

# QUALITÉ AGRONOMIQUE DES TERRAINS AGRICILES DE LA RÉGION DE JORF LASFAR (DOUKKALA, MAROC)

*Kaoutar Moustarhfer*

*Najib Saber*

*Hajar Mohcine*

*Fadwa Rafik*

*Fatna Zaakour*

*Fatimaezzahra Matech*

Laboratoire de Géologie Appliqué, Géomatique et Environnement.

Equipe: Eau & sol

Département de géologie, Faculté des sciences Ben M'sik,

Université Hassan II de Casablanca, Maroc

---

## **Abstract**

In order to highlight the changes that are made at the level of the quality of agricultural soils in the Jorf Lasfar area after the installation of various industrial units, we conducted a sampling companion during October 2014. Samplings were carried out following two horizons (0-2,5cm) and (2,5-10cm) in three stations. To assess the quality of agricultural soils in the region, we performed the physic-chemical analysis through the determination of some indicators namely: stability in dry and in water, pH, calcium carbonate ( $\text{CaCO}_3\%$ ), Organic Matter (MO%) and Electrical Conductivity (CE mS/cm). The results obtained allowed to show that the index of aggregate stability is comparable in the three stations and it is in average of 30,61%, the pH is mildly alkaline in all stations with an average of 8.09, the rates of organic matter are more than 3% on average, while the average values of CE are low and do not exceed 0.98mS/cm calcium carbonates record values that vary on average from 10,90% to 11,38% in surface.

---

**Keywords:** Agricultural soil, agronomic parameters, jorf Lasfar, organic Matter, structural Stability

---

## Résumé

Dans le but de mettre en évidence les changements qui se sont effectués au niveau de la qualité des sols agricoles de la région de Jorf Lasfar après l'installation des différentes unités industrielles, nous avons menés une campagne d'échantillonnage durant le mois d'Octobre 2014. Des prélèvements ont été réalisés suivant deux horizons (0-2,5cm) et (2,5-10cm) et ce dans trois stations. Afin d'apprécier la qualité des sols agricoles de la région, nous avons effectué les analyses physico-chimiques pour évaluer les concentrations de quelques indicateurs à savoir : stabilité à sec et à eau, pH, Carbonate de Calcium ( $\text{CaCO}_3\%$ ), Matière Organique (MO%) et Conductivité Électrique (CE mS/cm). Les résultats obtenus ont permis de mettre en évidence que l'indice de stabilité des agrégats est comparable dans les trois stations et il est en moyenne de 30,61%, le pH est moyennement alcalin dans toutes les stations avec une moyenne de 8,09, les taux de matière organique dépassent 3% en moyenne, alors que les valeurs moyennes de CE sont faibles et ne dépassant pas 0,98mS/cm, les carbonates de calcium enregistrent des valeurs qui varient en moyenne de 10,90% en profondeur à 11,38% en surface.

---

**Mots Clés :** Jorf Lasfar, matière organique, paramètres agronomiques, sol agricole, stabilité structurale

## Introduction

Les céréalicultures occupent à l'échelle mondiale une place primordiale dans le système agricole. Elles sont considérées comme une principale source de la nutrition humaine et animale (Slama et al., 2005). Les céréales sont cultivées principalement dans les pays du bassin méditerranéen à climat arides et semi-arides.

Au Maroc ces cultures occupent une place importante couvrant annuellement environ 5 millions d'hectares, soit 63% de la Surface Agricole Utile (SAU) totale du pays, d'après le ministère de l'agriculture (M.A.D.R.E.F, 2000). Elles sont essentiellement cultivées en Bour, dépendant directement des précipitations qui fluctuent fortement d'une année à l'autre. La rareté des pluies et sa répartition aléatoire qu'a connue la région de Jorf Lasfar ces dernières années ont posé un grand défi à l'agriculture pluviale en général et à la céréaliculture en particulier. Ces conditions pluviométriques constituent une première explication de la faiblesse des rendements dans ces zones (Jouve et Daoudi, 1984). A ceci s'ajoute l'intensification des activités industrielles (phosphatées, chimiques, thermiques), installées sur des terres destinées essentiellement à l'agriculture, influençant ainsi la qualité agronomique des sols agricoles avoisinants. De ce fait l'évaluation de la qualité agronomique des sols peut se faire à travers

quelques indicateurs tels que: le pH, la matière organique, la stabilité structurale, la conductivité électrique, les carbonates de calcium ... (Doran et Parkin, 1994).

La matière organique (MO) est un composant fondamental du sol, qui contrôle en partie les propriétés physiques et chimiques affectant sa capacité de production, elle est considérée comme le principal indicateur de la qualité du sol (Larson et Pierce, 1991; Doran et al., 1994). La MO joue un rôle très important dans le maintien de la stabilité structurale du sol (Gregorich, 1997). Cette dernière est considérée comme un bon indicateur de la qualité des sols et de leur sensibilité au ruissellement et à l'érosion (Barthèse et Roose, 2001).

Ainsi, nous approchons dans notre zone d'étude la qualité des sols par les indicateurs physico-chimiques suivants : le pH, la matière organique, la stabilité structurale, la conductivité électrique et les carbonates de calcium.

## **Matériels et méthodes**

### **Situation géographique et cadre géologique de la zone d'étude**

Le site de Jorf Lasfar est situé à environ 24 km au Sud de la ville d'El Jadida et à 110 km de la ville de Casablanca, il est localisé à 33°07' latitude Nord et à 8°37' longitude Ouest et limité au Nord et à l'Ouest par l'Océan Atlantique, au Nord-Est par la ville d'El Jadida et au Sud-Ouest par la localité de Sidi Abed, sur une longueur de 22 km et une largeur de 15 km (figure 1). Les activités économiques sont principalement industrielles (phosphates, centrale thermique, métallurgie,...) et secondairement agricoles (céréales, maraîchage,...).

