



## Caractérisation des sols du Nord du Maroc (Bassin Loukkos) (Characterization of the soils in North Morocco (Loukkos area))

M. Edahbi<sup>1</sup>, M. Khaddor<sup>1</sup>, F. Salmoun<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Département génie chimique, Laboratoire Physico-chimie des Matériaux, Substances Naturelles et Environnement, Faculté des Sciences et Techniques de Tanger, Université Abdelmalek Essaâdi Tanger-Tétouan

Received 7 Dec 2013, Revised 16 July 2014, Accepted 17 July 2014

Corresponding author: [edahbimohamed@gmail.com](mailto:edahbimohamed@gmail.com)

### Abstract

This research for characterization of the soils in agricultural sector in North of Morocco in Loukkos area. The theme of the research fits sustainable development policy pursued by the national authorities. In this context that the present study provides the characterization of three soil types representative of Loukkos in North of Morocco (size fractionation, the distribution of organic matter, total organic carbon (TOC), the total nitrogen and carbonate content). Soils studied respectively called R'mel, Tirs and Dehs were sampled in a zigzag pattern at 40 cm in depth. The distribution of the organic matter was determined by using two methods, loss in ignition and the Black-Walkley method in different diameters fractions, 2 mm, 1 mm, 500  $\mu$ m, 250  $\mu$ m, 125  $\mu$ m and 63  $\mu$ m respectively, in order to obtain the fraction of the soils, extremely coarse, coarse, medium, fine, very fine and silty. The total nitrogen and total organic carbon were determined by the Kjeldahl method and by coulometry using a 702 Coulomat. The relationship between OM (organic matter) of the fine fraction (<63  $\mu$ m) and OM of the total fraction (OM <63  $\mu$ m/TOM %) is very important especially in the fine fraction of all soils studied. The ratio exceeds 60% for the soil R'mel, 29% for Tirs and 47% for Dehs. The fine soils represent the highest reports. The lowest ratios were found in the following fractions 125 <F <250  $\mu$ m and 250 <F <500  $\mu$ m, with 7.8% for R'mel and 22.81% for Dehs. There is exception in Tirs soil at the content of OM which not high fluctuated (ranging from 17.63% to 27.54%). TOM values (not greater than 1%) and the total nitrogen (not more than 0.06%) shown that the three types of soils of Loukkos area are inorganic and poor in nitrogen. In order to increase the chemical fertility of the soil and to minimize the risk of erosion, the study suggests that significant amounts of organic amendments (manure, compost) will solve this problem. The results shown the measure of carbonate fractions of three types of the soil, contain a very low percentage of carbonate which does not exceed 1%. These results are confirmed by the technique of Bernard calcimeter.

**Keywords:** Loukkos, granulometric fractions, soil, organic matter, total nitrogen, total organic carbon, carbonate.

### Résumé

La recherche sur la caractérisation des sols agricoles au Maroc, constitue une thématique d'actualité et s'intègre dans la politique du développement durable envisagée par les autorités nationales. C'est dans ce contexte que s'inscrit la présente étude qui propose la caractérisation de trois types de sol représentatif du bassin Loukkos-Nord du Maroc (fractionnement granulométrique, la distribution de la matière organique, le carbone organique total (COT), l'azote total et la teneur en carbonates). Les sols étudiés dénommés respectivement R'mel, Tirs et Dehs ont été échantillonnés selon un schéma en zig zag pour une profondeur de 40 cm. La distribution de la matière organique a été déterminée à l'aide de deux méthodes par perte au feu et par la méthode de Walkley-Black dans les différentes fractions du sol de diamètres de 2 mm, 1 mm, 500  $\mu$ m, 250  $\mu$ m, 125  $\mu$ m et 63  $\mu$ m pour récupérer respectivement les fractions du sol très grossier, grossier, moyen, fin, très fin et la fraction silteuse. L'azote total et le carbone organique total ont été déterminés respectivement par la méthode de Kjeldahl et par coulométrie à l'aide d'un coulomat 702. Le rapport entre MO (matière organique) de la fraction fine (<63  $\mu$ m) et MO de la fraction totale (MO <63  $\mu$ m/MOT %) est très important surtout au sein de la fraction fine de tous les sols étudiés. Ce rapport dépasse les 60 % pour le sol R'mel, 29% pour le sol Tirs et 47% pour le sol Dehs. Les sols fins représentent les rapports le plus élevé. Les rapports les plus faibles ont été trouvés dans les fractions suivantes 125 <F <250  $\mu$ m et 250 <F <500  $\mu$ m, avec respectivement 7,8 % pour le sol R'mel et 22,81 % pour le sol Dehs. Le sol Tirs a fait l'exception par leur teneur en MO qui ne fluctue pas beaucoup dans ces fractions (varie de 17,63% à 27,54%). Les valeurs de la MOT (ne dépasse pas 1%) et l'azote total (ne dépasse pas 0,06%) montrent que les trois types de sol du bassin Loukkos s'agissent des sols inorganiques et pauvres en azote. Pour relever le faible niveau de fertilité chimique de ces sols et minimiser les risques d'érosion, l'étude suggère que des quantités importantes d'amendements organiques (fumier, compost) soient apportées aux sols mis en valeur. Les résultats de la mesure des carbonates montrent que les fractions des trois types de sol analysés contiennent un pourcentage très faible en carbonates qui ne dépasse pas un 1%. Ces résultats sont confirmés par la technique de calcimétrie de Bernard.

