

**VALEUR NUTRITIONNELLE DU *MORINGA OLEIFERA*, ETUDE
DE LA BIODISPONIBILITE DU FER, EFFET DE
L'ENRICHISSEMENT DE DIVERS PLATS TRADITIONNELS
SENEGALAIS AVEC LA POUDRE DES FEUILLES**

Moussa Ndong^{*1}, Salimata Wade¹, Nicole Dossou¹, Amadou T. Guiro², Rokhaya
Diagne Gning²



Rokhaya Diagne Gning

¹Faculté des Sciences Techniques –Département de Biologie Animale, Laboratoire de
Nutrition- Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal.

²Institut de technologie alimentaire, route des pères maristes, BP 2765, Dakar
Sénégal.

Corresponding Author: Rokhaya Diagne email: mdabagning@yahoo.fr

RESUME

Dans le bus d'évaluer la valeur nutritionnelle du *Moringa Oleifera*, nous avons effectué l'analyse chimique de ses produits (les gousses fraîches, les feuilles fraîches, les fleurs fraîches, la poudre des feuilles). La biodisponibilité du fer de la poudre des feuilles de *Moringa Oleifera* ou Nébédéday et de plats traditionnels sénégalais (bouillie de mil, de fonio, Ceere Mbuum) enrichis ou non avec la poudre a été aussi déterminée.

L'analyse chimique montre que les produits de *Moringa Oleifera* sont riches en protéines(feuilles, fleurs, poudre) et que les gousses sont plus riches en matières grasses et apportent plus d'énergie que les autres produits du *Moringa*. L'analyse des minéraux a montré que les produits de *Moringa oleifera* sont riches en calcium pour les macronutriments et en fer pour les oligoéléments. La détermination de la biodisponibilité du fer de la poudre des feuilles et des plats enrichis avec la poudre montre une faible biodisponibilité. Ceci montre que le fer contenu dans la poudre des feuilles séchées pourrait provenir d'une contamination et/ ou de l'existence d'inhibiteurs de l'absorption du fer. L'enrichissement des plats avec la poudre des feuilles augmente les teneurs en protéines et en fer (sauf pour la bouillie de mil).

En conclusion la poudre de *Moringa oleifera* est riche en protéines et en fer qui néanmoins reste peu biodisponible. L'enrichissement des plats avec la poudre des feuilles améliore les teneurs en protéines mais influe peu sur le contenu en fer biodisponible.

MOTS-CLES: *Moringa oleifera*, Biodisponibilité, fer, enrichissement, *in vitro*

INTRODUCTION

Originaire du Nord de l'Inde, le *Moringa oleifera* est d'usage assez courant en médecine populaire et en alimentation dans les sociétés africaines et asiatiques (2). En effet ses feuilles sont communément consommées dans toute l'Afrique de l'Ouest. De nombreuses vertus sont conférées à cette plante (1,2) :

- médicinales (antidiarrhéique, hypotensive, bactéricide, laxative),
- purificatrice d'eau.

Au Sénégal, les feuilles sont généralement consommées cuites sous forme d'une sauce appelée *Mbuum* accompagnant le couscous à base de céréales composés de mil, maïs ou riz (cf. recettes du Sénégal du projet IPGRI Légumes feuilles). Les feuilles sont utilisées fraîches ou séchées et réduites en poudre. Des travaux antérieurs ont décrit la composition nutritionnelle de la plante (1).

En effet Toury *et al* qui ont analysé des feuilles fraîches de *Moringa oleifera* de la région de Dakar donnent la composition suivante pour 100g : eau 74,7%, protéines 8.1%, lipides 0.6 %, glucides totaux 14.1%, cellulose 2,13%, cendres 2,5%, calcium 531mg, fer 11,7mg, vitamine C 220 mg, thiamine 0.23mg, riboflavine 0,77mg, niacine 2,66 mg et un équivalent vitamine A de 5000 µg/100g. La richesse des feuilles en certains éléments nutritifs, notamment en protéines, en calcium et en fer a conduit à introduire les produits du *Moringa oleifera* dans leur programme de lutte contre la malnutrition.

C'est ainsi qu'en 1997 une ONG américaine en collaboration avec une ONG sénégalaise ont démarré un projet pilote dénommé « Projet de récupération nutritionnelle des enfants, des femmes enceintes et des femmes allaitantes. Une évaluation du projet en 1998, par des témoignages de la population et d'agents de santé montre une certaine efficacité de la poudre des feuilles de *Moringa* dans la prévention de la malnutrition et dans la récupération des enfants malnutris. Mais aucune étude scientifique n'avait étayer ces faits, d'où l'objet de cette étude.

