

نشأة رواسب الكاولين المتكوّنة على صخور المتحوّلة غير المتجانسة تمازيرت، الشقفة والحاج علي (شمال شرق الجزائر) - نموذجاً.

(2-1) بوقفة مشاطي⁽²⁻¹⁾ - لعموري بشير⁽²⁻¹⁾
(2) بوعبسة لخضر⁽¹⁾ - نتالي فاجل⁽²⁾

(1) مختبر الجيوديناميك والموارد الطبيعية (LGRN)، جامعة بادجي مختار، 23000 عنابة - الجزائر.

(2) مختبر الطين والجيوكيمياء و البيئات الرسوبية (AGEs) قسم الجيولوجيا، جامعة لياج، مقاطعة أغورا، 14

Allée du six Août, B-4000 Liège –Belgium

Genesis of kaolin deposits developed on a heterogeneous metamorphic basement: Example of Tamazert, Chekfa and Hadj Ali (NE Algeria).

BOUKOFFA M^(1,2) ; LAMOURI B^(1,2) ; BOUABSA L⁽¹⁾ ; FAGEL N⁽²⁾

(1) Laboratoire de Géodynamique et Ressources Naturelles (LGRN), Université Badji Mokhtar, 23000 Annaba–Algérie.

(2) UR Argile, Géochimie et Environnements Sédimentaires (AGEs). Département de Géologie, Université de Liège. Quartier Agora, 14 Allée du six Août, B-4000 Liège –Belgique.

الملخص (Abstract): تتشكل مرتفعات منطقة القبائل الصغرى (شمال شرق الجزائر) من صخور القاعدة المتحوّلة غير المتجانسة. هذه الصخور تأثرت بالتغيرات المناخية في عصر الميوسين (Miocène) وهذا ما أدى إلى تطور عملية التجوية الكيميائية. التي أدت إلى تكوين معاطف الكاولينيت متمثلة في مناجم: تمازيرت، الشقفة والحاج علي. وقد تم تحليل ناتج عملية التجوية والصخرة الأم معدنياً بواسطة حيود الأشعة السينية (DRX) وكيميائياً باستعمال الطيف الدرّي المنبعث ICP-AES للعناصر الأساسية وتوصيلة البلازما المزدوجة ICP-MS للعناصر الثانوية. التركيب المعدني في المناجم الثلاثة يتكون من الكاولينيت (20 إلى 78%)، الكوارتز (05 إلى 23%) والمسكوفيت (8 إلى 61%)، كما توجد معادن أخرى مثل (الكورايت، الفلدسبات)، لكن بكميات ضئيلة.

الدراسة الجيوكيميائية للعناصر الأساسية لنواتج التجوية بينت التحلل الجزئي للعناصر التالّية SiO_2 , CaO , MgO و إقصاء كلي لعنصر Na_2O ، مما أدى إلى زيادة تركيز البوتاسيوم والألومنيوم Al_2O_3 و K_2O وأن نسبة Fe_2O_3 تتغير من موقع إلى آخر. بعض العناصر الثانوية (Cr, Zr, Ba, Sr, V, Nb, Rb, U) تستعمل للتمييز بين أصول الكاولينيت الناتجة عن التغيرات المتيورولوجية (altération météorique) أو التجوية بالمحاليل الساخنة (altération hydrothermale). كذلك فإن أطيف العناصر النادرة (REE) تدل على إثراء كلي لناتج التجوية في المواقع الثلاثة. تعتبر العناصر النادرة الخفيفة (LREE) بمعدل عام 33 ppm ثرية في كل

العينات مقارنة بالعناصر التآدرة الثقيلة (HREE) بمعدل 2.5 ppm. الاستثناء السلي لعنصر europium (Eu) يخص كل العينات. أما نسبة (La/Yb) المعدلة بواسطة الكوندريت (C1) المسماة (La/Yb)_N ضعيفة (8.37- 20.98) مقارنة بالصخرة الأم (22)، باستثناء بعض العينات في موقع الحاج علي (27 < (La/Yb)_N < 25). نتائج التحاليل المعدنية والكيميائية والتقييم الجيوكيميائي والملاحظات الميدانية، بينت علاقة النشأة بين مناجم الكاولينيت الثلاثة (تمازيرت، الشقفة والحاج علي). هذه المناجم ذات أصول مختلفة حدثت لها تجوية خارجية وداخلية (hypogène و supergène) مع أسبقية التجوية الخارجية (supergène). الكلمات المفتاحية: جيوكيمياء، التجوية الكيميائية، القبائل الصغرى، الكاولن، منجم، الجزائر.

Abstract:

Chemical weathering of heterogeneous rocks of Lesser Kabylia massif (NE Algeria), are influenced by climatic disturbances during the Miocene. This chemical weathering led to the development of kaolin deposits, such as in (Tamazert, Chekfa and Haj Ali). The products of weathering and the fresh rock were subject to mineralogical analysis by X-ray diffraction and chemically by inductively coupled plasma spectrometry (ICP/AES) for detecting major elements, and (ICP/MS) for determining trace elements. Mineralogical composition of weathering product in the three studied sites, showed the dominance of kaolinite (20% à 78%), beside quartz (5% à 23%) and illite/muscovite (8% à 61%). Other accessory minerals such as chlorite, plagioclase, feldspars are also present, but in small quantities. The geochemical evaluation of major and trace elements in the weathering product, shows leaching of (SiO₂, CaO, MgO and Na₂O) and enrichment of K₂O and Al₂O₃. However, behavior of Fe₂O₃, is different from one site to another. Trace elements have been enriched in the majority of samples of the three profiles. Some trace elements (Cr, Zr, Ba, Sr, V, Nb, Rb, and U) are used to discriminate the hypogen or supergen origin of kaolin. The REE show enrichment in the weathering product of the three profiles, LREE are more enriched in most samples, relatively to HREE. The significant negative anomaly of europium (Eu) characterizes all samples. The (La / Yb)_N is slightly compared to the parent rock with the exception of some samples of Haj Ali site, where it show high concentrations. Field observations and mineralogical- geochemical studies, show that the kaolin deposits of (Tamazert, Chekfa and

Haj Ali) are genetically linked, and having a mixed origin (hypogene and supergene), with the predominance of supergene origin in most studied samples.

Keywords: Geochemistry, Chemical weathering, Kaolin, Lesser Kabylie, Deposit, Algeria.

