

## Propriétés nutritionnelles et fonctionnelles des feuilles de Moringa – Du germoplasme, à la plante, à l'aliment et à la santé

Ray-Yu Yang<sup>1\*</sup>, Lien-Chung Chang<sup>2</sup>, Jenn-Chung Hsu<sup>3</sup>, Brian B. C. Weng<sup>4</sup>, Manuel C. Palada<sup>5</sup>, M. L. Chadha<sup>6</sup> and Virginie Levasseur<sup>7</sup>

<sup>1</sup> Nutrition, <sup>2</sup> Plant Breeding, and <sup>5</sup> Crop and Ecosystem Management, AVRDC– The World Vegetable Center, PO Box 42, Shanhua, Tainan, Taiwan, ROC.

<sup>3</sup> Animal Science Department, National Chung-Hsin University, Taichung, Taiwan, ROC

<sup>4</sup> Applied Microbiology, National Chiayi University, Chiayi, Taiwan, ROC

<sup>6</sup> AVRDC Regional Center for Africa, PO Box 10, Duluti, Arusha, Tanzania

<sup>7</sup> AVRDC West Africa Office, BP 320, Bamako, Mali

### Résumé

Une augmentation de l'utilisation et de la consommation de légumes est indispensable pour réduire l'incidence des carences nutritionnelles. Un régime alimentaire riche en micronutriments et antioxydants est fortement recommandé chez les personnes atteintes du VIH/SIDA pour ralentir l'évolution de la maladie. Nous avons étudié les teneurs en nutriments, l'activité antioxydante et les caractères agronomiques de 120 espèces de plantes comestibles tropicales et subtropicales. Parmi celles-ci, *Moringa oleifera* est apparue comme l'une des plantes les plus prometteuses. Nous avons donc introduit des graines de Moringa dans le kit de semences Nutrition de l'AVRDC. Chaque kit comporte différents types de graines à semer dans son jardin potager pour promouvoir une meilleure nutrition et une meilleure santé familiale. Ces kits sont distribués, via les centres régionaux de l'AVRDC en Afrique, auprès des paysans, groupements de femmes, du personnel d'encadrement.

Le génotype, les facteurs environnementaux, les traitements post-récolte, et les différentes façons de préparer les feuilles affectent les qualités nutritionnelles et fonctionnelles de Moringa. Parmi quatre espèces de Moringa testées, *Moringa oleifera* s'avère avoir les meilleures qualités nutritionnelles. L'AVRDC a mis au point des méthodes de plantation à haute densité et de taille permettant une récolte pratique et continue de jeunes feuilles, adaptées au marché frais. Nos résultats montrent que la saison de récolte et le stade de maturation des feuilles ont une forte influence sur les teneurs en nutriments des feuilles de Moringa. C'est pendant la saison chaude et humide que l'on trouve les plus fortes teneur en protéines, vitamine A et glucosinates, ainsi que la plus forte activité antioxydante ; alors que la saison fraîche et sèche est plus favorable pour le fer, la vitamine C et les composés phénoliques. En revanche, les variations au sein de différentes accessions de *Moringa oleifera* sont faibles. La sélection horticulaire devrait donc se concentrer sur les caractères agronomiques plutôt que sur les teneurs en nutriments. Les feuilles matures sont plus riches sur le plan nutritionnel que les feuilles jeunes, et peuvent être séchées rapidement avec une perte minimale de nutriments. En revanche, les feuilles jeunes présentent de meilleures qualités organoleptiques et sont plus adaptées au marché du frais. La cuisson des feuilles augmente la biodisponibilité du fer, et l'activité antioxydante aqueuse. L'activité antioxydante est par ailleurs maintenue après simulation de digestion gastrique.

Les extraits foliaires de Moringa présentent des activités antimicrobiennes, notamment inhibent la croissance de souches de *Staphylococcus aureus* isolées

d'aliments et d'intestins d'animaux. Les feuilles de Moringa, ajoutées au fourrage pour l'alimentation animale, pourraient être utilisées comme agent bioceutique pour remplacer les antibiotiques. Concernant l'alimentation humaine, des expériences ont été menées sur les rats consommant un régime alimentaire équilibré sans légume, avec 5% de feuilles de Moringa, ou avec 5% de feuilles de chou commun. Cette étude montre que la consommation de feuilles de Moringa permet d'améliorer la réponse immunitaire chez des sujets bien alimentés, de façon plus significative que le chou. En conséquence, les feuilles de Moringa méritent d'être mieux valorisées pour améliorer l'état nutritionnel et les fonctions immunitaires, pour mieux se défendre contre les maladies infectieuses.