La malnutrition et les carences associées en particulier l'anémie constitue l'un des plus grands problèmes de santé publique dans les zones les plus pauvres des pays en développement (3). Les causes de cette affection sont multiples mais surtout nutritionnelles caractérisée par un faible apport de facteurs hématopoïétiques (fer, vitamine B12, folates).

L'apport en fer des aliments des pays en développement ne permet pas de couvrir les besoins en fer des populations (7). Le type de régimes de ces pays et la faible biodisponibilité du fer dans l'alimentation liée à la présence de facteurs inhibiteurs de l'absorption du fer tels que les polyphénols, les phytates et les fibres constitue la principale entrave à la couverture des besoins en fer des populations (7-10). La valorisation de variétés végétales riches en micronutriments est une stratégie pour lutter contre les carences en micronutriments.

L'objectif principal de l'étude est d'évaluer la biodisponibilité du fer dans la poudre des feuilles de *Moringa oleifera* et de plats enrichis avec cette poudre.

Les objectifs spécifiques sont :

- Déterminer la composition chimique des feuilles fraîches, des gousses fraîches, des fleurs fraîches et de la poudre des feuilles séchées,
- Evaluer l'apport en fer et en protéines de plats enrichis et non enrichis avec la poudre de *Moringa oleifera* couramment consommés dans le sud du Sénégal,
- Mesurer la biodisponibilité en fer de la poudre et des plats.

MATHERIEL ET METHODES

1. Les produits

Les différentes parties fraîches (gousses, fleurs, feuilles) de la plante étudiées ont été récoltées dans la région de Dakar sur différents arbres pour avoir des produits frais. Les produits frais ont été conservés à +4°C. Les dosages sont effectués sur la matière encore fraîche. La poudre est celle préparée par les populations de Casamance dans le cadre du projet de l'ONG sénégalaise. Elle est obtenue par pillage des feuilles séchées à l'abri d soleil, la poudre est conservée dans des sachets en plastique.

2. Les plats

a. les bouillies

Elles sont préparées avec deux céréales : le mil (*Pennisetum thyphoides*) et le fonio (*Digitaria exilis*).

- Bouillie de fonio : 200g de fonio et 100g de poudre d'arachide sont cuites dans 1L d'eau de robinet, 60 g de sucre sont ajoutés en fin de la cuisson qui dure 20 mn.

Elle est enrichie avec 15g de poudre de feuilles de *Moringa oleifera* après cuisson.

- Bouillie de mil : c'est une bouillie à base de farine de mil (50 g), de pâte d'arachide « Dégué » (50g). Elle est cuite pendant 25 mn avec 600 ml d'eau et est sucrée (30 g).

Elle est enrichie après cuisson avec 10 g de poudre de feuilles de *Moringa oleifera*

b. Le Mbeulekhé

C'est un plat à base de riz et de sauce. La sauce est constituée de pâte d'arachide cuite « Dégué » (340 g), de poisson frais (300 g), de poisson braisé, fumé et séché « kéthiakh » et de poisson fermenté séché « guedj » (5 g). L'ensemble est cuit avec 1,5 l d'eau additionnée d'oignon (5 g), d'huile de palme (10 cuillères à soupe, de piment et une pincée de sel. Elle est enrichie avec 30 g de poudre de feuilles de *Moringa oleifera*.

Le riz cuit (1kg de cuit dans 1,5 l d'eau) est mélangé à la sauce dans un rapport ¼ (sauce / riz). La cuisson dure 55 minutes.

c. Couscous de mil ou *Ceere Mbuum en ouolof*

Le couscous (Thiéré Mboum en woloff) est à base de mil (*Pennisetum typhoides*) souvent vendu dans les marchés sénégalais. La sauce Mbuum est constituée de feuilles fraîches de *Moringa oleifera* (300 g) cuites pendant 65mn avec de la poudre de poisson fumé kéthiakh (200g) et de poudre d'arachide (300 g) dans 2,5 l d'eau. Un cube bouillon et une pincée de sel sont ajoutés à la sauce.

3. Composition chimique des produits de *Moringa oleifera*

Les dosages ont été effectués selon les méthodes AOAC (12). Les échantillons analysés en triple pour les minéraux (calcium, fer, sodium, magnésium, zinc, potassium) et en double pour l'humidité, les protéines, les matières grasses ; les cendres et la cellulose.

