

## Étude comparative par spectrophotométrie UV-visible de la teneur en fer dans les feuilles de *Moringa oleifera*, *Manihota esculenta* et *Hibiscus acetolla* Red Shield de la ville de Kikwit en RDC.

Denis Musengele Bilasi Muke<sup>1,2,\*</sup>, a, b, c, Jérémie Muswema Lunguya<sup>1</sup>, a, b, Gracien Ekoko Bakambo<sup>1</sup>, a, b, Joseph Malongwe K'Ekuboni<sup>1</sup>, Pierre Lohohola Osomba<sup>1</sup>, Pascal Disa-Disa Maziana<sup>1</sup>, François Xavier Lele Safi<sup>2</sup>, Trésor Ndonganzadi<sup>1, 2</sup>, Odon Mukonkole Nkole<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Département de Chimie et Industrie, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, B.P. 190 Kinshasa XI, RDC.

<sup>2</sup>Département de Chimie-Physique, Section des Sciences Exactes, Institut Supérieur Pédagogique de Kikwit, B.P. 258 Kikwit, RDC.

- <sup>a</sup>Laboratoire de Chimie sous Radiations et de Photochimie Environnementale, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa.
- <sup>b</sup>Laboratoire de Chimie sous Radiations et de Photochimie Environnementale de l'Institut Supérieur Pédagogique de Kikwit.
- <sup>c</sup>Laboratoire de Contrôle des Médicaments et des Denrées Alimentaire (LaCoMeDA), Faculté de Pharmacie, Université de Kinshasa.

\*Auteur de correspondance : Adresse e-mail : [musengeledenis@gmail.com](mailto:musengeledenis@gmail.com) ,Téléphone : +243 811 140 242

Submission 10<sup>th</sup> May 2024. Published online at <https://www.m.elewa.org/Journals/> on 31<sup>st</sup> August 2024. <https://doi.org/10.35759/JABs.199.5>

### RESUMÉ

**Objectifs :** La détermination de la teneur en fer de *Manihota esculenta*, *Moringa oleifera*, *Hibiscus acetolla* Red Shield, et l'amélioration des variétés de plantes contenant des micronutriments sont des stratégies de lutte contre leurs carences et garantissent que chaque repas contienne le fer indispensable. Cette étude a pour objectif immédiat de lutter contre la malnutrition et d'aider à construire un monde libéré de la faim et de l'insécurité alimentaire.

**Méthodes et Résultats :** Considérant la biodisponibilité du fer dans des végétaux, il a été d'intérêt de déterminer par dosage spectrophotométrique UV-visible la teneur en fer (Fe<sup>2+</sup>) dans les feuilles de *Manihota esculenta*, *Moringa oleifera*, *Hibiscus acetolla* Red Shield respectivement pour en déterminer les préséances alimentaires y afférentes et d'en vulgariser la consommation. Les méthodes d'interpolation polynomiale et graphique, au moyen du logiciel Microsoft Excel, ont permis de déterminer la concentration en fer après établissement de la droite d'étalonnage correspondant à chaque espèce. Les résultats obtenus ont conduit à l'établissement de l'ordre décroissant en teneur en Fe<sup>2+</sup> desdites espèces telles qu'alignées ci-dessus.

**Conclusion et application des résultats :** La malnutrition, la sous-alimentation et d'autres déficits apparentés causent entre autres l'anémie, avec plusieurs implications négatives telle que la tuberculose. La teneur calculée en fer dans le *Manihota esculenta*, *Moringa oleifera*, *Hibiscus acetolla* Red Shield soutient la lutte contre les carences alimentaires en fer et, encourage la culture de ces espèces végétales. Ce matériau ( $\text{Fe}^{2+}$ ) offre une double opportunité d'application diététique dans l'alimentation et photocatalytique dans le dopage de  $\text{TiO}_2$  (fenton) en vue d'optimisation des conditions de dégradation des polluants récalcitrants des eaux, par exemple. Elle est aussi une alternative dans la perspective d'approfondir sur les différentes parties des espèces analysées.

**Mots clés :** Teneur en fer, *Moringa oleifera*, *Manihota esculenta*, *Hibiscus acetolla* Red Shield.

## **Comparative study by UV-visible spectrophotometry (500 nm) of the iron content in the leaves of *Moringa oleifera*, *Manihota esculenta* and *Hibiscus acetolla* Red Shield from the city of Kikwit in the DRC to ensure food security.**

### **ABSTRACT**

**Objectives :** Identifying iron content in *Manihota esculenta*, *Moringa oleifera*, *Hibiscus acetolla* Red Shield, species and enhancing plant varieties that contain micronutrients are strategies for fighting against micronutrient deficiencies and ensuring the essentiality of iron ions in every meals. This investigation has the immediate objective of fighting malnutrition and helping to build a world free of hunger and food insecurity.

**Methods and Results :** Considering bioavailability of iron in plant leaves, it was of interest to determine by means of UV-visible spectrophotometric assay the iron content ( $\text{Fe}^{2+}$ ) in the leaves of *Manihota esculenta*, *Moringa oleifera*, *Hibiscus acetolla* Red Shield respectively to determine their related dietary precedence and to increase their consumption. The polynomial and graphic interpolation methods by means of Microsoft Excel allowed to determine the iron concentration after establishing the calibration line corresponding to each species. The results obtained led to to establish in descending order the iron content of the species as listed above.

**Conclusion and application of results:** Malnutrition, undernourishment and other related challenges cause anemia, with many negative implications such as tuberculosis. The calculated iron content in *Manihota esculenta*, *Moringa oleifera*, *Hibiscus acetolla* Red Shield supports the fight against dietary iron deficiency and encourages the cultivation of these plant species. This material ( $\text{Fe}^{2+}$ ) offers us a dual opportunity for dietetic application in food and photocatalytic application in  $\text{TiO}_2$  doping (fenton) to optimize degradation conditions for recalcitrant water pollutants, for example. It is also an alternative for further investigation of the different parts of the species analyzed.

