



## Etude comparative de la composition minérale des constituants de trois catégories de *Ceratonia siliqua* L. (Comparative study of the mineral composition of the constituents of three varieties of *Ceratonia siliqua* L.)

Hanane El Hajaji<sup>1</sup>, Abdellah Farah<sup>2</sup>, Abdesslam Ennabili<sup>2</sup>, Dalila Bousta<sup>2</sup>,  
Hassane Greche<sup>2</sup>, Brahim El Bali<sup>3</sup>, Mohammed Lachkar<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Engineering Laboratory of Organometallic and Molecular Materials "LIMOM", CNRST (URAC 19), Faculty of Sciences Dhar El Mahraz, University Sidi Mohamed Ben Abdellah, Po. Box 1796 (Atlas), 30000 Fez, Morocco

<sup>2</sup> National Institute of Medicinal and Aromatic Plants, University of Sidi Mohamed Ben Abdellah, Po. Box 8862, 30100 - Fez, Morocco

<sup>3</sup> Laboratory of Mineral Solid and Analytical Chemistry, 'LMSAC', Department of Chemistry, Faculty of Sciences, University Mohamed I, Po. Box 717, 60000 Oujda, Morocco

Received 13 Apr 2012; Revised 22 Sept 2012; Accepted 22 Sept 2012.

\*Corresponding author: [lachkar.mohammed@gmail.com](mailto:lachkar.mohammed@gmail.com); Tel: +212 671 556 742; Fax: +212 535 733 171

### Abstract

The mineral composition of leaves, bark, skin and pulp of three categories of *Ceratonia siliqua* L. collected in areas of Chefchaouen in north of Morocco was investigated. The mineral macro-elements and oligo-elements are dosed by atomic absorption spectrophotometry. A high percentage of calcium and potassium makes conspicuous all the bodies studied. The results obtained enabled us to identify the presence of bonds between the quantitative variables and the qualitative variables (the analyzed body, age and genotype).

**Keywords:** *Ceratonia siliqua* L., leaves; barks, pulp, skin, mineral composition.

### Résumé

L'analyse de la composition minérale (potassium, calcium, magnésium, cuivre, zinc, sélénium, fer, sodium, chlorures et phosphore) des feuilles, des écorces, des téguments et des pulpes de *Ceratonia siliqua* L. collectés dans la province de Chefchaouen (Nord-ouest du Maroc) a montré qu'il y a un vivier insoupçonné au niveau des éléments minéraux détectés. Une teneur élevée en calcium et en potassium singularise tous les organes étudiés. Les résultats obtenus nous ont permis d'identifier la présence d'un lien entre les variables quantitatives et les variables qualitatives (organe analysé, année de collecte et génotype).

**Mots clés :** *Ceratonia siliqua* L., feuilles, écorces, pulpe, téguments, composition minérale.

### 1. Introduction

*Ceratonia siliqua* L. fait partie des *Leguminosae*, c'est un arbre xérophyte et commun dans les pays méditerranéens depuis des siècles, généralement connu sous le nom du caroubier [1]. Il occupe le thermoméditerranéen aride supérieur à semi-aride supérieur, et fait preuve de qualités d'adaptation en terrains. Il se développe mieux dans les creux et les vallées abritées avec un sol profond et modérément asséchées. Le caroubier qui au Maroc revêt un certain intérêt socio-économique occupe une superficie de 30 000 ha [2,3]. Il est localisé dans les plaines et les moyennes montagnes du Rif, du Moyen Atlas, du Haut Atlas et de l'Anti-Atlas et sous des bioclimats de type humide, sub-humide, semi-aride et aride côtier à variantes chaude et tempérée. Il est souvent en association avec l'olivier, le lentisque, le thuya ou l'arganier [4].