- L'humidité : l'échantillon subit une dessiccation à l'étuve à 105°C pendant 4 heures et la différence de poids donne le taux d'humidité ;
- Les protéines : elle sont dosées par la méthode de Kjeldahl ;
- Les lipides : ils sont extraits par un solvant non miscible (n-hexane) dans un extracteur de type Soxhlet (Unid Tecator, System HT2 1045, Suède). Après évaporation du solvant et pesage de la capsule à l'étuve à 105°C pendant 30mn ; la différence de poids donne la teneur en lipide de l'échantillon
- Les cendres : l'échantillon est carbonisé sur un bec bunsen puis incinéré dans un four à 600°C pendant 6 heures ;
- La cellulose : l'échantillon bien broyé est mis dans un ballon et on y ajoute 50 ml d'acide sulfurique (H₂SO₄ 0.3N). Chauffer pendant 30mn puis ajouter 25ml de soude (NaOH 1.5N) et chauffer pendant 25mn et ajouter 0.5g d'EDTA (Ethylène Diamine Tétra acétique) maintenir l'ébullition pendant 5mn. A la fin du chauffage, filtrer le mélange à travers un creuset filtrant de porosité 2, laver avec 3 portions de 50ml d'eau distillée, 25ml d'éthanol et 25ml d'acétone. Le creuset est ensuite séché à l'étuve à 130°C pendant 2 heures et refroidi au dessiccateur

puis pesé. Il est enfin porté au four à 400°C pendant 2 heures pour incinération, puis pesé après refroidissement ;

- Les minéraux : minéralisation par voie sèche, les cendres obtenues contiennent les éléments majeurs (Na, Ca, Mg, K, etc.) et les oligo éléments (Fe, Zn, etc.). Ces minéraux ont été dosés par Spectrophotométrie d’Absorption Atomique avec un appareil de type Pelkin Elmer (PE 3110, Norwalk USA),
- Les glucides sont calculés par différence,
- La valeur énergétique correspondant à l’énergie disponible est calculée à l’aide des coefficients spécifiques d’Atwater pour les protéines, les lipides et les glucides.

4. Biodisponibilité du fer

Elle a été déterminée par la méthode *in vitro* de Miller *et al.* (13) modifiée selon Kane et Miller (14). Elle consiste à simuler les conditions gastro- intestinales pour avoir des indications de l’absorption du fer au niveau intestinal. La mastication est remplacée par une homogénéisation. Il y a une double digestion pepsique et pancréatique. Les pH stomacal et intestinal sont respectés par ajustement progressif du pH pour avoir un pH 2 pour la digestion pepsique et un pH 6,7-7,2 pour la digestion pancréatique. L’utilisation du bain-marie agitant à 37°C permet à la fois de simuler les mouvements intestinaux et de respecter la température corporelle. La surface d’absorption intestinale est remplacée par des sacs à dialyse de diamètre 6000-8000 Å (Spectra/Por membrane MWCO, California, USA).

a. Préparation des réactifs

Les réactifs utilisés sont :

- une solution d’hydrogénocarbonate de Sodium (Na HCO₃) 0.1N ;
- une solution de hydroxyde de potassium (KOH) 0.5M ;
- une solution de chromagène obtenue par dissolution de bathophénanthroline dans une solution d’acétate de sodium 2M ;
- un précipitant protéique préparé avec du TCA (acide trichloroacétique) et de l’hydrochlorure d’hydroxylamine ; hog stomach mucosa, Sigma, St Louis, Mo USA) et de l’acide chlorhydrique (HCL) 0.1N. ;
- une suspension pancréatine-bile (rapport 0,16) Les solutions d’étalonnage sont préparées à partir de la solution mère de fer (1g/L)

b. prise d’essai et digestion pepsique

Après homogénéisation, une quantité suffisante est pesée pour obtenir 4 aliquotes de 20g à la fin de la digestion pepsique. Pour le blanc réactif, l’échantillon est remplacé par de l’eau déminéralisée. Une solution d’HCl 6N est ajoutée à l’aliment jusqu’à l’obtention du pH 2. Pour la digestion pepsique un volume de la solution de pepsine respectant le rapport 0,5g de pepsine pour 100 g d’aliment est ajouté dans

l'Erlenmeyer contenant l'aliment à pH 2 puis incubé au Bain-marie agitant à 37°C pendant 2 heures . Après la digestion pepsine ,4 aliquotes de 20g sont prélevés. Les 3 vont être congelés pour la détermination du fer dialysable et le 4^{ème} utilisé pour celle de l'acidité titrable obtenue par la mesure du volume de KOH nécessaire pour mener le pH du produit de digestion pepsique à 7,5.

