

## تأثير نوع معدن الطين والحالة البنائية في المحتوى الرطوبي للتربة في ظروف الترطيب والتجفيف

حسن المجو<sup>(1)</sup>

### الملخص

أجريت الدراسة لبيان تأثير خواص نوعية معادن الطين والحالة البنائية في كمية الماء المرتبط تحت الظروف المناخية المتمثلة في تعاقب دورات الترطيب والتجفيف التي ترتبط بعلاقة مع خصائص الطي: مثل السطح النوعي الخارجي والسعة التبادلية الكاتيونية. اخذت عينات ترابية مكونة من عدة آفاق تربة سطحية وتحت سطحية ممثلة عدة مناطق في فرنسا وسورية خلال عامي 2009 و2012، بالتعاون مع المركز الوطني للبحوث العلمية وجامعة اورليان في فرنسا، لدراسة تأثير الخصائص الفيزيائية على الحالة الخصوبية لمجموعة من الترب، منها الترب السورية. وقد أجريت الدراسة على عينات تحتوي على نسبة من الطين أعلى من 30% وزنا، وذلك بتقدير المحتوى الرطوبي عند قوى شد رطوبي من (0.01) بار إلى (15) بار، وذلك باستعمال عينات تربة مأخوذة من الحقل عندما تكون التربة بحالة رطوبة قريبة من الإشباع، وتكون الكتلة الحجمية للأفق ولعينات التربة، ونسبة الطين بالتربة، والسعة التبادلية الكاتيونية (CEC)، والسطح النوعي الخارجي (SS)، وتحديد نوعية معادن الطين باستخدام الأشعة السينية لمجموعة من الآفاق تحت السطحية بهدف دراسة العلاقة التي تربط بين نوعية معادن الطين وكمية الماء المرتبط.

وقد اظهرت النتائج أن وجود الاختلاف في كمية الماء المرتبط للترب الطينية ناتج عن التغيير في كمية الطين والحالة البنائية التي يمكن تقديرها بواسطة الحجم المسامي الناتج من تجمع حبيبات الطين الاولية. كما أكدت النتائج أن تتالي دورات (الترطيب والتجفيف) التي تعرضت لها العينات المدروسة كان لها الدور الأكثر فعالية والمحدد للخواص المائية للتربة (كمية الماء المرتبط) من بقية العوامل الأخرى المدروسة.

**الكلمات المفتاحية:** معدن الطين، الحالة البنائية، احتفاظ التربة بالماء، الترطيب والتجفيف.

<sup>(1)</sup> أستاذ، قسم علوم التربة، كلية الزراعة، ص.ب. 30621، جامعة دمشق، سورية.

## The effect of clay mineralogy, assemblage of clay particles and hydric stress history in soil water content

Al-Majou, H.<sup>(1)</sup>

### Abstract

The study was carried out to show the effect of the clay characteristics: specific surface area (Ss), cation exchange capacity (CEC), and the assemblage of clay particles on the soil water content. The effect of hydric stress history (wetting and drying cycles) on the water content of soil was also investigated. Soil samples comprising topsoil horizons and subsoil horizons, with a clay content > 30% were collected in several regions of France and Syria (2009 - 2012) in cooperation with the National Center for Scientific Research and the University of Orléans in France to study the effect of physical characteristics on the fertility status of the soil. The water retention properties were studied from (0.01) bar to (15) bar water potential using small clods collected in winter when swelling is at a maximum and water content close to field capacity. The clay content, the bulk density of horizon and clods, the cation exchange capacity and the specific surface area were measured. The X-ray diffraction (XRD) was used for identification of the main mineralogical phase, and to study the relationship between the clay mineralogy and the water retention. Results showed that the variation of the soil water content was explained by the differences of clay content and the clay fabric (assemblage of clay particles). The results also showed that wetting and drying cycles were the most important and critical factor for soil water retention properties relative to the other evaluated factors.

**Keywords:** Clay mineral, Assemblage of clay particles, Soil water retention, Hydric stress.

---

<sup>(1)</sup> Prof. Dr. Department of Soil Sciences, Faculty of agriculture, University of Damascus, Syria.

## المقدمة

أظهرت نتائج عدد كبير من الدراسات والأبحاث المنشورة خلال العشرين سنة الأخيرة، فيما يخص معادن الطين، وجود علاقة وثيقة ما بين خصائص الاحتفاظ بالماء وخصائص الطين (Tessier، 1984، Pedro، 1984، Tessier، 1984، Bruand وزملاؤه، 1988؛ Zimmer، 1992، Pedro، 1994، Tessier وزملاؤه، 1999). فجزئيات الطين الدقيقة أو المتناهية بالصغر تمتلك سطحاً نوعياً كبيراً يكون على اتصال بالماء، كما تمتلك أيضاً شحنات كهربائية سطحية هامة جداً.

وتلعب غرويات الطين، بفضل حجمها الصغيرة (> 2مكرومتر)، دوراً مهماً بخاصية الاحتفاظ بالماء وفي بناء التربة، كما تسهم أيضاً في حفظ العناصر الكيميائية والخصوبية الضرورية للنبات وإنتاجها. وترتبط الخصائص الفيزيائية للتربة الطينية ارتباطاً كبيراً بمحتوى التربة من الطين، إضافة إلى خصائص الطين نفسه، مثل الطبيعة المعدنية للطين وحجم الجزيئات الأولية وطبيعة الكاتيونات المتبادلة (Tessier و Pedro، 1987؛ Quirk، 1994؛ Sala و Tessier، 1994).