La production mondiale est estimée à 310 000 tonnes par an, produites dans environ 200 000 ha, soit 1,55 tonne/ha. L'Espagne est le premier producteur avec 135 000 tonnes et le Maroc est considéré comme le

deuxième producteur de caroube au monde [5]. Cette production a atteint 24% de la production mondiale avec 8000 tonnes en 2005 ; sachant que cette production connaît une amélioration de 5 à 10 % par année [6]. Le caroubier est cultivé depuis longtemps pour l'alimentation humaine et animale ; il connaît actuellement un regain d'intérêt puisque tous les constituants de l'arbre sont utilisables maintenant. Cette espèce est de plus en plus demandée par les industries agro-alimentaires, pharmaceutiques et diététiques grâce à son contenu en composés phénoliques qui lui confèrent différents rôles : antioxydant, facilité de la digestion, baisse du taux de cholestérol... [7,8]. Comme l'illustre des études récentes, les feuilles et les écorces du caroubier ont une activité antioxydante importante grâce à leurs richesses en métabolites secondaires, notamment en composés phénoliques, substances naturelles antioxydantes à intérêt considérable en pharmacologie [9,10].

Dans ce travail, nous exposons une étude comparative de certains éléments chimiques des organes de trois catégories du caroubier afin de s'informer sur la situation nutritionnelle de cette plante.

## 2. Matériel et méthodes

### *Matériel végétal*

Durant les mois de juillet et août 2006, une campagne de prélèvement de feuilles et d'écorces a été menée sur des catégories du caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) originaire de la province de Chefchaouen (Nord-ouest du Maroc) : "Lanta" (greffée), "Dkar" non productive (mâle spontanée) et "Dkar" productive (femelle spontanée). La pulpe et les téguments des graines de caroube, collectés en 1999 et 2000 et utilisés dans ce travail, ont été empruntés auprès du Laboratoire de Biologie Appliquée et Sciences de l'Environnement de la Faculté des Sciences et Techniques de Tanger, ayant effectué des travaux de recherche sur les mêmes catégories de caroubier [11].

### *Méthode d'analyse*

Les éléments minéraux étudiés ont été dosés dans le résidu de produit calciné à 500 C° pendant 5 h, avec une prise d'essai de 25 g pour les feuilles et les écorces, et de 30 g pour les téguments et les pulpes. Le dosage des oligo-éléments étudiés (Ca, K, Mg, Na, P, Cl, Cu, Fe, Zn et Se) a été réalisé par la méthode de l'eau régale et analyse par la Spectrométrie d'Emission Atomique de Plasma d'argon à Couplage Inductif (ICP-AES). La méthode à l'eau régale, a pour principe la mise en solution de l'échantillon dans un mélange d'acide chlorhydrique et nitrique selon le mode opératoire suivant : on pèse 0,15 g de la matière minérale, on y ajoute 2 à 3 ml d'eau régale, on porte sur une plaque chauffante et on laisse évaporer à sec. On ajoute ensuite 25 à 30 ml d'acide chlorhydrique (2M) jusqu'à dissolution totale puis on analyse par l'ICP-AES. L'appareil utilisé est un ICP-AES (Varian-Vista), équipé d'un nébuliseur ultrasonique Cetac. Les principaux paramètres d'analyse de l'appareil sont :

- Ü Puissance de Rf : 0.7 - 1.5 kilowatt (1.2-1.3 kilowatt pour axial) ;
- Ü Débit du gaz de plasma (Ar) : 10.5- 15 l/min (radiaux), 15 l/min (axiaux) ;
- Ü Débit auxiliaire de gaz (Ar) : 15 l/min (axiaux) ;
- Ü Taille de visionnement : 5-12 mm ;
- Ü Temps de copie et de lecture : 1-5s (maximum 60 s) ;
- Ü Temps de copie : 3 s (maximum 100 s).

## 3. Résultats et discussions

Les résultats de l'analyse élémentaire des feuilles, des écorces, des téguments et de la pulpe de trois catégories du caroubier (femelle spontanée, mâle spontanée et femelle greffée) sont représentés par les figures et les tableaux ci-dessous.