## Introduction

Les carences en vitamine A et en fer, associées aux maladies infectieuses, continuent à faire des ravages dans les pays en développement. Par ailleurs, l'incidence des maladies liées à l'obésité augmentent, que ce soient dans les pays développés ou dans les pays en développement. Des régimes alimentaires riches en fruits et légumes, en apportant des micronutriments et des composés phytochimiques bons pour la santé, pourraient être bénéfiques pour lutter à la fois contre la malnutrition et contre l'obésité.

La plupart des gens dans le monde n'ont pas facilement accès aux légumes indispensables pour une bonne santé. On attribue chaque année la mort de 2,7 millions de personnes à une consommation insuffisante de fruits et légumes, celle-ci se classant parmi les 10 premiers facteurs de risque de mortalité (Ezzati et al., 2002). La malnutrition sévit dans les pays en développement où la disponibilité en légumes est bien en deçà du minimum recommandé (73 kg par personne et par an). En Afrique sub-saharienne, la disponibilité en légumes ne couvre que 43% des besoins, d'où une malnutrition chronique.

Bien qu'il existe des centaines de plantes comestibles comme légumes, seule une vingtaine est produite de façon intensive (Siemonsma et Piluek, 1994). Les légumes traditionnels sont natifs d'une région particulière, ou introduits depuis une autre aire géographique de longue date. Ils sont cultivés à l'échelle locale, en petites quantités, souvent très robustes (résistants aux maladies et aux conditions environnementales difficiles), très nutritifs et riches en phytonutriments. Malgré tout, la plupart sont sous-utilisés ou négligés. Pourtant, ils constituent un potentiel en tant que culture de rente dans les systèmes périurbains, pour l'autoconsommation dans les jardins potagers familiaux, et comme source de diversification du régime alimentaire.

La teneur en nutriments des légumes est très variable. Parmi 240 plantes issues de 120 espèces testées à l'AVRDC, le taux de  $\beta$ -carotène (précurseur de la vitamine A) varie de 0 à 22 mg, avec une moyenne de  $3,1 \pm 3,3$  mg pour 100 g de poids frais (PF). La teneur en fer varie de 0,2 à 26 mg/100 PF, avec une moyenne de  $2,1 \pm 2,6$  mg/100g PF. La grande majorité des légumes contiennent moins de 4 mg de  $\beta$ -carotène et moins de 2 mg de fer pour 100g PF. Parmi les 120 espèces étudiées, *Moringa oleifera* apparaît comme l'une des espèces les plus prometteuses en fonction de la teneur en nutriments, de l'activité antioxydante, des composés phytochimiques, de la facilité de culture et de transformation, et des qualités organoleptiques. Dans

cette étude, nous avons analysé l'influence du génotype, des conditions de culture et de transformation sur les teneurs en nutriments et en composés bioactifs des feuilles de Moringa, et l'effet d'une consommation régulière de Moringa sur le système immunitaire de rats et de poulets.

### Teneurs en nutriments et en composés phytochimiques de 4 espèces de Moringa

Nous avons comparé les teneurs en nutriments et antioxydants de 4 espèces de Moringa (Yang et al., 2006) : outre *M. oleifera*, l'espèce la plus répandue, nous avons choisi d'étudier *M. stenopetala*, qui a une grande importance alimentaire et économique en Ethiopie, *M. drouhardii*, espèce endémique de Madagascar, qui présente l'odeur la plus âcre (similaire aux graines de moutarde), et *M. peregrina* qui a, après *M. oleifera*, la plus grande aire de répartition géographique.