إن تكرار عملية الري Irrigation frequency وسقوط الأمطار في مواسم محددة يعقّبها صيف حار وجاف (ترطيب وتجفيف) أو وجود التربة بالقرب من مصادر المياه ذات الجريان المؤقت (الفصلي) أو الدائم تسهم في التأثير في الخصائص الفيزيائية للتربة الطينية. وتؤدي عملية تكرار ترطيب التربة وتجفيفها إلى حدوث تمدد وتقلص للتجمعات الترايبية، ولا سيما تلك الصغيرة المتشكلة من ارتباط جزيئات الطين الأولية فيما بينها، يسهمان في تقليص الحجم المسامي المتشكل من ارتباط هذه الجزيئات وانخفاض كمية الماء الموجود داخل المسام (Jun.Cui وزملاؤه، 2006؛ Russell، 1971؛ Nowamooz و Masrouri، 2012؛ J.Munoz وزملاؤه، 2011؛ Reatto وزملاؤه، 2009).

وفي هذا البحث درس مدى تأثير الظروف المناخية (ترطيب، تجفيف) مع الأخذ بعين الاعتبار نوع معدن الطين والحالة البنائية، في بعض الخصائص المائية للتربة الطينية، ومنها (خاصية احتفاظ التربة بالماء) التي ترتبط بعلاقة مع خصائص الطين، مثل السطح النوعي الخارجي (Ss)، والسعة التبادلية الكاتيونية (CEC) ونوعية معادن للطين.

## مواد البحث وطرائقه

**عينات التربة المدروسة:** استخدمت قاعدة بيانات مكونة من عدة آفاق لعينات ترايبية ذات محتوى طيني  $< 30\%$  منها (20) أفق تربة سطحي و(52) أفق تربة تحت سطحي. جمعت العينات المدروسة من تربة واقعة في جزء كبير منها ضمن الحوض الباريسي بفرنسا ومتطورة انطلاقاً من الطين الكلسي (المارن)، والكلس الطيني والكلس الصلب الجوراسي والرسوبيات القديمة. أما العينات المأخوذة في سورية فقد جمعت من تربة يقع جزء منها في الشمال الشرقي من سوريا (قرب مدينة القامشلي)، وهي تربة بنية حمراء أو سوداء عميقة، طينية ثقيلة القوام متطورة من صخر أم كلسي (رواسب بحرية أو نهريّة). ويقع الجزء الآخر في الجنوب الغربي والجنوب الشرقي من سوريا (بالقرب من مدينتي القنيطرة والسويداء)، وهي تربة بنية داكنة إلى بنية حمراء متوسطة إلى عميقة، طينية إلى طينية ثقيلة القوام نشأت من الصخرة الأم الأصلية (البازلت). وجمعت العينات الترايبية بشكل منهجي من مقاطع ترايبية وبمواقع مختلفة تغطي هدف البحث في كل من فرنسا وسوريا خلال فصل الشتاء ضمن ظروف قريبة من الإشباع (0.01 بار) إذ خزنت العينات في غرف تبريد وضمن عبوات بلاستيكية محكمة الإغلاق لمنع فقد الرطوبة المحتمل وفي درجة حرارة (4-5) مئوية للحد من النشاط الحيوي. واستخدم قسم من العينات الترايبية غير المفككة في تقدير بعض الخواص المائية للعينات المدروسة (خاصية احتفاظ التربة بالماء)، وأخرى مفككة لتحديد بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية والمعدنية.

واختيرت مجموعة من العينات الترايبية تتكون من (16) أفقاً تحت سطحي بهدف التعمق في دراسة تأثير بعض خصائص الطين (السعة التبادلية الكاتيونية، والسطح النوعي الخارجي، ونوعية معادن الطين) والحجم المسامي في تغيير الخواص المائية للتربة الطينية.

### طرائق الدراسة:

1- توصيف التربة: جرى تنفيذ الاختبارات الآتية حسب AFNOR (1996) وSCS (1972):

- التحليل الميكانيكي: أجري التحليل الميكانيكي للتربة بطريقة الماصة.
- الكثافة الظاهرية: قدرت الكثافة الظاهرية بطريقة الأسطوانة حقلياً ومخبرياً للتجمعات الترايبية الصغيرة.
- المادة العضوية: بطريقة الأكسدة الرطبة بديكرومات البوتاسيوم.

- الكربونات الكلية: باستخدام جهاز الكالسيومتر .
- السعة التبادلية الكاتيونية: استخدمت طريقة الإشباع بأسيتات الأمونيوم ثم المعايرة بجهاز الامتصاص الذري.
- 2- دراسة الخصائص المائية للتربة: قدر المحتوى الرطوبي الوزني لعينات مفككة باليد بأحجام (5-10 سم<sup>3</sup>)، انطلاقاً من عينات تربة غير مفككة (بحالتها الطبيعية) ذات أحجام (300-1000 سم<sup>3</sup>) عند قوى شد رطوبي متغيرة من (0.01) بار إلى (15) بار (طبقت 7 قيم للضغط) باستخدام جهاز الرطوبة القرصي (Berrier و Tessier، 1979).
- 3- دراسة الطبيعة المعدنية: درست الطبيعة المعدنية (تحديد نوع معدن الطين) باستخدام الأشعة السينية على عينات الطين >2 ميكرومتر وفقاً لطريقة Robert و Tessier (1974) التي تعتمد على فصل جزيئات الطين بطريقة الترسيب وفقاً لقانون ستوكس.
- 4- دراسة الأسطح النوعية الخارجية: قيست مساحة السطح النوعي الخارجي لعينات التربة (مم) باستخدام طريقة الـ N<sub>2</sub>-BET (Fripiat وزملائه، 1971) ثم حسبت مساحة السطح لجزيئات الطين (2 ميكرومتر).