c. digestion pancréatique

Dans chaque sac à dialyse est introduit un volume d'hydrogénocarbonate de sodium 0,1N égal au volume de KOH utilisé pour l'acidité titrable de l'échantillon correspondant puis on ajuste à 20ml avec de l'eau déminéralisée. Les sacs ont une longueur de 22 cm avec un nœud à chaque extrémité. Pendant la préparation de ces sacs, les 3 aliquotes sont décongelés dans un bain-marie à agitation à 37°C. Les sacs à dialyse sont placés chacun dans les Erlenmeyer et mis au bain-marie. A la 30^{ème} minute ,5ml de la suspension pancréatine-bile sont ajoutés à chaque Erlenmeyer. Après 2H, les sacs à dialyse sont retirés à l'aide d'une baguette de verre, rincés et essuyés. Le volume de dialysat de chaque sac est mesuré à l'aide d'une éprouvette de 25ml.

Le traitement pour le développement de la couleur et la lecture : 2ml de chaque dialysat,2ml d'eau déminéralisée (blanc étalon) et 2ml de chaque étalon sont mis dans des tubes corex de 30ml dans lequel on ajoute 1ml de précipitant protéique. L'ensemble est mélangé au vortex et chauffé pendant 10mn dans un bain d'eau bouillante, puis refroidi. Le mélange est ensuite centrifugé (4000xg pendant 5mn à température ambiante), 2ml de surnageant sont ensuite mélangés à 1ml de solution de chromogène .Après 10mn, faire la lecture de la densité optique au Spectrophotomètre à 535 nm.

De chaque absorbance de dialysat et à celle des étalons, il faut soustraire l'absorbance du blanc réactif. Le fer héminique contenu dans la sauce et le *Mbuum* provenant du poisson est calculé à partir des tables de composition alimentaire et soustrait du fer total. La formule suivante donne la biodisponibilité du fer dans l'aliment considéré.

Biodisponibilité (%) = quantité de fer dialysable / quantité totale de fer héminique x100

Fer susceptible d'être absorbé = quantité de fer non héminique x biodisponibilité

RESULTATS

1. Composition des produits de *Moringa oleifera*

Les teneurs en macronutriments et en minéraux des produits de *Moringa oleifera* sont indiqués dans les tableaux 1, 2, 3 et 4.

Commentaires :

Les produits frais de *Moringa oleifera* (feuilles, fleurs, gousses) sont très riches en eau avec des taux d'humidité supérieurs à 73%. La concentration de nutriments est faible dans les feuilles, les fleurs et les gousses fraîches. La transformation des feuilles fraîches en poudre diminue l'humidité et augmente la teneur en protéines. Ainsi la comparaison des teneurs en macronutriments de 100g de poudre et de 100g de feuilles fraîches montre 2 fois plus de protéines, 5 fois plus de lipides, 2 fois plus de cellulose et 5 fois plus de glucides (Tableau 1)

L'analyse des teneurs en nutriments de ces produits par rapport à la matière sèche montre que les macronutriments dominants sont les protéines pour les feuilles, les fleurs et la poudre des feuilles et les lipides pour les gousses. Les teneurs en protéines pour les gousses sont multipliées par 3 par rapport aux feuilles et par 2 par rapport aux fleurs. Les gousses sont très riches en matières grasses et en cellulose. La poudre est très riche en cendres, les taux de cendres des feuilles et celui des fleurs et gousses sont respectivement multipliés par 5 et 10 dans la poudre (Tableau 2)

Commentaires

Les teneurs en minéraux sont plus importantes dans la poudre des feuilles. Les produits frais n'ont pas des concentrations élevées en minéraux. La transformation des feuilles en poudre permet une concentration en minéraux. En effet, les teneurs en Ca, Na, K, Mg, Fe et Zn dans 100g de feuilles sont ainsi multipliées respectivement par 13, 3, 12, 13, 3, 6 (Tableau 3).

La poudre est riche en minéraux notamment en calcium, en potassium et en magnésium. La teneur en fer des gousses est très faible par rapport à celle des autres produits. Les teneurs en zinc des différentes parties de *Moringa Oleifera* sont faibles (Tableau 4).