De point de vue géologique, le site de Jorf Lasfar fait partie de la Méseta Occidentale Marocaine (précisément Méseta côtière) caractérisée par un régime tabulaire des dépôts secondaires et tertiaires reposant sur des terrains primaires structurés par l'orogénèse Hercynienne (Fadili, 2014).

La zone d'étude est caractérisée par des formations d'âge Cénomaniennes constituées de calcaire siliceux ou gréseux, riche en empreintes des coquilles, avec alternance du calcaire argileux et des bancs marneux ou des joints de marne plus en moins épais. L'ensemble est surmonté par des terrains Plio-quadernaire représenté par des conglomérats qui passent par endroits à des sables jaunes ou rouges. Le Pliocène et le Quadernaire sont associés et forment de grandes dunes superposées.

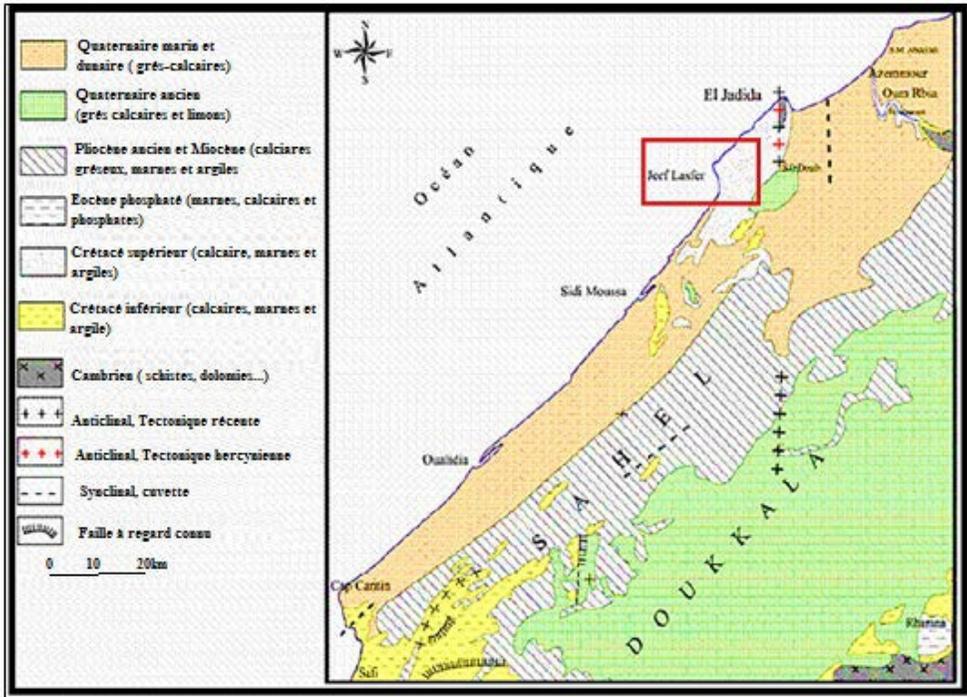


Figure 1: Carte géologie simplifiée de la région étudiée (d'après la carte géologique du Maroc au 1/1000000)

### Caractéristiques Climatiques de la région

La région d'étude appartient au Maroc occidental, les températures sont modérées dans les zones proches de l'océan et plus contrastées à l'intérieur, les pluies tombent en automne et en hiver ; une longue saison sèche s'étend du printemps à l'été.

Les précipitations sont très irrégulières d'une année à l'autre. Leur répartition au cours de l'année n'est pas homogène (figure 2), elle dépend de plusieurs facteurs qui sont la latitude et la continentalité (Ouada, 1998). La pluviométrie moyenne annuelle est de 389mm. Les mois les plus pluvieux sont Novembre, Décembre et Janvier, de 68 à 75mm (figure 2) et les moins pluvieux sont Juin, Juillet, Août et Septembre.

La température moyenne annuelle est 17,7°C, avec un maximum de 21°C et un minimum de 14°C. Les moyennes mensuelles interannuelles les plus élevées, sont enregistrées aux mois de Juillet, Août et Septembre. Quant aux moyennes mensuelles interannuelles les plus faibles, sont enregistrées aux mois de Décembre, Janvier et Février.