### النتائج والمناقشة

**الخصائص الفيزيائية والكيميائية والرطوبة للتربة:** يوضح الجدولان (1 و 2)، بعض خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية والرطوبة، فقد تغير محتوى الأفاق من الطين وفقاً لنوع الأفق. ففي الأفاق السطحية تراوح بين (32 و 66) %، وفي الأفاق تحت السطحية تراوح بين (31 و 79) % . وتغيرت قيمة الكثافة الظاهرية تبعاً لنوع الأفق، ففي الأفاق السطحية تغيرت بين (1.10 و 1.63) غ/سم<sup>3</sup> وفي الأفاق تحت السطحية تغيرت بين (1.10 و 1.77) غ/سم<sup>3</sup> . وتغير محتوى التربة من المادة العضوية من (0.1 إلى 4.9) % للأفاق السطحية في حين كان  $\geq (1.8)$  % للأفاق تحت السطحية. وتبين أيضاً أن الأفاق التي قدر فيها المحتوى الرطوبي تحتوي على نسبة قليلة من الكربونات الكلية أقل من (6) % من وزن التربة باستثناء بعض الأفاق التي أظهرت نسبة مئوية متغيرة ما بين (22.2 و 65.6) % . وقد لوحظ وجود تفاوت كبير لمؤشر السعة التبادلية للأفاق السطحية، إذ راوحت بين (19 و 46) ميلمكافئ/100 غ تربة، نظراً لإسهام المادة العضوية في رفع السعة التبادلية للكاتيونات، في حين كان إسهام المادة العضوية في الأفاق تحت السطحية محدوداً نظراً لانخفاض الكربون العضوي مع ارتفاع نسبة الطين إلى أكثر من 30%، إذ راوحت السعة التبادلية للكاتيونات لهذه الأفاق بين (10 و 50) ميلمكافئ/100 غ تربة.

الجدول (1) بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للأفاق الطينية المدروسة.

CEC مليمكافئ/100غ تربة	المادة العضوية %	الكربونات الكلية %	نسبة الطين %	الكثافة الظاهرية غ/سم <sup>3</sup>	
الأفاق السطحية (A, L, n = 20)					
31.2	2.5	9.4	45	1.38	المتوسط
10.2	1.1	15	9.7	0.16	الانحراف المعياري
18.8	0.1	0.0	31.8	1.10	الحد الأدنى
46.4	4.9	43.2	65.7	1.63	الحد الأعلى
الأفاق تحت السطحية (E, B et C, n = 52)					
23.6	0.7	6.6	46.1	1.51	المتوسط
12.0	0.4	17.2	12.0	0.15	الانحراف المعياري
9.7	0.1	0.0	30.5	1.10	الحد الأدنى
50.2	1.8	65.6	78.7	1.77	الحد الأعلى

وفيما يتعلق بقيم المحتوى الرطوبي الوزني، راوحت كمية الماء المرتبط بين (24.8 و 47.3) % و (16.5-27.9) % عند قوى شد تعادل (0.01) بار (قريب من حد الإشباع) و (15) بار (عند نقطة الذبول) على التوالي للأفاق السطحية. أما بخصوص الأفاق تحت السطحية، فقد تراوحت هذه القيم بين (18.7 و 54) % و (9.8 و 38.5) %، على التوالي.

الجدول (2) تغير المحتوى الرطوبي عند 7 قيم شد مختلفة من (0.01) بار إلى (15) بار.

المحتوى الرطوبي الوزني %								الحجم الوزني $V_t^{pr} \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$	
W4.2	W3.5	W3.0	W2.5	W2.0	W1.5	W1.0	$W_{prbrut}$		
الأفاق السطحية (A, L, n = 20)									
21.9	23.9	26.8	28.6	31.0	32.9	34.7	30.9	0.737	المتوسط
3.8	4.5	4.9	5.4	6.2	6.4	6.4	5.7	0.090	الانحراف المعياري
16.5	17.8	20.1	20.9	21.3	23.5	24.8	21.7	0.615	الحد الأدنى
27.9	31.6	37.8	39.2	43.3	44.7	47.3	43.8	0.909	الحد الأعلى
الأفاق تحت السطحية (E, B et C, n = 52)									
19.2	20.7	22.6	24.0	25.8	27	28.3	25.8	0.670	المتوسط
5.4	5.8	5.8	6.4	7.0	7.5	7.6	7.0	0.075	الانحراف المعياري
9.8	10.7	12.5	13.4	16.7	17.5	18.7	15.7	0.564	الحد الأدنى
38.5	41.4	42.3	45.1	48.3	53.2	54.0	50.7	0.909	الحد الأعلى

$V_t^{pr}$ : الحجم الوزني لعينة التربة عند السعة الحقلية سم<sup>3</sup>/غ

$W_{prbrut}$ : المحتوى الرطوبي لحظة اخذ العينة %

W<sub>1.0</sub> إلى W<sub>4.2</sub>: قيم المحتوى الرطوبي الوزني % عند قيم Fp= 1.0 إلى Fp= 4.2

$pF = \log_{10} \Psi = \log_{10} |h|$  حيث h جهد ماء التربة

**أهمية محتوى التربة من الطين:** إن التغير في كمية الماء المرتبط عند كل قيمة للجهد الشعري (جهد ماء التربة) يمكن أن يفسر في المقام الأول بالتفاوت في محتوى التربة من الطين  $> 2$  ميكرومتر. وهذه النسبة أي نسبة التغير تزداد كلما انخفضت قيمة الجهد. وعليه يفسر محتوى التربة من الطين ما نسبته 30-53% من تغيرات كمية الماء المرتبط. وبمعنى آخر، هناك علاقة ارتباط خطي موجبة تصل إلى 55-73% بين التغير في كمية الطين في التربة وتغير كمية الماء المرتبط، أي أن أية زيادة أو نقصان في كمية الطين في التربة تترافق بزيادة أو نقصان في كمية الماء المرتبط عند قيم جهد تتغير بين (0.01) بار و(15) بار (الشكل 1).

كما درس التغير في كمية الماء المرتبط بخصوص محتوى التربة من الطين  $> 2$  ميكرومتر، لعينات التربة (16) التي اختيرت لدراسة نوعية معادن الطين وتحديد كل من السعة التبادلية الكاتيونية للطين، والسطح النوعي الخارجي للطين.