**Mots clés:** Loukkos, Fractionnement granulométrique, sols, matière organique, azote total, Carbone organique total, Carbonates.

## 1. Introduction

Au Maroc, la partie nord-ouest plus précisément la zone de Laouamra-Larache constitue une des premières zones agricoles de notre pays par la qualité et la quantité de ses récoltes [1]. Pourtant, de nombreux écrits ont souligné, l'influence de l'agriculture sur les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols. Un déficit de connaissance de ces propriétés et de leur fonctionnement peut avoir des effets néfastes sur la qualité, la santé du sol et sur l'environnement [2, 3]. Cette zone appartient à la zone d'action de l'office régional de mise en valeur agricole du Loukkos (ORMVAL), elle a fait l'objet de nombreuses études pédologiques par ORMVAL qui ont abouti à distinguer les principaux types du sol rencontrés dans notre zone d'étude (sols peu évalués, sols rouges et bruns méditerranéens sableux non faiblement lessivés, sols rouges méditerranéens sableux). En revanche, les travaux sur la caractérisation fine de la fraction minérale et la fraction organique demeurent peu nombreux. De telles interrogations nous ont motivées pour faire une caractérisation globale du sol de la zone d'étude appelé R'mel (zone de Laouamra-Larache) et de comparer les résultats obtenus avec deux autres types de sol appartenant au même bassin dénommés respectivement Tirs et Dehs (Ouald Bouzid-Ksar-Elkbir) afin que les ressources en sol répondent tant qualitativement que quantitativement aux besoins futures des cultures appliquées et de prédire le degré de pollution que peut engendrer l'utilisation anarchique des pesticides au niveau de ce périmètre [1, 4].

## 2. Matériel et méthodes

### 2.1. Cadre géographique

Les sites étudiés sont situés dans la région administrative de la province de Larache (Figure 1), entre les régions du Tangérois et du Gharb, et se situe au milieu de l'axe Rabat-Tanger, les pluviosités et les températures moyennes annuelles demeurent du même ordre de grandeur sur les deux sites (12.9°C en janvier et 26.9°C en juillet et les précipitations sont de 603 mm avec 53 jours de pluie par an) [5].