**Tableau 1.** Les quatre espèces de Moringa étudiées

Espèce	Age de la plante	Groupe	Origine
<i>M. oleifera</i>	3 ans	arbre mince	Inde
<i>M. peregrina</i>	3 ans	arbre mince	Arabie, autour de la mer rouge
<i>M. stenopetala</i>	3 ans	arbre bouteille	Kenya, Ethiopie
<i>M. drouhardii</i>	3 ans	arbre bouteille	Madagascar

Informations sur les groupes et origines: Olson, 2001

### Qualité nutritionnelle des quatre espèces

Parmi les quatre espèces, *M. oleifera* présente le plus fort taux de  $\beta$ -carotène, d'ascorbate (vitamine C), d' $\alpha$ -tocophérol (vitamine E) et de fer, et arrive en deuxième place pour la teneur en protéines (voir tableau 2). *M. oleifera* a une croissance plus rapide que les autres espèces, du moins dans les plaines de Taiwan, et cette espèce est assez couramment consommée comme légume en Asie du Sud et en Afrique. Notons que les feuilles contiennent des facteurs antinutritionnels, oligosaccharides et oxalates (Freiberger et al., 1998). Dans notre étude, nous n'avons pas trouvé de stachyose ni de raffinose dans les feuilles matures, mais un peu dans les jeunes feuilles (de 0 à 14 mg/g de poids sec), ainsi que dans les graines (22 à 98 mg/g de poids sec). Les feuilles matures contiennent très peu d'oxalate ( $0,99 \pm 0,21$  mg/g de poids sec) comparé à l'épinard (25 à 45 mg/g de poids sec). Ces données indiquent que l'oxalate et les oligosaccharides ne constituent pas des facteurs antinutritionnels importants dans les feuilles de Moringa.

**Tableau 2.** Teneur en nutriments des feuilles matures de Moringa (pour 100 g de poids frais)

Espèce	MS	Protéines	$\beta$ -carotène	Ascorbate	Tocophérols	Fer	Calcium
	g		mg				
<i>oleifera</i>	24	5.7	15	249	25	9.2	638
<i>stenopetala</i>	24	5.8	13	400	18	5.4	711
<i>peregrina</i>	21	2.9	5	264	28	5.6	458
<i>drouhardii</i>	29	5.0	11	388	14	8.7	745

### Teneur en antioxydants

Pour les quatre espèces, nous avons mesuré la concentration de quatre antioxydants naturels (phénols totaux, et vitamines A, C et E). Les résultats montrent une teneur de 74 à 210  $\mu\text{mol/g}$  de poids sec pour les phénols, 70 à 100  $\mu\text{mol/g}$  de poids sec pour l'ascorbate (vitamine C), 1,1 à 2,8  $\mu\text{mol/g}$  de poids sec pour le  $\beta$ -carotène (précurseur de la vitamine A), et 0,7 à 1,1  $\mu\text{mol/g}$  de poids sec pour l' $\alpha$ -tocophérol (vitamine E) (voir figure 1). La teneur en antioxydant des feuilles de Moringa est élevée, même par comparaison avec des fruits et légumes réputés pour leur forte teneur en antioxydants, tels que les fraises pour les phénols : 330 mg d'acide gallique (GA) pour 100 g de poids frais, soit environ 190  $\mu\text{mol GA}/100$  g de poids sec ; le piment pour l'ascorbate : 200 mg/100 g de poids frais, soit environ 110  $\mu\text{mol}/100$  g de poids sec ; la carotte pour le  $\beta$ -carotène : 10 mg/100 g de poids frais, soit environ 1,8  $\mu\text{mol}/100$  g de poids sec) et le soja pour l' $\alpha$ -tocophérol : 0,85 mg/100 g de poids frais, soit environ 1,8  $\mu\text{mol}/100$ g de poids sec. Les feuilles de Moringa sont donc une excellente source d'une large gamme d'antioxydants.

En résumé : (1) les quatre espèces de Moringa se caractérisent par leur richesse en nutriments, antioxydants et glucosinolates, et leur faible teneur en oxalate ; et (2) *M. peregrina* a la plus forte concentration en antioxydants, tandis que *M. oleifera* a la plus forte concentration en nutriments.