وحسب كل من السعة التبادلية الكاتيونية والسطح النوعي الخارجي للطين وكمية الماء المرتبط والحجم المسامي للطين باستخدام العلاقات التالية:

$$CEC_{Clay} = CEC/T_{Clay}$$

$$SS_{Clay} = Ss/T_{Clay}$$

حيث:

$CEC_{Clay}$ : السعة التبادلية الكاتيونية للطين ميلمكافئ/100 غ طين،  $CEC$ : السعة التبادلية الكاتيونية للتربة ميلمكافئ/100 غ تربة.

$T_{Clay}$ : محتوى التربة من الطين غ طين/غ تربة،  $SS_{Clay}$ : السطح النوعي الخارجي للطين م<sup>2</sup>/غ.

$Ss$ : السطح النوعي الخارجي للتربة م<sup>2</sup>/غ

وأما كمية الماء المرتبط للغرام الواحد من الطين فقدرت باستخدام العلاقة الآتية:

$$W_{Clay} = W/T_{Clay}$$

حيث:

$W_{Clay}$ : المحتوى الرطوبي الوزني للطين %،  $W$ : المحتوى الرطوبي الوزني للتربة %.

وأما الحجم المسامي الناتج عن ارتباط حبيبات الطين الأولية ببعضها فقد حسب من خلال العلاقة الآتية:

$$V_t^{pr} = V_p + V_s$$

$$V_{Clay} = V_p / T_{Clay}$$

حيث:

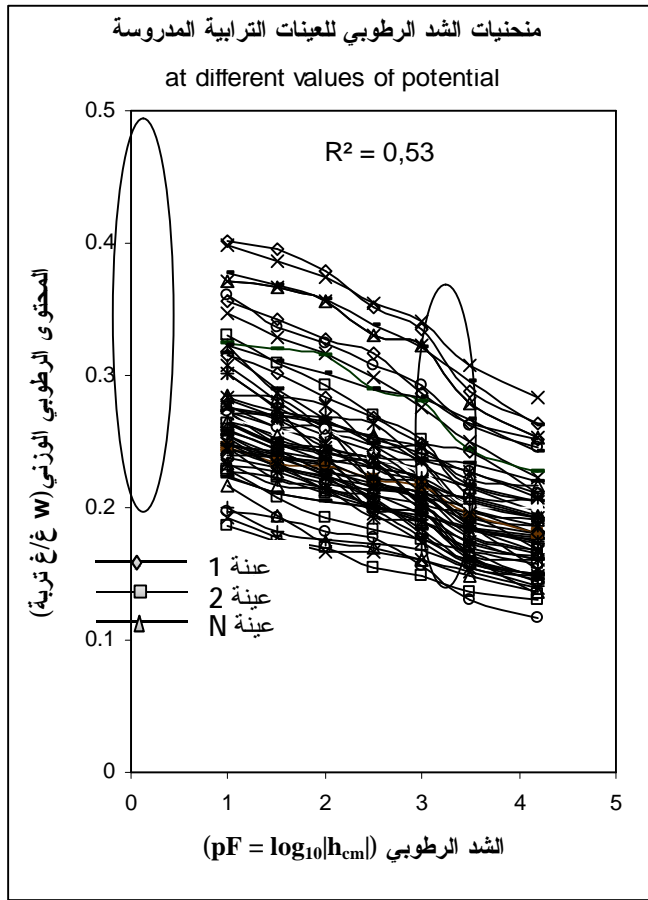
$V_t^{pr}$ : الحجم الظاهري لعينة التربة سم<sup>3</sup>/غ تربة،  $V_p$ : الحجم المسامي لعينة التربة سم<sup>3</sup>/غ تربة.

$V_s$ : الحجم الحقيقي (الجزء الصلب) لعينة التربة سم<sup>3</sup>/غ.

$V_{Clay}$ : الحجم المسامي الناتج عن ارتباط حبيبات الطين سم<sup>3</sup>/غ طين.

ويوضح الجدول (3)، خصائص الطين (السعة التبادلية الكاتيونية والسطح النوعي الخارجي) وتأثيرها على كل من الحجم المسامي الناتج عن ارتباط حبيبات الطين الأولية، وفي كمية الماء المرتبط، إذ يلاحظ أن قيم السعة التبادلية الكاتيونية للطين تتغير بين (27 و74) ميليمكافئ/100 غ طين، ويتغير السطح النوعي الخارجي بين (53 و141) م<sup>2</sup>/غ طين. أما قيم الحجم المسامي للطين فتتغير بين (0.466 و0.885) سم<sup>3</sup>/غ طين. وأما قيم ( $\Delta W$ ) الفرق في كمية الماء المرتبط، فقد تغيرت بين (11.6 و40) %.





الشكل (1) تأثير محتوى التربة من الطين في كمية الماء المرتبط (منحنيات الشد الرطوبي).