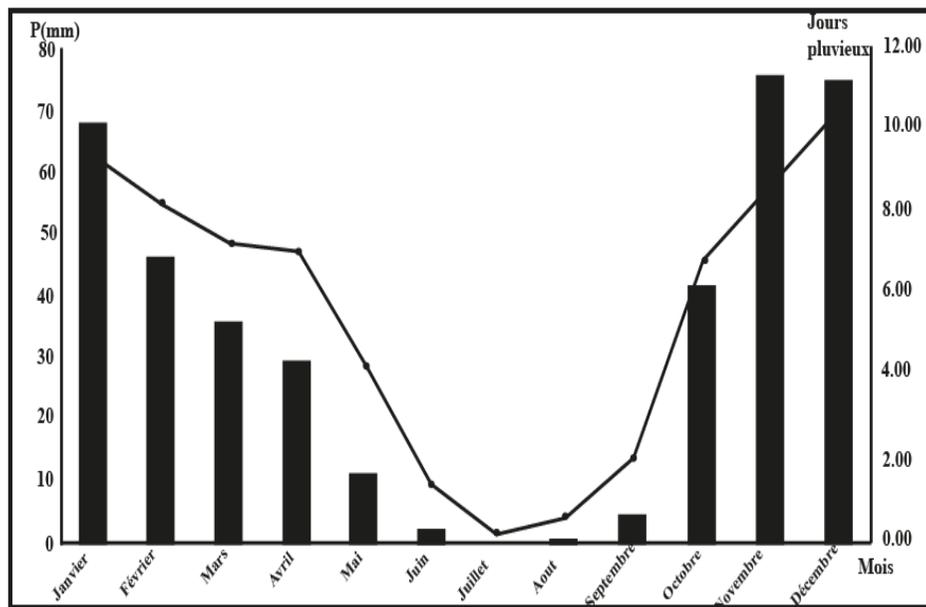


Figure 2: Variations des précipitations et pluviométries moyennes mensuelles de

1977 à 2007 (Station météorologique d'El Jadida) Le vent constitue l'élément climatique fort déterminant par leurs méfaits sur la région, assistés par leur régime et par la monotonie des reliefs. Les plus fortes valeurs de la vitesse des vents sont enregistrées entre les mois d'Avril et Août. Ces vents soufflant souvent de l'intérieur sont des vents chauds et secs, issus de l'appel d'une dépression atlantique, il s'agit des vents « chergui » qui sont souvent la cause de dégâts considérables pour les cultures. Pendant l'Automne et l'Hiver, des vents soufflent par intermittence du Sud-Ouest ou de l'Ouest, sauf pendant les périodes de stabilité de l'anticyclonique des Açores, ils sont, pendant la saison froide, le véhicule des pluies. Plus réguliers et plus constants en direction sont au contraire les vents alizés, qui soufflent du Nord et du Nord-Est, s'ils n'ont pas dans la région des effets spectaculaires ; ils représentent cependant un facteur puissant d'érosion (Varnier, 1952).

### Méthodes d'analyses

Les échantillons des sols ont été prélevés pendant le mois d'Octobre 2014, ces prélèvements ont été effectués en 24 points différents d'une manière aléatoire. Pour chaque point on a récolté deux échantillons: le premier dans L'Horizon superficiel (0-2,5 cm) et le deuxième dans L'horizon (2,5-10 cm).

Les échantillons récoltés, sont répartis en trois stations suivant trois répartitions :

- Station I au Nord-Ouest de la zone industrielle;
- Station II à l'Est de la zone industrielle;
- Station III au Sud-Est de la zone industrielle.

Les échantillons destinés à l'analyse ont été soumis aux différents traitements selon la norme AFNOR 11-464 qui consiste au séchage à l'air libre, au broyage et au tamisage à l'aide d'un tamis de taille de 2 mm de diamètre.

La stabilité structurale à sec a été évaluée par la méthode de tamisage à sec (Youker et McGuinness, 1956) et la stabilité structurale par le test à l'eau a été mesurée à l'aide de la méthode de Kemper et Rosenau (1986). L'analyse de la matière organique a été effectuée par la méthode de walkley et Black (1934) qui consiste à la détermination de la teneur en carbone organique du sol selon la norme NF ISO 10694, les valeurs du pH ont été déterminées par l'électrode en verre dans une solution 1/2 sol/eau selon la méthode de Mc. Lead (1982) (NF ISO 10390) ; les carbonates de calcium ont été effectués par volumétrie par la méthode Bernard décrite par Chamley (1966); la conductivité électrique a été mesurée par la méthode de Rhoades (ISO 11265:1984).

### **Traitement Statistique**

Le traitement statistique des données est réalisé à l'aide de logiciel XLSTAT 2015 « pendant sa période d'essai » et ce afin de déterminer les principaux facteurs de corrélation (mesure de de degré de liaison entre les variables) et de définir l'analyse en composante principale (ACP) entre les paramètres physico-chimiques.

### **Résultats**

#### **Indicateurs Physiques**

##### **Stabilité structurale à sec**

L'indice de stabilité structurale à sec DMP (Diamètre Moyen Pondérale) montre des variations dans la même station et dans les deux niveaux échantillonnés. Ainsi le DMP varie de 0,87 à 1,7 mm dans l'horizon de surface et de 0,52 à 1,54 mm dans l'horizon de profondeur dans la station 1, varie de 0,31 à 1,57 mm dans l'horizon (0-2,5cm) et de 0,3 à 2,61 mm dans l'horizon (2,5-10cm) dans la station 2 et varie de 0,91 à 1,64mm dans l'horizon de surface et de 0,93 à 1,37 mm dans l'horizon (2,5-10cm) dans la station 3 (tableau 1).

Les moyennes calculées du DMP montrent des valeurs élevées dans l'horizon de surface comparativement à l'horizon (2,5-10cm) et ce dans la station 1 et 3 contrairement à la station 2. Ces moyennes indiquent que le

DMP illustre des valeurs comparables dans les trois stations et que le sol de notre étude est moyennement stables selon le Bissonnais et le Souder (1995).

Tableau 1: Résultats de la stabilité à sec dans L'horizon (0-2,5cm et 2,5-10cm) dans les trois stations.

Paramètre	DMP (mm)					
	Station 1		Station 2		Station 3	
Stations Horizons N° échantillons	0-2,5cm	2,5-10cm	0-2,5cm	2,5-10cm	0-2,5cm	2,5-10cm
1	1,7	1,54	1,24	1,65	1,52	1,28
2	1,03	1,33	0,65	0,93	1,42	1,37
3	1,39	1,24	1,25	0,95	0,91	0,93
4	1,26	1,17	0,65	0,48	1,64	1,23
5	1,07	1,4	1,47	2,61	1,37	1,2
6	1,12	0,52	1,57	1,76	1,64	1,37
7	0,87	0,8	0,34	0,32	0,91	0,93
8	1,44	1,51	0,31	0,3	1,59	1,29
<b>Moyenne</b>	<b>1,23</b>	<b>1,18</b>	<b>0,935</b>	<b>1,125</b>	<b>1,375</b>	<b>1,2</b>

### Stabilité structurale à l'eau

L'indice de stabilité à l'eau (IS) montre des valeurs variables suivant les trois stations, dans la même station et suivant les deux horizons (tableau 2).