1-المدخل (Introduction): تخضع الصّخور العلوّية للقشرة القارّية لعمليّات تجويّة مختلفة (فيزيائية وكيميائية) ويعتبر مناخ المنطقة المعنية بالدراسة متغيرا مهما في عمليّة التجويّة. بالإضافة إلى عوامل أخرى أكثر محليّة، كطوبوغرافية المنطقة والمكونات المعدنية وكيمياء الصّخور المتواجدة في منطقة الدّراسة. هذه العوامل مجتمعة تؤثر على درجة تجويّة الصّخور ونواتجها (Nesbitt et Young, 1982 ; White et Blum, 1995)

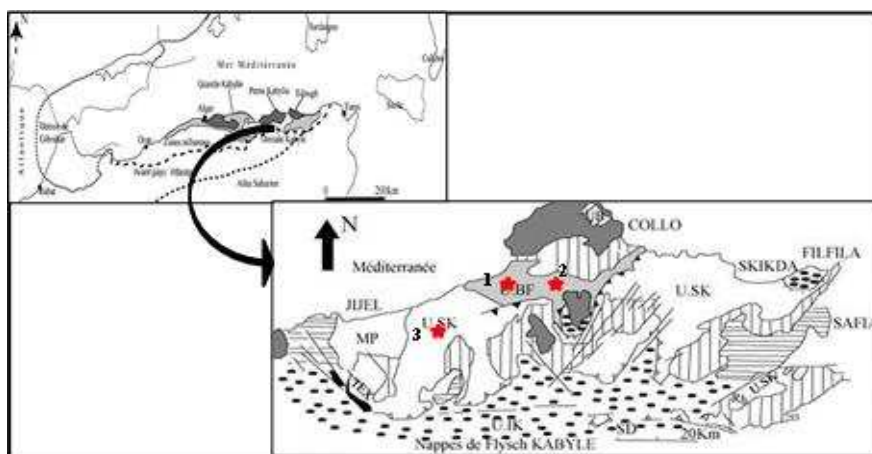
تؤدي عمليّة التجويّة الكيميائيّة إلى تحلل المعادن الأوليّة للصخرة الأم، وتتراكم نواتج التجويّة عليها حيث يتم انتقال جزء من نواتج التجويّة نحو البحار والمحيطات (Windom, 1976) أما الجزء الأكبر منها فتضل فوق الصّخرة الأم (*in situ*) حيث تتكون معاطف التجويّة. في أثناء التجويّة الكيميائيّة تقصى العناصر القلوية والقلويات الأرضيّة بكل سهولة من المعادن الأوليّة (Nesbitt et al., 1997; Nesbitt et Markovics, 1992; Nesbitt et Wilson, 1992; 1980). وعلى العكس تبقى العناصر الكيميائيّة التي تشكل المعادن المقاومة ثابتة (Nesbitt et Markovics, 1997). يتمّ بقاء العناصر مثل الألومنيوم والحديد والتيتانيوم Al, Fe et Ti في ناتج التجويّة وتختلط مع عناصر أخرى لتكوين معادن ثانويّة. وقد سبقت الإشارة إلى سلوك العناصر النادرة (REE) أثناء عمليّة التجويّة في بحوث كثيرة (Nesbitt, 1997; Duddy, 1980; Banfield et Eggleton, 1989; Marsh, 1991; Price et al., 1991; Cagianelli et al., 1992; Nesbitt et Wilson, 1992; Braun et al., 1993, 1998; Mongelli, 1993; Boulagne et Colin, 1994; Condie et al., 1995; Nesbitt et Markovics, 1997; Hill et al., 2000), عموما، تتحرك العناصر النادرة في أثناء عمليّة التجويّة الكيميائيّة، ويتغير إعادة توزيعها حسب طبيعة التجويّة وشدتها.

الهدف من هذا العمل هو التعرف على أصول ثلاثة من رواسب الكاولن في الشّمال الشرقي الجزائريّ. هذه الرّواسب مرتبطة مكانيا ونشأة مع التكوين التحولي لمرتفعات القبائل الصّغرى. وتهدف الدّراسة إلى بحث إعادة توزيع العناصر الثّانويّة (العناصر نادرة) كدليل لأصول السّوائل في التجويّة.

2. الإطار الجغرافي:

رواسب الكاولن في ثلاثة مناجم تقع في الشّمال الشرقي الجزائريّ (الشّكل 1)، يقع منجم تمازيرت على بعد 17 كلم شمال مدينة الميليّة (غرب جيجل). يبعد منجم الحاج علي، 14 كلم عن مدينة عين قشرة (غرب سكيكدة). في حين يقع منجم الشّقفة على بعد 23 كلم شرق جيجل.

من الناحية الجيولوجية، تعتبر هذه المناجم تابعة لمرتفعات القبائل الصغرى التي تمتد على طول سواحل البحر الأبيض المتوسط حوالي 150 كلم بين منطقة جيجل من الغرب إلى مرتفعات جبل فيلقة (سكيدة) من الشرق، مع امتداد شمال-جنوب 50 كلم. تعتبر كتلة جبال القبائل الصغرى هي الأضخم من بين الكتل الأخرى المشكلة للساحل الجزائري (الشكل 1). الخصائص التكتونية الكبيرة لهذه المنطقة تمت دراستها من قبل (Bouillin, 1977). تقع مناجم تمازيرت، الشقفة و الحاج علي بالتحديد في وحدة بني فرقان. هذه الوحدة تتكون من تراكم ثلاث وحدات فرعية متوضعة من الأعلى الى الأسفل كالآتي. الباراغنييس (paragneiss) للوحدة الفرعية العلوية، تتقاطع بواسطة قواطع (filons) الأمفيبوليت (amphibolites)، الوحدة الفرعية الوسطى ميتا بيليتية، (métapélitique) الوحدة الفرعية السفلية تتكون من تتابع الميتا بليت و عدسات البيروكسينيت، غرانيت و اللبنييت (leptynite). هذه الوحدة مغطاة من ناحية الشمال بمكونات النوميديا، الأولغوميوسين القبائلي (OMK) و الأوليستوستروم دو فليش (olistostromes de flyshs).



الشكل 1:

الموقع الجيولوجي والهيكل لكتلة القبائل الصغرى في المنطقة المغاربية الداخلية (D.M Durand, 1969; J. M. Vila, 1980). (1) تمازيرت (2) الحاج علي (3) الشقفة

Fig.1. Geological and structural position of the lesser kabylian massif in internal Maghreb

(1): Tamazert, (2): Hadj Ali; (3): Chekfa area (D.M Durand, 1969; J. M. Vila, 1980).

