

## ÉTUDE PHYSICO-CHIMIQUE D'UN COAGULANT NATUREL : LA POUDRE DE GRAINES DE *MORINGA OLEIFERA*

Mariette Désirée YEHE\* et Gildas Komenan GBASSI

*Université Félix Houphouët Boigny, UFR Sciences Pharmaceutiques et Biologiques, Département de Chimie Analytique, Bromatologie, Chimie Générale et Minérale, 01 BP V 34, Abidjan, Côte d'Ivoire*  
*Laboratoire National de la Santé Publique, Service Contrôle des Aliments, 18 BP 2403, Abidjan, Côte d'Ivoire*

---

\* Correspondance, e-mail : [desireeyehe@gmail.com](mailto:desireeyehe@gmail.com)

### RÉSUMÉ

*Moringa oleifera* est une plante comestible originaire du Nord-est de l'Inde. Elle est cultivée aujourd'hui dans de nombreux pays du monde dont la Côte d'Ivoire. Ses graines bien que comestibles, sont aussi connues pour leur utilisation dans la purification des eaux. Ce travail présente les caractéristiques physico-chimiques de deux types de poudres issues de graines de *M. oleifera* décortiquées (Poudre GD) et non décortiquées (Poudre GND). L'étude physico-chimique de ces poudres a porté sur la détermination de paramètres physico-chimiques (teneurs en eau, cendres, matières grasses, protéines, glucides, valeur énergétique), du profil minéral (Cd, Cu, Pb, Zn), de la caractérisation structurale à l'aide de la spectroscopie IR à transformée de Fourier (IRTF), de la diffraction aux rayons X (DRX) et de la microscopie électronique à balayage (MEB). Les résultats obtenus montrent que les poudres GD et GND possèdent sensiblement les mêmes profils énergétiques, minéraux et structuraux, avec toutefois une valeur énergétique plus élevée ( $605,41 \pm 0,44$  Kcal) et une morphologie plus poreuse de la poudre GD.

**Mots-clés :** *Moringa oleifera*, poudres, physico-chimie.

### ABSTRACT

**Physico-chemical study of a natural coagulant : powder of *Moringa oleifera* seeds**

*Moringa oleifera* is an edible plant native to northeastern India. It is grown today in many countries of the world, including Côte d'Ivoire. Its seeds, although edible, are also known for their use in water purification. This work

Mariette Désirée YEHE et Gildas Komenan GBASSI

presents the physico-chemical characteristics of two types of powders derived from *M. oleifera* kernels (GD Powder) and unshelled (Powder GND). The physico-chemical study of these powders focused on the determination of physico-chemical parameters (water content, ash, fat, proteins, carbohydrates, energy value), mineral profile (Cd, Cu, Pb, Zn), structural characterization using IR spectroscopy (FTIR), X-ray diffraction (XRD) and scanning electron microscopy (SEM). The results obtained show that GD and GND powders have substantially the same energetic, mineral and structural profiles. However GD powder has a higher energy value ( $605.41 \pm 0.44$  Kcal) and is more porous.