Dans la station 1 les valeurs varient de 16,12 % à 36,61 % dans l'horizon de surface et de 23,55 % à 47,36 % dans l'horizon (2,5-10cm), dans la station 2, les valeurs varient de 12,66 % à 23,55 % dans l'horizon (0-2,5cm) et de 17,17 % à 26,76 % dans l'horizon (2,5-10cm) et dans la station 3, les valeurs varient de 17,17 % à 34,48 % dans l'horizon (0-2,5cm) et de 22,85 % à 40,01 % dans l'horizon (2,5-10cm).

Les valeurs moyennes de l'indice de stabilité dans la station 3 sont élevées de l'ordre de 28,89 % dans l'horizon de surface et 35,35% dans l'horizon (2,5-10cm) alors qu'elles sont de 28,65 % et de 33,19 %, puis de 18,43 % à 26,76 % respectivement dans la station 1 et la station 2.

Tableau 2: Résultats de la stabilité à l'eau dans l'horizon (0-2,5 cm et 2,5-10cm) dans les trois stations

Paramètre	IS (%)					
	Station 1		Station 2		Station 3	
Stations Horizons N° échantillons	0-2,5cm	2,5-10cm	0-2,5cm	2,5-10cm	0-2,5cm	2,5-10cm
1	36,61	34,84	17,17	38,63	17,17	38,63
2	31,17	23,29	34,48	46,01	34,48	46,01
3	16,12	22,94	32,16	33,92	32,16	33,92
4	28,37	27,97	31,78	22,85	31,78	22,85
5	27,07	36,61	28,89	35,35	28,89	35,35
6	28,42	23,29	34,48	46,01	34,48	46,01
7	29,89	28,01	17,17	22,85	17,17	22,85
8	31,56	17,17	34,29	37,42	34,05	37,19
<b>Moyenne</b>	<b>28,65</b>	<b>26,76</b>	<b>28,80</b>	<b>35,38</b>	<b>28,77</b>	<b>35,35</b>

## Indicateurs Chimiques

### pH<sub>eau</sub>

Les valeurs du pH des sols étudiés sont moyennement alcalines dans toutes les stations variant ainsi de 7,9 à 8,31 avec une moyenne de 8,10. Ainsi le pH varie de 7,82 à 8,29 (0-2,5cm) et de 7,98 à 8,33 (2,5-10cm) dans la station 1; de 7,91 à 8,38 (0-2,5cm) et de 8,07 à 8,43 (2,5-10cm) dans la station 2; de 7,87 à 8,05 (0-2,5cm) et de 8,02 à 8,27 (2,5-10cm) dans la station 3 (tableau 3).

Les mesures enregistrées indiquent des valeurs variables entre les deux horizons, cependant le pH obtenu au niveau de l'horizon (2,5-10cm) est plus élevé que celui enregistré par l'horizon (0-2,5cm) et ce dans les trois stations.

Tableau 3: Variation du pH dans les trois stations

Paramètre	pH <sub>eau</sub>					
	Station 1		Station 2		Station 3	
Stations						
Horizons N° échantillons	0-2,5cm	2,5-10cm	0-2,5cm	2,5-10cm	0-2,5cm	2,5-10cm
<b>1</b>	8,06	8,33	8,16	8,12	7,87	8,13
<b>2</b>	8,12	8,17	8,05	8,07	8,05	8,09
<b>3</b>	7,82	8,03	8,17	8,07	7,93	8,27
<b>4</b>	8,01	8,02	7,91	8,23	7,89	8,02
<b>5</b>	8,1	7,98	8,31	8,43	7,93	8,12
<b>6</b>	8,11	8,2	8,01	8,11	8,05	8,27
<b>7</b>	8,17	8,32	8,38	8,33	7,89	8,02
<b>8</b>	8,29	8,14	8	8,3	7,87	8,1
<b>Moyenne</b>	<b>8,08</b>	<b>8,14</b>	<b>8,12</b>	<b>8,20</b>	<b>7,93</b>	<b>8,12</b>

### Matière Organique

Les mesures de la Matière Organique révèlent des valeurs variables d'une station à une autre et dans la même station (tableau 4). Le taux de la matière organique varie de 2,7% à 6,02% dans la station 1, de 0,93% à 3,97% dans la station 2, de 3,55% à 6,10% dans la station 3. Ces résultats connaissent des variations suivant les deux horizons, elles sont généralement plus élevées dans l'horizon (2,5-10cm) où on note des teneurs de 4,18% et 2,22 % respectivement dans la station 1 et 2, en comparaison avec l'horizon (0-2,5cm). Par contre on enregistre l'inverse dans la station 3.

Tableau 4: Les taux de la matière organique dans différents échantillons prélevés dans les trois stations

Paramètre	MO (%)					
	Station 1		Station 2		Station 3	
Stations						
Horizons N° échantillons	0-2,5cm	2,5-10cm	0-2,5cm	2,5-10cm	0-2,5cm	2,5-10cm
1	2,78	2,93	1,85	2,48	4,17	2,94
2	3,71	3,71	3,09	1,7	4,94	5,56
3	3,55	3,86	1,7	1,7	5,87	6,34
4	2,78	2,93	2,31	2,01	5,41	4,32
5	4,79	3,71	2,01	3,86	5,09	4,79
6	5,56	6,49	2,78	2,78	5,87	6,34
7	2,47	3,55	0,61	1,23	4,17	2,94
8	4,32	6,31	1,23	2,01	5,22	5,1
Moyenne	<b>3,74</b>	<b>4,18</b>	<b>1,94</b>	<b>2,22</b>	<b>5,09</b>	<b>4,79</b>

### Carbonate de Calcium

Les résultats de carbonate de calcium (tableau 5) présentent des valeurs comparables suivant les deux horizons. Ainsi le  $\text{CaCO}_3$  varie de 0,91% à 32,11% au niveau de l'horizon (0-2,5cm) et de 1.19% à 33.94% au niveau de l'horizon (2,5-10cm) dans la station 1 ; de 0,45% à 11,92% au niveau du surface et de 0,55% à 10.73% au niveau de profondeur dans la station 2 ; et de 5,96% à 29,08% au niveau de l'horizon (0-2,5cm) et de 6,14% à 23,96% au niveau de l'horizon (2,5-10cm) dans la station 3.