La poudre de *Moringa Oleifera* est riche en protéines avec une digestibilité de 56% et malgré sa teneur en fer assez importante, la biodisponibilité en fer est faible (2.2%) (Tableau 5)

2. Composition des plats

Les résultats des analyses sont indiqués dans les tableaux suivants (6,7) :

La teneur en fer et la quantité de fer biodisponible de la bouillie de fonio enrichie sont 2 fois plus élevées que celles de la bouillie non enrichie. La biodisponibilité du fer ne diffère pas entre les bouillies enrichies et non enrichies. Les teneurs en protéines des bouillies enrichies sont 2 fois plus élevées que celles de bouillies non enrichies. Les bouillies de fonio sont 5 fois plus riches en protéines que celles de mil (Tableau 6)

Les teneurs en fer de la sauce sont 4 fois et 2 fois plus élevées que celles du riz et du *Mbeulekhé*. La biodisponibilité du *Mbeulekhé* est plus élevée même si la plus grande quantité de fer biodisponible est trouvée dans la sauce (Tableau 7)

Les teneurs en fer ne varient pas dans le mélange du couscous avec la sauce *Mbuum*. Cependant on note une amélioration de la teneur en fer, de la biodigestibilité du fer et des quantités de fer biodisponible avec ce mélange (Tableau 8)

Ces feuilles sont caractérisées par des teneurs élevées en calcium et faibles en fer. Les feuilles de *Moringa oleifera* riches sont plus en protéines que les autres feuilles (Tableau 9).

DISCUSSION

Le taux d'humidité des feuilles est comparable à celui trouvé par d'autres auteurs (1), il est de 74.70%. Les teneurs en protéines des produits de *Moringa oleifera* trouvées dans l'étude sont le plus souvent supérieures à celles de plusieurs légumes et feuilles consommées en Afrique (14). et fait de *Moringa oleifera* une véritable source de protéines végétales. Le fer oligoélément important est présent cependant la teneur en fer est faible mais n'est pas différente de celle d'autres légumes consommés en Afrique. Les quantités de fer trouvées dans les feuilles fraîches sont inférieures à celles trouvées par Toury et al.(1) ce qui est peut être dû à une différence de méthodologie de dosage. Les quantités de calcium trouvées dans notre étude sont inférieures à celles d'écrites par Toury et al., ceci peut être dû à une différence de sol de culture de la plante. La poudre est plus concentrée en nutriments que les autres produits de *Moringa oleifera*. Cependant le séchage entraîne souvent une perte importante d'éléments nutritifs comme les vitamines (A, C) et de plus de mauvaises conditions de séchage peuvent provoquer une contamination du produit.

Les bouillies (qui sont très diluées) ont de faibles teneurs en protéines qui augmentent avec l'addition de la poudre. Le *Mbeulekhé* et le *Thiéré Mbuum* ont des teneurs protéiques plus élevées que celles des bouillies du fait de l'existence de sources de protéines animales (poisson) dans ces plats.

La biodisponibilité du fer a été déterminée *in vitro* et la méthode utilisée peut permettre la comparaison la biodisponibilité de divers repas composés. C'est une amélioration des premières méthodes *in vitro* basées sur l'extraction du fer ionisable et cette amélioration se traduit par un ajustement graduel, progressif et reproductible du pH et une double digestion pepsique et pancréatique dans des conditions de pH correspondantes à celles de l'organisme où seul le fer soluble est pris en compte. La biodisponibilité du fer des plats étudiés est faible (souvent inférieur à 1%) malgré certaines teneurs relativement importantes de fer (bouillies de mil, couscous, poudre).

Ceci peut s'expliquer par l'existence du fer dit de contamination qui n'est pas biodisponible et qui est fréquent dans les repas des pays en développement(15),la

contamination est liée aux conditions de préparation des aliments et peut aussi provenir de la poussière et du sol. Elle peut aussi résulter de longue préparation du couscous traditionnel mais aussi des ustensiles de cuisine (16). La faible biodisponibilité du fer peut aussi être due à l'action d'inhibiteurs de l'absorption du fer (polyphénols). La meilleure digestibilité du fer trouvée avec le *Mbeulekhé* et le *Thiéré Mbuum* peut être expliquée par la présence de protéines animales activatrices de l'absorption du fer.