**Keywords:** Iron content, *Moringa oleifera*, *Manihota esculenta*, *Hibiscus acetolla* Red Shield.

### **INTRODUCTION**

L'un des enjeux les plus importants au niveau mondial est la sécurité alimentaire et pour assurer une alimentation équilibrée (FAO, 2013), il est indispensable de trouver des nouvelles sources des nutriments, en plus de la dépollution de ces sources les contenant. Mais comment bien manger pendant que les

polluants non biodégradables se sont installés dans la quasi-totalité des principaux lieux (l'eau, le sol et l'air) d'approvisionnement naturel des éléments nutritifs utiles et indispensables à la vie des vivants (Disa-Disa P. et al., 2020 ; Chandra N. et al., 2022 ; Uddin S. U. et al., 2022 ; Nduku F. et al.,

2022). Une lutte conjointe convergente pour la protection de la vie, en amont (détermination de la teneur en fer dans les espèces de cette étude) comme en aval (envisager des essais bactéricides (Kamath N. et al., 2016 ; Koto-te-Nyiwa Ngbolua et al., 2016 ; Rathi, B. S. et al., 2006) et photocatalytiques de dopage (Niasa Mata G. et al., 2022 ; Mata, G. N. et al., 2021) de ce matériau recherché,  $Fe^{2+}$  dans la dégradation des polluants pathogènes et synthétiques), s'est inscrite dans l'objectif immédiat de cette investigation, de lutter contre la malnutrition et aider à construire un monde libéré de la faim, de l'insécurité alimentaire. Pour prévenir et lutter contre la déficience en micronutriments, l'une des stratégies est entre autres de valoriser les variétés végétales riches en micronutriments (F.A.O., 2013 ; <http://pikliz.com/valeur-nutritionnelle-du-moringa-oleifera>). Les produits à base de *Moringa oleifera*, *Manihota esculenta* et *Hibiscus acetolla Red Shield* ont des propriétés antibiotiques, hypotensives, antispasmodiques, antiulcéreuses, anti-inflammatoires et hypoglycémiques. Les plantes de *Moringa oleifera*, *Manihota esculenta* et *Hibiscus acetolla Red Shield* sont riches en protéines, vitamines A, B, C, calcium et fer. Leurs feuilles, la partie la plus utilisée de ces plantes, offrent des effets antioxydants importants et plus spécialement le *Moringa oleifera* (Pharmacopée Traditionnelle de la République Démocratique du Congo, 2009). Mais dans quelles proportions ?

## MATÉRIELS ET MÉTHODES

**Matériels :** Pour mettre en œuvre cette étude, les matériels ci-dessous ont été utilisés, à savoir : L'étuve de marque SELECTA, le four à moufle de marque NABERTHERM, le spectrophotomètre UV-visible de marque JENWAY 7410 et 7415, une balance analytique de marque OHRUS PR SERIES (de 200 g de précision  $\pm 0,1$  mg ; 500 g de précision  $\pm 0,1$  mg et de 4,2 kg de

Le fer est un oligoélément dans l'organisme dont la concentration normale en pourcentage massique est environ 0,005 % (<https://www.e-sante.fr/bilan-ferrique-fer-ou-bilan-martial/guide/>). La composition en fer dans l'organisme humain diffère selon qu'il d'un mâle ou d'une femelle : Le corps d'un homme adulte présente environ 4 g de fer tandis que celui d'une femme en a 2,5 g seulement. En plus, étant donné que l'organisme ne peut par lui-même fabriquer de fer, il doit donc le puiser dans les aliments (<https://www.nutrition-equilibree.com/tag/faire-du-sport>, 2024). Le fer est un micronutriment qui joue un rôle majeur dans l'organisme. Le fer existe sous deux formes généralement complexées dans les aliments, à savoir : Le fer héminique, le mieux absorbé à 25 % par l'organisme, présent dans l'hémoglobine et la myoglobine des viandes ; et le fer non héminique, très mal absorbé à 10 % par l'organisme, présent dans les produits végétaux (céréale, légumes secs, fruits) et dans les produits laitiers. (<https://www.e-sante.fr/fer-ses-roles/guide/868> ; Pharmacopée Traditionnelle de la République Démocratique du Congo, 2009) en grandissant le développement normal des globules rouges et une bonne fonction immunitaire. Le fer, un métal de transition, joue également un rôle très important de dopant des photo-catalyseurs semi-conducteurs (fenton).

précision  $\pm 1$  mg), un agitateur magnétique non chauffant, un dessiccateur, un pH-mètre à affichage numérique de marque HI 2211 pH/ORP Meter HANNA Instrument muni d'une électrode combinée en verre et la verrerie.

**Réactifs :** Hormis le matériel végétal de feuilles de *Moringa*, du manioc et de l'oseille, les réactifs pour analyse suivants ont été

utilisés : l'acide nitrique (HNO<sub>3</sub>) pur (p.a.), O-phénantroline 7.10<sup>-3</sup> mol. L<sup>-1</sup>, l'hydroquinone à 1 %, le sel de Mohr pur, l'eau distillée. La 1,10-phénanthroline (o-phen ou 1,10-phénanthroline monohydratée : C<sub>12</sub>H<sub>8</sub>N<sub>2</sub>. H<sub>2</sub>O) est utilisée dans l'analyse pour caractériser l'ion ferreux Fe<sup>2+</sup> en formant le tris (1,10-phénanthroline) Fe (II) appelé encore ferroïne : [Fe(o-phen)<sub>3</sub>]<sup>2+</sup>, complexe rouge orangé. Ce dernier peut aussi être oxydé en tris (1,10-phénanthroline) Fe (III) ou ferriïne : [Fe(o-phen)<sub>3</sub>]<sup>3+</sup>, complexe de couleur bleue. Ainsi, le couple [Fe(o-phen)<sub>3</sub>]<sup>3+</sup>/[Fe(o-phen)<sub>3</sub>]<sup>2+</sup> ou ferriïne/ferroïne constitue un indicateur redox dont le potentiel standard est égal à 1,06 V. La 1,10-phénanthroline est un chélatant par ses deux atomes d'azote donneurs de doublets électroniques, notamment vis-à-vis du fer (II) et du fer (III).

#### Méthodes

**Préparation des échantillons :** Kikwit a été érigée comme ville par l'Ordonnance loi n° 95/70 du 15 mars 1970. La Ville de Kikwit est située à 528 km de la capitale Kinshasa, dans la province du Kwilu, en RDC. Elle est la ville économique de la province du Kwilu et est subdivisée en 4 Communes, à savoir : Kazamba, Lukemi, Lukolela et Nzinda. Lesquelles communes sont également subdivisées en quartiers, en cellules et en avenues (Mutungu, 1990; [https://www.memoireonline.com/02/19/10570/m\\_Performance-du-chou-pomme--base-de-bouse-de-porc-et-le-chromolaena-odorata--base-de-kikwit11.html](https://www.memoireonline.com/02/19/10570/m_Performance-du-chou-pomme--base-de-bouse-de-porc-et-le-chromolaena-odorata--base-de-kikwit11.html), 2024). Cette ville est dominée par un climat du type tropical bien arrosé à tendance équatoriale (Anonyme, 1990; [https://www.memoireonline.com/02/19/10570/m\\_Performance-2024](https://www.memoireonline.com/02/19/10570/m_Performance-2024)). Elle est située entre 5°20' de latitude Sud et 18°48' de longitude Est, pour une étendue d'environ 10 500 ha. Kikwit est un espace urbain qui évolue dans un climat tropical humide, caractérisé par une température moyenne élevée de d'ordre de 25 °C et une amplitude