يبين الشكل (2) العلاقة التي تربط بين تغير الحجم المسامي ( $V_{Clay}$ ) والسعة التبادلية الكاتيونية للعينات الطينية المدروسة. ويتضح من خلال الشكل أن السعة التبادلية الكاتيونية للطين تفسر 50% من التغيرات التي تطرأ على الحجم المسامي. وهذه النسبة يمكن أن تصل إلى 66% إذا استبعدنا بعض القيم المتطرفة أو البعيدة عن منحنى الانحدار. وهذا الأمر يمكن أن تفسره ظروف الترطيب والتجفيف التي خضعت لها العينات المدروسة وتأثير ذلك في الحجم المسامي، وبالتالي في كمية الماء المرتبط زيادة أو نقصاناً. ويتضح أيضاً من خلال القيم الموجودة في الجدول (3)، وجود علاقة ارتباط خطي ضعيفة بين تغير قيم السطح النوعي الخارجي للطين ( $SS_{Clay}$ ) وتغير قيم السعة التبادلية الكاتيونية للطين ( $CEC_{Clay}$ ) الذي يرتبط بدرجة تفتت (انقسام) حبيبات الطين الأولية، إذ إنها تعتبر أحد المؤشرات الهامة، التي تفسر تزايد الحجم المسامي مع تزايد قيم السعة التبادلية الكاتيونية للطين. وهذا الأمر يمكن أن يفسر بزيادة تصلب العينات الترابية المدروسة نتيجة الظروف المحيطة (ظروف الجفاف)، وتغير قيم السعة التبادلية الكاتيونية المرتبط بالشحنات الموجودة على السطوح النوعية الخارجية والداخلية (بين وريقات حبيبة الطين الأولية)، وكثافة هذه الشحنات على السطوح النوعية. وهذا يعود بالنتيجة إلى تأثير دورة الترطيب والتجفيف في خصائص الطين للعينات المدروسة.

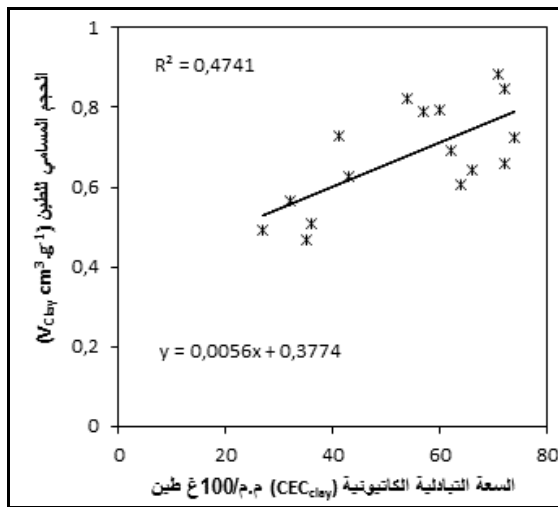
**أهمية الحجم المسامي الناتج من ارتباط جزيئات الطين الأولية:** يبين الشكل (3) العلاقة التي تربط بين تغير المحتوى الرطوبي المحسوب على أساس نسبة الطين ( $W_{Clay}$ ) والحجم المسامي ( $V_{Clay}$ ) عند قيمة شد رطوبي تعادل (15) بار (عند قيم قريبة من معامل الذبول، حيث يكون الماء غير متاح للنبات ومرتبطة بقوة شد مرتفعة). ويعود هذا الارتباط إلى حجم المسام المسؤولة بشكل مباشر عن كمية الماء المرتبط. وهذا يمثل المسام الدقيقة التي تقل أنصاف أقطارها عن (0.1) ميكرومتر، عندما يكون الماء مرتبطاً بقوة شد عالية. وبالمقابل تكون العلاقة أيضاً وثيقة ما بين تغير المحتوى الرطوبي للتربة المحسوب على أساس نسبة الطين وحجمه المسامي عند قيمة شد تعادل (0.01) بار (قريب من الإشباع). ويفسر ذلك بالإسهام الفعال للمسامية الناتجة من ارتباط حبيبات الطين الأولية وطريقة تجمعها، التي تشكل النسبة الأهم للحجم المسامي لعينة التربة الطينية. أما المسام ذات الحجم الكبير التي ترتبط بالنشاط البيولوجي في التربة أو ببناء التربة فلا تمثل إلا نسبة ضعيفة من المسامية الكلية. ومن خلال ذلك استنتج أن بالإمكان التعبير عن طريقة تجمع جزيئات الطين وارتباط بعضها ببعض بمساعدة الحجم المسامي للطين ( $V_{Clay}$ )، وهي قيمة توضح خاصية الاحتفاظ بالماء في التربة، وهذا يتوافق ونتائج الدراسة التي قام بها (Tessier و Bruand، 2000).

الجدول (3) تأثير نسبة الطين بالتربة في بعض خواص معادن الطين وكمية الماء المرتبط (DW) عند قيم شد رطوبي (0.01 و 15) بار.

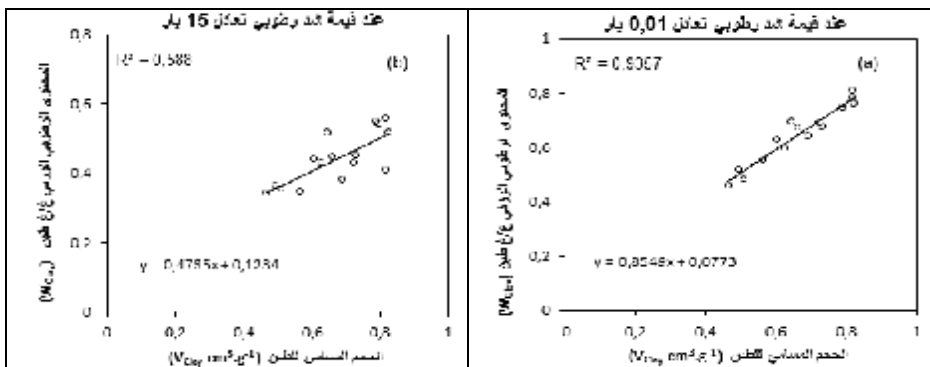
الفرق في كمية الماء المرتبط/100 غ طين	SS <sub>Clay</sub> السطح النوعي م <sup>2</sup> .غ <sup>-1</sup> طين	V <sub>Clay</sub> : الحجم المسامي م <sup>3</sup> .غ <sup>-1</sup>	CEC <sub>Clay</sub> مليمكافئ/100 غ طين	نسبة الطين بالتربة %	نوع أفق التربة
11.8	65	0.605	64	51.7	B
19.9	71	0.795	60	38.2	B
26.1	103	0.690	62	30.7	C
25.8	141	0.724	74	65.1	B
40.0	115	0.845	72	66.4	B
11.6	82	0.466	35	54.2	C
22.5	113	0.885	71	69.2	B
22.3	118	0.661	72	57.3	B
12.9	85	0.509	36	51.2	B
24.3	57	0.824	54	37.1	C
20	53	0.789	57	35.5	C
16.6	68	0.626	43	37.3	B
17.3	57	0.644	66	46.7	C
20.5	58	0.565	32	42.5	B
22.6	63	0.730	41	33.2	B
15.4	65	0.494	27	48.1	B
20.6	82	0.678	54	47.8	المتوسط
6.8	27	0.126	16	11.8	الانحراف المعياري
11.6	53	0.466	27	30.7	الحد الأدنى
40.0	141	0.885	74	69.2	الحد الأعلى