**Keywords :** *Moringa oleifera*, powders, physico-chemistry.

## I - INTRODUCTION

Les techniques classiques d'élimination des polluants aqueux ainsi que les produits chimiques utilisés ont des limites, notamment les coûts d'exploitation élevés, l'élimination incomplète des ions métalliques, la production de boues toxiques [1 - 3] mais aussi les potentiels effets cancérigènes sur la santé humaine [4]. Pour surmonter les problèmes liés à l'utilisation des produits chimiques, l'on a recours à des produits naturels pour la purification de l'eau. Ces produits naturels ont été rapportés dans la littérature comme étant des matériaux peu coûteux, écologiques et disponibles en grande quantité pour le traitement efficace des eaux usées [5, 6]. Ce sont par exemple les tiges de tournesol [7], les grignons d'olive [8], les coques de cacao [9], les fibres de coco [10], les coques de tamarin [11]. Dans cette étude, nous nous sommes intéressés à la poudre de graines de *Moringa oleifera*, l'espèce la plus connue de la famille des Moringaceae. Le *Moringa* est un arbre qui pousse en Asie et en Afrique. Ses graines sont utilisées pour le traitement des eaux du fait de leur pouvoir coagulant et flocculant. Ces graines agrègent les particules en suspension et les éliminent ensuite par sédimentation ou filtration [12]. Le *Moringa* regorge de nombreux minéraux dont les principaux sont le sodium (Na), le calcium (Ca), le magnésium (Mg), le potassium (K), le fer (Fe) et le zinc (Zn). Certains minéraux que sont le cuivre (Cu), le plomb (Pb), le cadmium (Cd) et le zinc (Zn) se retrouvent également dans les eaux et leur accumulation peut entraîner des effets cancérigènes chez l'être humain [13]. Cette étude présente les propriétés physico-chimiques de poudres provenant des graines de *M. oleifera* décortiquées (poudre GD) et non décortiquées (poudre GND), lesquelles poudres seront appliquées à l'adsorption de polluants en milieux aqueux.

## II - MATÉRIEL ET MÉTHODES

### II-1. MATÉRIEL

#### II-1-1. Matières premières

Elles sont constituées des graines sèches issues de gousses matures de *Moringa oleifera* commercialisées par une maison de distribution des produits à base de Moringa (Distribimax) à Abidjan (Côte d'Ivoire). Ces graines lavées et séchées sont conditionnées dans des sachets de 1 Kg.

#### II-1-2. Poudre de graines de Moringa

La poudre de graines de Moringa a été obtenue de deux manières

##### II-1-2-1. A partir des graines non décortiquées (GND)

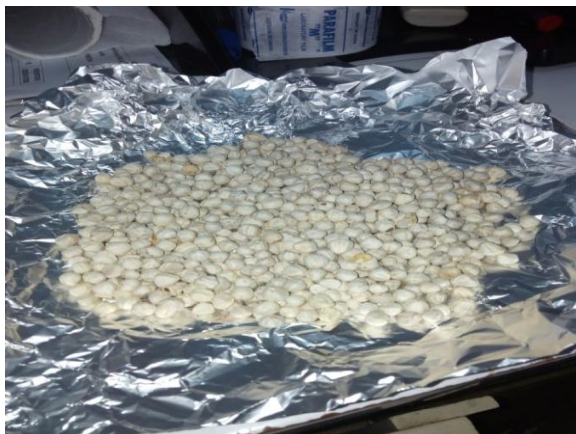
Les graines ont été lavées avec de l'eau distillée pour enlever la saleté adhérente, puis séchées à l'étuve à 45°C pendant trois jours. Après le séchage, les graines avec leurs coques (**Photographie 1**) ont été broyées dans un mélangeur type Moulinex Uno. La poudre obtenue a été séchée encore à l'étuve à 45°C pendant 2 h, puis tamisée au travers des mailles d'un tamis domestique plastique de 1,4 mm de diamètre (**Photographie 3**).



**Photographie 1** : Graines de Moringa non décortiquées

##### II-1-2-2. A partir des graines décortiquées (GD)

Les graines ont été lavées avec de l'eau distillée pour enlever la saleté adhérente, puis séchées à l'étuve à 45°C pendant trois jours. Après le séchage, les graines ont été décortiquées à la main et les amandes obtenues (**Photographie 2**) ont ensuite été broyées dans un mélangeur type Moulinex Uno. La poudre obtenue a été séchée encore à l'étuve à 45°C pendant 2 h, puis tamisée au travers des mailles d'un tamis domestique plastique de 1,4 mm de diamètre (**Photographie 3**).



**Photographie 2 :** Graines de Moringa décortiquées ou amandes de Moringa

La **Photographie 3** montre les poudres de graines de Moringa après séchage à l'étuve à 45°C pendant 2 h.