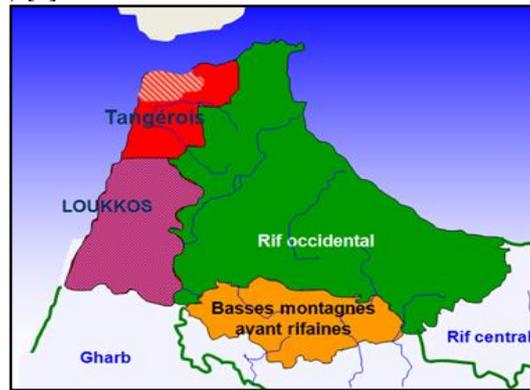


Figure 1 : Situation géographique du périmètre de Loukkos

### 2.2. Le sol

Les sols retenus pour cette expérience sont un sol sableux, prélevé sur des parcelles agricoles du site situé dans la zone de Laouamra-Larache, Maroc et deux sols argileux dénommés Tirs et Dehs respectivement prélevés d'Ouald Bouzid-Ksar-Elkebir, Maroc. Les échantillons ont été prélevés suivant un schéma en zig zag pour une profondeur de surface inférieure à 40 cm, leurs caractéristiques physico-chimiques sont présentées dans le tableau 1. Une analyse en régression multilinéaire a mis en évidence les relations entre les taux d'argiles et les propriétés du sol [2].

**Tableau 1.** Caractéristiques physico-chimiques des sols utilisés (INRA Tanger, Maroc)

	Granulométrie (%)								
	Niveau (cm)	Argiles	Limons fins	Limons grossiers	Sables fins	Sables Grossiers	pH eau	pH KCl	% C
R'mel	0-40	8,00	5,60	5,40	57,00	23,50	8,03	6,83	0,76
Tirs	0-40	75,40	15,10	4,10	2,40	1,60	5,85	3,81	1,81
Dehs	0-40	25,40	8,80	5,00	34,70	25,30	8,37	7,43	1,00

### 2. 3. Fractionnement granulométrique

le fractionnement granulométrique des échantillons prélevés, a été fait en utilisant une série des tamis de marque FRITSCH de mailles de l'ordre de 2mm, 1 mm, 500 µm, 250 µm, 125 µm et 63 µm pour récupérer respectivement les fractions du sol très grossier, grossier, moyen, fin, très fin et la fraction silteuse.

### 2. 4. Détermination pH, la conductivité, l'humidité

La méthode instrumentale de mesure en routine du pH a été appliquée à tous les types de sols séchés l'aide d'un lyophilisateur Telstar Cryodos. Avec la même suspension préparée pour mesurer le pH eau, la mesure de conductivité est effectuée avec un conductimètre.

### 2.5. Dosage de la matière organique

Le carbone organique total (COT) est considéré comme un paramètre important pour définir la qualité d'un sol, ou son degré de pollution. L'expérience mise en œuvre s'agit d'évaluer la teneur en carbone organique total dans les fractions des sols échantillonnés. Pour doser la matière organique totale contenue dans les échantillons des sols prélevés des sites choisis (Laouamra, Oulad Bouzid), nous avons utilisé deux méthodes : le dosage par perte au feu et La méthode de Walkley et Black (1934). Le pourcentage de la matière organique (M.O) est calculé à partir de la formule suivante :

$$\text{M.O \%} = \% \text{ C} \times 1,724$$

### 2.6. Analyse du carbone organique total par analyseur STROHLEIN Coulomat 702

Le principe de l'analyse est un titrage par coulométrie du CO<sub>2</sub> provenant de la combustion du carbone à très haute température 1200°C et sous oxygène pur, après décarbonation des échantillons par HCl 2N à 60°C pendant une nuit [6]. L'oxygène utilisé est débarrassé de toute trace de CO<sub>2</sub> par passage sur de la chaux sodée.

### 2.7. Mesure du calcaire total

La détermination du pourcentage en carbonates a été effectuée après passage au four de l'échantillon (préalablement traité à 550°C pendant 2 heures) à une température de 1000°C pendant 1 heure. Le but de cette manipulation est d'évaluer la teneur du sol en CaCO<sub>3</sub>.

### 2.8. Dosage de l'azote total

L'azote total a été déterminé par la méthode Kjeldahl (Bremner, 1965) qui se fait en trois étapes : la minéralisation (transformation de l'azote organique en azote minéral), la distillation de NH<sub>3</sub> et le titrage de l'azote.