L'analyse de ces résultats montre que quelle que soit la catégorie étudiée, le calcium présente une prédominance remarquable dans les feuilles et les écorces par rapport aux autres éléments détectés (K, Mg, Na, P, Cl, Cu, Fe, Zn et Se) (Figures 1-4). En comparaison avec les écorces, et à l'exception du potassium en tant que macronutriment principal, les trois catégories des feuilles ont une concentration plus élevée en d'autres éléments minéraux analysés (Ca, Mg, P et Zn) (Tableau 1) ; alors que pour le cuivre, le fer et le sélénium, les écorces présentent des teneurs élevées. Dans les feuilles, le fer est le constituant majoritaire des micronutriments chez les trois catégories ; ce qui est en accord avec les résultats d'une étude similaire réalisée au Portugal [12]. Le Tableau 1 montre que les teneurs les plus élevées en calcium, en fer, en zinc et en sélénium ont été observées chez les feuilles de la catégorie femelle spontanée; alors que les feuilles de la

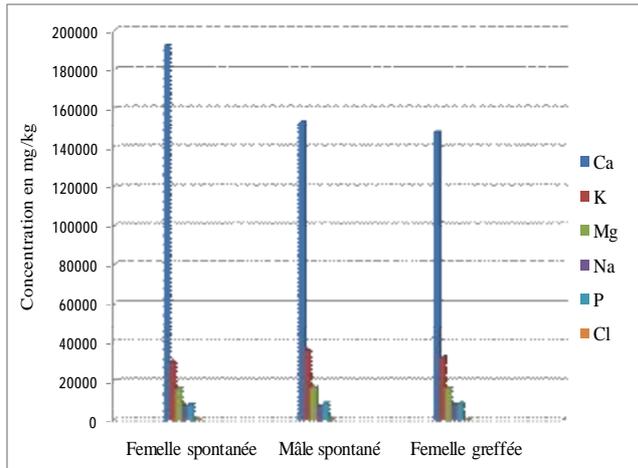
catégorie mâle spontané sont les plus concentrées en d'autres éléments (P, K, Mg, Cl et Cu), avec une teneur en sodium la plus basse. Le contenu élevé de sodium a été détecté dans les feuilles du type femelle greffée. Ces dernières ont une concentration nutritive inférieure comparée aux feuilles des types femelle spontanée et mâle spontané. Pour les principaux oligoéléments, le fer est majoritairement présent dans l'écorce. L'analyse et la comparaison des résultats obtenus nous ont conduits à conclure que l'écorce du type femelle greffée contient des concentrations plus élevées en potassium, en magnésium, en phosphore, en chlore et en fer, comparativement à l'écorce des deux autres types.

**Tableau 1** : Teneurs en minéraux (mg/kg de matière sèche) des feuilles et des écorces du caroubier.

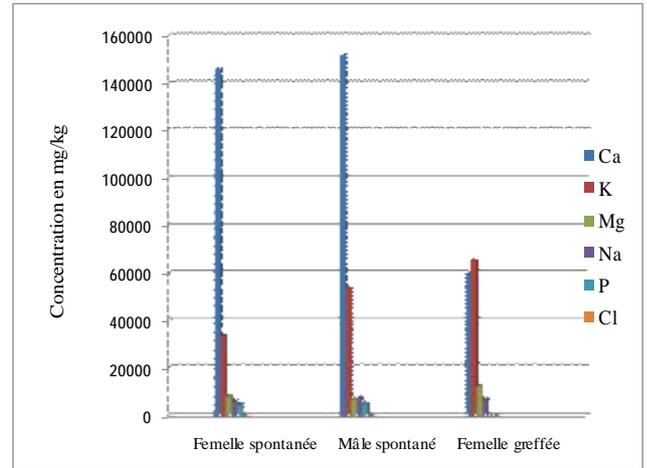
	Feuilles			Ecorces		
	Femelle spontanée	Mâle spontané	Femelle greffée	Femelle spontanée	Mâle spontané	Femelle greffée
Ca	191949,256	153282,048	148309,793	146028,931	151784,690	59764,147
K	30036,130	36115,193	32414,285	33441,305	53819,752	65558,510
Mg	16436,379	17192,032	16867,115	8271,895	6975,625	12538,050
Na	7985,129	7545,141	8424,476	6295,228	7637,179	6940,236
P	8288,887	9036,849	8887,762	4822,101	5387,424	9712,154
Cl	189,322	195,214	190,124	120,321	111,325	156,126
Cu	53,255	81,696	62,704	88,041	95,1390	91,712
Fe	2429,514	1892,435	1621,644	3600,600	5474,610	9180,598
Zn	260,709	91,685	82,740	124,8200	120,765	99,908
Se	1,2990	0,8945	0,432	1,278	0,147	0,155