thermique journalière forte de l'ordre de 10 à 15 °C ; un régime thermique journalier qui offre une nette différenciation saisonnière telle qu'en saison sèche, on observe des températures extrêmes et donc une forte amplitude thermique diurne (Fehr, 1990, cité dans Anonyme, 2009 ; [https://www.memoireonline.com/02/19/10570/m\\_Performance-du-chou-pomme--base-de-bouse-de-porc-et-le-chromolaena-odorata--base-de-kikwit11.html](https://www.memoireonline.com/02/19/10570/m_Performance-du-chou-pomme--base-de-bouse-de-porc-et-le-chromolaena-odorata--base-de-kikwit11.html), 2024). L'Institut Supérieur Pédagogique de Kikwit fonctionne en deux sites « ancien » et « nouveau » ; nos échantillons ont été récoltés dans le nouveau site, situé dans la Commune de Lukolela, ville de Kikwit. Les feuilles ont été recueillies au mois de Mai 2021, et ont été séchées dans le *laboratoire de Chimie sous radiation et de photochimie environnementale de l'Institut Supérieur Pédagogique de Kikwit*, à la température ambiante, à l'air libre et à l'abri du soleil. La calcination de la poudre et le dosage ont été réalisés le même laboratoire. Les feuilles de *Moringa*, celles du manioc et celle de l'oseille ont été cueillies dans notre jardin potager de l'Institut Supérieur Pédagogique de Kikwit (05°02' 194" S et 018°49'376" E) et ont été identifiées par comparaison avec les spécimens disponibles à l'herbarium de l'Institut National d'Étude et de Recherche Agronomique (INERA) de Kiyaka, lavées, pesées pour en déterminer le poids frais, puis séchées à l'air libre dans notre laboratoire de chimie. Après séchage à l'air libre, toutes les feuilles de ces espèces ont été pesées séparément afin de déterminer les poids secs respectifs. Séchées à l'étuve pendant 24 h à 60 °C, elles ont été ensuite retirées et refroidies au dessiccateur. Pesées après refroidissement au dessiccateur afin d'en déterminer les poids secs respectifs, le pourcentage d'humidité de chaque espèce a été calculé par la relation (Eq. 1) où Pf = poids frais et Ps = poids sec.

$$\% \text{ d'humidité} = \frac{Pf - Ps}{Pf} \times 100 \text{ (Eq. 1)}$$

La minéralisation a permis de détruire la matière organique afin d'obtenir des solutions des matières inorganiques contenant la teneur totale des éléments présents dans la prise d'essai. Toutefois, l'extraction a été réalisée de telle manière que l'analyte n'ait été séparé de sa matrice sans perte, ni contamination, ni destruction de sa structure moléculaire (<https://di.univ-blida.dz/jspui/bitstream/123456789/5098/1/32-6...>, 2024). Pour ce faire, la calcination sèche a été utilisée comme technique de minéralisation. La calcination a été réalisée dans un four à moufle en augmentant la température par palier successif jusqu'à 450 °C. Le but était d'éviter les inflammations brutales de l'échantillon qui provoqueraient des pertes. Lors de la calcination, les échantillons séchés ont été broyés à l'aide d'un broyeur électrique de marque Electric Blender RAF, afin d'obtenir la poudre fine. Ils ont été tamisés afin de débarrasser les brindilles. La poudre obtenue a été pesée et placée dans un creuset en platine de masse déjà connue grâce à une pesée. Le four allumé à la température réglable, les capsules y ont été placées à l'intérieur du chauffe-ballon four en appliquant le programme thermique successivement à 60 °C pendant 30 min et 100 °C pendant 1 h (soit une durée totale de 1h 30 min). Après l'arrêt du four, un temps modéré a été observé afin de laisser baisser la chaleur et, à l'aide d'une pince métallique, le creuset contenant la poudre calcinée a été retirée et placée dans un dessiccateur afin de

refroidir la cendre ; lequel creuset en platine avec son contenu a été pesé. Ceci a permis de déterminer la masse de la poudre calcinée obtenue

(<https://core.ac.uk/download/pdf/42968920.pdf>, 2024).

**Mise en solution des ions  $Fe^{2+}$  et préparation du complexe coloré de  $Fe^{2+}$ :** La mise en solution des ions  $Fe^{2+}$  contenus dans la cendre obtenue de chaque espèce est réalisée en mélangeant dans un ballon à fond rond 2 g de la cendre obtenue avec 20 mL d'acide nitrique pur (p.a). Ce mélange chauffé légèrement pendant 30 min a été reposé, dilué ensuite par ajout d'eau distillée. Après filtration dans une fiole de 500 mL, un volume d'eau distillée a été complété jusqu'au trait de jauge. Les molécules d'ions ferreux ( $Fe^{2+}$  aqueux) en présence de l'orthophénanthroline nous ont fait obtenir des molécules d'ions complexes de couleur rouge orangé composées de trois molécules d'orthophénanthroline par ion ferreux de formule  $\{Fe(o-phen_3)\}^{2+}$  ou  $[Fe(o-phen_3)]^{2+}$ . Cet ion complexe est stable dans une zone de pH 2-9 et a été placé enfin dans une solution tampon acide éthanoïque/éthanoate de pH = 4,75 (<https://sites.ensfea.fr/physique-chimie/wp-content/uploads/site...>, 2024). Le complexe coloré de  $Fe^{2+}$  a été préparé en diluant la solution renfermant les ions  $Fe^{2+}$  extraits de la cendre à 1/10 (soit 50 mL de la solution ajustés à 500 mL avec l'eau distillée) pour avoir une solution  $S_0$  et le mélange présenté dans le **Tableau 1**.

**Tableau 1 :** Mélange du complexe coloré de  $Fe^{2+}$

Volume de $S_0$ (mL)	50
Volume d'O-phenanthroline (mL)	20
Volume d'hydroquinone à 1% (mL)	10
Volume d'eau distillée (mL)	420
Volume total (mL)	500

**Préparation des gammes d'étalonnage :** Des solutions de sel de Mohr renfermant des concentrations en ions  $Fe^{2+}$  bien connues, ont été utilisées. La préparation d'une solution de

sel de Mohr de concentration massique 20 mg.  $L^{-1}$  en ions  $Fe^{2+}$  a permis de réaliser les mélanges des gammes d'étalonnage présentés dans le **Tableau 2** suivant.