Tableau 5: Teneur en  $\text{CaCO}_3$  % dans les trois stations

Paramètre	$\text{CaCO}_3$ (%)					
	Station 1		Station 2		Station 3	
Stations						
Horizons N° échantillons	0-2,5cm	2,5-10cm	0-2,5cm	2,5-10cm	0-2,5cm	2,5-10cm
1	12,56	8,71	7,15	6,97	22,01	21,28
2	4,03	4,12	0,64	0,73	25,77	22,29
3	0,91	1,19	0,45	0,55	5,96	6,14
4	1	1,83	1	0,82	29,08	28,8
5	10,36	9,72	11,92	10,73	20,70	19,62
6	12,75	12,29	0,82	0,64	29,08	28,8
7	32,11	33,94	0,64	0,64	5,96	6,14
8	10,82	11,28	0,64	0,73	27,1	23,96
Moyenne	<b>10,56</b>	<b>10,38</b>	<b>2,90</b>	<b>2,72</b>	<b>20,70</b>	<b>19,62</b>

### Conductivité électrique

Dans notre étude, les valeurs obtenues par l'analyse de la conductivité électrique des sols étudiés (tableau 6) montrent que cette région n'est pas touchée par le problème de salinisation des sols, ceci est déterminé par la comparaison des valeurs de la conductivité électrique qu'on a obtenue avec les classes de salinité établie par les normes DIAEA /DRHA /SEEN

(2008). Cependant la CE est de 0,19 à 0,86 mS/cm dans la station 1, de 0,10 à 0,24 mS/cm dans la station 2 et de 0,25 à 0,82 mS/cm dans la station 3, ces résultats enregistrent une variation dans la même station et suivant les deux horizons.

Tableau 6: Mesures de CE dans les trois stations

Paramètre	CE (mS/cm)					
	Station 1		Station 2		Station 3	
Stations	Station 1		Station 2		Station 3	
Horizons	0-2,5cm	2,5-10cm	0-2,5cm	2,5-10cm	0-2,5cm	2,5-10cm
N° échantillons						
1	0,74	0,28	0,20	0,27	0,33	0,25
2	0,19	0,24	0,14	0,12	0,3	0,31
3	0,17	0,22	0,15	0,16	0,27	0,23
4	0,16	0,20	0,12	0,17	0,72	0,93
5	0,37	0,98	0,21	0,21	0,38	0,43
6	0,32	0,50	0,13	0,15	0,71	0,7
7	0,24	0,21	0,10	0,11	0,27	0,23
8	0,22	0,25	0,15	0,12	0,27	0,38
<b>Moyenne</b>	<b>0,30</b>	<b>0,36</b>	<b>0,15</b>	<b>0,16</b>	<b>0,40</b>	<b>0,43</b>

## Discussion

### pH<sub>eau</sub>

Selon les normes de (DIAEA/DRHA/SEEN, 1965), le pH des sols étudiés indique une alcalinité moyenne comprise entre 7,5 et 8,5.

Les résultats obtenus indiquent des pH variables suivant l'horizon échantillonné avec des valeurs plus élevées dans le niveau (2,5-10cm) et ce dans toutes les stations (figure 3A). Ces valeurs connaissent une augmentation dans la station 2 suivie d'une diminution dans la station 3 pour les deux horizons (figure 3A).

L'alcalinité de nos sols est probablement liée à la nature de la roche mère qui est d'origine calcaire. Ce dernier semble coïncider avec la forte teneur en carbonates. Ces derniers jouent un rôle prépondérant dans le maintien du pH du sol. Des études similaires ont montré que les sols ayant de fortes teneurs en carbonates présentent des valeurs de pH très élevées (Wenming *et al.*, 2001; Moral *et al.*, 2002; Jalali et Khanlari, 2008; Sayyad *et al.*, 2010).

### Carbonates de calcium

Les résultats de carbonate de calcium présentent des valeurs comparables suivant les deux horizons. Cependant la station 2 enregistre une forte diminution soit de 2,90% en surface et 2,72% en profondeur, en comparaison avec la station 1 et 3 (figure 3C). La station 3 enregistre les taux les plus élevés qui sont de 20,70% et de 19,62 respectivement en surface et en profondeur.

D'après la répartition du taux de calcaire selon la norme internationale NF ISO 10693, (Baize, 1988), les sols de la station 1 et 3 sont modérément calcaires contrairement aux sols de la station 2 qui sont peu calcaires.

### **Matière organique**

Au niveau des trois stations les teneurs en matière organique sont comparables pour les deux horizons (0-2,5cm) et (2,5-10cm). En effet, les sols de la station 2 présentent les valeurs les plus faibles par rapport aux stations 1 et 3. Ces deux dernières stations enregistrent des teneurs respectivement de 3,74 % en surface et de 4,18% en profondeur dans la station 1 et de 5,09 en (0-2,5cm) et de 4,79% en (2,5-10cm) dans la station 3 (figure 3B).

Les teneurs élevées en MO, enregistrées peuvent être rapportées aux résidus de récoltés céréalières (chaumes) laissées à la surface des parcelles échantillonnées. Ces résultats concordent avec ceux trouvés par El Hasnaoui (2011) dans la région de Jorf Lasfar qui montre que ces sols manifestent des valeurs variant de 1,9% et 6,54%.

### **Conductivité électrique**

Les résultats obtenues de la conductivité électrique dans les parcelles échantillonnées ne montrent pas de différences significatives entre les deux horizons (surface et profondeur) (figure 3D). Au niveau de la station 3 on note les valeurs les plus élevées (0,4 mS/cm en surface et en profondeur), or la station 2 manifeste une diminution qui est de 0,1 dans les deux horizons, en comparaison avec la station 1 et 3.

