit. Dans le cadre de la lutte contre la malnutrition chez les enfants scolarisés, il est possible de proposer des aliments nutritifs, moins coûtant et bon en terme de goût, tout en gardant l'aliment sucré.

Ce travail a été présenté dans une communication affichée lors d'un congrès international à Dijon (Annexe 2). Il va également être valorisé dans une publication scientifique à comité de lecture (en vue de soumission dans le journal *Appetite* de l'Elsevier).

Références bibliographiques

- Birch, L. L. (1999). "Development of food preferences." *Annu. Rev. Nutr.* 19: 41–62.
- Brown, J. L. and E. Pollitt (1996). "Malnutrition, poverty and intellectual development." *Scientific American*.
- De Kock, H. L. (2011). Opportunities and challenges for sensory science to address food and nutrition issues affecting less affluent societies in Africa. *Pangborn*. Toronto, Canada.
- Dostie, B., S. Haggblade, et al. (2002). "Seasonal poverty in Madagascar: magnitude and solutions." *Food Policy* 27(5-6): 493-518.
- Guinard, J.-X. (2001). "Sensory and consumer testing with children." *Trends in Food Science & Technology* 11: 273-283.
- Juliano, B. O. (1993). *Rice in human nutrition*.
- Masheka, C., K. Bamubenga, et al. (2010). "Correlation between diabetes mellitus, malnutrition and cassava-derived cyanogenic toxicity in South-Kivu (Democratic

- Republic of Congo, DRC): Preliminary results." Toxicology Letters 196(Supplement 1): S242-S243.
- Montagnac, J. A., C. R. Davis, et al. (2009). "Nutritional Value of Cassava for Use as a Staple Food and Recent Advances for Improvement." Comprehensive reviews in food science and food safety 8(3): 181-194.
- Mustonen, S. and H. Tuorila (2010). "Sensory education decreases food neophobia score and encourages trying unfamiliar foods in 8-12-year-old children." Food Quality and Preference 21(4): 353-360.
- Rakotonirainy, N., V. Razafindratovo, et al. (2012). Fréquences et modalités de consommation des légumes-feuilles dans la commune urbaine d'Antananarivo.
- Ralison, C., E. Bader, et al. (2005). Profil nutritionnel du pays - Division de l'Alimentation et de la Nutrition, FAO.
- Ramakrishnan, U. and S. L. Huffman (2008). Multiple micronutrient malnutrition: What can be done? Nutrition and health in developing countries. R. D. Semba and M. W. Bloem. Totowa, NJ, Humana Press: 531-576.
- Smith, L. C. and L. Haddad (2001). "How important is improving food availability for reducing child malnutrition in developing countries?" Agricultural Economics 26(3): 191-204.
- Smith, L. C., M. T. Ruel, et al. (2005). "Why Is Child Malnutrition Lower in Urban Than in Rural Areas? Evidence from 36 Developing Countries." World Development 33(8): 1285-1305.

Annexe 1. Questionnaire utilisé lors des tests hédoniques

Date :

N° quest :

Lieu :

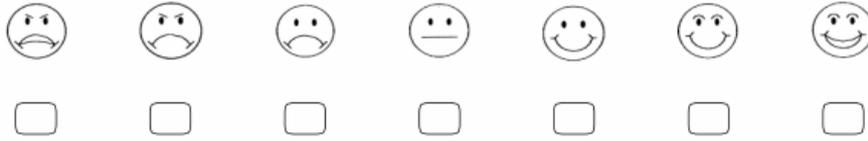
Animateur :

1/ Test d'acceptabilité

Ech 1

Moins aimé

Très aimé

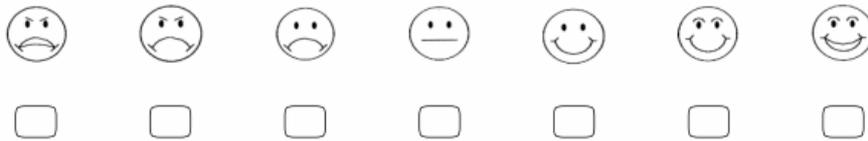


(Boire de l'eau entre 2 échantillons)

Ech 2

Moins aimé

Très aimé

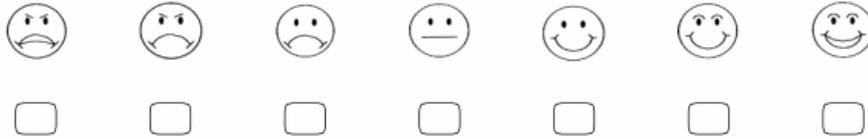


(Boire de l'eau entre 2 échantillons)

Ech 3

Moins aimé

Très aimé

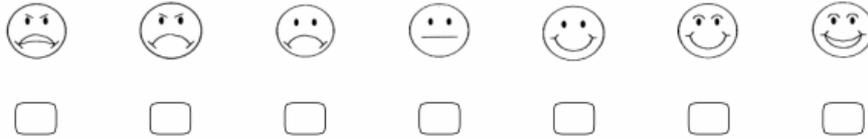


(Boire de l'eau entre 2 échantillons)

Ech 4

Moins aimé

Très aimé



2/ Informations socio-démographiques : entourer la réponse

Âge : < 7 ans 7-8 ans 9-10 ans 11-12 ans >12 ans

Sexe : garçon fille

Classe : <CP2 CP2 CE CM1 CM2 Autre

3/ Test du choix : Ecrire le code de l'échantillon choisi :