**Tableau 2 :** Mélange des gammes d'étalonnage

Mélange N°	1	2	3	4	5	6
Volume de s (mL)	12	10	8	6	4	2
Volume d'o-phenanthroline (mL)	2	2	2	2	2	2
Volume d'hydroquinone à 1% (mL)	1	1	1	1	1	1
Volume d'eau distillée (mL)	35	37	39	41	43	45
Volume total (mL)	50	50	50	50	50	50

**Dosage de fer dans le complexe coloré de  $Fe^{2+}$ :** Le protocole expérimental de la détermination par spectrophotométrie UV-visible de la concentration en ions  $Fe^{2+}$  dans les complexes colorés de trois espèces de cette étude, a consisté à tracer le spectre d'absorption du complexe  $\{Fe(o-phen_3)\}^{2+}$  afin de déterminer la longueur d'onde qui correspond au maximum d'absorption ( $\lambda_{max} = 500 \text{ nm}$ ); lire l'absorbance pour chaque solution étalon et à vérifier la loi de Beer-Lambert par le tracé de la courbe (droite)

d'étalonnage à partir de solutions de concentrations connues. Ces mesures ont été réalisées à une longueur d'onde maximale ( $\lambda_{max}$ ) dite de maximum d'absorption et ont donné différentes valeurs d'absorbance en fonction de la concentration variant par demi-dilution en ion  $Fe^{2+}$  (<https://sites.ensfea.fr/physique-chimie/wp-content/uploads/site.,2024>). La détermination de l'absorbance de la solution d'ions  $Fe^{2+}$  préparée et la concentration en ions  $Fe^{2+}$  ont conduit à des résultats satisfaisants.

## RÉSULTATS ET DISCUSSION

### Présentation des résultats

**Séchage et calcination des échantillons :** Le séchage des échantillons de *Moringa*, du manioc et de l'oseille a permis de déterminer les poids frais et sec, et la teneur en eau dans les feuilles de *Moringa*, du manioc et de

l'oseille respectivement. Après séchage de 30,30 g des feuilles de *Moringa*, 15,80 g des feuilles de manioc et 35,80 g des feuilles de l'oseille à l'étuve, nous avons obtenu les résultats consignés au **Tableau 3**.

**Tableau 3 :** Les poids frais et sec des feuilles des espèces végétales étudiées ainsi que leurs pourcentages d'humidité respectifs.

Échantillon	Poids frais (g)	Poids sec (g)	Pourcentage d'humidité (%)
Feuilles de moringa	30,3	22,7	7,60 g soit 28,08 %
Feuilles de manioc	15,8	12,2	3,30 g soit 22,78 %
Feuilles de l'oseille	35,8	28,2	8,50 g soit 21,23 %

Après calcination et minéralisation de la poudre des feuilles de moringa, du manioc et de l'oseille, les résultats obtenus des masses

des cendres respectives sont présentés dans le **tableau 4** ci-après.

**Tableau 4 :** Masse de la cendre obtenue

Échantillon	Masse de la poudre (g)	Masse de la cendre (g)
Feuilles sèches de moringa	22,7	8,4
Feuilles sèches de manioc	12,2	3,3
Feuilles sèches de l'oseille	28,2	8,5

Et la quantité de la matière végétale perdue après la calcination de chaque échantillon est reprise dans le **Tableau 5**.

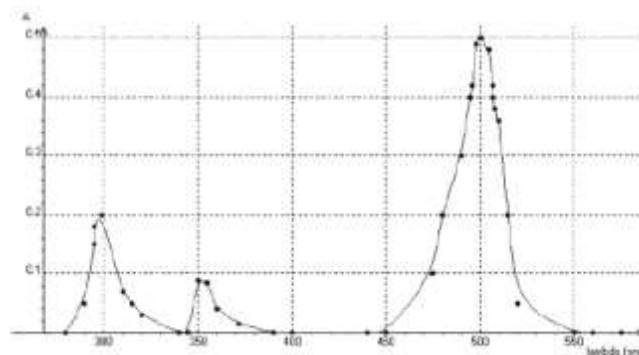
**Tableau 5** : Quantité de la matière végétale perdue par échantillon.

Échantillon	Masse de la poudre (g)	Masse de la cendre (g)	Matière végétale perdue (g)
Feuilles sèches de moringa	22,7	8,4	14,3
Feuilles sèches de manioc	12,2	3,3	8,9
Feuilles sèches de l'oseille	28,2	8,5	19,7

**Mesure de l'absorbance des solutions étalons**

a) **Résultats des mesures** : Les absorbances des différentes solutions étalons ont été

prélevés à une longueur d'onde ( $\lambda$  max) de 500 nm, selon le spectre d'absorption du  $Fe^{2+}$  correspondant au maximum d'absorption (**figure 1**).



**Figure 1** : Spectre d'absorption du  $Fe^{2+}$  du complexe  $\{Fe(o-phen_3)\}^{2+}$

Ces résultats sont consignés dans le **Tableau 6** ci-dessous.

**Tableau 6** : Concentrations et absorbances des solutions étalons

Nombre d'essais		Absorbance (u.a)					
Étalon	Concentration (mg L <sup>-1</sup> )	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	Moyenne
S <sub>1</sub>	4,800	0,889	0,889	0,889	0,888	0,886	0,888
S <sub>2</sub>	4,000	0,719	0,719	0,718	0,718	0,716	0,718
S <sub>3</sub>	3,200	0,515	0,514	0,513	0,513	0,513	0,514
S <sub>4</sub>	2,400	0,372	0,372	0,370	0,369	0,369	0,370
S <sub>5</sub>	1,600	0,197	0,197	0,196	0,194	0,193	0,195
S <sub>6</sub>	0,800	0,040	0,038	0,036	0,036	0,036	0,037

b) **Courbe représentative de la concentration en fonction de l'absorbance des solutions étalons** : Les absorbances des différentes

solutions étalons, prélevées, ont permis de tracer la droite d'étalonnage traduisant la concentration en fonction de l'absorbance.

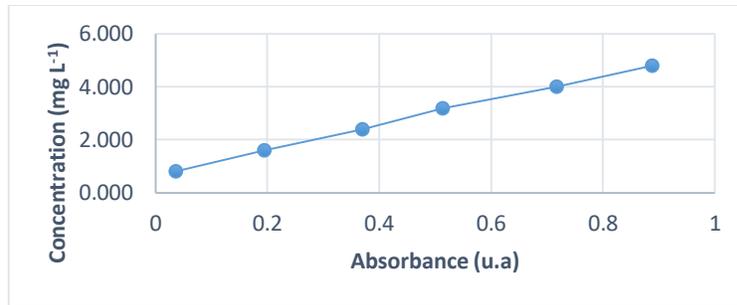


Figure 2 : Courbe d'étalonnage (Etalon Fe<sup>2+</sup>)

**Mesure d'absorbance des solutions d'analytes (moringa, manioc et oseille) :** de la solution de chacune d'analyte, les résultats obtenus sont repris au *tableau 7*. Après cinq mesures d'absorbance à 500 nm

**Tableau 7 :** Absorbance des solutions d'analytes de : *Moringa oleifera*, *Manihota esculenta* et *Hibiscus acetolla Red Shield*.