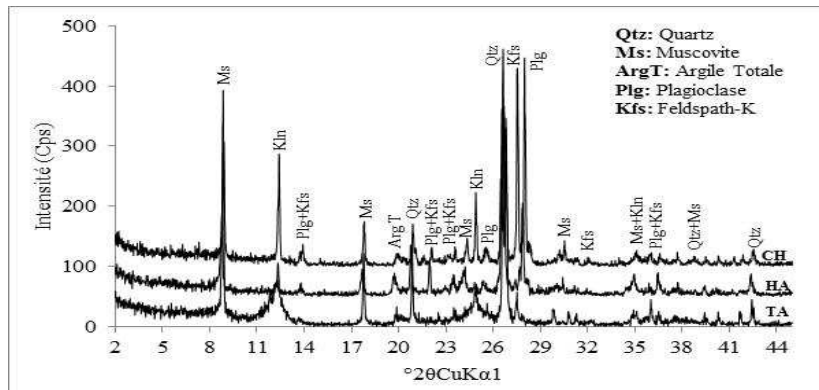
3.المواد والطرائق (Materials and methods):

تم جمع العينات المستخدمة في هذه الدراسة من مناجم الكاولن الواقعة شمال شرق الجزائر. تمازيرت (06 عينات)، الشقفة (03 عينات) والحاج علي (05 عينات) حسب خط شمال-جنوب. تمت التحاليل الكيميائية في مركز البحث (CRPG -CNRS Nancy, France). والتحاليل المعدنية في مختبر الطين، الجيوكيمياء والبيئات الرسوبية بجامعة لياج (بلجيكا) (Argiles, Géochimie et Environnements sédimentaires, AGeS). التحاليل المعدنية لمختلف العينات تمت بواسطة

مطياف من نوع (Bruker D8 Advance) يستعمل إشعاع (Cu K α 1, λ = 1.5418)، التحاليل المعدنية الكليّة والجزئية (Fraction < 2 μ m) في نفس الشّروط المعتادة (2 θ - 45°, 40kv, 30mA). تحاليل العينات الجزئية أجريت على ثلاث مراحل: طبيعيّة، معالجة بالإيثيلان جليكول ومسخنة عند درجة حرارة 500 لمدة أربع ساعات (500°C, EG, N). فيما يخص العناصر الكيميائية الثّانوية فقد تم معايرتها (normalisation) بواسطة الكوندريت (C1).

4.النتائج (Results):

4.1.النتائج المعدنية: بيّنت الدّراسات المعدنية أنّ المكوّن الأساسي الناتج عن عمليّة التّجويّة في المناجم الثّلاثة يتكون: الكاولينيت، الكوارتز و الموسكوفيت (الشّكل 2). النّسب المئوية للمعادن جد متغيرة؛ الكاولينيت من 20 إلى 78%. الموسكوفيت، من 8 إلى 61%. الكوارتز، من 5 إلى 23%. المعادن الثّانوية متمثلة في الفلدسبار البوتاسي والبلاجيوكلاز توجد بنسبة معتبرة في مناجم الشّقفة والحاج علي، وعلى شكل بقايا في بعض عينات منجم تمازيرت. أمّا معادن السماكتيت (smectites) والكلورايت (chlorite) فهي موجودة بنسب ضئيلة جدًا (< 1%) في معظم عينات الكاولينيت.



الشّكل 2. أنماط مسحوق XRD للعينات في ثلاثة مواقع التي تمت دراستها، Ta: Tamazert; Ch: Chekfa and Ha: Hadji Ali. (Qtz: كوارتز، Kln: كاولينيت، Ms: ميسكوفيت، Tc: طين كلي، Kfs: فلدسبات K، بلاجيوكلاز and Ha: حاج علي). (Plg: بلاجيوكلاز).

Fig 2. Powder XRD patterns of three studied site, Ta: Tamazert; Ch: Chekfa and Ha: Hadji Ali. (Qtz: Quartz, Kln: Kaolinite, Ms: Muscovite, Tc: Total clay, Kfs: K-feldspar, Plg: Plagioclase).

4.2.النتائج (Results):

نتائج التّحليل الكيميائي موضحة في الجدول رقم 1، وتبين وجود اختلافات معتبرة ومتوافقة مع التركيبة المعدنية في كل العينات. نسبة SiO₂ أكبر من 60% في معظم العينات. Al₂O₃ يتراوح بين 19 و 34%. والسلوك الكيميائي لهذه العناصر يبرز وجود كوارتز حر في ناتج التجويّة. وتبلغ نسبة Fe₂O₃ 0.26 و 0.77% وهي ضعيفة مقارنة بما هو موجود في الصّخرة اللّام. أما MnO، CaO، P₂O₅، Na₂O فهي غائبة كلياً نتيجة لعمليّة الرّشح (lessivage)، مستويات K₂O منخفضة

لأنها مرتبطة بالأليت (illite) و / أو المسكوفيت (muscovite) في جميع العينات المدروسة. نسبة K_2O مرتفعة في بعض العينات نتيجة لوجود بقايا الفلدسبار البوتاسي في حالة جيدة (Domingez et Murray, 1999). في العينات المستنفدة تتراوح ما بين (1.7 إلى 3.1%) نتيجة انخفاض وفرة المعادن الغنية الفلدسبار البوتاسي في الصخرة الأم (1967, Ronov et al., Roualdes, 1974). يتم إثراء TiO_2 بشكل منهجي في منتجات التجوية مقارنة بالصخور الأصلية؛ حيث يرتبط كل من Th و U سلبيًا، ولوحظ وجود إثراء في Th ونضوب في U في المنتجات المتغيرة في المواقع الثلاثة التي تمت دراستها.

نتائج تحاليل العناصر الثانوية مبينة في الجدول 2، هذه النتائج تبين زيادة نسبة هذه العناصر في ناتج التجوية. نسبة Ba، تتراوح ما بين (169ppm و 430ppm)؛ (Sr) $31ppm < Sr$ ، لكن نسبه من (Zr)، (Cr)، (V) منخفضة من (74 ppm ، 9 ppm و 6 ppm) مقارنة بالعينات الأخرى. قد تكون نسبة Cr و (V) العالية (14 ppm إلى 20 ppm)، (15 ppm و 27 ppm) في العينات الأخرى من المواقع التي تمت دراستها ، باستثناء العينة C1 بسبب تدهور عدسات البيروكسينيت (lenticles de pyroxinites).