## 3. Résultats & discussion

### 3.1. pH, humidité et la conductivité ionique

Les résultats obtenus pour le pH, montrent que les deux sols R'mel et Dehs sont basiques (8.03 et 8.37), alors que le sol Tirs a un caractère acide (un pH moyen de 5,83). A partir des résultats illustrés dans le tableau 2 on constate que la fraction du sol comprise entre 250 et 500 µm présente le taux d'humidité le plus faible pour les deux sols R'mel et Dehs. Ce taux augmente au fur et à mesure que le diamètre des particules diminue et augmente également lorsque le diamètre des particules est supérieur à 500 µm. Alors que le taux d'humidité dans les fractions du sol Tirs ne fluctue pas beaucoup, il varie entre 0,60% et 0,70%. Cette différence entre les fractions au sein du même type du sol ou entre les différents types du sol peut être attribuée principalement à la différence du pourcentage d'argile et de la matière organique dans les différentes fractions et type du sol analysé (Tableau 2).

**Tableau 2.** Pourcentage d'humidité dans chaque fraction des trois sols

Fraction	% Humidité R'mel	% Humidité Tirs	% Humidité Dehs
F<63	0,12	0,66	0,34
63<F<125	0,09	0,60	0,21
125<F<250	0,04	0,69	0,21
250<F<500	0,03	0,68	0,18
500<F<1 mm	0,13	0,67	0,24
1 mm<F<2 mm	0,16	0,70	0,30

La mesure de la conductivité ionique a montré que le sol R'mel est plus conductible (213 µs/cm) et par conséquent il contient plus de sels (106 ppm) que les deux sols Tirs et Dehs (Tableau 3). Cette augmentation des teneurs en sels minéraux dans le sol R'mel est due essentiellement à l'usage intensif des engrais minéraux.

**Tableau 3.** Conductivité et la teneur en sels

	Conductivité ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	Teneur en sels (ppm)
<b>R'mel</b>	<b>213</b>	<b>106</b>
<b>Tirs</b>	<b>100,5</b>	<b>50,25</b>
<b>Dehs</b>	<b>155,5</b>	<b>77,7</b>

### 3.2. Détermination de la matière organique

L'étude de la matière organique nous permet d'évaluer la qualité du sol, et de comprendre les différents processus érosifs (ruissellement, érosion régressive) qui peuvent affecter les sols des bassins versants. Certains auteurs ont remarqué une relation étroite entre la matière organique du sol, le couvert végétal, et d'autre pour étudier l'origine et la nature de la matière organique ont comparé les caractéristiques ultrastructurelles et les propriétés chimiques (teneurs en C, N et sucre) associées aux fractions d'argiles et aux fractions sableuses et limoneuses [7].

- *Par perte au feu*

Les résultats de la calcination montrent que le pourcentage de la matière organique est variable dans les différentes fractions du même sol et entre les trois types des sols. En moyenne les trois sols sont pauvres en matière organique, mais Tirs reste le sol qui contient plus de la MO avec une valeur de 0,51% contrairement aux deux sols R'mel et Dehs qui ont un pourcentage de 0,38 % et 0,32% respectivement (Tableau 4). Cette composante est concentrée dans la fraction argilo-limoneuse (<63 $\mu\text{m}$ ) [8]. Pour compenser ce faible pourcentage en MO, les agriculteurs utilisent les amendements organiques en général le fumier.

**Tableau 4.** Pourcentage en matière organique pour chaque fraction du sol.

Fraction	M.O R'mel (%)	M.O Tirs (%)	M.O Dehs(%)
<b>F&lt;63</b>	<b>0,48</b>	<b>0,53</b>	<b>0,47</b>
<b>63&lt;F&lt;125</b>	<b>0,36</b>	<b>0,49</b>	<b>0,26</b>
<b>125&lt;F&lt;250</b>	<b>0,21</b>	<b>0,49</b>	<b>0,27</b>
<b>250&lt;F&lt;500</b>	<b>0,17</b>	<b>0,54</b>	<b>0,23</b>
<b>500&lt;F&lt;1 mm</b>	<b>0,49</b>	<b>0,50</b>	<b>0,31</b>
<b>1 mm&lt;F&lt;2 mm</b>	<b>0,58</b>	<b>0,56</b>	<b>0,37</b>

- *Par la méthode de Walkley et Black*

La moyenne des teneurs en carbone et en azote totaux dans les sols échantillonnés, exprimée en % (sols non fractionnés), est inférieure à 1,1 % C et à 0,06 % N dans les trois unités de sol. Les rapports C total / N total (facteur de la dynamique du carbone et de l'azote) s'élèvent à 31,714 (sol R'mel), 50,142 (sol Tirs) et 10,263 (sol Dehs) (Tableau 5).