Dans notre étude les valeurs obtenues par l'analyse de la conductivité électrique sont inférieures aux normes agricoles, donc les sols de la région ne sont pas touchés par le problème de la salinisation. Ces résultats sont en accord avec le travail d'El Hasnaoui (2011) qui explique que les sols de la région ne sont pas très souvent irrigués par les eaux souterraines salines.

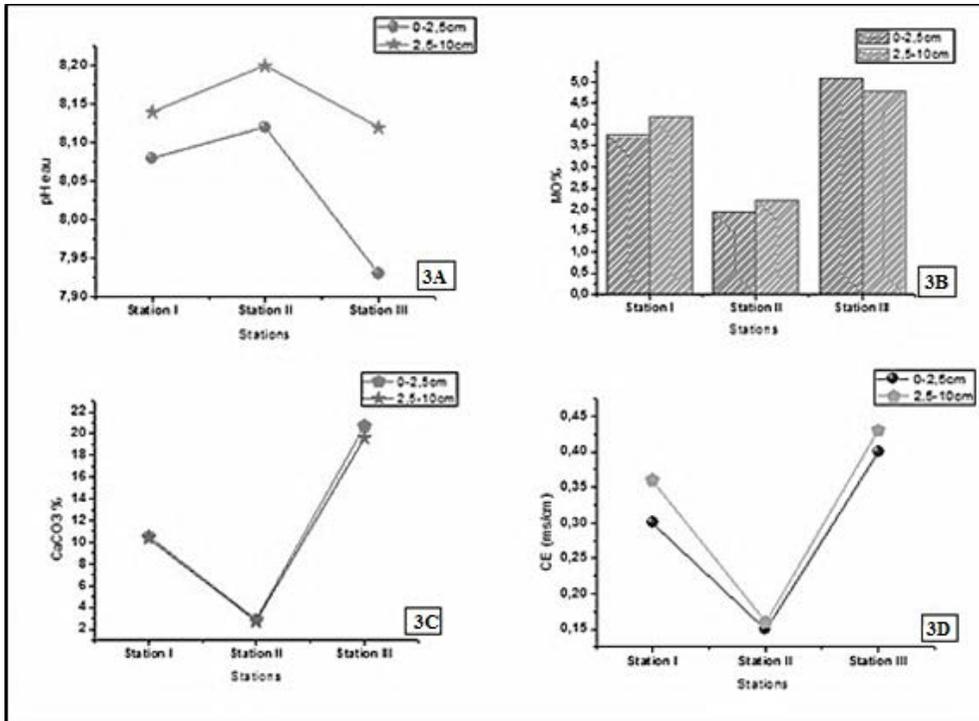


Figure 3. Évolutions des indicateurs physico-chimiques suivant les stations : 3A : Évolution de pH<sub>eau</sub> selon les moyennes des stations ; 3B : Variation des taux de la matière Organique ; 3C : Évolution des Carbonate de Calcium suivant les trois stations ; 3D : Les moyennes de la Conductivité Electrique suivants les stations étudiées.

### Analyses Statiques

Les différentes corrélations entre les paramètres physico-chimiques de chaque horizon ont été mises en évidence par la corrélation de Pearson qui exprime l'intensité et le sens (positif ou négatif) de la relation linéaire entre deux variables quantitatives.

### Horizon 0-2,5cm

Les résultats de corrélation entre les différents indicateurs en cours d'étude nous a permis de mettre en évidence : une corrélation négative hautement significative entre la matière organique et le pH soit (-0,91), ce qui nous permet de déduire que la diminution des teneurs de la Matière Organique fait augmenter l'alcalinité du sol. Une corrélation positive très significative entre le taux de la matière organique et la stabilité structurale, cette corrélation a été aussi confirmée par les travaux de Saidi et al. (1999). La matière organique a été aussi corrélée positivement avec les carbonates de calcium et la conductivité électrique soit respectivement de 0,98 et 1 (tableau 7).

Il faut noter aussi que le pH a été corrélé négativement avec les autres paramètres (IS, DMP, CaCO<sub>3</sub> et CE), ces derniers ont enregistrés des corrélations positives hautement significatives entre eux, par exemple l'indice de stabilité a été corrélée positivement avec la conductivité électrique soit (1).

Tableau 7: Matrice de corrélations des caractéristiques physico-chimiques des sols étudiés dans l'horizon (0-2,5cm)

Variables	DMP (mm)	IS (%)	pH eau	MO (%)	CaCO <sub>3</sub> (%)	CE (mS/cm)
DMP (mm)	1					
IS (%)	0,997	1				
pH eau	<u>-0,996</u>	<u>-1,000</u>	1			
MO (%)	0,998	1,000	<u>-0,999</u>	1		
CaCO <sub>3</sub> (%)	0,917	0,945	<u>-0,950</u>	0,939	1	
CE (mS/cm)	0,996	1,000	<u>-1,000</u>	1,000	0,949	1

Les résultats de l'Analyse en Composante Principale (ACP) de quelques paramètres physico-chimiques des moyennes superficielles (0-2,5cm) des trois stations (figure 4), montrent que les deux premiers axes F1 et F2 présentent respectivement 93.85% et 6,15% de l'information, soit un total de 100% de la variabilité totale.

L'axe factoriel F1 permet de distinguer cinq paramètres dans le sens positif, la Matière Organique (MO%), le Diamètre Moyen Pondérale (DMP), la Conductivité électrique (CE), les Carbonates de calcium (CaCO<sub>3</sub>) et l'Indice de stabilité (IS). Cependant, le pH définit cet axe dans le sens négatif.