نتائج تحاليل العناصر الأرضية الثانوية في الصخرة الأم ومنتجات التجوية في (الجدول 2). تمت معايرة هذه القيم مقارنة بقيم الكوندريت CI (McDonough and Sun, 1995). (الشكل 3أ، 3ب، 3ج) تمثل الأطياف الطبيعية REE لعينات الكاولين من كل موقع. جميع عينات الكاولين تظهر أطياف REE مماثلة. تتميز أطياف LREE بثراء قوي (enrichissement) مقارنة بـ HREE، والعناصر الأرضية النادرة الخفيفة LREE قوية $[5.7 < (La / Sm)_N < 3.1]$ مقارنة بمنحدرات $[0.3 < Tb / HREE < 0.64]$ $(Yb)_N < 0.64]$ شذوذ Eu في عينات الكاولين $[0.2 < (Eu / Eu^*) < 0.18]$. من المحتمل أن الشذوذ السلبي لعنصر Eu في المواقع الثلاثة، يرجع إلى الثراء النسبي للعناصر النادرة الأخرى باستثناء Eu بسبب العمليات الثانوية الكبيرة المصاحبة لتدمير معادن البلاجيوكلاز (plagioclases). حقيقة أن الأروبيوم (Eu) لم يتم إثراؤه خلال هذه العملية مما يوحي بهجرة هذا العنصر (Eu) أثناء عملية التجوية. ويشير الانخفاض في نسبة REE في العينات من موقع تمازيرت ، الشقفة وبعض عينات من الحاج علي إلى أن العناصر النادرة الخفيفة LREE لا يتم تثبيتها بشكل مفضل على الطين أثناء عملية التجوية ، وأن العناصر الأرضية النادرة الثقيلة HREE يتم ثراؤها بشكل تفضيلي في العينات. في العينات (H1 و H2 و H3) الواقعة أسفل منجم الحاج علي، نلاحظ زيادة في نسبة $(La / Yb)_N$ مما يشير إلى تثبيت LREE على هذه العينات أثناء التجوية (Ronov et al., 1967 ; Roaldest, 1973 ; Nesbitt, 1979 ; Duddy, 1980, Braun et al., 1990).

من أجل إظهار إعادة التوزيع النسبي للعناصر الثانوية وREE التي تميز أصل ونشأة نواتج التجوية، يتم معايرة محتوى كل عنصر من خلال محتواه المقابل له في الصخرة الأصل. يوضح الشكل (4) إثراء أو استنفاد العناصر في منتجات التجوية في المواقع الثلاثة.

الجدول 1. التركيب الكيميائي للعناصر الرئيسية (في %) من ثلاثة مواقع مدروسة.

Table 1. Chemical composition of the major elements (in %) of the three studied sites.

	Tamazert								Hadj Ali						
	M	1	2	3	4	5	6	1	2	H3	4	5	1	2	3
SiO ₂	7.4 2	9.00	4.55	3.28	4.51	1.07	8.72	6.28	1.25	4.57	1.40	5.74	5.65	8.40	8.77
Al ₂ O ₃	1.4 3	6.38	1.39	2.50	1.79	5.60	4.02	0.16	3.6	2.38	3.0	0.72	9.97	0.11	8.60
Fe ₂ O ₃	.55	.70	.77	.57	.72	.26	.26	.85	.25	.90	.35	.94	.81	.38	.36
MnO	.00	.00	.00	.00	.00	.00	l.d	.00	.00	.00	.00	.00	.01	.00	.00
MgO	.17	.42	.46	.33	.39	.23	.22	.69	.72	.63	.72	.62	.22	.34	.35
CaO	.56	l.d	.16	.05	.04	.05	.03	.08	.39	.09	.19	.16	.58	.03	.04
Na ₂ O	.28	.04	.56	.23	.24	.09	.07	.23	.46	.37	.04	.91	.31	.12	.33
K ₂ O	.12	.96	.35	.49	.12	.90	.67	.21	.19	.37	.65	.34	.69	.09	.47
TiO ₂	.15	.56	.48	.37	.39	.50	.60	.48	.45	.36	.44	.47	.17	.39	.34
P ₂ O ₅	.23	.07	.04	.06	.04	.05	.04	l.d	l.d	l.d	l.d	.04	.39	.04	.06
Pf	.86	.74	.42	.57	.93	.76	3.86	.65	.98	.39	.23	.32	.45	.02	.70
(Ti + Fe)	.70	.26	.25	.94	.11	.76	.86	.33	.7	.26	.79	.41	.98	.77	.70
(Cr + Nb)	2.5	5.2	2.6	5.5	2.84	5.00	8.4	0.9	8.77	7.04	7.66	9.00	1.1	4.00	5.7

	3														
(Ba + Sr)	3.00	32.3	67.7	26.5	37.0	02.1	02.8	69.1	29.2	01.4	75.1	97.3	57	39.1	27.1
(Ce + Y + La)	0.6	79.6	64.1	57.5	08.2	81.4	59.3	81.1	68.6	59.6	80.5	04.5	4.5	40.2	65.3
(La/Y) _N	2.06	5.28	.37	6.62	0.98	.43	4.76	6.03	6.27	5.48	5.08	6.19	0.4	0.2	0.14

l.d: detection limit; Pf: loss on ignition; RM: parent rock

حد الكشف: l.d: الخسارة الناتجة عن الاشتعال, Pf: صخرة الأم, RM:

الجدول 2. تركيز العناصر الثانوية (جزء في المليون) من العناصر في الثلاثة مواقع المدروسة

Table 2. Concentration of traces elements (in ppm) of the three studied sites.