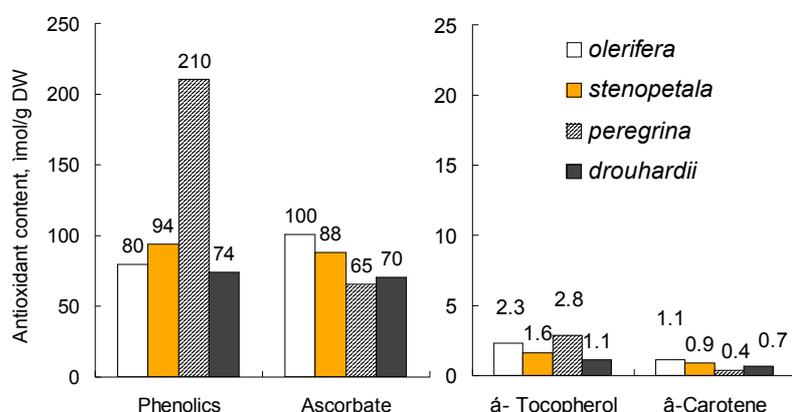


Figure 1. Teneurs en antioxydants des quatre espèces de Moringa

### Teneurs en nutriments et composés phytochimiques des feuilles de *Moringa oleifera* en fonction du génotype, de la saison de récolte et du stade de maturation des feuilles

Dix accessions de *M. oleifera*, sélectionnées parmi 60, à partir d'une étude des performances au champ, ont été utilisées dans cette étude. Les graines, collectées à Taiwan, aux Philippines, en Inde, aux USA et en Tanzanie, ont été semées le 30 mars 2004 et les plantules transplantées au champ le 26 avril 2004. Les plantes ont été cultivées à 30 cm d'intervalle, sur des bandes de 6 m de long, 1,5 m de large, 30 cm de haut, en rangées doubles espacées de 30 cm. Les accessions ont été réparties au

champ selon un dispositif RBCD (random complete block design), avec 40 plantes par parcelle et 3 répétitions. Aucun traitement pesticide n'a été effectué. La récolte a eu lieu, pour les jeunes pousses, 1 à 2 fois par semaine au cours de trois saisons : 30 juin – 7 décembre 2004 (saison chaude et humide) ; 24 janvier – 30 mars 2005 (saison fraîche et sèche) ; et 25 avril – 15 décembre 2005, avec un intervalle d'un mois pour la récolte des feuilles matures. Les températures et précipitations moyennes étaient de 29,2°C (23,9 – 34,6°C) et 13,9 mm en juin 2004, 17,7°C (6,7 – 27,4°C) et 0,1 mm en janvier 2005, et 24,7°C (15,4 – 32,8°C) et 1,1 mm en avril 2005. Les jeunes pousses et les feuilles matures ont été collectées séparément, sur les branches récoltées le premier jour des trois périodes de récolte, et envoyées au laboratoire pour le dosage des nutriments et des antioxydants. Les valeurs moyennes obtenues sont présentées dans le tableau 3.

Cette étude montre que : (1) une plantation à haute densité et une taille régulière permettent une récolte pratique et continue de jeunes feuilles (figure 2) ; (2) les variations de teneurs en nutriments parmi les 10 accessions de *M. oleifera* sont faibles (données non montrées), donc il est inutile d'essayer de sélectionner des cultivars en fonction de la teneur en nutriments ; (3) les feuilles matures sont plus nutritives que les jeunes feuilles, et peuvent être séchées rapidement avec un minimum de pertes en nutriments, toutefois les jeunes feuilles présentent de meilleures qualités organoleptiques et sont donc plus adaptées au marché du frais ; (4) les variations saisonnières sont responsables de variations des teneurs en nutriments, d'un facteur 1,5 à 3 pour la vitamine A, le fer et les antioxydants, la plus forte teneur en vitamine A étant obtenue durant la saison chaude et humide, tandis que durant la saison fraîche et sèche les taux de fer et de vitamine C augmentent.

**Tableau 3.** Moyenne des valeurs nutritionnelles<sup>1</sup> de 10 accessions de *M. oleifera* et de trois récoltes par accessions

Pour 100 g de poids frais	feuilles matures	jeunes feuilles
matière sèche, g	22.2 ± 1.6	15.1 ± 2.7
protéines, g	6.9 ± 0.8	4.28 ± 0.91
fibres, g	1.75 ± 0.24	1.47 ± 0.17
sucres, g	2.93 ± 0.44	2.2 ± 0.41
calcium, mg	454 ± 63	82 ± 31
fer, mg	6.7 ± 2.8	2.8 ± 1.5
β-Carotène, mg	13.9 ± 5.2	4.1 ± 2.2
Vitamine C, mg	257 ± 53	244 ± 54
Vitamine E, mg	16.7 ± 3.2	4.3 ± 1.9
TEAC <sup>2</sup> , µmol TE	3629 ± 1257	23.4 ± 926
phénols totaux, mg	680 ± 116	581 ± 134

1 Les valeurs sont les moyennes ± écart type; n = 90 incluant 10 accessions, 3 répétitions et 3 saisons en juin 2004, janvier 2005 et avril 2005.