Annexe 2. Communication affichée lors du 9^{ème} congrès international « Goût, Nutrition, Santé » Vitagora (3 et 4 Avril 2014, Dijon, France)

Sensory acceptability of cassava snacks nutritionally enriched with *Moringa oleifera* leaf powder among children from low-income households in Madagascar



Vanimihaingo Ramarosan Rakotosamimanana^{1,2}, Dominique Valentin¹ and Gaëlle Arvisenet²
¹ CSGA, UMR 6265 CNRS, UMR1324 INRA, Université de Bourgogne, Agrosup Dijon 21000 - France.
² Laboratoire d'Analyse Sensorielle d'Ambatobe, DRT-FOFIFA, Antananarivo 101, Madagascar




Introduction

48% of Malagasy children under the age of five have stunting growth due to poverty. In contrast, Madagascar possesses a huge number of nutritious and edible plants, like *Moringa oleifera* (*M.o.*). These natural food resources can be utilized to improve dietary quality in children, helping to prevent malnutrition. In this study, *M.o.* leaf powder was added to cassava roots to nutritionally improve cassava based foods.

Cassava roots



- "Security food" for low-income households in Madagascar
- Satiating food but deficient in protein, minerals ...

***Moringa oleifera* leaf powder**



- Used to combat malnutrition in other countries
- Though cheap and available, under-utilized in Madagascar

Objective: To make nutritionally improved products from available foods (cassava roots enriched with *Moringa oleifera* leaf powder) for malnourished Malagasy children

Aim: To determine if children would accept the new formulated products and analyze the nutritional composition of *Moringa oleifera* leaf powder in these products

Materials and methods

Formulation of the products :

| Product cooked with steam | Grated cassava roots | <i>M.o.</i> leaf powder | Sugar |
|---------------------------|----------------------|-------------------------|-------|
| C | 100 | 0 | 0 |
| C+M1 | 99,4 | 0,6 | 0 |
| C+M1+S | 89,4 | 0,6 | 10 |
| C+M2+S | 88,8 | 1,2 | 10 |

Hedonic test

Assessors: 424 children between 7 and 12 years old
Locations: four public schools from two regions :
 - Antananarivo (center) – population not consuming *M.o.*
 - Antsiranana (north) – population consuming *M.o.*
 both in urban (AU and DU respectively) and rural areas (AR and DR respectively).

Acceptance test

Hedonic measures by using pictorial structured scale:



Choice test

Each child chose one among the four products as remuneration after the acceptance test.

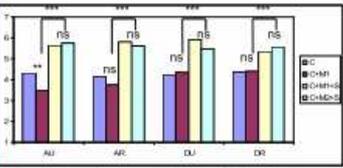
Nutritional composition of MO leaf powders:

- Protein – Dumas method
- Minerals (Ca, Mg and Fe) – Flame atomic absorption spectrophotometry
- Fatty acids – Gas chromatography

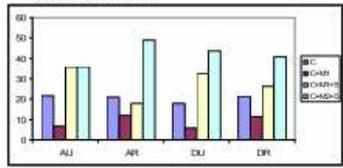
Measures in triplicate

Results

Scores given to the tested products in acceptance tests:



Products chosen by children (%) as remuneration :



The level of acceptability of *M.o.* by the children depended on region: C+M1 was more accepted in Antsiranana (rural and urban) than in Antananarivo (rural and urban), where it was disliked slightly. → People from Antsiranana were familiar to *M.o.*, unlike those from Antananarivo

The level of acceptability of formulated products increased when sugar was added, regardless of the proportion of *M.o.* incorporated. The sweet product with the highest quantity of *M.o.* (C+M2+S) was chosen most often in the four areas, whereas the one without sucrose with *M.o.* (C+M1) was chosen least. → The sweetness facilitates the introduction of *M.o.* for children

| | Protein | Ca | Mg | Fe | linoleic ac. | α-linolenic ac. |
|--|----------------------------------|-----------------|------------------|----------------|--------------|-----------------|
| Nutritional composition of <i>M.o.</i> leaf powder* | 26.49% DM | 2630 mg/100g DM | 270.2 mg/100g DM | 5.83 mg/100gDM | 1.7 mg/g HM | 7.94 mg/g HM |
| quantity of nutrients into 200g of product: | 1.2% of <i>M.o.</i> leaf powder | 0.63 g | 60.72 mg | 6.48 mg | 0.04 mg | 0.19 mg |
| | 5% of <i>M.o.</i> leaf powder ** | 1.9 g | 182.16 mg | 19.45 mg | 0.12 mg | 0.57 mg |
| Participation of 5% of <i>M.o.</i> according to dietary reference intakes (DRI) for a children of 4-5 y.o | 12.96% of DRI | 22.77% of DRI | 14.96% of DRI | 6% of DRI | 1.2% of DRI | 83.52% of DRI |

* DM (dry matter), HM (humid matter); ** 3 times quantity of *M.o.* than those in C+M2+S

Conclusion

Knowing that the snacks enriched on *M.o.* were accepted and liked by the children, and that they increased the protein and oligo elements intake, this study can help to formulate products with higher concentration of *M.o.* in order to improve the nutritional status of Malagasy children from low-income households.

The sensory study was founded by French Embassy in Madagascar (Parrur project) 