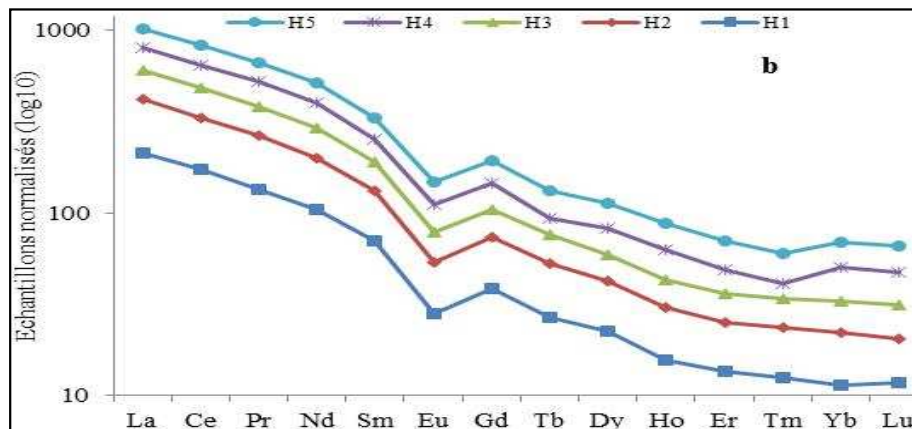
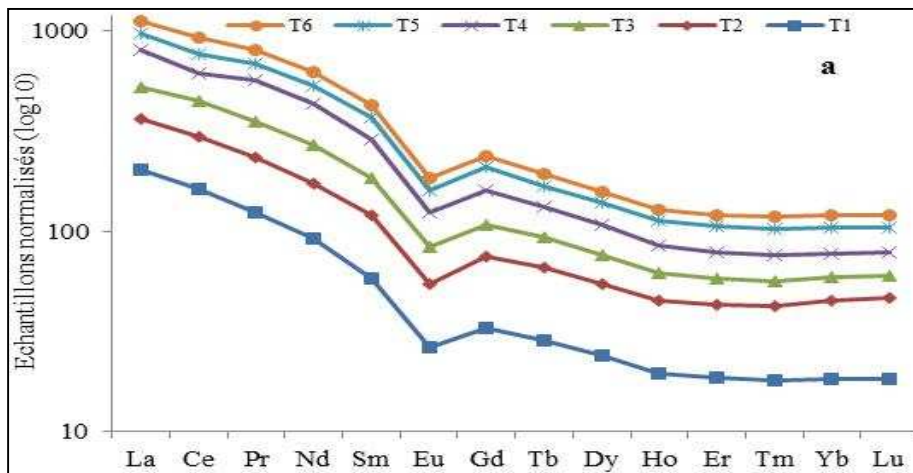
	Tamazert			Hadj Ali			Chekfa								
	M	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	1	2	3
Ba	9.0	01	97	30	53	57	69	13	96	75	53	06	42	94	67
Be	.16	.68	.73	.00	.68	.68	.05	.83	.32	.46	.11	.03	.21	.49	.34
Ce	1.1	9.9	2.5	2.5	02	6.6	6.3	06	7.3	4.2	7.6	11	7.3	9.7	01
Co	.50	0.5	6.5	.91	.84	.71	.79	.36	.30	.34	.21	.70	.75	.07	.95
Cr	2.6	9.1	7.5	5.1	3.4	9.2	9.6	0.0	8.77	7.6	8.03	8.8	.5	4.4	3.5
Cu	6.8	l.d	l.d	l.d	l.d	l.d	l.d	.7	l.d	l.d	l.d	l.d	l.d	0.2	.1
Dy	.99	.05	.91	.48	.77	.02	.72	.47	.03	.36	.66	.11	.33	.05	.46
Er	.97	.08	.03	.52	.49	.35	.37	.24	.93	.87	.05	.62	.20	.00	.13
Eu	.31	.53	.66	.65	.43	.13	.43	.62	.48	.46	.88	.15	.52	.11	.31
Gd	.54	.80	.66	.87	0.7	.83	.11	.87	.23	.39	.43	0.2	.79	.02	.06
Hf															

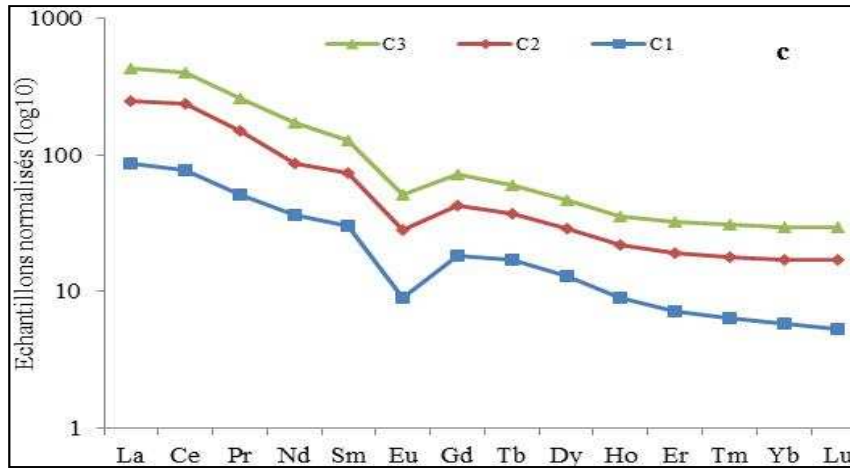
	.96	.14	.11	.21	.00	.10	.95	.25	.87	.41	.76	.25	.49	.58	.95
Ho	.51	.11	.46	.93	.32	.53	.86	.88	.83	.71	.13	.40	.51	.72	.77
La	2.8	8.0	8.1	8.9	6.3	8.7	7.8	0.5	8.6	5.1	6.15	2.0	0.4	8.8	1.9
Lu	.07	.46	.72	.34	.45	.67	.39	.30	.22	.27	.41	.46	.13	.30	.31
Mo	.53	l.d	l.d	l.d	l.d	l.d	l.d	l.d	l.d	l.d	l.d	l.d	l.d	.68	.63
Nb	.93	6.1	5.1	0.4	.44	5.8	8.8	0.9	0.02	.44	.63	0.2	1.6	0.6	2.2
Nd	5.3	2.9	8.8	3.9	6.6	7.7	3.5	9.0	5.12	2.0	0.11	4.2	7.1	3.7	9.6
Ni	.2	.5	.0	.6	l.d	.1	.1	.4	.56	0.3	1.45	.6	.9	.2	.7
Pb	3.9	56	6.1	18	4.9	4.9	0.7	2.2	1.43	0.4	2.93	4.6	4.1	9.2	8.5
Pr	.98	1.9	0.2	1.5	0.8	1.4	1.1	2.9	2.42	1.1	3.32	3.9	.85	.30	0.7
Rb	27	28	11	15	15	1.8	4.8	33	34	36	43	27	83	25	77
Sb	.52	.13	.43	.52	.73	.36	.31	.37	.67	.67	.88	.79	.53	.77	.86
Sm	.75	.88	.69	.90	5.5	2.5	.26	0.7	.63	.82	.57	2.3	.63	.77	.31
Sr	4.0	1.3	0.7	6.5	4.0	5.1	3.8	6.1	3.21	6.4	2.10	1.3	15	5.1	0.1
Ta	.39	.28	.96	.40	.41	.67	.92	.26	.01	.98	.77	.21	.23	.76	.98
Tb	.82	.07	.39	.02	.51	.43	.87	.11	.98	.87	.64	.51	.64	.74	.84
Th	4.9	7.7	6.1	5.3	4.4	7.3	6.3	9.2	9.22	9.7	0.4	0.4	2.6	6.3	4.7
Tm	.11	.46	.61	.35	.51	.70	.38	.31	.28	.26	.18	.49	.16	.29	.32
U	.15	.72	.87	.05	.57	.52	.39	.26	.2	.08	.98	.62	.67	.57	.36
V	.0	5.0	2.9	1.2	1.5	3.7	1.9	7.0	6.93	5.5	5.33	8.2	.1	8.0	5.2
Y															

	6.7	1.7	3.5	6.1	9.9	6.1	5.2	4.6	2.65	0.3	6.7	1.5	6.8	1.7	2.4
Yb	.58	.14	.55	.34	.16	.59	.58	.94	.82	.77	.46	.21	.00	.92	.08
Zr	11	50	08	12	61	97	95	79	54	31	43	66	3.7	76	00
(La/Sm) _N		.40	.93	.92	.27	.09	.08	.71	.04	.13	.82	.22	.40	.73	.04
(Tb/Yb) _N		.33	.3	.42	.47	.39	.33	.57	.53	.49	.26	.47	.64	.38	.41
(Eu/Eu*) _N		.19	.18	.2	.18	.19	.19	.18	.18	.19	.2	.19	.12	.19	.18

(La / Sm) N: slope of normalized light rare earths; (Tb / Yb) N: slope of standardized heavy rare earths.