2 TEAC: capacité antioxydante équivalent Trolox, un test de diagnostic antioxydant utilisant les radicaux ABTS, TE= équivalent Trolox





**Figure 2.** Jeunes feuilles de Moringa

### **Effet de la température de traitement et d'une simulation de digestion gastrique sur la teneur en nutriments et composés phytochimiques des feuilles de *M. oleifera***

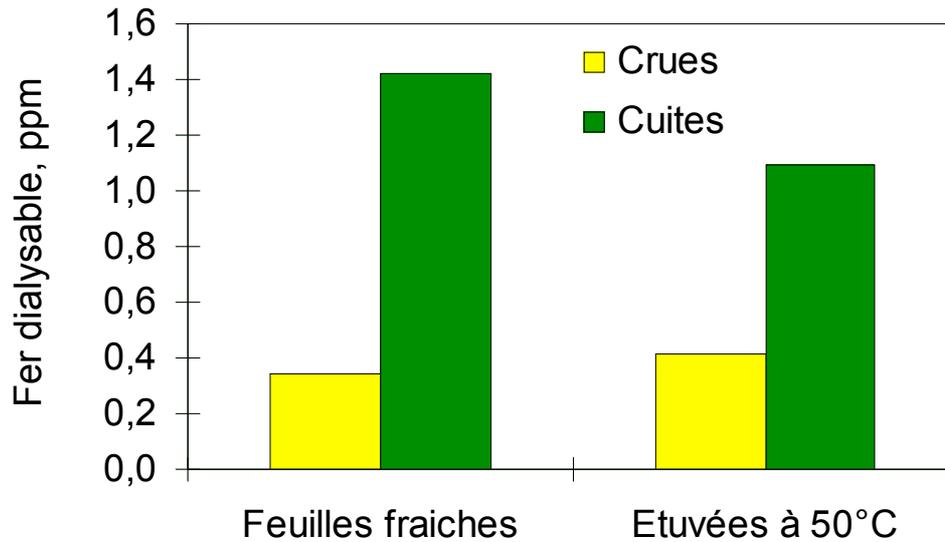
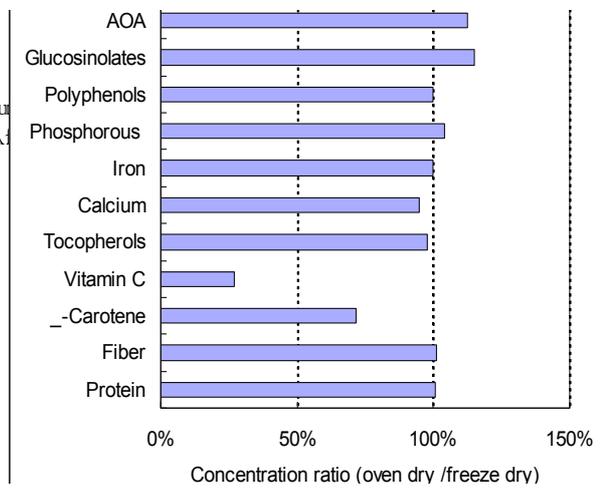
Avant d'être consommés, les légumes feuilles sont souvent cuits, ou séchés pour être conservés. Un séchage à l'air libre, au soleil ou à l'ombre, est le procédé couramment utilisé en Afrique pour sécher les feuilles (Lyimo *et al.*, 1991). Toutefois, la façon de préparer et de conserver les aliments est susceptible d'affecter de façon significative la concentration et la disponibilité des minéraux, vitamines et autres nutriments essentiels. Des études ont rapporté la perte de nutriment au cours du séchage (Yadav et Sehgal, 1997) et de la cuisson (Kachik *et al.*, 1992 et Kidmose *et al.*, 2005). Les feuilles de Moringa ont été séchées à l'étuve à température modérée (50°C). Les valeurs nutritionnelles obtenues après séchage ont été comparées à celle obtenues après lyophilisation (figure 3).

Les résultats indiquent qu'un séchage à 50°C pendant 16 heures permet le maintien de la plupart des nutriments dans les feuilles de Moringa, à l'exception de la vitamine C. Ce procédé de séchage à température modérée peut être reproduit au foyer en utilisant un four, ce qui assure une conservation à long terme et un approvisionnement continu en micronutriments essentiels.