Figure 4. Analyse en Composante Principale (ACP)

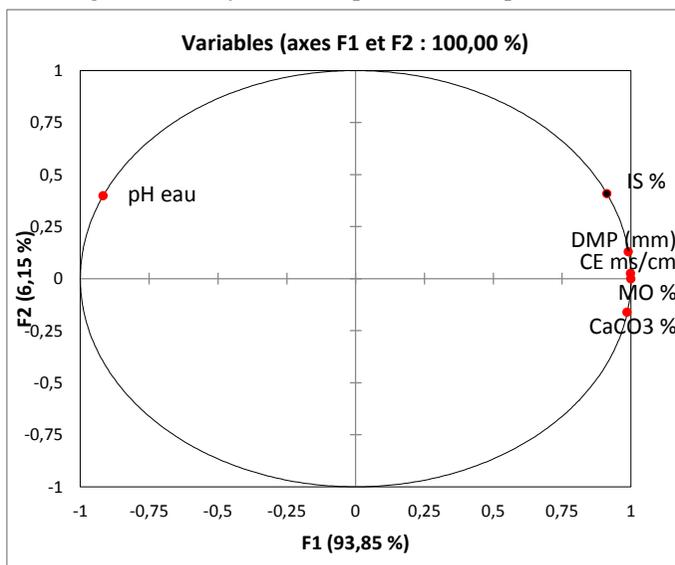


Tableau 8: Matrice de corrélations des caractéristiques physico-chimiques des sols étudiés dans l'horizon (2,5-10cm)

Variables	DMP (mm)	IS (%)	pH eau	MO (%)	CaCO <sub>3</sub> (%)	CE (mS/cm)
DMP (mm)	1					
IS (%)	0,958	1				
pH eau	<u>-0,858</u>	<u>-0,674</u>	1			
MO (%)	0,992	0,912	<u>-0,917</u>	1		
CaCO <sub>3</sub> (%)	0,958	0,835	<u>-0,969</u>	0,987	1	
CE (mS/cm)	0,995	0,923	<u>-0,907</u>	1,000	0,983	1

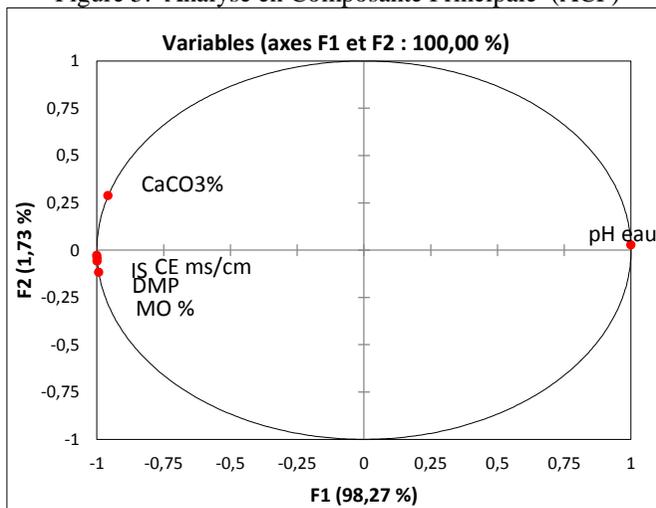
### Horizon 2,5-10cm.

L'analyse statistique entre les différents paramètres à travers la corrélation de Pearson a révélé une corrélation hautement significative et négative entre le pH et les autres paramètres (IS, DMP, CaCO<sub>3</sub> et CE), ces derniers ont enregistré des corrélations positives hautement significatives entre eux (Tableau 8).

La Figure 5 présente les résultats de l'ACP qui comportent six variables (paramètres agronomiques) montrant que les facteurs F1 et F2 expliquent 100% de la variance totale. La Projection des variables initiales dans le plan F1-F2.

L'axe factoriel F1 constitue 98,27% de l'information. On y distingue cinq paramètres : la Matière Organique (MO%), le Diamètre Moyen Pondérale (DMP), la Conductivité électrique (CE), les Carbonates de calcium (CaCO<sub>3</sub>) et l'Indice de stabilité (IS). Le deuxième axe factoriel F2 est formé par le pH eau.

Figure 5. Analyse en Composante Principale (ACP)



## Conclusion

Au terme de cette étude portant sur la caractérisation physico-chimique des sols agricoles de la région de Jorf Lasfar, nous pouvons conclure que :

Les sols de la région étudiée sont très stables à moyennement stables. Ils présentent des pH moyennement alcalin variant de 7,82 à 8,43 pour les deux horizons. Cette alcalinité est probablement liée à la nature de la roche mère. La teneur moyenne en matière organique enregistrée dans ces sols varie de 1,7 à 6,34%, cela s'explique non seulement par la nature du sol mais également par les pratiques agricoles intensives pratiqués et principalement la céréaliculture.

La conductivité électrique varie de 0,10 à 0,98 mS/cm, dans nos sols et reste inférieure aux normes agricoles qui sont de l'ordre de 4mS/cm, ainsi que des taux des Carbonates de calcium qui présentent des pourcentages ne dépassant pas 33%.

Par ailleurs, les traitements statistiques ont permis aussi de soulever que le test de Corrélation de Pearson a mis en exergue des corrélations significatives positives entre (DMP, IS, MO, CE, CaCO<sub>3</sub>) et des corrélations négatives entre (DMP, IS, pH, MO, CaCO<sub>3</sub> et CE) au niveau de deux horizons de surface (0-2,5cm) et de profondeur (2,5-10cm).