**Tableau 5.** Pourcentage en matière organique pour chaque fraction du sol.

Fraction	% C	%MO	N%	C/N
<b>R'mel</b>	<b>0,444</b>	<b>0,766</b>	<b>0,014</b>	<b>31,714</b>
<b>Tirs</b>	<b>1,053</b>	<b>1,815</b>	<b>0,021</b>	<b>50,142</b>
<b>Dehs</b>	<b>0,585</b>	<b>1,008</b>	<b>0,057</b>	<b>10,263</b>

Le rapport C/N ou rapport carbone sur azote est un indicateur qui permet de juger du degré d'évolution de la matière organique. Pour le sol R'mel et Tirs le rapport C/N est inférieur à 20, c'est-à-dire qu'il n'y a pas assez d'azote pour permettre la décomposition du carbone. L'azote est alors prélevé dans les réserves du sol. La minéralisation est lente et ne restitue au sol qu'une faible quantité d'azote minéral. Alors que Pour le sol Dehs le rapport C/N est inférieur à 15, donc la production d'azote aura lieu, et la vitesse de décomposition s'accroît.

### 3.3. Mesure des carbonates

Les résultats montrent que les trois types des sols analysés contiennent un pourcentage très faible en carbonates qui ne dépasse pas un 1%. Pour confirmer ces résultats nous avons réalisés des tests par le calcimètre de Bernard, dont le principe repose sur la mesure de la variation de la pression causée par le dégagement du CO<sub>2</sub> après attaque

des échantillons du sol par l'acide chlorhydrique (selon la réaction :  $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ). Ces tests ne nous ont pas permis de déterminer avec précision ce taux du fait que le pourcentage du  $\text{CaCO}_3$  est inférieur à l'exception du sol Dehs ou le pourcentage en calcaire total déterminé par la même technique est atteint 2,05% (tableau 7).

**Tableau 7.** Taux en carbonate dans les sols analysés

Fraction	% $\text{CaCO}_3$ R'mel	% $\text{CaCO}_3$ Tirs	% $\text{CaCO}_3$ Dehs
F<63	0,23	0,5	0,48
63<F<125	0,10	0,32	0,27
125<F<250	0,06	0,42	0,23
250<F<500	0,06	0,42	0,29
500<F<1 mm	0,51	0,40	0,48
1 mm<F<2 mm	0,36	0,22	0,28

### 3.4. Mesure de l'azote total

Les résultats obtenus ont montré que les trois sols sont relativement pauvre en azote, le sol Tirs contient plus d'azote suivit de Dehs et enfin le sol R'mel reste le plus pauvre en azote (tableau 8). La compensation de ce faible pourcentage en azote a poussé les agriculteurs à utiliser des grandes quantités des engrais. Mais sous l'effet d'irrigation successive et les eaux de drainage, l'azote nitrique peut s'accumuler de quantités importantes à cause de la texture sableuse, ce qui peut engendrer une pollution des nappes phréatiques (cas de nappe R'mel) [9].

**Tableau 8.** Pourcentage de l'azote total dans les sols analysés

	R'mel	Dehs	Tirs
%N	0,014	0,021	0,057

### 3.5. Dosage du carbone organique total

Le taux de carbone organique total (COT) obtenu par coulométrie varie 4,26 à 13,28 g/kg dans le sol Dehs, et dans le sol Tirs le taux de COT ne fluctue pas beaucoup (varie entre 11,96 à 13,86 g/kg). Cependant le sol R'mel contient un taux de COT variable entre 5,74 à 34,31 g/kg. La fraction comprise entre 125 et 500  $\mu\text{m}$  représente la fraction la plus pauvre en carbone organique total, alors que la fraction les deux fractions (F<63, et 1<F<2 mm) restent les plus riche en carbone organique total. Les résultats obtenus des trois sols étudiés sont illustrés dans le Tableau 9.