**Photographie 3 :** Poudres de graines de Moringa (GD à gauche et GND à droite)

### **II-1-3. Appareillages et réactifs**

Les expériences ont nécessité comme appareillages une balance de précision KERN ABT 320 (0,0001g), une étuve JP SELECTA (0-250°C), un four NABERTHERM (30-3000°C), un évaporateur rotatif sous vide HEIDOLPH HEI-VAP, un pH-mètre CONSORT C 861 (Etalonnage : solutions tampons pH 4,0 ; 7,0 et 10,0), une burette graduée de classe A, un spectrophotomètre d'absorption atomique (SAA) Bruker Alpha, un spectromètre infra rouge FT-IR Bruker, un diffractomètre de rayon X (XRD Rigaku-Miniflex II) et un microscope électronique à balayage (MEB) JEOL JSM-6390.

### II-1-4. Réactifs

Les réactifs utilisés pour cette étude (sulfate de sodium, oxyde rouge de mercure, sulfate de cuivre, acide sulfurique, hydroxyde de sodium, acide borique, thiosulfate de sodium, acide nitrique concentré, n-Hexane, éthanol, phénolphtaléine) provenaient de différents fournisseurs (Acros, Merck, Ciron, Carlo-Erba, Fisher, Scharlau, Prolabo, MerckMillipore) et étaient de pureté acceptable (65 % à 99,5 %).

### II-2. Méthodes

Les teneurs en eau ont été déterminées à l'étuve à une température de 130°C pendant 24h. Les teneurs en cendres ont été déterminées au four électrique à température réglable allant de 40 °C à 550°C de façon progressive pendant 24 h. Les teneurs en matières grasses ont été déterminées par la méthode de Soxhlet [14]. Les teneurs en protéines des échantillons de poudre GD et GND ont été déterminées par la méthode de Kjeldahl décrite dans la norme française AFNOR [15]. Le profil minéral des échantillons a été obtenu par SAA. Les analyses infra rouges des poudres ont été réalisées avec un spectromètre FT-IR et l'acquisition des spectres s'est faite par accumulation de 64 scans, avec une résolution nominale de 0,44 cm<sup>-1</sup> sur une plage de longueur d'onde de 400-4000 cm<sup>-1</sup>. Les analyses diffractométriques des poudres ont été effectuées dans l'intervalle angulaire de 5 à 70° en 2θ avec un pas de 0,02° (2θ) et un temps de comptage de 2 secondes par pas. La microscopie électronique à balayage des poudres a été effectuée au grossissement (x 500) et au voltage de 30 Kv.

## III - RÉSULTATS ET DISCUSSION

### III-1. Paramètres physico-chimiques des poudres GD et GND (Tableau 1)

**Tableau 1 :** Paramètres physico-chimiques des échantillons de poudres de graines de *Moringa* GD et GND

	<b>Poudre GND</b>	<b>Poudre GD</b>
Teneur en eau (%)	3,09 ± 0,04	1,63 ± 0,06
Teneur en cendres (%)	3,12 ± 0,05	3,32 ± 0,19
Teneur en matières grasses (%)	38,27 ± 2,25	45,54 ± 1,14
Teneur en protéines (%)	24,50 ± 0,64	28,88 ± 1,14
Teneur en glucides (%)	29,51 ± 0,07	21,48 ± 1,77
Valeur énergétique (Kcal)	572,85 ± 2,64	605,41 ± 0,44

La faible teneur en eau observée dans les échantillons de *Moringa* GND et GD dans cette étude est une indication que l'activité des microorganismes serait

réduite et augmenterait ainsi la durée de conservation de ces échantillons. Cette observation est en accord avec les rapports de [16, 17]. Le taux de cendres dans la poudre n'est pas significativement différente de celle qui a été décortiquée, avec des valeurs respectives de 3,12 % et 3,32 %. Ces teneurs se rapprochent de celle de [18] (3,87 %) qui a travaillé sur la poudre issue de graines de Moringa décortiquées. L'échantillon GD avait une teneur en matières grasses plus élevée (45,54 %). Cette valeur était supérieure à la valeur (42 %) rapportée par [19] et à la valeur (30,36 - 35,20 %) déclarée par [20] pour la poudre de semences de Moringa brute. Selon [21], cette variation de la teneur en matières grasses brutes pourrait être attribuée à la région où le Moringa est planté et aux conditions de croissance de la plante ; elle peut diverger de 30 à 42 % en lipides. Cela peut aussi être dû à l'efficacité de l'extraction et à la qualité du solvant utilisé pour l'extraction. La forte teneur en matières grasses brutes des échantillons de Moringa suggère que la graine est une bonne source d'huile végétale qui pourrait être utilisée à des fins domestiques et industrielles. La teneur en protéines variait de 24,5 % pour le GND à 28,88 % pour le GD. Ces valeurs sont inférieures à celle de [18], qui était de 35,97% pour le GD.