**Tableau 2** : Teneurs en minéraux (mg/kg de matière sèche) de la pulpe et des téguments de caroube.

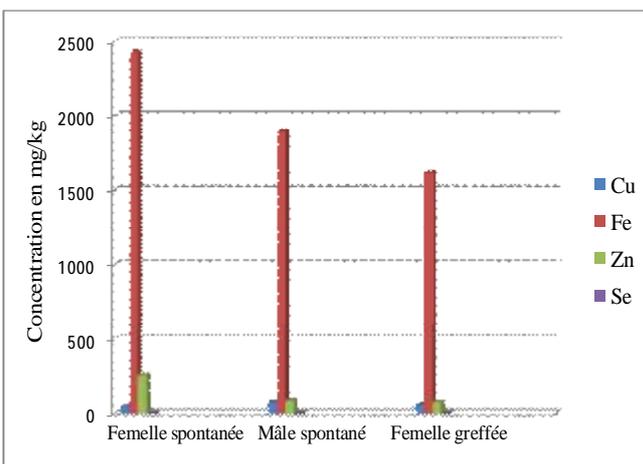
	Téguments				Pulpe	
	Femelle spontanée 2000	Femelle spontanée 1999	Femelle greffée 2000	Femelle greffée 1999	Femelle spontanée	Femelle greffée
Ca	161392,173	49850,000	89511,054	45900,000	20600,000	22740,000
K	26046,115	104400,000	19120,283	114590,000	208930,000	200470,000
Mg	40540,663	12650,000	23502,251	14220,000	5290,000	3960,000
Na	15802,176	6720,000	9414,404	71190,000	4710,000	6390,000
P	14387,650	4480,000	5307,81	6600,000	17430,000	21050,000
Cu	248,179	48,250	118,069	72,132	74,180	126,661
Fe	2187,349	424,925	1692,038	408,788	1390,820	144,695
Zn	2550,08	341,380	1361,322	383,588	358,063	267,797
Se	1,407	1,3280	0,609	1,542	0,967	0,495



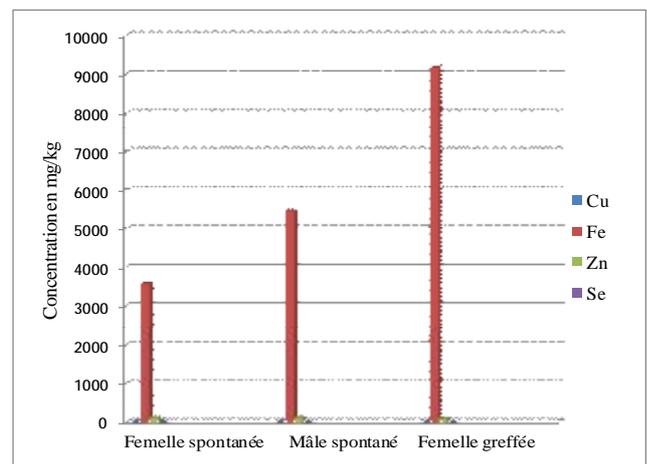
**Figure 1 :** Présentation graphique des macronutriments des feuilles.



**Figure 2 :** Présentation graphique des macronutriments des écorces.



**Figure 3 :** Présentation graphique des micronutriments des feuilles.



**Figure 4 :** Présentation graphique des micronutriments des écorces.

L'analyse des résultats qui figurent dans le Tableau 2 met en évidence une accumulation plus importante de la plupart des macro-éléments dans les téguments par rapport à la pulpe (Figures 5 et 6). Si on compare la composition minérale des téguments entre eux, on remarque que les téguments de type femelle spontanée collectés en 2000 présentent les concentrations les plus élevées des éléments minéraux détectés sauf pour le potassium, le sodium et le sélénium qui sont présents en forte concentration dans les téguments de type femelle greffée collectés en 1999. De même, les téguments de type femelle greffée collectés en 2000 possèdent de fortes teneurs en éléments analysés comparativement à ceux collectés en 1999, exception faite pour le potassium, le sodium, le phosphore et le sélénium. Ceci montre que les teneurs en éléments minéraux varient chez cette espèce d'une année à l'autre.