**Tableau 9.** Taux de carbone organique total

	Dehs	Tirs	R'mel
Fraction	[C] en g/kg	[C] en g/kg	[C] en g/kg
F<63	11,29	13,7	29,41
63<F<125	10,41	13,86	10,14
125<F<250	4,26	12,6	5,74
250<F<500	7,59	12,13	8,18
500<F<1 mm	13,16	11,99	22,4
1 mm<F<2 mm	13,28	12,13	34,31
Sol tamisé a 2mm	8,57	11,96	7,86

## Conclusion

D'après nos résultats, nous constatons que les sols du bassin du Loukkos-Maroc sont des sols pauvres en matière organique et en azote total. L'usage agricole intensif surtout dans la zone de Laouamra, en plus de la texture sableuse du sol R'mel constituent un vrai danger pour la fertilité du sol. D'où la nécessité de chercher des potentialités de stockage de carbone dans les sols pour améliorer la qualité et les caractéristiques du sol. Nous avons remarqué également que La distribution de la matière organique dans les différentes fractions des sols étudiés n'est pas aléatoire. Le pourcentage de MO (matière organique) est très important au fur et à mesure que le diamètre des particules diminue. La comparaison des résultats du secteur irrigué (Laouamra) et le secteur bour (Oulad bouzid-kser-Elkebir) nous permet de conclure que l'irrigation a un impact négatif sur les propriétés physico-chimiques, la stabilité structurale, la teneur du sol en matière organique et l'azote. Le pourcentage très faible en MO, COT et en azote total dans les trois sols nous permet de déduire l'impact négatif de l'agriculture intensive sur la qualité des sols du bassin Loukkos. D'où l'utilité de recourir vers l'utilisation des amendements organiques qui ont une double fonction, augmenter la fertilité du sol et retenir les résidus des pesticides avant d'arriver aux nappes phréatiques car le niveau piézométrique est très élevé dans le secteur R'mel.

## Références

1. ELBAKOURI H. Développement de nouvelles techniques de détermination des pesticides et contribution à la réduction de leur impact sur les eaux par utilisation des Substances Organiques Naturelles (S.O.N.). Thèse Faculté des Sciences et Techniques -Tanger. 2006:146 p + Annexes.
2. YEMEFACK M., NOUNAMO L., ROSALINE N., BILONG., Effects of Agricultural Land Use Practices on Clay Content and Related Agronomic Properties of an Oxisol in Southern Cameroon. *Tropicultura*. 2004;22(1):3-10.
3. MATEJA M., Influence de différentes pratiques agricoles sur la qualité et la santé des sols Etude de cas sur des vergers slovènes irrigués ou en agriculture biologique. Thèse L'Université de Bourgogne et de l'Université de Maribor 178 p + Annexes. 2011.
4. ASSIRI A., Etude physico-chimique et structurale de la matière organique des sols de la région de Tanger (Maroc). Thèse Faculté des Sciences et Techniques -Tanger 118 p + Annexes. 2007.
5. EDAHBI M, SALMOUN F, KHADDOR M., Rapport communiqué à la 5ème Rencontre Nationale : Gestion et Protection de l'Environnement G-ENVIRON-5, Casablanca 28 mai 2013, sous le thème « diagnostic environnemental sur l'utilisation des pesticides dans la region de Laouamra-Loukkos-Maroc».
6. OUERTANI N., HAMOUDA P., BELAYOUNI H., Study of the organic matter buried in recent sediments of an increasing anoxic environment surrounded by an urban area : the « Lac sud de Tunis ». *Geo-Eco-Trop*. 2006;30(2):21-34.
7. CHRISTIAN F, CLAIRE F, GENEVIEVE V, PORTAL J-M, FRANÇOIS T, MORE J-L., Nature of organic matter associated with clayey fractions of a ferrallitic soil. *C R Acad Sci Paris*, t 312, Série II, p 1491-1497. 1991.
8. JEAN PASCAL PALLO F., NORBERT S., SAWADOGO L., PAPAIBA SEDOGO M., ASSA A. Organic matter status in some soils of Burkina Faso south sudanian zone. *Biotechnol Agron Soc Environ*. 2008;12 (3):291-30.
9. IBNOUSSINA M, EL HAROUI M, MASLOUHI A. Experimentation and modeling of the leaching of nitric nitrogen in a sandy soil. *C R Geoscience* 2006;338:787-94

(2014) ; <http://www.jmaterenvirosci.com>