(La / Sm)_N: منحدر العناصر النادرة الخفيفة : (Tb / Yb)_N: منحدر العناصر النادرة الثقيلة.





الشكل 3.

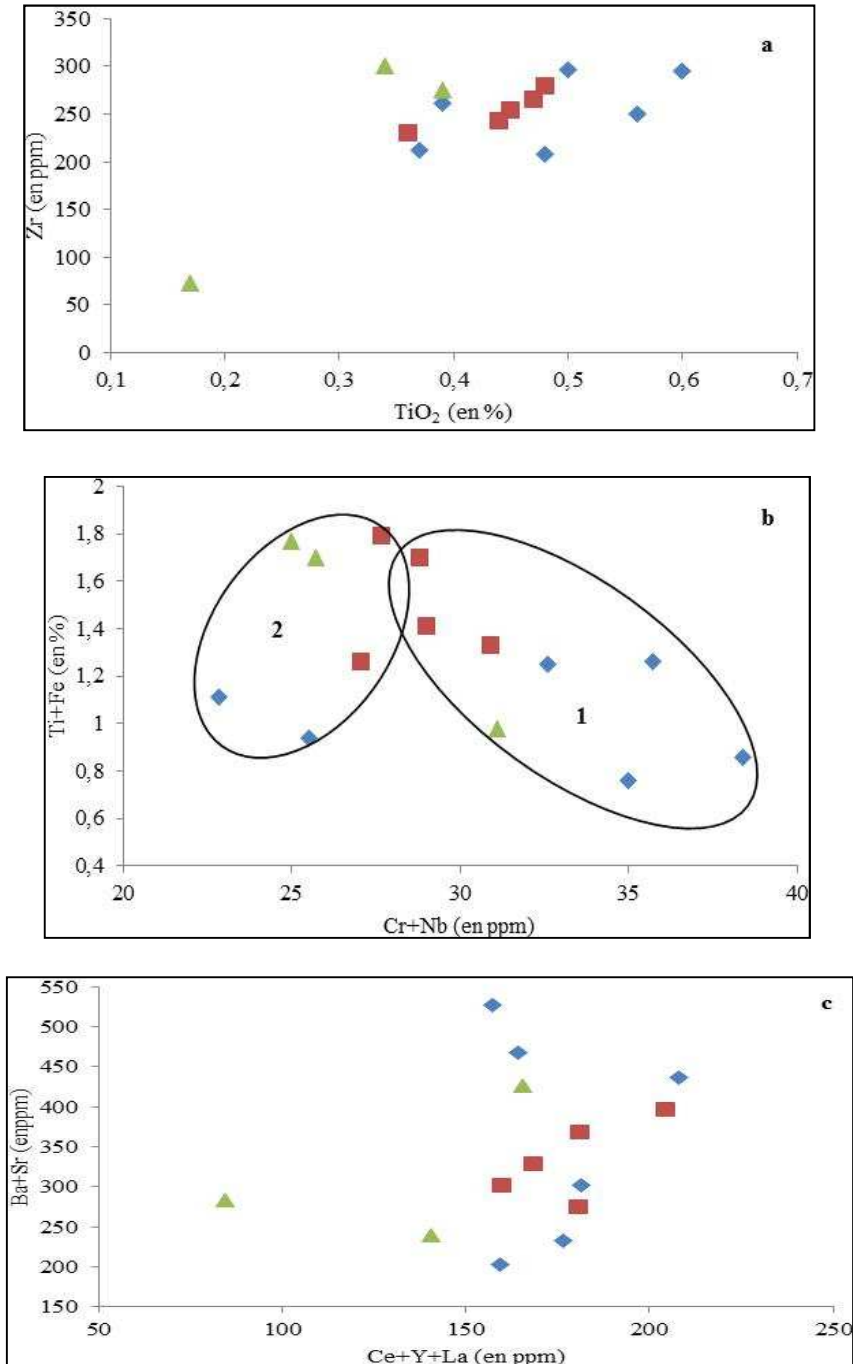
أطياف REE معايرة إلى الكوندريت CI. (أ): موقع تمزيرت ، (ب): موقع الشقفة ، (ج): موقع حاج علي.

Fig 3. REE patterns normalized to the chondrite CI. (a): Tamazert site, (b): Chekfa site, (c): Hadj Ali site.

5 المناقشة (Discussion): ناقش عدد من المؤلفين أصل رواسب الكاولين (Cravero et al.,

2010 ; Parsapoor et al., 2009 ; Marfil et al., 2005 ; Dill et al., 1997) معدن الكاولينيت الناتج من التجوية بالمياه الباطنية الساخنة يُظهر ثراء في S و Ba و Sr، بينما يميل Cr و Nb و Ti و REE إلى التركيز في الكاولينيت المتكون من عمليات التجوية الخارجية (Dill et al., 1997). العناصر الرئيسية لا تعطي أية فكرة عن أصل التجوية. لوحظت عملية إثراء في Al_2O_3 ، ونقص شديد في العناصر القلوية والقلوية الأرضية. محتويات K_2O و Na_2O مرتفعة في مواقع الشقفة والحاج على مقارنة مع تلك الموجودة في تمازيرت. ويؤكد وجود بقايا الفلسبار والبلاجيوكلاز (Dominguez et Murray, 1999)، الذي أكدته DRX هذه الملاحظة. تظهر العناصر الثانوية التوزيع نفسه في نواتج التجوية في المواقع الثلاثة، (Duddy.1980) et (Nesbitt.1979) (Ronov et al., 1967) أظهروا أن عناصر REE مجزأة أثناء عملية التجوية مع إثراء LREE في ناتج التجوية مقارنة بـ HREE (Dill et al., 1997) استخدموا بعض العناصر الثانوية للتمييز بين الأصل الداخلي للنشأة (hypogène) والأصل الخارجي للنشأة (supergène) لظاهرة الكولنة (kaolinisation): العلاقات بين SO_3 و (P_2O_5) ؛ $(Zr vs TiO_2)$ ؛ $(Cr + Nb vs TiO_2 + Fe_2O_3)$ و $(Ba + Sr vs Ce + Y + La)$ تم اقتراحهما كعلاقات تمييزية. يتم إثراء Sr و Ba في أثناء التجوية بالمياه الباطنية الساخنة، بينما تتركز عناصر Cr و Nb و Ti و REE في أثناء التجوية الخارجية. أما تركيزات $(Zr vs Ti)$ و $(Cr + Nb)$ و $(Ti + Fe)$ و $(Ce + Y + La)$ ونسبة $(Ba + Sr)$ لعينات الكاولين من المواقع الثلاثة (الشكل 4) ولا تظهر اختلافات كبيرة، هذا يشير إلى أن رواسب الكاولين في المناطق الثلاث المدروسة تأتي من نفس العملية الجيولوجية. تشير محتويات $(Ti + Fe)$ و $(Sr + Ba)$ نفس المنشأ (Dill et al., 1997). ومع ذلك، فإن