تأثير الظروف المحيطة على المحتوى الرطوبي للتربة (تعاقب الترطيب والتجفيف): أظهرت الأبحاث السابقة التي اهتمت بدراسة تأثير الظروف المحيطة بالتربة ذات المحتوى الطيني أكثر من 30% مدى الفعالية والدور الذي يمكن أن تؤديه هذه الظروف في التأثير في قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء (الماء المرتبط) بالمقارنة مع بقية العوامل (كمية الطين، والحجم المسامي وخصائص الطين). وفي هذا الصدد أشار Tessier و Bruand (2000) إلى إمكانية تقسيم الآفاق تحت السطحية للتربة إلى ثلاث مجموعات تبعاً لدرجة التصلب الناتجة من تنامي ظروف الترطيب والتجفيف التي خضعت لها التربة. هذا يمكن تمييزه من خلال شكل منحنى الشد الرطوبي لعينات التربة المدروسة وتكوينه، وبعد حساب الفرق في كمية الماء المرتبط ( $\Delta W$ ) عند قيم شد (0.01) بار و (15) بار.

وبناء على ذلك قسمت آفاق التربة تحت السطحية ( $n = 52$ ) إلى ثلاث مجموعات وفقاً لدرجة تصلب الآفاق بعد حساب الفرق في كمية الماء المرتبط ( $\Delta W$ ) عند قيم شد 0.01 بار و 15 بار على أساس نسبة الطين (الشكل 4).

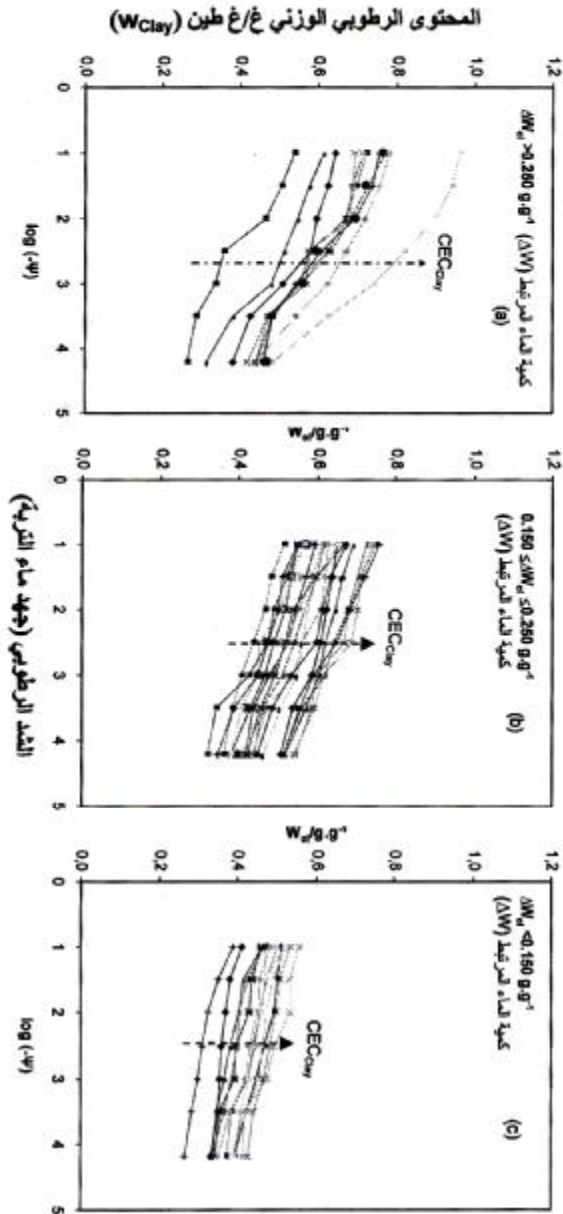


الشكل (2) العلاقة بين تغير الحجم المسامي للطين والسعة التبادلية الكاتيونية للطين.



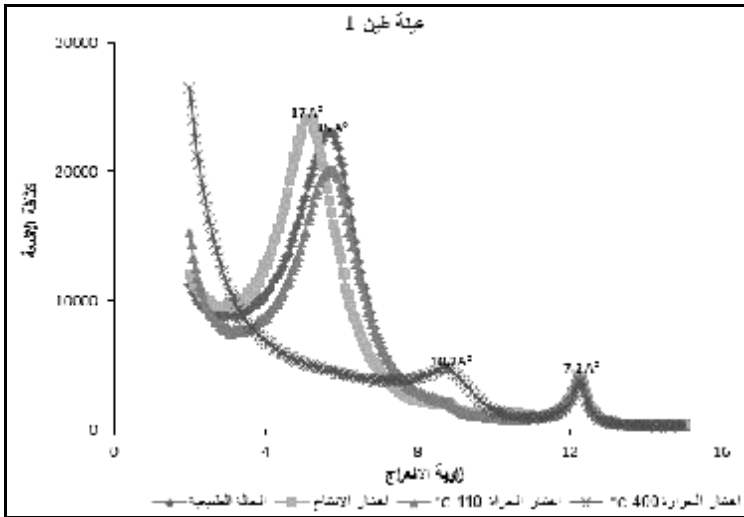
الشكل (3) العلاقة بين تغير المحتوى الرطوبي الوزني والحجم المسامي للطين عند قيم شد (15-0.01) بار.