Une étude que nous avons menée précédemment a montré que la cuisson de certains légumes permet d'augmenter la biodisponibilité du fer d'un facteur 2 à 10 (Yang *et al.*, 2002). Cet effet peut être obtenu avec différents procédés, tels que faire bouillir, frire, ou sécher à l'air chaud. Un stockage prolongé des légumes cuits a pour effet de réduire la biodisponibilité du fer. Dans le cas du chou, l'augmentation de la biodisponibilité du fer à la cuisson résulte d'une réduction de l'interaction entre le fer et les polyphénols, qui se produit généralement lors de la destruction des cellules végétales. Le même effet favorisant peut être obtenu avec l'EDTA, qui stabilise le fer lorsque celui-ci est libéré des cellules (Yang et Tsou, 2006). Dans le cas du Moringa, le fait de faire bouillir les feuilles fraîches ou la poudre de feuilles dans l'eau augmente la biodisponibilité du fer *in vitro*, d'un facteur 3,5 et 3 respectivement (Figure 4). La cuisson des feuilles de Moringa augmente aussi le fer total disponible d'un mélange avec d'autres aliments tels que le haricot mungo (Yang *et al.*, 2006). De plus, le fait de faire bouillir les feuilles de Moringa dans l'eau augmente l'activité antioxydante aqueuse, et l'activité antioxydante est maintenue après simulation de digestion gastrique.

Moringa et autres végétaux à fort potentiel nutritif pour un meilleur impact sur la nutrition en Afrique

**Figure 3.** Ration de la teneur en nutriments et composés phytochimiques des feuilles séchées à l'étuve par rapport aux feuilles lyophilisées



**Figure 4.** Biodisponibilité du fer *in vitro* des feuilles de Moringa crues et cuites

### Effet immuno-modulateur de la poudre de feuilles de Moringa

Des rats ont été nourris pendant trois semaines avec un régime équilibré sans légumes, contenant 5% de chou commun, ou 5% de poudre de feuilles de Moringa. Les résultats préliminaires (non montrés) indiquent que le régime à base de Moringa réduit légèrement le taux de triglycérides sanguins, et augmente la réponse immunitaire du fait d'une prolifération accrue des cellules T périphériques et splénocytes. Cette étude préliminaire suggère que les feuilles de Moringa sont susceptibles de stimuler la réponse immunitaire chez des sujets correctement nourris. De plus, la consommation de légumes riches en nutriments et composés phytochimiques, tels que les feuilles de Moringa, améliore la réponse immunitaire par rapport à la consommation de légumes plus riches en fibres et moins riches en nutriments comme le chou commun. La consommation des feuilles de Moringa devrait être promue pour l'alimentation humaine afin d'améliorer l'état nutritionnel et les fonctions immunitaires.

Nous avons aussi étudié l'effet de la consommation de poudre de feuilles de Moringa sur des poulets de chair. L'essai comprenait 5 traitements (régimes alimentaires à 0 – 0,5 – 1 – 2 et 3% de poudre de Moringa), à raison de 3 réplifications, 4 poulets par réplification. Des poulets âgés de 21 jours ont été mis en cage. Après une semaine d'adaptation, ils ont été nourris avec le régime alimentaire expérimental

pendant 3 semaines. L'eau et la nourriture étaient disponibles à volonté. Nous avons évalué les performances de croissance, la fonction immunitaire et la microflore de l'iléum. Les résultats (non montrés) indiquent que le régime à base de Moringa améliore significativement les caractéristiques du duodénum, augmente de façon significative la concentration de globulines,  $\alpha$ -globulines et IgA, le ratio de lymphocytes, le titre d'anticorps, réduit le taux d'*E. coli* et augmente celui de *Lactobacillus* dans l'iléum. En conclusion, les feuilles de *M. oleifera* présentent un potentiel intéressant pour stimuler la réponse immunitaire et améliorer l'état sanitaire de l'intestin des poulets. L'efficacité des feuilles de Moringa en tant qu'agent bioceutique pouvant se substituer à l'administration d'antibiotiques sera étudiée plus en détail.