Comme l'a rapporté [22], les aliments végétaux qui fournissent plus de 12 % de leur pouvoir calorifique à partir de protéines sont considérés comme une bonne source de protéines. Par conséquent, *Moringa oleifera* serait une très bonne source de protéines. Ainsi, ces sources de protéines que constituent les échantillons de poudre GD et GND seraient intéressantes dans la suite de notre étude et mises à profit dans le traitement de l'eau. En effet, les graines de Moringa contiendraient un polypeptide basique. Ce polypeptide est un ensemble de polyélectrolytes cationiques actifs, de poids moléculaire compris entre 6 et 17 kDa capables de neutraliser les colloïdes des eaux troubles car la majorité de ces colloïdes ont une charge négative. Ce polypeptide est soluble dans des solvants polaires (eau, éthanol, méthanol, mélange éthanol / eau, ou méthanol/eau) [23]. La teneur en glucides était plus faible avec le GD (21,48 %) qu'avec le GND (24,50 %). Toutefois ces valeurs étaient supérieures à celle de [18] qui était de 8,67 % pour le GD. La valeur énergétique de la poudre GD était plus élevée que celle de la poudre GND à savoir  $605,41 \pm 0,44$  Kcal contre  $572,85 \pm 2,64$  Kcal, ce qui signifierait que la poudre GD serait plus riche en substances nutritives que la poudre GND.

### III-2. Profil minéral (Cd, Cu, Pb et Zn) des poudres GD et GND

Le profil minéral des éléments susceptibles de polluer l'eau ont été déterminés. Le **Tableau 2** présente la composition minérale en polluants potentiels des poudres de Moringa.

**Tableau 2 :** Composition minérale (mg /100 g) des échantillons de poudres de *Moringa* GD et GND

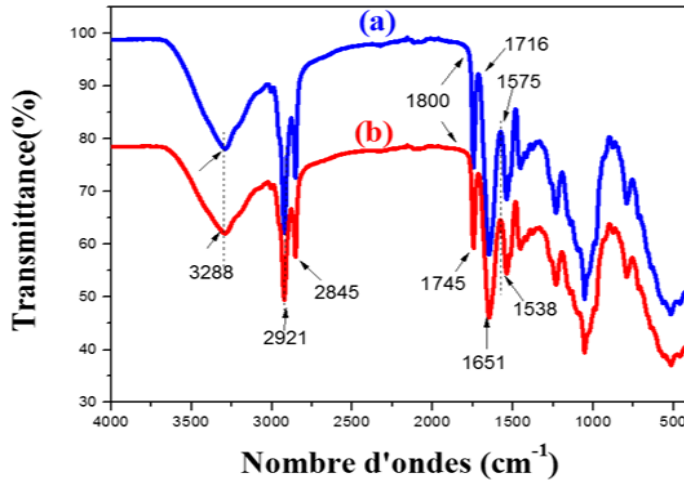
Minéraux (mg/100 g)	Poudre GND	Poudre GD
Cuivre	3,39 ± 0,09	3,64 ± 0,42
Plomb	1,06 ± 0,05	1,02 ± 0,02
Cadmium	0,25 ± 0,01	0,23 ± 0,02
Zinc	4,33 ± 0,26	5,96 ± 0,23