Cook et al ont montré que le poisson est un activateur de l'absorption du fer (17). Les quantités de fer susceptibles d'être absorbées sont faibles mais augmentent avec l'apport de produits de Moringa. L'addition d'une grande quantité de Moringa pourrait augmenter cette valeur mais changerait aussi les caractères organoleptiques des plats (couleur, goût) ce qui peut influencer sur l'acceptabilité.

CONCLUSION

L'analyse de la composition chimique des différentes parties consommables de *Moringa oleifera* fait apparaître des particularités d'un grand intérêt sur le plan nutritionnel. Cette plante est une importante ressource alimentaire pour les populations, notamment rurales. Les gousses quant à elles sont riches en lipides. Les teneurs en minéraux de *Moringa oleifera* sont importantes, surtout en calcium et en fer et sa richesse en potassium, en sodium et en magnésium augmente ses qualités nutritionnelles.

La transformation des feuilles en poudre reste une bonne pratique pour une meilleure conservation du produit mais aussi pour une bonne concentration des nutriments. La biodisponibilité du fer dans la poudre et dans les plats enrichis ou non avec la poudre est très faible. Les quantités de fer susceptibles d'être absorbées des repas sont la aussi faibles et ne peuvent pas couvrir les besoins des populations même si elles augmentent avec l'apport de *Moringa oleifera*. Nous avons noté un bon apport protéique et une bonne digestibilité des protéines avec l'adjonction de *Moringa oleifera*. L'enrichissement des bouillies par de faibles quantités de poudre de *Moringa oleifera* n'a pas d'influence notable sur la biodisponibilité du fer.

En somme, L'apport de *Moringa oleifera* dans les repas se manifeste par une augmentation des teneurs en fer et en protéique. Pour faire de *Moringa oleifera* un moyen d'enrichissement d'aliment dans la lutte contre la malnutrition et l'anémie par carence en fer, il faut nécessairement améliorer la biodisponibilité de son fer (par un apport d'activateurs de l'absorption du fer tels que l'acide ascorbique, les produits animaux par exemple). Il faut aussi améliorer la qualité nutritionnelle des céréales utilisées (par torréfaction, cuisson, extrusion, fermentation notamment). Une revalorisation des produits de *Moringa oleifera* passera nécessairement par une bonne sensibilisation des populations sur l'intérêt de la plante et l'exploitation des potentiels nutritionnels des gousses et des fleurs qui sont là peu consommés. Il faut aussi former les populations en vue d'une bonne transformation et une meilleure conservation des produits de *Moringa oleifera*.

La comparaison de l'état nutritionnel entre deux cohortes d'enfants ne différant que par la consommation de *Moringa oleifera* est nécessaire pour confirmer les qualités nutritionnelles de cette plante. Il est aussi important de déterminer la composition en acides aminés des protéines du nebeday et les teneurs en caroténoïdes.

Tableau 1 : Teneur en g / 100g de produit tel quel (moyenne \pm écart type n=2)

	Feuilles fraîches	Poudre feuilles	Fleurs fraîches	Gousses fraîches
Humidité	73.57 \pm 0.02	4.53 \pm 0.25	81..97 \pm 0.09	81..98 \pm 0.40
Protéines	15.27 \pm 0.06	35.03 \pm 0.01	8.64 \pm 1.17	3.41 \pm 0.23
Matières grasses	1.31 \pm 0.25	7.50 \pm 0.27	1.14 \pm 0.40	6.05 \pm 0.40
Cellulose	1.65 \pm 0.98	4.02 \pm 0.16	0.68 \pm 0.07	4.84 \pm 1.06
Cendres	0.63 \pm 0.08	10.68 \pm 0.90	0.29 \pm 0.02	0.24 \pm 0.06
Glucides	7.57	38.24	7.28	3.48

Tableau 2 : teneur en g/100g de produit séché (moyenne \pm écart type n=2)

	Feuilles fraîches	Poudre feuilles	Fleurs fraîches	Gousses fraîches
Protéines	57.79 \pm 0.24	39.69 \pm 0.01	47.979 \pm 6.51	18.83 \pm 1.29
Matières grasses	4.95 \pm 0.96	7.85 \pm 0.28	6.34 \pm 2.24	33.59 \pm 2.24
Cellulose	6.24 \pm 3.74	4.21 \pm 0.18	3.79.24 \pm 0.43	26.85 \pm 5.89
Cendres	2.42 \pm 0.30	11.39 \pm 0.66	1.61 \pm 0.11	1.34 \pm 0.02
Glucides	28.60	35.33	40.29	19.39
Energie (Kcal)	390.11	358.73	410.10	455.19