- المجموعة الأولى: تضم الآفاق التي ترتبط بمجموعة الترب المتطورة القليلة التصلب، فقد كان الفرق في كمية الماء المرتبط < (25) % المحسوب على أساس نسبة الطين (غ ماء/ غ طين).
- المجموعة الثانية: تضم مجموعة الآفاق التي ترتبط بترب متوسطة التصلب والتي يكون فيها الفرق في كمية الماء المرتبط ما بين (15) و (25) %.
- المجموعة الثالثة: تضم مجموعة الآفاق التي ترتبط بترب عالية التصلب والتي يكون فيها الفرق في كمية الماء المرتبط > (15) %.
- إن الآفاق الموجودة في المجموعة الأولى ترتبط بترب متطورة فوق رواسب نهريّة وبحرية حديثة، وإن أغلب الآفاق الموجودة في المجموعة الأولى تعرضت، بشكل خفيف، لتأثير الظروف المحيطة ولاسيما التجفيف خلال الفصل الجاف نتيجة لهطول الأمطار على مدار العام أو وجودها بالقرب من الماء الحر (قريب من سرير النهر)، وبالتالي يبين المنحنى الرطوبي لهذه الآفاق محتوى مائياً مرتفعاً، ولكن هذا خاضع للتغيير بتغير ظروف الوسط (تغير ظروف الترطيب وخضوع هذه الآفاق لفترات جفاف طويلة نسبياً. وعليه يكون المنحنى الرطوبي لهذه الآفاق ذا محتوى رطوبي متوافق مع آفاق المجموعة الثانية والثالثة) (Vasseur وزملاؤه، 1995؛ Charpentier، 1991).
- ترتبط الآفاق الموجودة في المجموعة الثانية بترب ذات صرف جيد وخاضعة لعمليات الترطيب والتجفيف المرتبطة بدورة الماء الفصلية. وهذه الآفاق تتصف بدرجة تصلب متوسطة وتعتبر حلقة الوصل ما بين المجموعة الأولى القليلة التصلب والمجموعة الثالثة العالية التصلب على اعتبار أنها كانت آفاقاً قليلة التصلب ولكن تغير ظروف الوسط جعلها متوسطة التصلب.
- في الآفاق الموجودة في المجموعة الثالثة كان الفرق في كمية الماء المرتبط ( $\Delta W$ ) أقل من (15) %، وهذه الآفاق إما أنها ترتبط بترب خضعت لفترات جفاف طويلة وهطول مطري قليل على مدار العام، وهذا هو حال الكثير من ترب المناطق الجافة أو شبه الجافة، وقد اكسبها ذلك درجة تصلب كبيرة، وإما أنها مرتبطة بترب قليلة التمايز ومتطورة على مواد أم عالية التصلب أو على رسوبيات طينية لم تخضع بشكل كاف لعمليات الحت والتآكل، فهي تتمتع بالتالي بحالة بنائية متصلبة نوعاً ما على مستوى مقطع تربة. ويمكن أن تتطابق هذه الآفاق مع الآفاق تحت السطحية (C) وآفاق المواد الأم القليلة التآكل والحت.



الشكل (4) منحنيات الشد الرطوبي للآفاق تحت السطحية المدروسة الموزعة وفقاً لدرجة تصلب الآفاق بعد حساب الفرق في كمية الماء المرتبط ( $DW$ ).

**طبيعة المعنوية للعينات المدروسة (تحديد نوع معدن الطين):** أظهر التحليل بالأشعة السينية لعينات الطين المدروسة وجود معدن الكاولينيت عند الانعراج  $7.2^\circ A^\circ$ ، الإيلليت عند الانعراج  $10.2^\circ A^\circ$ ، الفيرميكلوليت عند الانعراج  $14^\circ A^\circ$  والسماكتيت عند انعراج  $15^\circ A^\circ$ ، وذلك بنسب مختلفة تتراوح ما بين القليلة والغنية وخاصة معدن السماكتيت. ودرس نوع معادن الطين لهذه العينات من خلال اختبارات الانتفاخ والحرارة، بالإضافة للدراسة ضمن الظروف الطبيعية. وقد أظهرت النتائج وجود معدن طين السماكتيت بنسب جيدة في بعض العينات المدروسة، وهو يمتاز بقدرة انتفاخ عالية (الشكل 5). لكن دراسة المحتوى الرطوبي ومنحنى الشد الرطوبي لم تتوافق ونوعية المعادن لهذه الأفاق التي يمتاز بعضها بوجود معدن السماكتيت ذي القدرة العالية على الانتفاخ وبسعة تبادلية كاتيونية عالية تسمح بدخول جزيئات الماء معاً بين الوحدات البلورية أو في الفراغات الناتجة من ارتباط جزيئات الطين الأولية فيما بينها. وقد أكدت النتائج أن كمية الماء المرتبط في هذه الأفاق تنتمي إلى لمجموعة الثانية التي تكون فيها قيمة  $(\Delta W)$  ما بين  $15\%$  و  $25\%$ ، أي أن الأفاق بحالة متوسطة التصلب نتيجة تغير الظروف المحيطة بالتربة من تعاقب دورات الترطيب والتجفيف خلال فترات زمنية متباعدة. ويمكن لهذه الأفاق أن تتحول إلى حالة متصلبة تكون فيها كمية الماء المرتبط  $(\Delta W)$  أقل من  $15\%$  إذا ما خضعت لفترات جفاف طويلة وهطول غير كاف لترطيب كامل مقطع التربة. أما ما تبقى من العينات المأخوذة لتحديد الطبيعة المعنوية للأفاق فهي تتوزع ما بين المتصلبة جداً والقليلة التصلب.