## References:

- AFNOR. (2005). NF ISO 10309. Qualité du sol-Détermination du pH. AFNOR, Paris, France.
- Barthès, B et Roose, E. (2001). La stabilité de l'agrégation, un indicateur de la sensibilité des sols au ruissellement et à l'érosion : validation à plusieurs échelles. Cah. Agric. 10 :185-193.
- Baize, D. (1988). Guide des analyses courantes en pédologie : choix, expression, présentation et interprétation. INRA Editions, Paris.
- Bissonnais, Y et Le Souder, Ch.(1995). Mesurer la stabilité structurale des sols pour évaluer leur sensibilité à la battance et à l'érosion. Etude et Gestion des Sols. 2:43-56.
- Chamley. (1966). Guide Des techniques du laboratoire de Géologie Marine de Luminy, 198p.
- Doran, J.W. and Parkin T.B.(1994). Defining and assessing soil quality. In J. Doran et al. (eds.). Defining Soil quality for a sustainable environment. SSSA Spec. Publ. N° 35. p : 3-21. SSSA and ASA Madison, WI.
- Doran, J.W., Coleman, D.C. Bezdicek, D.F. and Steward, B.A.(1994). Defining soil quality for a sustainable environment. SSSA Spec. Publ. 35. ASA and SSSA, Madison, WI. USA.

- DIAEA /DRHA /SEEN. (2008). Direction de l'irrigation et de l'aménagement de l'espace Agricole, Service des Expérimentations, des Essais et de la Normalisation –Rabat.
- El hassnaoui, P. (2011). Impacts environnementaux de la zone industrielle (province d'El Jadida) : Approche pluridisciplinaire et épidémiologie. Thèse de doctorat, Univ. Chouaib Doukkala.
- Fadili, M. (2014). Etude hydrogéologique et géophysique de l'extension de l'intrusion marine dans le Sahel de l'Oualidia (Maroc) : analyse statistique, hydrochimie et prospection électrique. Thèse de Doctorat Es-science, Univ. Chouaib Doukkali, 15 p.
- Gregorich E.G. and M.R. Carter. (1997) - Soil quality for crop production and ecosystem health. Developments in Soil Science 25. Elsevier, NY. USA.
- ISO 11265.(1994). 'Qualité du sol'  
' Détermination de la conductivité électrique spécifique.
- Jouve, P., and A. Daoudi. (1984)- Effets de la position du cycle cultural sur l'élaboration du rendement du blé tendre et de l'orge en zones semi-arides et arides Marocaines. L'agronomie tropicale 39 (3) : 216-228 pp.
- Kemper, W.D et Rosenau, RC. (1986). Aggregate stability and size distribution. In: A. Klute (Ed.), Methods of Soil Analysis, Part 2, 2nd ed., Agronomy, vol. 9. Soil Sci. Soc. Amer.,Madison, WI, p. 425-442.
- Larson W.E. and Pierce F.J. (1991). Conservation and enhancement of soil quality. In Evaluation for Sustainable Land Management in the Developing World.Vol.2 : Technical Papers. Bangkok, Thailand : International Board for soil research and management, 1991. IBSRAM. Proceedings N° 12. (2).
- M.A.D.R.E.F. (2000). Investir en agriculture partie II- le secteur agricole
- Mc Lead, E.O. (1983). pH and lime requirements. In: Page, A.L. et al. (Eds.), Methods of Soil Analysis, Part 2, second ed., Agronomy, vol. 9 Soil Society of America, Madison, WI, pp. 199–244.
- Rhoades, J.D et Corwin, D.L. (1984). Monitoring soil salinity. J. Soil and Water Cons., 39(3), 173-175.
- Slama, A., Ben Salem, M., Ben Naceur, M. et Zid, E. D. (2005). Les céréales en Tunisie : production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance. *Sécheresse* (16) 3 :225-9.
- Walkley, A. and I.A. Black. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining organic carbon in soils: Effect of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents. *Soil Sci.* 63:251-263.
- Youker R.E. and J.L. McGuinness. (1956). A short method of obtaining mean weight- diameter values of aggregate analysis of soils. *Soil Sci.* 83:291-294.
- D.P.A. d'El Jadida (Direction Provinciale d'Agriculture d'El Jadida) (2002). Données essentielles sur l'agriculture dans la province d'El Jadida.

- Wenming, D., Zhijun, G., Jinzhou, D., Liying, Z., Zuyi, T. (2001). Sorption characteristics of zinc (II) by calcareous soil - radiotracer study. *Applied Radiation and Isotopes*, vol. 54 pp. 371-375.
- Moral R., Cortés A., Gomez I., Mataix-Beneyto J. (2002). Assessing changes in Cd phytoavailability to tomato in amended calcareous soils. *Bioresource Technology*, vol. 85, n° 1, pp. 63-68.
- Jalali, M., Khanlari, Z. V. (2008). Effect of aging process on the fractionation of heavy metals in some calcareous soils of Iran. *Geoderma*, vol. 143 pp. 26-40.
- Jalali, M., Khanlari, Z. V. (2008). Environmental contamination of Zn, Cd, Ni, Cu, and Pb from industrial areas in Hamadan Province, western Iran *Environmental Geology*, vol. 55, n° 7, pp. 1537-1543.
- Sayyad, G., Afyuni, M., Mousavi, S.-F., Abbaspour, K. C., Richards, B. K., Schulin R. Transport of Cd, Cu, Pb and Zn in a calcareous soil under wheat and safflower cultivation— A column study. *Geoderma* 2010, vol. 154 pp. 311-320.
- Saidi, D., Douaoui, A., Le Bissonnais, Y., Walter C. (1999) Sensibilité de la surface des sols des plaines du Chélif à la dégradation structurale. *Etude et Gestion des Sols*. 6 :15-25.
- Ouadia, M. (1998). Les formations plio-quadernaires dans le domaine mésétien occidental entre Casablanca et Safi: Géomorphologie, Sédimentologie, Paléoenvironnements quadernaires et Evolution actuelle. Thèse d'Etat es Sciences. Univ. Mohammed V. Rabat, 319 p.
- Varnier, G. (1952). Une terre marocaine en péril : Le Sahel des Doukkala. CHEAM. SL. (Ronéo), (Microfiche CND, Rabat, N° 2786.).