La comparaison des teneurs minérales, consignés dans le Tableau 2, nous a permis de constater aussi la richesse de la pulpe de caroube en potassium et en calcium ; ce qui est comparable avec les observations déjà faites par Puhan & Wielinga [13]. De même, la pulpe du type femelle spontanée contient moins de Na, P, Cu et Fe, et plus de Ca, K, Mg et de Zn que la pulpe du type femelle greffée. L'analyse et la comparaison des compositions minéralogiques pour le même type d'organe montrent que les teneurs en minéraux peuvent varier sensiblement suivant le génotype de la même espèce. La variation de la composition en éléments minéraux

dépend aussi de l'année de collecte et de l'organe analysé. En effet chez la même plante, d'importantes variations de la teneur minérale des tissus peuvent avoir lieu selon les organes analysés (racines, écorce, fleurs, fruits et feuilles). Celles-ci sont dues en particulier aux transferts internes d'éléments minéraux entre différents organes de la plante. Pour les feuilles, par exemple, la composition minérale peut varier sensiblement suivant la position de la branche le long du tronc et celle de la feuille sur la branche, comme il a été mis en évidence au Congo chez eucalyptus (*Alba x urophylla*) [14-16].

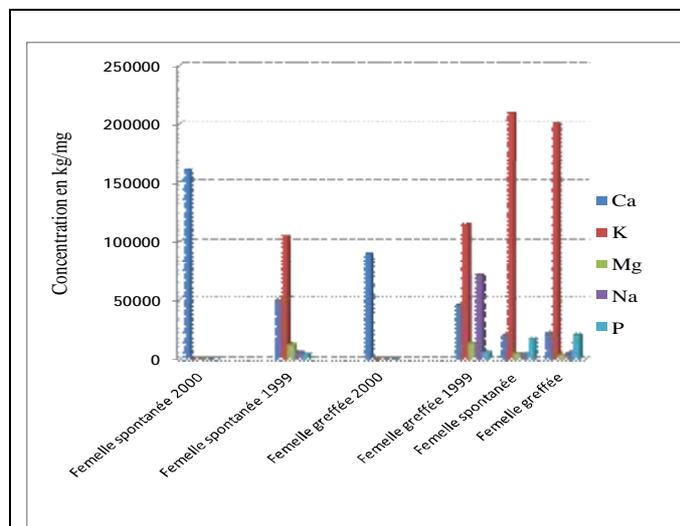


Figure 5 : Présentation graphique des macronutriments des téguments.

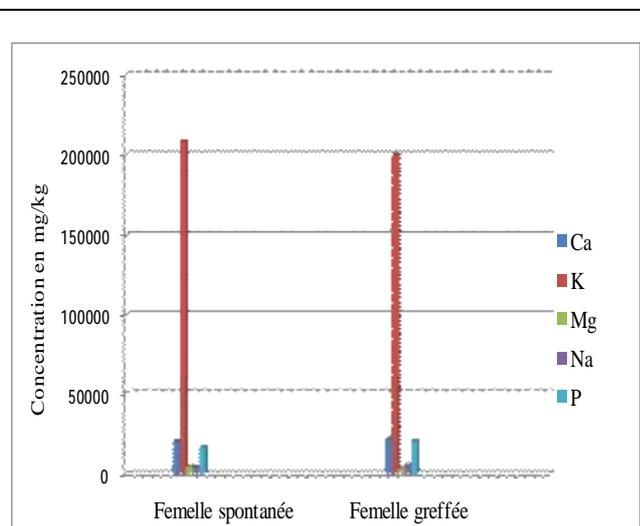


Figure 6 : Présentation graphique des macronutriments des pulpes.

## Conclusion

Au terme de cette étude, les résultats de l'analyse nutritionnelle des constituants de différentes parties (feuilles, écorces, téguments et pulpes) de trois variétés du caroubier (femelle spontanée, mâle spontanée et femelle greffée) ont montré que cette plante constitue une ressource importante de minéraux, surtout le calcium, le fer et le potassium. Le dépouillement des résultats obtenus nous a permis d'identifier la présence de liens entre la composition minérale (variables quantitatives) et différentes variables qualitatives que nous nous sommes fixés, en particulier : l'organe analysé, l'année de collecte et le génotype.