Tableau 3 : teneur en mg/100g de produit tel quel (moyenne \pm écart type n=3)

	Feuilles fraîches	Poudre des feuilles	Fleurs fraîches	Gousses fraîches
Ca	111.89 ± 6.91	1457.58 ± 47.77	15.76 ± 1.46	13.08 ± 0.62
Na	18.82 ± 0.12	73.68 ± 1.74	10.14 ± 0.09	5.91 ± 0.17
K	67.24 ± 2.04	848.26 ± 36.57	57.70 ± 1.53	50.84 ± 0.11
Mg	25.70 ± 0.85	359.45 ± 11.35	8.55 ± 0.41	6.51 ± 0.10
Fe	5.73 ± 0.16	18.39 ± 0.60	4.20 ± 0.02	0.47 ± 0.14
Zn	0.30 ± 0.04	2.04 ± 0.07	0.15 ± 0.05	0.13 ± 0.01

Tableau 4 : teneur en mg/100g de produit séché (moyenne ± écart type n=3)

	Feuilles fraîches	Poudre feuilles	Fleurs fraîches	Gousses fraîches
Ca	423.19 ± 25.90	1526.74 ± 50.03	87.47 ± 8.12	72.61 ± 3.48
Na	70.87 ± 0.48	77.17 ± 1.83	55.98 ± 0.50	32.86 ± 0.97
K	254.44 ± 7.74	888.50 ± 38.30	320.04 ± 8.12	251.72 ± 2.04
Mg	97.27 ± 3.25	428.87 ± 85.96	47.47 ± 2.26	36.17 ± 0.60
Fe	21.72 ± 0.61	18.86 ± 1.20	23.34 ± 0.12	2.63 ± 0.79
Zn	1.13 ± 0.14	2.13 ± 0.07	0.86 ± 0.28	0.73 ± 0.09

Tableau 5 : Caractéristiques de la poudre des feuilles séchées

	Poudre de feuilles de Moringa oleifera
Protéines (g / 100g)	35.03 ± 0.01
Fer (mg / 100g)	18.39 ± 0.60
Biodisponibilité du fer (%)	2.24 ± 0.65
µg de Fe biodisponible / 100g	411.93

Tableau 6 : Caractéristiques des bouillies (moyenne ± écart type n=3)

	Bouillie de fonio Non enrichie	Bouillie de fonio Enrichie	Bouillie de mil Non enrichie	Bouillie de mil Enrichie
Protéines (g / 100g)	5.02 ± 0.49	11.89 ± 0.68	1.93 ± 0.21	2.11 ± 0.60
Fer (mg / 100g)	1.42 ± 0.18	2.86 ± 0.05	10.60 ± 0.96	10.64 ± 1.04
Biodisponibilité (%)	0.20 ± 0.02	0.19 ± 0.08	0.43 ± 0.01	0.40 ± 0.02
µg Fe biodisponible / 100g	2.84	5.43	45.58	42.56

Tableau 7 : Caractéristiques du Mbeulekhé (moyenne ± écart type n=3)

	Riz	Sauce	Mbeulekhé
Protéines (g / 100g)	5.08 ± 0.49	15.26 ± 1.70	9.80 ± 0.24
Fer (mg / 100g)	1.18 ± 0.22	5.13 ± 0.48	2.25 ± 0.18
Biodisponibilité (%)	0.18 ± 0.10	2.40 ± 0.005	4.24 ± 0.20
µg Fe biodisponible / 100g	2.12	123.12	95.40

Tableau 8 : Caractéristiques du Thiéré Mbuum (moyenne ± écart type n=3)

	Thiéré	Mbuum	Thiéré Mbuum
Protéines (g / 100g)	6.98 ± 0.44	11.54 ± 0.86	9.58 ± 0.59
Fer (mg / 100g)	7.79 ± 1.09	8.42 ± 1.07	8.52 ± 0.57
Biodisponibilité (%)	0.26 ± 0.04	0.27 ± 0.02	0.82 ± 0.03
µg Fe biodisponible / 100g	20.25	22.84	69.86