### **Promotion de la production et de la consommation du Moringa**

Les espèces du genre Moringa se caractérisent par une forte teneur en nutriments, en antioxydants et en glucosinolates. Cependant, le stade de maturation des feuilles et la saison de récolte peuvent influencer ces teneurs, d'un facteur 1,5 à 3, en particulier pour le  $\beta$ -carotène et le fer. Les variations de teneurs en nutriments en fonction des différentes accessions de *M. oleifera* sont relativement faibles, la sélection devant plutôt s'attacher aux caractères agronomiques. La cuisson des feuilles permet d'augmenter le fer biodisponible. Un séchage à température modérée (50°C, 16 heures) permet la préservation de la plupart des nutriments et composés bioactifs, et constitue un moyen simple et facilement reproductible de s'assurer un approvisionnement régulier en aliments de qualité. Les feuilles séchées apportent nombre de nutriments et composés bioactifs qui permettent d'améliorer la nutrition et la santé.

Les centres régionaux de l'AVRDC en Afrique incluent des graines de Moringa, parmi d'autres légumes traditionnels tels que l'amarante, le niébé, le gombo, l'aubergine africaine, crotolaria, corchorus, etc. dans les kits de semences Nutrition qu'ils distribuent aux chercheurs, personnel de soutien en agriculture et nutrition qui interviennent dans la formation des agriculteurs et l'éducation des enfants dans le cadre scolaire, mais aussi aux paysans pour qu'ils les plantent dans leur jardin pour favoriser un régime alimentaire plus diversifié pour toute la famille.

### **Références**

- Ezzati, F., Lopez, A.D., Rodgers, A., Hoorn, S.V. and Murray, C.J.L. 2002. Selected major risk factors and global and regional burden of disease. *Lancet* 360 (9343): 1347-1360.
- Freiberger, C. E.; Vanderjagt, D. J.; Pastuszyn, A.; Glew, R. S.; Mounkaila, G.; Millson, M.; Glew, R. H. 1998. Nutrient content of the edible leaves of seven wild plants from Niger. *Plant Foods for Hum. Nutr.* 53: 57 – 69.
- Kachik, F., Mudlagiri, B.G., Gary, R.B, Joanne, H., Lusby, W.R., Maria, D.T. and Barrera, M.R. (1992). Effects of food preparation on qualitative and quantitative

- distribution of major carotenoids constituents of tomatoes and several green vegetables. *J. Agric. Food Chem.* 40, 390-398.
- Kidmose, U., Yang, R. Y., Thilsted, S. H., Christensen, L. P. and Brandt, K. 2006. Content of carotenoids in commonly consumed Asian vegetables and stability and extractability during frying. *Journal of Food Composition and Analysis*.19: 562–571.
- Lyimo, M., Nyagwegwe, S, and Mukeni, E. 1991. Investigation of the traditional food processing, preservation and storage methods on vegetable nutrients; a case study of Tanzania, *Plant Food Hum. Nutr.* 41:53-57.
- Olson, M. E. 2001. Introduction to the Moringa family. p11–28. In: L. L. Fuglie (ed.), *The Miracle Tree – Moringa oleifera: Natural Nutrition for the Tropics*. Church World Service, West Africa Regional Office, Dakar, Senegal.
- Siemonsma, J.S. and Piluek, K. (eds). 1994. Vegetables. Bogor: Plant Resources of South-East Asia.
- Yadav, S.K and Sehgal, A. 1997. Effect of home processing on ascorbic acid and beta carotene content of bathua (*Chenopodium album*) and fenugreek (*Trigonella foenungraecum*) leaves. *Plant Food Hum. Nutr.* 50: 239-247.
- Yang, R.Y., Tsou, S. C. S. and Lee, T. C. 2002. Effect of cooking on in vitro iron bioavailability of various vegetables. p130-142. In: T.C. Lee and C.T. Ho (eds.), *Bioactive Compounds in Foods: effect of processing and storage*. American Chemical Society, Washington, D. C.
- Yang, R. Y. and Tsou, S. C. S. 2006. Enhancing iron bioavailability of vegetables through proper preparation – principles and applications. *Journal of International Cooperation*. 1: 107–119.
- Yang, R.Y., Tsou, S. C. S., Lee, T. C., Chang, L. C., Kuo, G., and Lai, P. Y. 2006. Moringa, a novel plant rich in antioxidants, bioavailable iron, and nutrients. pp224-239. In: C. T. Ho (ed) *Challenges in Chemistry and Biology of Herbs*. American Chemical Society, Washington, D.C.