الشكل (5) منحنى انعراج الأشعة السينية يوضح وجود السماكتيت في بعض العينات المدروسة في الظروف الطبيعية، اختبار الانتفاخ والحرارة.

## الاستنتاج والمقترحات

بينت النتائج أن تغير المحتوى الرطوبي (في الترب الطينية يعود إلى الاختلاف في نسبة الطين في التربة والحجم المسامي الناتج عن تجمع حبيبات الطين الأولية، وأكدت النتائج ارتباط التغير في الحجم المسامي بتغير السعة التبادلية الكاتيونية لمعدن الطين، غير المرتبط بنوعية معادن العينات المدروسة، والاختلاف في درجات التصلب نتيجة للظروف المناخية المحيطة، ما يؤثر في قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء وعلى ثبات البناء. تساعد نتائج البحث في فهم الكثير من المشكلات التي تعاني منها الترب السورية ذات المحتوى الطيني الجيد، والتي تخضع لظروف الجفاف وقلة الهطولات المطرية السنوية، اللذين يؤثران سلبياً في الكثير من خصائص التربة، ولا سيما المتعلقة بالخواص المائية للتربة (الناقلية المائية، وكمية الماء المتاح للنبات) التي يمكن أن تؤثر بدورها في المؤشرات الإنتاجية لكثير من المحاصيل الزراعية في هذه المناطق.



### المراجع Reference

- AFNOR. 1996. Qualité des sols. Recueil de normes françaises, AFNOR, Paris France. 249p.
- Bruand, A., D. Tessier and D. Baize. 1988. Contribution à l'étude des propriétés de rétention en eau des sols argileux: importance de la prise en compte de l'organisation de la phase argileuse. C.R. Académie des Sciences, Paris, t. 307, Série II, 1937-1941.
- Bruand, A. and D. Zimmer. 1992. Relation entre la capacité d'échange cationique et le volume poral dans les sols argileux : incidence sur la morphologie de la phase argileuse à l'échelle des assemblages élémentaires. C.R. Acad. Sci. 315, série II, 223-229.
- Bruand, A. and D. Tessier. 2000. Water retention properties of the clay in soils developed on clayey sediments: Significance of parent material and soil history. European Journal of Soil Science, 51: 679– 688.
- Charpentier, S. 1991. Déformation de matériaux argileux soumis à une contraintes mécanique en conditions saturées: influence de la concentration et de la nature des solutés. Thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Rennes.
- Fripiat, J., J. Chaussidon and A. Jelli. 1971. Chimie-Physique des phénomènes de surface. Application aux oxydes et aux silicates. Masson éd. Paris. 387p.
- Jun Cui, Y., A. Théodor, K. Cui and M. Audiguier. 2006. Water retention properties and volume change behaviour of natural Romainville. Unsaturated soil, 873-882.
- Munoz-Castelbanco, J., P. Delage, J. M. Pereira and Y. J. Cui. 2011. The relationship between the microstructure and the water retention properties of natural loess from Northern France. Kasetsart University, Thailand,
- Nowamooz, H. and F. Masrouri. 2012. Soil fabric of compacted and natural swelling soils studied by mercury intrusion porosimetry. 2<sup>ed</sup> European conference on unsaturated soil: Research and applications, 20-22 June 2012, Napoli, Italy.
- Pédro, G. 1994. Les minéraux argileux, Masson, éd (2)., 665p.
- Quirk, J. P. 1994. Interparticle forces: a basis for the interpretation of soil physical behaviour, Advances in Agronomy, 53: 121-183.
- Reatto, A., A. Bruand, E. M. Silva, R. Guégan, I. Cousin, M. Brossard and E.S. Martins. 2009. Shrinkage of microagregates in Brazilian Latosols during draying: Significance of the clay content, mineralogy and hydric stress history. European Journal of Soil Science, 60: 1106– 1116.
- Robert, M. and D. Tessier. 1974. Méthode de préparation des argiles des sols pour les études minéralogiques. Annales Agronomiques, 25: 859–882.
- Russell, E.W. 1971. Soil structure; its maintenance and improvement. J. Soil sci., 22:127-150.
- Sala, G.H. and D. Tessier. 1994. Rétention de l'eau par les matériaux argileux: signification et prévision. C.R.Acad.Sci. Paris, 318 Série II, 381-388.
- SCS. 1972. Soil Conservation Service, Soil survey lab. Methods and procedure for collecting soil samples, US. Govern. Printing Office, Report No. 1: 63p.

- Tessier, D. 1984. Etude expérimentale de l'organisation des matériaux argileux. Hydratation, gonflement et structuration au cours de la dessiccation et de la réhumectation. Thèse d'état, Univ. Paris VII, 361p.
- Tessier, D. and G. Pédro. 1984. Recherches sur le rôle des minéraux argileux dans l'organisation et le comportement des sols. AFES, Livre Jubilaire, 223-234.
- Tessier, D. and G. Pédro. 1987. Mineralogical characterization of 2:1 clays in soils: importance of the clay texture. In: Proceedings of the International clay Clay Conference. Denver, 1985 (eds L.G. Schultz, H. van Olphen and F.A. Mumpton), pp. 78-84. The Clay Minerals Society, Bloomington, IN.
- Tessier, D., F. Bigorre and A. Bruand. 1999. La capacité d'échange : Outil de prévision de propriétés physiques des sols. The exchange capacity : Tool for predicting soil physical properties. Compte Rendu à l'Académie d'Agriculture Française. 85: 2, 37-46.
- Vasseur, G., I. Djera-Maigre, D. Grunberger, D. Tessier and B. Velde. 1995. Evolution of structural and physical parameters of clays during experimental compaction. Marine and Petroleum Geology, 12:941-954.

Received	2013/07/02	إيداع البحث
Accepted for Publ.	2013/12/24	قبول البحث للنشر