وجود تركيز عالٍ من (Cr + Nb) و (Ce + Y + La) في غالبية العينات يشير إلى وجود أصل غالب للتجوّية الخارجيّة للكاولينيت.

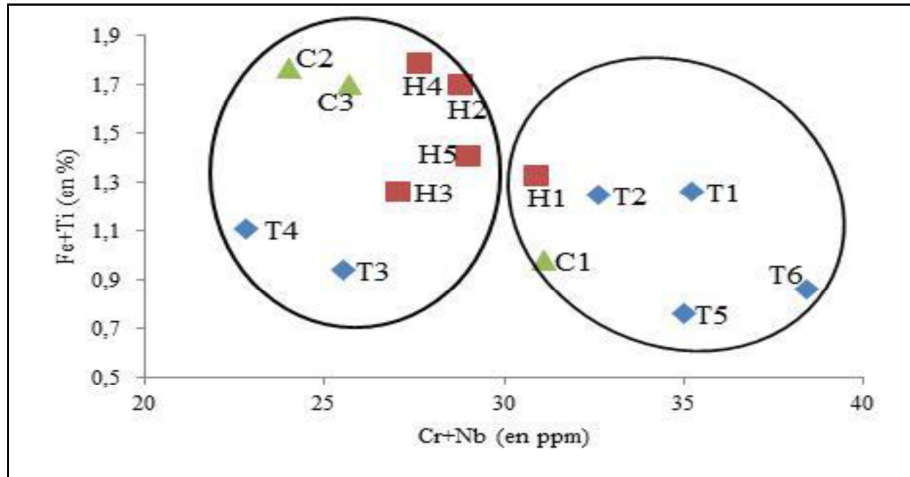


الشكل 4. مخططات توزيع العناصر الثانوية في ثلاثة مواقع تمت دراستها.
■ عينات تمزيرت، ▲ عينات شقمة، ■ عينات حاج علي.

Fig.4. Distribution diagrams of trace elements in three studied sites

■ Tamazert samples, ▲ Chekfa samples, ■ Hadj Ali samples

(الشكل 5)، يوضّح أن العينات T1 و T2 و T5 و T6 هي من أصل خارجي النشأة بينما T3 و T4 وجميع عينات الحاج علي هي من أصل مختلط باستثناء H5 العينة ذي أصل سطحي (supergène) العينات من موقع الشّقفة هي من أصل مختلط باستثناء العينة C1 التي لها أصل داخلي النشأة (hypogène). في الواقع، يمكن إطلاق التيتانيوم من معدن أولي (مثل البيوتيت) من الصخرة الأم أثناء عملية الكولنة. تم استخدام محتوى Ti في الكاولينيت للتمييز بين العمليتين (Dill et al.1997) لأنه يتصرف كعنصر ثابت في الظروف السطحية، Zr هو أيضا مؤشر جيد لدرجة تغير صخور المصدر. يمكن ربط التركيز الأعلى للعناصر (Ba، Sr، Rb، V، Cr، Zr) بحركة منخفضة في أثناء عملية الكولنة (Briand et al.1985؛ Vidal.1998). نتيجة لذلك، تشير عينات الكاولن ذات المحتوى العالي من Ti و Zr إلى بيئة تكوين سطحية (Marfil et al.2005). تمت مقارنة بين رواسب الكاولن ذات الأصل الداخلي بالرواسب ذات المنشأ الخارجي (Cravero et al.2010). في الرواسب الداخلية العناصر S و Sr و Pb و V و P₂O₅ و LREE تكون أكثر وفرة، في حين أن Fe₂O₃ و Y و Rb و U و Zr و HREE هي الغالبة في الرواسب الخارجية النشأة.



الشكل 5. مخطّط ثنائي (Ti + Fe) مقابل (Cr + Nb)

Fig.5. Binary diagram (Ti + Fe) vs (Cr + Nb)

6. الخلاصة (Conclusion):

يمكن تلخيص ما توصلنا إليه من خلال دراستنا هذه في مايلي:
نشأت مناجم الكاولين (تمازيرت، الشّقفة و الحاج علي) الواقعة في الشّمال الشرقي للجزائر في سياق جيولوجي معقد، غير متجانس نتيجة التّحولات التّكتونية و التّقلبات المناخية التي عرفها حوض البحر المتوسط في حقبة الميوسن (Miocène). هذه العوامل أدت الى تطور عملية التّجوية الكيميائية للصخور الغنية بالفلسبار (Feldspars) إلى تكوين رواسب الكاولن. يظهر التوصيف المعدني لنواتج التّغير للمواقع الثلاثة التي شملتها الدّراسة تشابها في التركيب المعدني. الكاولينيت والكوارتز والإيليت / المسكوفيت هي المعادن الرئيسيّة، مرتبطة بالكلوريت والفلسبارات البوتاسيّة

والبلاجيوكلاز، لذلك يعتبر هذا الكاولن غير نقي. تختلف نسبة الكاولينيت وفقاً لشدة التجوية في كل موقع. تُظهر الدراسة الجيوكيميائية للعناصر الرئيسية ترشيح العناصر القلوية والقلوية الأرضية باستثناء K التي يتم الاحتفاظ به في منتج التجوية بسبب وجود الإليت. يتم إثراء غالبية العناصر النادرة في منتج التجوية مقارنة بالصخرة الأم. العناصر الثانوية (Cr, Rb, V, Y, Nb, U, Sr, Zr, Pb) إضافة للعناصر الأرضية النادرة (REE) تجعل من الممكن تحديد أصل نشأة رواسب الكاولين. يُظهر سلوك العناصر الكيميائية أصلاً مختلطاً بين التجوية الخارجية والتجوية بواسطة المياه الباطنية الساخنة، مع أفضلية للتجوية الخارجية. تستكمل هذه الدراسة بإجراء تحاليل النظائر المستقرة للأكسجين والهيدروجين لتأكيد هذا الأصل.