Les résultats de la composition minérale des échantillons montrent que les poudres GD et GND ont des taux sensiblement égaux en plomb et en cadmium, mais la poudre GD a un taux légèrement plus élevé en cuivre par rapport à la poudre GND. Les métaux tels que le plomb et le cadmium sont des composés chimiques existant à l'état naturel. Ils peuvent être présents à différents niveaux dans l'environnement, comme par exemple dans le sol, dans l'eau et dans l'atmosphère. Ils peuvent également se présenter sous forme de résidus dans les denrées alimentaires en raison de leur présence dans l'environnement. Leur présence peut aussi être occasionnée par des activités humaines telles que l'agriculture, l'industrie ou les gaz d'échappement de véhicules, ou par suite d'une contamination lors du traitement ou du stockage des denrées alimentaires [24]. Dans notre cas, la présence de ces métaux dans le *Moringa* pourrait s'expliquer par leur présence naturelle dans les sols ainsi que par les apports d'engrais phosphatés utilisés pour les sols [25]. Les poudres GD et GND ne présentent pas de différence significative dans la composition des minéraux. Cela pourrait s'expliquer par le fait que les graines utilisées pour obtenir les poudres provenaient de la même récolte. Ces graines avaient plusieurs facteurs communs dont la composition géographique, le sol, le climat de culture, le stade de maturation et le temps de récolte des graines.

### III-3. Caractérisation structurale des poudres GD et GND

#### III-3-1. Spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier

Les spectres infrarouges des poudres GD et GND sont présentés à la *Figure 1*.



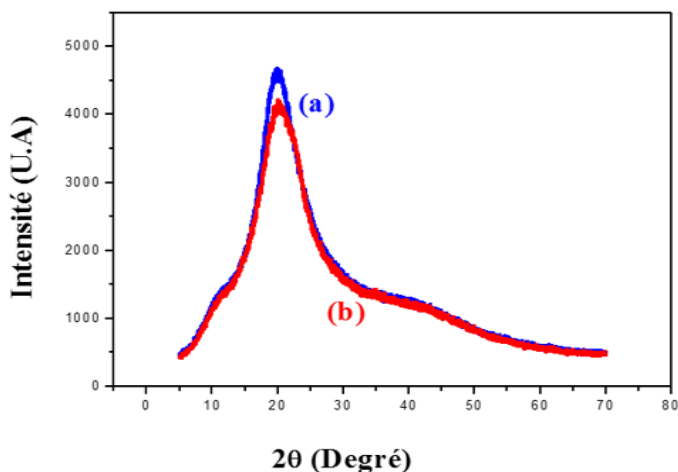
**Figure 1 :** Spectres IR des poudres GD(a) et GND (b)

La spectroscopie infrarouge constitue un outil pour élucider les groupes fonctionnels et les modifications structurales dans les échantillons, en particulier en ce qui concerne la disponibilité des principaux groupes impliqués dans les phénomènes d'adsorption. Cette méthode a une capacité de discordance que ne permettent pas certaines autres techniques, car elle possède une région unique appelée empreinte digitale où la position et l'intensité des bandes sont spécifiques à chaque matrice [26]. La **Figure 1** montre les spectres IR des poudres de graines de *Moringa oleifera* (GD et GND). Ces spectres sont superposables et identiques et montrent plusieurs pics traduisant l'existence de nombreux groupements fonctionnels dans les poudres de Moringa, indiquant ainsi la nature complexe de ce matériau. Ces spectres IR présentent les mêmes profils que ceux de certains auteurs dont [27 - 29]. La bande passante centrée sur  $3288\text{ cm}^{-1}$  pourrait être attribuée à l'étirement des liaisons O-H présentes dans les protéines, les acides gras, les glucides et les unités de lignine [30] ; ce groupe fonctionnel (OH) apparaît principalement dans les structures des protéines et acides gras présents dans les graines de Moringa. En raison de la teneur élevée en protéines dans ces graines, cette bande ( $3288\text{ cm}^{-1}$ ) contribuerait également dans cette région à l'étirement N-H de la liaison amide. Dans la région comprise entre  $1800$  et  $1500\text{ cm}^{-1}$ , un certain nombre de bandes se chevauchant sont observées et celles-ci pourraient être attribuées à l'étirement de la liaison carbonyle C=O. En raison de la nature hétérogène de la graine de Moringa, le groupe carbonyle peut être lié à différentes parties dont la partie lipidique des acides gras (bandes à  $1745\text{ cm}^{-1}$  et à  $1716\text{ cm}^{-1}$ ) ou la partie protéique des amides (bande  $1651\text{ cm}^{-1}$ ). Le pic observé à  $1587\text{ cm}^{-1}$  peut être attribué à l'étirement de la liaison entre le groupe C≡N et/ou la déformation de la liaison N-H présente dans les protéines des graines [31, 32]. La présence de cette bande ( $1575\text{ cm}^{-1}$ ) confirmerait la structure protéique dans les graines de Moringa.