## Remerciements

Ce travail a été réalisé grâce au soutien financier du CNRST (Centre National de la Recherche Scientifique et Technique, Rabat, Maroc) et de l'Université Sidi Mohamed Ben Abdellah. Les auteurs remercient l'Association ADEM (Chefchaouen, Maroc) pour l'assistance lors de l'échantillonnage du matériel végétal.

## Références bibliographiques

- Polunin, O., Huxley, A. Flowers of the Mediterranean, Publications of Chatto and Windos Ltd., London (1972).
- Ouchkif, M. Etude sur le caroubier. Append number 8 of Project Oued Srou. MARA (Morocco)-GTZ (Germany), DPA of Khenifra. 42 p (1988) (unpublished results).
- Gharnit, N., El Mtili, N., Ennabili, A., Sayah F. Importance socio-économique du caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) dans la Province de Chefchaouen (Nord ouest du Maroc). *J. Bot. Soc. Bot. France* 33 (2006) 43-48.
- Transfert de technologie en agriculture, MADRPM/DERD, PENTA : Production de plantes sélectionnées et greffées de caroubier, sommaire n°153 (2007).
- Batlle, I., Tous, J. Carob tree: *Ceratonia siliqua* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops 17. Gatersleben: Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research. Rome: International Plant Genetic Resources Institute (1997).

6. Gharnit, N. Caractérisation du caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) originaire de la Province de Chefchaouen (Nord-ouest du Maroc). Thèse de doctorat, Faculté des Sciences et Techniques, Université Abdelmalek Essaâdi, Tanger, Maroc, 141 p (2003).
7. Owen, R.W., Haubner, R., Hull, W.E., Erben, G., Spiegelhalder, B., and Bartscha, H. Isolation and structure elucidation of the major individual polyphenols in carob fibre. *Food and Chemical Toxicology* 41 (2003) 1727-1738.
8. Makris, D. P., and Kefalas P. Carob Pods (*Ceratonia siliqua* L.) as a Source of Polyphenolic Antioxidants. *Food Technol. Biotechnol.* 42 (2) (2004) 105-108.
9. El Hajaji, H., Lachkar, N., Alaoui, K., Cherrah, Y., Farah, A., Ennabili, A., El Bali, B., Lachkar, M. "Antioxidant activity, phytochemical screening and total phenolic content of extracts from three genders of carob tree barks growing in Morocco", *Arabian Journal of Chemistry*, 4 (2011) 321-324.
10. El Hajaji, H., Lachkar, N., Alaoui, K., Cherrah, Y., Farah, A., Ennabili, A., El Bali, B., Lachkar, M. "Antioxidant Properties and Total Phenolic Content of Three Varieties of Carob Tree Leaves from Morocco", *Rec. Nat. Prod.* 4 (2010) 193-204.
11. Maghreb Canada Express : Le caroubier (*Ceratonia siliqua* L.), une richesse nationale aux vertus médicinales Vol. V (9) (2007) 20.
12. Custódio, L., Correia, P. J., Martins-Loução, M. A., Romano, A. Floral Analysis and Seasonal Dynamics of Mineral Levels in Carob Tree Leaves, *J. Plant Nutr.*, 30 (2007) 739-753.
13. Puhan, Z., and Wielinga, M.W. Products derived from carob pods with particular emphasis on carob bean gum (CBG). Report Technical Committee of INEC (unpublished results) (1996).
14. Refass, A. Analyse multi-élémentaire et analyse statistique de plantes à usage médicinal traditionnel au Maroc. Thèse de doctorat, Faculté des Sciences Ben M'Sik, Université Hassan II - Mohammedia Casablanca, Maroc (2000).
15. Loumeto, J.J. Contribution à l'étude de la distribution minérale dans les eucalyptus du Congo. Thèse de Doctorat de troisième cycle en Ecologie. Université de Rennes, France. 134 p (1986).
16. Loubelo, E. Etude comparative de quelques éléments du fonctionnement de deux peuplements d'eucalyptus au Congo. Thèse de Doctorat en Sciences Biologiques. Université de Rennes, France. 150 p. (1990).

(2013) <http://www.jmaterenvirosci.com>