Nombre d'essais	Absorbance (u.a)					Moyenne
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	
Solution d'analyte de <i>Moringa oleifera</i>	0,479	0,267	0,092	0,069	0,044	0,190
Solution d'analyte de <i>Manihota esculenta</i>	0,410	0,229	0,120	0,063	0,035	0,171
Solution d'analyte de <i>Hibiscus acetolla Red Shield</i>	0,223	0,124	0,067	0,039	0,026	0,096

**Détermination de la concentration en ions Fe<sup>2+</sup> dans la solution d'analyte par la méthode graphique (Microsoft Excel) :** Connaissant l'absorbance de chacune des solutions d'analytes, la concentration en ions Fe<sup>2+</sup> dans la solution d'analyte a été déterminée en exploitant l'équation de la droite de régression obtenue par la méthode graphique grâce à Microsoft Excel ( $y = 5,3676x - 0,2434$ ).

La solution d'analyte a une concentration en ions Fe<sup>2+</sup> de :

- Pour le *Moringa oleifera* : 1,58 mg L<sup>-1</sup>. Sachant que la solution mère est 10 fois plus concentrée, sa concentration en ions Fe<sup>2+</sup> est 15,8 mg L<sup>-1</sup> et contient une masse de fer 7,9 mg.

- Pour le *Manihota esculenta* (le manioc) : 1,48 mg L<sup>-1</sup>. Sachant que la solution mère est 10 fois plus concentrée, sa concentration en ions Fe<sup>2+</sup> est 14,8 mg L<sup>-1</sup> et contient une masse de fer m = 7,4 mg.

- Pour l'*Hibiscus acetolla Red Shield* (l'oseille) : 1,10 mg L<sup>-1</sup>. Sachant que la solution mère est 10 fois plus concentrée, sa concentration en ions Fe<sup>2+</sup> est 11,0 mg L<sup>-1</sup> et contient une masse de fer m = 5,5 mg.

**Détermination de la concentration en ions Fe<sup>2+</sup> dans la solution d'analyte par la méthode mathématique d'interpolation polynomiale :** A partir des moyennes inscrites dans les *tableaux 5, 6* et *7*, la concentration de l'échantillon a été calculée de la manière suivante :

a) *Le Moringa oleifera* :



$$\frac{0,190-0,037}{0,195-0,037} = \frac{[ ]\text{éch.}-0,800}{1,600-0,800} \rightarrow [ ]\text{éch.} = 1,575 \text{ mg L}^{-1} = 1,58 \text{ mg L}^{-1}$$

La solution d'analyte a une concentration en ions  $\text{Fe}^{2+}$  de  $1,58 \text{ mg L}^{-1}$ . Sachant que la solution mère est 10 fois plus concentrée, sa

concentration en ions  $\text{Fe}^{2+}$  est **15,8**  $\text{mg L}^{-1}$  et contient une **masse de fer 7,9 mg**.

b) *Le Manihota esculenta* (le manioc) :



$$\frac{0,171-0,037}{0,195-0,037} = \frac{[ ]\text{éch.}-0,800}{1,600-0,800} \rightarrow [ ]\text{éch.} = 1,47848 \text{ mg L}^{-1} = 1,48 \text{ mg L}^{-1}$$

La solution d'analyte a une concentration en ions  $\text{Fe}^{2+}$  de  $1,48 \text{ mg L}^{-1}$ . Connaissant que la solution mère est 10 fois plus concentrée, sa

concentration en ions  $\text{Fe}^{2+}$  est **14,8**  $\text{mg L}^{-1}$  et contient une **masse de fer 7,4 mg**.

c) *L'Hibiscus acetolla Red Shield* (l'oseille) :



$$\frac{0,096-0,037}{0,195-0,037} = \frac{[ ]\text{éch.}-0,800}{1,600-0,800} \rightarrow [ ]\text{éch.} = 1,09873 \text{ mg/L} = 1,10 \text{ mg L}^{-1}$$

La solution d'analyte a une concentration en ions  $\text{Fe}^{2+}$  de  $1,10 \text{ mg L}^{-1}$ . Sachant que la solution mère est 10 fois plus concentrée, sa

concentration en ions  $\text{Fe}^{2+}$  est **11,0**  $\text{mg L}^{-1}$  et contient une **masse de fer 5,5 mg**.

## DISCUSSION

Les résultats obtenus confrontés aux recherches antérieures (à la littérature) sur l'analyse de la poudre des feuilles de :

a) *Moringa oleifera* : Renseignent que 100 g de feuilles sèches présenteraient une biodisponibilité du fer qui peut varier de 18 à 28 mg.

Considérant la valeur trouvée avec l'échantillon analysé, il est clairement établi que 7,9 mg de matière sèche pour 22,7 g de poudre représentent un résultat satisfaisant pour l'échantillon recueilli dans le site de l'Institut Supérieur Pédagogique de Kikwit. Concernant la quantité de cendre obtenue après calcination, celle-ci est relative à la quantité de poudre calcinée. Pour 30,3 g de feuilles broyées, nous avons obtenu 22,7 g de poudre soumis à la calcination. La quantité de cendre obtenue était de 8,4 g, soit une perte de matière végétale de 14,3 g soit 62,995 % ou 63 %.

Du point de vue du taux en fer, l'échantillon analysé présente une concentration en ions fer (II) de 4,75 mg L<sup>-1</sup>, ce qui se traduit en un taux en fer de 0,026 % pour 8,4 mg contenus dans 22,7 g de matière sèche.

**b) *Manihota esculenta*** : Renseignent que 100 g de feuilles sèches présenteraient une biodisponibilité du fer qui peut varier de 1,99 à 52,02 mg (soit en moyenne 0,0035 % .100 pour les feuilles fraîches et 0,013 % .100 pour les feuilles sèches).

Eu égard à la valeur trouvée avec l'échantillon analysé, il est clairement établi que 7,4 mg de matière sèche pour 12,2 g de poudre représentent un résultat intéressant pour l'échantillon recueilli dans le site de l'Institut Supérieur Pédagogique de Kikwit. Concernant la quantité de cendre obtenue après calcination, celle-ci est relative à la quantité de poudre calcinée. Pour 15,8 g de feuilles broyées, nous avons obtenu 12,2 g de poudre soumis à la calcination. La quantité de cendre obtenue était de 3,3 g, soit une perte de matière végétale de 8,9 g soit 72,95 % ou 73 %.

En référence au taux en fer, l'échantillon analysé présente une concentration en ions fer (II) de 4,75 mg L<sup>-1</sup>, ce qui se traduit en un taux en fer de 0,046 % pour 3,3 mg contenus dans 12,2 g de matière sèche.

**c) *Hibiscus acetolla Red Shield*** : Informent que 100 g de feuilles sèches présenteraient

une biodisponibilité du fer qui peut varier de 1,50 à 45,00 mg.

Tenant compte de la valeur trouvée avec l'échantillon analysé, il est clairement établi que 5,5 mg de matière sèche pour 28,2 g de poudre représentent un résultat satisfaisant pour cet échantillon recueilli dans le site de ladite Institution.