### III-3-2. Diffractométrie de Rayons X

La **Figure 2** montre les profils de diffraction des rayons X (DRX) pour les poudres de graines de *Moringa oleifera*.



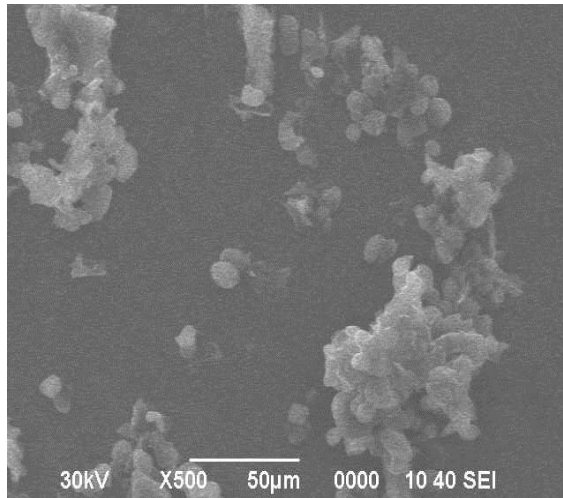
**Figure 2** : Profils DRX des poudres GD(a) et GND(b)

Parmi les différentes techniques de caractérisation des matériaux, la diffraction des rayons X (DRX) est recommandée pour évaluer la présence de phases cristallines présentes dans les matériaux naturels. En général, on peut classer les matériaux comme amorphes, semi-cristallins ou cristallins en fonction du degré d'ordre de leur arrangement atomique. L'augmentation du degré de désordre dans un matériau a pour conséquence l'élargissement et la réduction de la hauteur des raies de diffraction. À la limite, lorsqu'il ne subsiste plus qu'un ordre à très courte distance (cas des liquides ou des solides amorphes), les ondes émises par les atomes ne s'annulent plus rigoureusement par interférence. Expérimentalement, cela se traduit par l'obtention d'un diagramme ayant la forme d'une bosse, laquelle n'est pas nécessairement unique en réalité. Les profils DRX des poudres de notre étude sont superposables, identiques et laissent entrevoir un large pic à  $2\theta$ . Ils présentent des signaux non résolus qui indiqueraient une complexité et une hétérogénéité des poudres de graines de Moringa. Un large pic a été identifié à environ  $2\theta$  égal à  $10^\circ$ . La présence de ce pic serait probablement associée à la diffraction du constituant protéique entouré d'autres composants qui ont un motif plus amorphe [33]. En effet, ces poudres GD et GND sont constituées de plusieurs substances, notamment des protéines (24,50 % à 28,88 %). Ce comportement devrait être attendu puisque des graines de Moringa non décortiquées ont été utilisées. Cependant, la similarité des tracés obtenus, tant avec les poudres GD que les poudres GND, pourrait témoigner du caractère amorphe de la graine

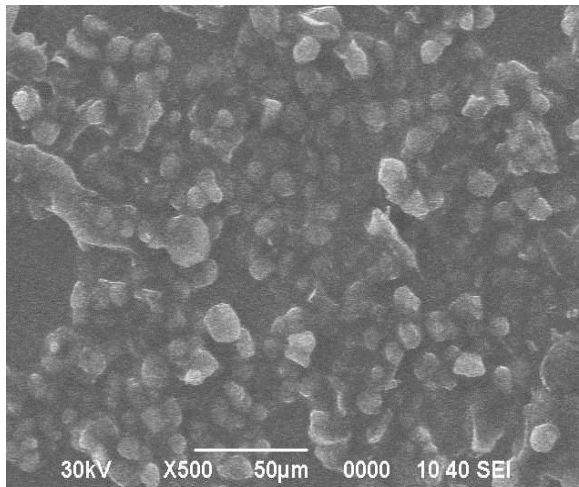
de *M. oleifera* en elle-même et éliminerait le caractère amorphe que pourrait présenter sa coque seule. La nature amorphe obtenue laisse suggérer que les polluants minéraux aqueux pourraient pénétrer plus facilement la surface et faciliter ainsi le phénomène d'adsorption.