المراجع (References):

- 1- Bariand, P., Cesbron F & Geffroy J.,(1985). Les minéraux: leurs gisements, leurs associations. Edit. BRGM, France. 490pp.
- 2- Braun, J.J., Pagel M., Herbillon A & Rosin C.,1993. Mobilization and redistribution of Rees and Thorium in syenitic profile-a mass balance study. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **57**(18), 4419-4434.
- 3- Braun, J.J., Viers J., Dupre B., Polve M., Ndam J & Muller J.P.,1998. Solid/liquid REE fractionation in the lateritic system of Goyoum, east Cameroon: the implication for the present dynamics of the soil covers of the humid tropical regions. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **62**(2), 273-299.
- 4- Banfield, J.F & Eggleton R.A.,(1989). Apatite replacement and rare earth mobilization, fractionation, and fixation during weathering. *Clay Mineral*, **37**, 113-127.
- 5- Bouillin, J.P., 1977. Géologie Alpine de la petite Kabylie dans la region de Collo et d'El Milia (Algérie) *Thèse doctorat, Univ Pet M. Curie*. 511p.
- 6- Boulagne, B & Colin F.,(1994). Rare-earth element mobility during conversion of nepheline syenite into lateritic bauxite at Passa-Quatro, Minais-Gerais, Brazil. *Appl. Geochem*, **9**(6), 701-711.
- 7- Condie, K.C., Dengate J & Cullers R.L.,(1995). Behavior of rare-earth elements in a paleoweathering profile on granodiorite in the front range, Colorado, USA. *Geochim. Cosmochim. Acta* **59**(2), 279-294.
- 8- Caggianelli, A., Fiore S., Mongelli G & Salvemini A.,(1992). Redistribution in the clay fraction of pelites from the southern Apennines, Italy. *Chem. Geol.* **99**(4), 253-263.
- 9- Cravero, F., Marfil S & Maiza P., (2010). Statistical analysis of geochemical data: A tool: to discriminate between kaolin deposits of hypogene and supergen origin. Patagonia, Argentina. *Clay Minerals*, 183-196.
- 10- Dominguez, E & Murray H.H.,(1999). The Lote 8 kaolin deposit, Santa Cruz Province, Argentina.In: Kodama H., Mermut A.R., Torrence J.K. (Eds), Genesis and paper industrial applications. Clay for Our Future. Proc.11th Int. Clay Conf., Ottawa, Canada 1997 ICC97 Organizing Committee, Ottawa, Canada, PP 57-64.
- 11- Duddy, I. R.,(1980). Re-distribution and fractionation of rare earth and other elements in weathering profile. *Chem. Geol*, **30**, 363-381.
- 12- Fagel, N., André L & Debrabant P., 1996. Multiple seawater-derived geochemical signatures in Indian oceanic pelagic clays. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol. 61, No. 5, pp. 989-1008, (1997).
- 13- Justin, E. B., 2012. Review of rare earth element concentrations in oil shales of the Eocene Green River Formation. USGS. U.S. Geological Survey, Reston, Virginia: 2012.
- 14- Hill, I.G., Worden R.H & Meighan I.G.,(2000). Yttrium: the immobility-mobility transition during basaltic weathering. *Geology* **28**(10), 923-926.
- 15- Mahdjoub, Y.,(1991). Cinématique des déformations et évolution P, T anté-alpines et alpines en Petite Kabylie (Algérie Nord orientale): un modèle d'évolution du domaine tellien interne. *Thèse-es-Science USTHB*. Alger. 196p.

- 16- Marfil, S.A., Maiza P.J., Cardellach E & Corbella M., (2005). Origin of kaolin deposits in the "Los Menucos", Río Negro Province, Argentina. *Clay Minerals*, **40**, 283-293.
- 17- Marsh, J.S.,(1991). Ree fractionation and Ce anomalies in weathered karoo dolerite. *Chem. Geol.* **90**(3-4), 189-194.
- 18- Mongelli, G.,1993. Ree and other trace elemnts in a granitic weathering profile from Serre, Southern Italy. *Chem. Geol.* **103** (1-4), 253-273.
- 19- McDonough, W.F., Sun S.S., 1995. The composition of the earth. *Chem. Geol.* **120**, 223-225.
- 20- Nesbitt, H.W., Markovics G. & Price R.C.,(1980). Chemical processes affecting alkalis and alkaline earth during continental weathering. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **44**, 1659-1666.
- 21- Nesbitt, H.W., Young G.M.,1982. Early Proterozoic climate and plate motion inferred from major element chemistry of lutites. *Nature*, **299**, 715-717.
- 22- Nesbitt, H.W., Wilson R. E.,(1992). Recent chemical weathering of basalts. *Am. J. Sci.* **292**(10), 740-777.
- 23- Nesbitt H.W., Makovics G.,(1997). Weathering of granodioritic crust, long-term storage of elements in weathering profiles, and petrogenesis of silicatic sediments. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **44**, 1653-1670.
- 24- White, A.F., Blaun A.E.,(1995). Effect of climate on chemical weathering in watersheds. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **59**,1729-1747.
- 25- Windom, H.L.,(1976). Lithogeneous materials in marine sediments. In: *Chemical Oceanograpy*, vol.5 (eds. J. P Riley and R. Chester). Academic Press, pp. 103-135;
- 26- Parsapoor, A., Kahlili M & Mackinzadeh H.A. (2009). The behaviour of trace and rare earth elements (REE) during hydrothermal alteration in the Rangan area (central Iran). *Journal of Asian Earth Sciences*, **34**, 123-134.
- 27- Price, R.C., Gray C.M., Wilson R.E., Frey F. A & Taylor S.R.,(1991). The effects of weathering on rare-earth element, Yand Baabundances in tertiary basalts from southeastern Australia. *Chem. Geol.* **93**(34è), 245-265.
- 28- Roaldset, E.(1973)., Rare earth elements in quaternary clays of the Numedal area, southern Norway, *Lithos*, **6**, 349-372.
- 29- Ronov, A. B., Balashov Y. A & Migdisov A. A.,(1967). Geochemistry of the rare earths in the sedimentary cycle. *Geochem. Int.* **4**, 1-17.
- 29- Taylor, S.R., McLennan S.M., (1985). *The Continental Crust: Its Composition and Evolution*. Blackwell.
- 30- Vidal, P.,(1998). *Géochimie. Série geosciences*. Dunod, Paris. 190 pp.