Concernant la quantité de cendre obtenue après calcination, celle-ci est relative à la quantité de poudre calcinée. Pour 35,8 g de feuilles broyées, nous avons obtenu 28,2 g de poudre soumis à la calcination. La quantité de cendre obtenue était de 8,5 g, soit une perte de matière végétale de 19,7 g soit 69,858 % ou 69,9 %.

En ce sens, l'échantillon analysé présente une concentration en ions fer (II) de 4,75 mg L<sup>-1</sup>, ce qui se traduit en un taux en fer de 0,011% pour 5,5 mg contenus dans 28,2 g de matière sèche.

La littérature antérieure y afférente (<https://www.doc-developpement-durable.org/file/Culture/Plante...>, 2024) nous offre une kyrielle des données sur la composition nutritionnelle des feuilles de Moringa, du manioc et de l'oseille. Toutefois, la plupart du temps il s'agit de recyclage des données et on observe des grandes variations dans les données.

Le fer, l'oligoélément le plus important, est présent dans les feuilles Moringa, de Manioc et de l'oseille à des teneurs respectives :

- de 0,026 % pour 22,7 mg de matière sèche de Moringa soit une teneur de 26 % pour 100 mg de matière sèche ;
- de 0,046 % pour 12,2 g de matière sèche de manioc soit 46 % pour 100 mg de feuilles sèches ;
- de 0,011 % pour 28,2 g de matière sèche d'oseille soit 11 % pour 100 mg de matière sèche.

Il ressort des résultats expérimentaux que les teneurs en minéraux sont plus importantes dans la poudre que dans les feuilles fraîches, d'où il faut minéraliser les produits afin

d'augmenter leur concentration. Toutefois, le séchage des feuilles fraîches s'accompagne souvent d'une perte importante d'éléments nutritifs tels que les vitamines (A, C) et, de plus, de mauvaises conditions de séchage peuvent provoquer une contamination du produit. Néanmoins, toutes les valeurs obtenues à l'issue de cette recherche se retrouvent dans la fourchette des valeurs prévues dans les normes (<http://pikliz.com/valeur-nutritionnelle-du-moringa-oleifera>, 2024).

De ce fait, un grand nombre de facteurs peuvent influencer la composition nutritionnelle d'un aliment d'origine végétale, tout d'abord les facteurs ayant trait à l'échantillon lui-même : l'origine de l'échantillon (contexte pédoclimatique), nature de l'échantillon analysé (feuilles fraîches ou séchées), méthode de

conservation de l'échantillon depuis la récolte jusqu'à l'analyse. Par ailleurs, la méthode employée, le nombre de répétitions de l'analyse, les erreurs expérimentales sont susceptibles de variation, des sources de variation, parce qu'ils sont parmi les facteurs liés à l'analyse elle-même (<http://pikliz.com/valeur-nutritionnelle-du-moringa-oleifera>, 2024).

En conséquence, une analyse d'un échantillon particulier (dans ce cas, de *Moringa*, du manioc et de l'oseille) pour en déterminer la composition et la valeur nutritionnelles dépend essentiellement du contexte dans lequel ces données ont été obtenues. En ce sens, les compositions et les valeurs nutritives des échantillons sont variables selon les contextes d'analyses (<http://pikliz.com/valeur-nutritionnelle-du-moringa-oleifera>, 2024).

## CONCLUSION ET APPLICATION DES RÉSULTATS

Cette investigation a eu pour objectif principal de doser le fer ( $Fe^{2+}$ ) dans les feuilles de *Moringa oleifera*, *Manihota esculenta* et *Hibiscus acetolla Red Shield* récoltées au nouveau site de l'Institut Supérieur Pédagogique de Kikwit et d'en déterminer la teneur respective par la méthode spectrophotométrique. Cette étude comparative nous conduit à l'affirmation selon laquelle l'ordre décroissant en teneur en  $Fe^{2+}$  de ces espèces est *Manihota esculenta*, *Moringa oleifera*, *Hibiscus acetolla Red Shield*. Dans le même temps, elle nous offre une opportunité d'application photocatalytique de ce matériau ( $Fe^{2+}$ ) dans le dopage de  $TiO_2$  en vue d'optimisation des conditions de dégradation des polluants récalcitrants des eaux du Kwilu et donc de la République Démocratique du Congo. Une alternative est de l'approfondir sur les différentes parties des espèces analysées (racines, écorces, boutures, tubercules, fleurs, graines, par exemple) selon les milieux de cultures et les méthodes d'analyse variés.

Cette investigation révèle qu'il convient d'encourager la culture et la consommation de ces espèces de :

- *Moringa oleifera* (Réault Yves, 2020 ; Olson, M.E., 2002 ; Price M.L., 2007 ; Panchal M. A. et al., 2010), étant donné que ses feuilles sont des aliments particulièrement riches en nutriments. Certes, les feuilles de moringa ont un taux de matière sèche élevé, soit autour de 20 à 25 % de composition nutritionnelle. Ces résultats et cette option sont conformes aux données de la littérature antérieure (Delaveau P. et Boiteau P., 1980 ; Broin M, 2005 ; Abbera M. et al., 2011 ; Hama-Ba F. et al., 2016 ; Manzo M.L. et al., November 2016 ; <https://www.ombellenature.com/curcuma/2159-moringa-poudr...>; <https://winalite-cotedivoire.e-monsite.com/pages/moringa-oleif...>, 2024;) et présente de nombreuses vertus thérapeutiques en médecine traditionnelle (Tahiliani P. et Kar A., 2000 ; Anwar F. et al., 2007 ; Jaiswal D. et al., 2009 ; Rosillon F., 2012 ; Kumbhare et al., 2012).

- *Manihota esculenta*, une espèce tropicale la plus consommée de feuilles aux tubercules (racines), et dont la teneur en matière sèche du manioc varie de 15 à 47 % selon les cultivars. Les feuilles de manioc contiennent les protides, lipides, glucides, calcium, phosphore, la vitamine C, des flavonoïdes, des polyphénols, des tanins et une grande quantité de fer (Busson F. & Bergeret B., 1968 ; Kouakou Aya A. et al., 2017 ; Vernier P. et al., 2018).

- *Hibiscus acetolla Red Shield*, une espèce très concentrée en vitamines, minéraux et oligo-éléments ; légèrement riche en eau et pauvre en nutriments énergétiques. Cette espèce est caractérisée par sa saveur acidulée dont les acides organiques en l'occurrence de l'acide oxalique en sont responsables (Cisse

M., 2010). Dans le même temps, elle est utilisée comme médicament dans le traitement de certaines maladies

(<https://doctorhoogstra.com/fr/rajeunissement-toxine-botulique>, 2024) telle que le furoncle. La double faiblesse de la consommation de l'oseille ne s'explique que lorsqu'elle est consommée de manière excessive qui entraîne entre autres l'hypocalcémie c'est-à-dire la diminution du taux de calcium dans l'organisme animal (Cisse M., 2010). De même, la vitamine C appelée aussi l'acide ascorbique constitue un facteur de la lithiase oxalo-calcique en raison de sa conversion enzymatique en acide oxalique (<https://raw-feeding-prey-model.fr/les-calculs-urinaires>, 2024).

## REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient avec frénésie Monsieur Muzinga Gigal et les membres du comité de gestion de l'Institut Supérieur

Pédagogique de Kikwit pour leur soutien à la réalisation de cette investigation.

## RÉFÉRENCES

Anwar Farooq, Sajid Latif, Muhammad Ashraf and Anwarul Hassan Gilani, (2007), *Moringa oleifera*: A food plant with multiple medicinal uses, *Phytother Res.* pp 17-25.

<https://doi.org/10.1002/ptr.2023>

Broin M, (2005), Composition nutritionnelle des feuilles de *Moringa oleifera*. CTA.

Busson F. & Bergeret B., (1968), Contribution à l'étude chimique des feuilles de manioc (*Manihot Utilissima* Pohl Euphorbiacées). *Médecine tropicale*. Vol. 18. N°1, pp 142-144.

Chandra N., Singh V. and Bharti A. K., (2022), 5G: The next-generation technology for edge communication. In *Artificial Intelligence and Machine Learning for EDGE Computing* (pp. 373-394). Academic Press. Cité par Enoch Oluwademilade Sodiya,

Uchenna Joseph Umoga, Alexander Obaigbena, Boma Sonimitiem Jacks, Ejike David Ugwuanyi, Andrew Ifesinachi Daraojimba, and Oluwaseun Augustine Lottu, (2024), Current state and prospects of edge computing within the Internet of Things (IoT) ecosystem, *International Journal of Science and Research Archive*, 11(01), 1863–1873. DOI: <https://doi.org/10.30574/ijrsra.2024.11.1.0287>

Cisse M., (2010), Couplage des procédés membranaires pour la production d'extraits anthocyaniques : Application à *Hibiscus sabdariffa*, Thèse de doctorat, Université Montpellier Supagro, France.

Delaveau P. et Boiteau P., (1980), Huile à intérêt pharmacologique, cosmétologique et diététique IV.

- Huiles de Moringa Oleifera Lam et de M. drouhardii Jumelle. Plantes médicinales et phytothérapie, 217p.
- Dillon J-C, (2000), Prévention de la carence en fer en milieu tropical, en médecine tropicale, 856p.
- Disa-Disa Pascal, Luc Ludemi, Fabrice Nduku, Gracien Ekoko, Ruben Koy Kasongo & Crispin Mulaji (2020), Assessment of the physico-chemical and microbiological quality of spring waters in the city of Kikwit (Democratic Republic of Congo) Évaluation de la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau des sources dans la ville de Kikwit en République Démocratique du Congo. EWASH & TI Journal, Volume 4 Issue 3, Page 451-459.
- Dolly Jaiswal, Prashant Kumar Rai, Amit Kumar, Shikha Mehta, Geeta Watal, (2009), Effect of Moringa Oleifera Lam, Leaves aqueous extract therapy on hyperglycemic rats, Journal of ethnopharmacology, pp392-396.  
<https://doi.org/10.1016/j.jep.2009.03.036>
- Ekoko B.G. (2007), Photocatalytic Degradation of Aqueous Dyes Solutions by Transition Metals Doped- TiO<sub>2</sub> Nanoporous Electrodes Prepared By Re-anodization Method, PhD thesis, School of Material Science and Engineering, Shanghai University.
- FAO, (2013), L'état de l'insécurité alimentaire dans le monde, Rome, 63p.
- Fehr, (1990) cité dans Anonyme, (2009) ; Monographie de la ville de Kikwit ; ISP-Kikwit & Ministère provincial du plan. (Inédit), Kikwit.
- Fleurentin J. & Weniger B., (2018), UN TOUR DU MONDE des plantes qui soignent : Afrique, Amériques, Chine, Outremer, Europe.p53.
- Hama-Ba F., Silga P. et Diawara B., (2016), Evaluation de la qualité et de l'acceptabilité de couscous à base de trois formulations de farines composites enrichies au soja (Glycine max) et au moringa (Moringa oleifera Moringa oleifera), Int. J. Biol. Chem. Sci. 10(6): 2497-2510, December 2016, ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print). Original paper,  
<http://ajol.info/index.php/ijbcs>;  
<http://indexmedicus.afro.who.int>. Available online at  
<http://www.ifgdg.org>  
<https://doi.org/10.4314/ijbcs.v10i6.8>  
<https://www.ceb.uminho.pt/fit/Publications/Details/17821>, 2024  
<http://pikliz.com/valeur-nutritionnelle-du-moringa-oleifera>, 2024  
<https://www.e-sante.fr/bilan-ferrique-fer-ou-bilan-martial/guide/...>, 2024  
<https://www.nutrition-equilibree.com/tag/faire-du-sport>, 2024  
<https://www.e-sante.fr/fer-ses-roles/guide/868>, 2024  
[https://www.memoireonline.com/02/19/10570/m\\_Performance-du-chou-pomme--base-de-bouse-de-porc-et-le-chromolaena-odorata--base-de-kikwit11.html](https://www.memoireonline.com/02/19/10570/m_Performance-du-chou-pomme--base-de-bouse-de-porc-et-le-chromolaena-odorata--base-de-kikwit11.html), 2024  
<https://di.univ-blida.dz/jspui/bitstream/123456789/5098/1/32-6...>, 2024  
<https://core.ac.uk/download/pdf/42968920.pdf>, 2024  
<https://sites.ensfea.fr/physique-chimie/wp-content/uploads/site...>, 2024  
<https://sites.ensfea.fr/physique-chimie/wp-content/uploads/site...>, 2024  
<https://www.doc-developpement-durable.org/file/Culture/Plante...>, 2024  
<http://pikliz.com/valeur-nutritionnelle-du-moringa-oleifera>, 2024