### ***III-3-3. Microscopie électronique à balayage***

Les ***Photographies 4 et 5*** montrent les micrographies électroniques à balayage des poudres de graines GD et GND.



**Photographie 4 : MEB de la poudre GD**



**Photographie 5 : MEB de la poudre GND**

Les images de la MEB des poudres GD et GND sont différentes. La MEB de la poudre GD (**Photographie 4**) montre une structure moins compacte laissant entrevoir de nombreux interstices tandis que celle de la poudre GND (**Photographie 5**) montre une structure très compacte et hétérogène. La morphologie de ce matériau montre donc une matrice hétérogène et relativement poreuse. Cette morphologie poreuse est plus caractérisée avec la poudre GD. Cette structure faciliterait les processus d'adsorption d'ions, en raison des interstices et, plus important encore, de la présence du composant protéique de la graine.

#### IV - CONCLUSION

L'objectif de cette étude était de présenter les propriétés physico-chimiques de deux types de poudres provenant des graines de *M. oleifera* décortiquées (poudre GD) et non décortiquées (poudre GND). Les résultats de cette étude ont montré que les poudres de graines étudiées ne présentent pas de différence significative. Ces poudres constituent une bonne source de protéine et cet aspect sera mis à profit lors du traitement des eaux, vu que les graines de *Moringa* contiendraient un polypeptide basique capable de neutraliser les colloïdes des eaux troubles. Le profil minéral laisse entrevoir la présence de minéraux qui peuvent être présents à différents niveaux dans l'environnement (plomb, cuivre, cadmium). Les résultats montrent également une haute hétérogénéité structurale, un caractère amorphe et poreux de la matrice confirmée par diverses caractérisations techniques (IRTF, DRX, MEB). La morphologie poreuse est plus caractérisée avec la poudre GD. Cette structure faciliterait les processus d'adsorption d'ions. Ainsi, sur la base de ces caractéristiques physico-chimiques, on pourrait en déduire que les poudres de graines de *M. oleifera* en particulier les poudres GD auraient un profil morphologique adéquat pour retenir les polluants minéraux aqueux.

#### RÉFÉRENCES

- [1] - E. MALKOC, Y. NUHOGLU, *J. Hazard. Mater.*, 127 (2005) 120 - 128
- [2] - M. M. D, ZULKALI, A. L. AHMAD, N. H. NORULAKMAL, L. SATIVAORYZA, *Bioresour. Technol.*, 97 (2006) 21- 25
- [3] - A. CABUK, T. AKAR, S. TUNALI, S. GEDIKLI, *Chem. Eng. J.*, 131 (2007) 293 - 300
- [4] - S. KATAYON, M. N. M. J. MEGAT, M. ASMA, L. A. ABDUL GHANI, A. M. THAMER, I. AZNI, J. AHMAD, B. C. KHOR, A. M. SULEYMAN, *Bioresour. Technol.*, 97 (2006) 1455 - 1460
- [5] - C. R. T. TARLEY and M. A. Z. ARRUDA, *Chemosphere*, 54 (2004) 987 - 995