Tableau 9 : Composition de feuilles fraîches consommées en Afrique

	A	B	C	D	E	F	G	H	H'
Humidité (%)	77.0	79.0	84.8	71.7	80.5	80.5	83.03	74.7	73.6
Protéines (g / 100g)	3.8	5.6	3.5	7.0	5.0	6.1	4.8	8.1	15.3
Lipides (g / 100g)	0.3	0.1	0.2	1.0	0.1	0.2	0.1	0.6	1.3
Glucides (g / 100g)	16.1	12.6	10.3	18.3	11.7	11.3	9.8	14.1	7.6
Cellulose (g / 100g)	2.8	2.3	1.8	4.0	4.3	2.4	2.3	2.1	1.6
Cendres (g / 100g)	2.8	2.1	1.2	2.0	2.6	1.9	2.0	2.5	0.6
Ca (mg / 100g)	402	608	214	303	398	74	168	531	111.90
Fer (mg / 100g)	-	6	4.9	7.6	4.8	15.8	4	11.7	5.7

A = Baobab, B = Casia tora, C = Oseille de Guinée, D = Manioc, E = Leptadenia sp,
 F = Ficus gnaphalocarpa, = Patate douce, H = Moringa oleifera (Toury et al), H' = Moringa oleifera (notre étude).

VI- Bibliographie

- 1- **Fortin D, Lô M, Maynard G** plantes médicinales du Sahel. Dakar, Enda- Editions 1997 : 192-5
- 2- **Kerrharo J.** : La Pharmacopée africaine, Plantes médicinales et toxiques 1974. Direction de la Statistique et de la Prévision, Enquête Démographique et de Santé II (EDS II) ; Ministère de l'Economie, des Finances et du Plan du Sénégal, 1992/1993. Rapport de synthèse .1994 :12
- 3- Direction de la statistique et de la prévention, Enquête Démographique et de Santé II (EDS II) ; Ministère de l'Economie, des finances et du Plan du Sénégal, 1992/1993. Rapport de Synthèse. 1994 :12.
- 4- **World Health Organisation** Nutrition for health and development: Progress and prospects on the Eve of the 21century. Geneva: WHO 1999. pp 23.
- 5- **Demaeyer EM** La prévalence de l'anémie dans le monde. In : Lemonnier D, Ingenbleek Y, eds. Les carences nutritionnelles dans les PVD: 3eme journées scientifiques du G.E.R.M. Khartala ; ACCT, Paris 1989 : p252-60.
- 6- **Demaeyer EM, Adiels-Tegman M** The prevalence of anaemia in the world. Stat 1985; 38: 302-16.
- 7- **Guio AT, Galan P, Cherouvrier F, Sall MG , Hercberg S** Iron absorption from African pearl-millet and rice meals. Nutr Res 1992; 11/ 885-93
- 8- **Guio AT, Hercberg S** Iron exchangeability from pearl millet and Senegalese pearl millet meals. Nutr. Reports Intern 1988; 38(2): 231-8.
- 9- **Guio AT** La carence en fer au Sénégal: intérêt de l'étude de la biodisponibilité du fer alimentaire dans l'estimation de la couverture des besoins en fer. Thèse, Université Paris VII 1991/ pp 289.
- 10- **Cissé D** Utilisation des aliments de complément dans la lutte contre l'anémie par carence en fer chez les enfants du Sénégal ; Etude de la biodisponibilité du fer, essais d'enrichissement et de supplémentation alimentaire. Thèse de troisième cycle, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 1997.
- 11- **Bouis H** Enrichment of food staples through plant breeding: a new strategy for fighting micronutrient malnutrition. SCN News 1995; 12/ 15-9.
- 12- **AOAC 16 ème édition 1995** Analyses bromatologiques.

- 13- **Miller DD, Schriker BR, Rasmussen RR, Darrell Van Campen D** An in vitro method for determination of iron availability from meals. Am J Clin Nutr 1981; 34: 2248-56.
- 14- **Toury J, Giogi R, Favier JC, Savina JF** Tables de composition des aliments de l'Ouest Africain. Dakar ORANA 1963
- 15- **Hallberg L, Björn-Rasmussen E** Measurement of iron from meals contaminated with iron. Am J Clin Nutr 1981; 34:2808-15.
- 16- **Mistry AN, Brittin HC, Stoeker BJ** Availability of iron from cooked in an iron ustensil determined by an in vitro method. J Food Sci 1988; 53(5): 1546-8.
- 17- **Cook JD, Monsen ME** Food iron absorption. III. Comparaison of the effect of animal proteins on nonheme iron absorption. Am J Clin Nutr 1976; 29: 859-67.