- <https://www.ombellenature.com/curcuma/2159-moringa-poudr...>, 2024
- <https://winalite-cotedivoire.e-monsite.com/pages/moringa-oleif...>,2024
- <https://doctorhoogstra.com/fr/rajeunissement-toxine-botulique>, 2024
- <https://raw-feeding-prey-model.fr/les-calculs-urinaires>, 2024
- Kamath N., Swaminathan R. and Desai N., (2016) Antibacterial activity of Indian medicinal plant-*Moringa oleifera* against MRSA and *Klebsiella* Spp.(ESBL) which are commonly isolated bacteria in hospital environments. *International Journal of Applied Research*; 2(8): 515-517.
- Koto-te-Nyiwa Ngbolua, Aaron L. Pambu, Louange S. Mbutuku, Honoré Kongo Nzapo, Gédéon N. Bongo, Nadine Bipendu Muamba, Clarisse M. Falanga, Zoawe B. Gbolo, and Pius T. Mpiana, (Jun. 2016) Étude comparée de l'activité floculante de *Moringa oleifera* et *Vetivera zizanioides* dans la clarification des eaux de mare au plateau de Batéké, République Démocratique du Congo, *International Journal of Innovation and Scientific Research*, Vol. 24, No2, pp. 379-387.
- Kouakou Aya A., Konan R., N'dri Yao D., (2017), Étude comparative de la composition biochimique et physico-chimique des variétés de manioc *Manihot esculenta* Crantz cultivées en Côte d'Ivoire, UFR des Sciences Technologies des Aliments, Université Nangui Abrogoua, Abidjan.
- Kumbhare M.R., Guleha V., Sivakumar T., (2012), Estimation of total phenolic content, cytotoxicity and in-vitro antioxidant activity of stem bark of *Moringa Oleifera*. *Asian Pacific*, pp144-150.
- [https://doi.org/10.1016/S2222-1808\(12\)60033-4](https://doi.org/10.1016/S2222-1808(12)60033-4)
- La pharmacopée sénégalaise traditionnelle : plantes médicinales et toxiques Editions 1974. pp. 241-245, 723-725.
- Mata, G. N., Lohohola, P. O., Tshibangu, D. K., Kalele, H. M., Mawete, T. D., Mvele, O. M., & Ekoko, G. B. (2021). Characterization of Supermagnetic Magnetite Powder Synthesized with Water Extracts of *Moringa oleifera* Leaves and FeCl<sub>2</sub>·7 H<sub>2</sub>O. *American Journal of Physical Chemistry*, 10(3), 48-51.
- <https://doi.org/10.11648/j.ajpc.20211003.11>
- Manzo M.L., Halidou D.M., Hallarou M., Illo A., Rabani A., Donnen P. and Dramaix M., (November 2016), Composition de la poudre des feuilles sèches de *Moringa Oleifera* dans trois régions du Niger, *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development (ajfnd)*, Vol. 16, n°4, (11432-11442), published by Africa Cholary Science Communications Trust, ISSN 1684 5374, DOI :10.18697/ajfand.76.1511.
- <https://doi.org/10.18697/ajfand.76.15115>
- Mawank Pankhall A., Krishna Murt, Vicky Lambeck and Vipol Gajera, (2010), Pharmacological properties of *Moringa Oleifera*. *Review Pharmacology online*, pp768-775.
- Melesse A., Tiruneh W., Negesse T., (mayo-agosto, 2011), EFFECTS OF FEEDING *Moringa stenopetala* LEAF MEAL ON NUTRIENT INTAKE AND GROWTH PERFORMANCE OF RHODE ISLAND RED CHICKS UNDER TROPICAL CLIMATE, *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, vol. 14, núm. 2, pp. 485-492, Universidad

- Autónoma de Yucatán Mérida, Yucatán, México.  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93918231012>
- Mutungu K. et Sangibala N'K., (1990), Essai d'une étude de l'habitat dans une ville du tiers-monde: l'exemple de Kikwit (Zaire), *Pistes et recherches*, 5 (2-3), 309-334.
- Nduku Fabrice, Ekoko Gracien, Disa-Disa Pascal, (2022), Essai d'inactivation bactériologique des eaux de la rivière Kwilu en présence de la poudre de TiO<sub>2</sub> en combinaison avec de tourteaux de *Moringa oleifera* sous irradiation ultraviolette, *Pistes et recherches*, ISP-Kikwit, Volume 37, n°1, 2021.
- Niasa Mata G., K'Ekuboni Malongue J., Osomba Lohohola P., Lunguya Muswema J., Muamba Mvele O., Imboyo Ndjoko R., Mulonda Kalele H., Kabuya Tshibangu D., Kavuna Mahuku P., Gracien Bakambo Ekoko G., (2022). A friendly Environmental Route for the Fabrication of Spinel Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Nanorods, Using Inorganic Precursor Salt and Aqueous Extracts of *Moringa oleifera* leaves. *South Asian Res J Eng Tech*, 4(2): 31-37.  
<https://doi.org/10.36346/sarjet.2022.v04i02.002>
- Olson, M.E., (2002), Intergeneric relationships within the Caricaceae-Moringaceaeclade (Brassicales) and potential morphological synapomorphies of the clade and its families, *International Journal of Plant Sciences*, pp51-65.  
<https://doi.org/10.1086/324046>
- Subrata Kumar Biswas, Anusua Chowdhury, Joysree Das, Ajoy Roy and Zahid Hosen S.M, (2012), Pharmacological Potentials of *Moringa Oleifera* Lam.: A Review. *IJPSR*, 2012; Vol. 3(2): 305-310.
- Pharmacopée Traditionnelle de la République Démocratique Du Congo, (2009), Science et Tradition, Première Edition, Ministère de la Santé, 355p.
- Price M.L., (2007), Le Moringa, Note technique-ECHO, 22p.
- Rathi, B. S., Bodhankar, S. L. and Baheti, A. M. (2006). Evaluation of aqueous extract of *Moringa oleifera* for wound healing in albino rats. *Indian Journal of Experimental Biology* 44:898-901.
- Réault Yves, (2020), *Moringa: les meilleures options pour 2020*, Paris, p3.
- Rosillon F., (2012), Estimation of the nitrate contents in water by using reagent strips, Burkina Faso, p12.
- Tahiliani P. et Kar A., (2000), Role of *Moringa Oleifera* leaf extract in the regulation of thyroid hormone status in adult male and female rats, *Pharmacological Research*, p319-323.  
<https://doi.org/10.1006/phrs.1999.0587>
- Uddin, S.U., Chidolue, O., Azeez, A. and Iqbal, T., (2022, June), Design and Analysis of a Solar Powered Water Filtration System for a Community in Black Tickle-Domino. In 2022 IEEE International IOT, *Electronics and Mechatronics Conference (IEMTRONICS)* (pp. 1-6). IEEE. Cité par Enoch Oluwademilade Sodiya, Uchenna Joseph Umoga, Alexander Obaigbena, Boma Sonimitiem Jacks, Ejike David Ugwuanyi, Andrew Ifesinachi Daraojimba, and Oluwaseun Augustine Lottu, (2024), Current state and prospects of edge computing within the Internet of Things (IoT) ecosystem, *International Journal of Science and Research Archive*, 11(01), 1863–1873. DOI: <https://doi.org/10.30574/ijrsra.2024.11.1.0287>

Vernier P., N'Zué B., Zakhia-Rozis N., (2018), Le manioc, entre culture alimentaire et filière agro-industrielle. Agriculture tropicale en poche, Ed. Quæ CTA, Presses agronomique de Gembloux, 235p. <https://doi.org/10.35690/978-2-7592-2708-2>