- [6] - S. P. DUBEY, K. GOPAL, *J. Hazard. Mater.*, 145 (2007) 465 - 470
- [7] - G. SUN, W. SHI, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 37 (1998) 1324 - 1328
- [8] - F. PAGNANELLI, M. SARA, F. VEGLIO, T. LUIGI, *Chem. Eng. Sci.*, 58 (2003) 4709 - 4717
- [9] - N. MEUNIER, J. LAROULANDIE, J. F. BLAIS, R. D. TYAGI, *Bioresour. Technol.*, 90 (2003) 255 - 263
- [10] - S. J. HITCHCOCK, B. MCENANEY and S. J. WATLING, *J. chem. Tech. Biotechnol.*, 33A (1983) 157 - 163
- [11] - D. S. BHARGAVA and S. B. SHELDARKAR, *Wat. Res.*, 27 (1993a) 303 - 312
- [12] - S. A. JAHN, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, *Eschborn*, (1981) 276 p.
- [13] - R. NASEEM and S. S. TAHIR, *Wat. Res.*, 33 (11) (2001) 3982 - 3986
- [14] - NI ISO 659. Edition 4, (Juillet 2009) 13 p.
- [15] - NFV 04-211, AFNOR (Association Française de Normalisation) 2011, Paris, France
- [16] - E. I. ADEYEYE and O. O. AYEJUYO, *Int. J. Food Sci. Nutr.*, 45 (1994) 223 - 230
- [17] - H. M. OLITINO, I. A. ONIMAWO and M. K. J. EGBEKUN, *Sci. Food Agric.*, 73 (2007) 1 - 9
- [18] - T. O. PETER and C. N. A. PHILIP, *Adv. Sci. Technol. Res.* www.iiste.org ISSN 2224-7181 (Paper) ISSN 2225-062X (Online), 24 (2014)
- [19] - B. S. OGUNSINA, T. N. INDIRA, A. S. BHATNAGAR, C. RADHA, S. DEBNATH and A. G. GOPALA KRISHNA, *J. Fd. Sci. & Tech.*, (2011). DOI 10.1007/s13197-011-0519-5
- [20] - F. ANWAR, S. N. ZAFAR and U. RASHID, *Grasasy Aceites*, 57 (2) (2006) 160 - 168
- [21] - T. OKUDA, A. U. BAES, W. NISHIJIMA and M. OKADA, *Wat. Res.*, 33 (1999) 3373 - 3378
- [22] - W. R. PEARSON, *Meth. Enzym.*, 266 (1996) 227 - 258
- [23] - S. A. A. JAHN, *J. Am. Wat. Works Assoc.*, 80 (6) (1988) 43 - 50
- [24] - EFSA (<https://www.efsa.europa.eu/fr/tropics/topic/metals-contaminants-food> European Food Safety Authority). Consulté le 25 septembre 2017
- [25] - UNEP, Key scientific findings for cadmium, 30 Juin 2015
- [26] - M. H. KALAVATHY, L. R. MIRAND, *Chem Engineer J.*, 158 (2012) 99 - 188
- [27] - S. T. CLEIDE, Intech open science, (2013), <http://dx.doi.org/10.5772/56157>
- [28] - C. S. ARAUJO, V. N. ALVES, H. C. REZENDE, I. L. ALMEIDA, R. M. DE ASSUNÇÃO, C. R. TARLEY, M. G. SEGATELLI, N. M. COELHO, *Wat. Sci. & Tech.*, (October 2010)
- [29] - FAGBOHUN ADEBISI, ADEBIYI ADEDAYO, ADEDIRIN OLUWASEYE, FATOKUN ADEKUNLE, AFOLAYAN MICHAEL, OLAJIDE OLUYAYO et al., *Res. Pharm. Biotech.*, (Mars 2014). DOI: 10.5897/RPB13.0089. ISSN 2141-2324

- [30] - D. H. K. REDDY, K. SESHAIHA, A.V.R. REDDYB, S. M. LEEC, *Carbohydr. Polym.*, 88 (2012) 86 - 1077
- [31] - D. H. K. REDDY, Y. HARINATHA, K. SESHAIHA, A. V. R REDDY, *Chem Engineer J.*, 162 (2010) 34 - 626
- [32] - D. H. K. REDDY, D. K. V. RAMANA, K. SESHAIHA, A. V. R. REDDY, *J Hazard Mater*, 268 (2011) 57 - 150
- [33] - F. W. FIFIELD, D. KEALEY, *Principles and Practice of Analytical Chemistry*. Oxford : Blackwell Science, (2000)