

# دراسة جيوكيميائية منشئية للصخور المتحولة

## في رقعة البسيط/شمال غرب سورية

\*- د. محمود مصطفى

\*\* - محمد ماهر العلاوي

### الملخص

يقدم هذا البحث دراسة جيوكيميائية للصخور المتحولة في منطقة البسيط والتي تمتد من قسطل معاف إلى الشمال الغربي في كتلة جبل عيوران و كتل جبل كوباترا دوشانه، شمال غرب سوريا.

من خلال دراستنا الجيوكيميائية للصخور المتحولة في منطقة الدراسة تم استنتاج مايلي أن بروتوليت صخور القاعدة المتحولة في رقعة البسيط هو عبارة عن صخور نارية اساسية (بازلت/جابرو) من سلسلة ثولييتية، تشكلت في بيئة تكتونية محيطية أو مرتبطة بحافة صفيحة قارية. خضع هذا البروتوليت لعمليات تبلور تجزيئي قبل أن يخضع لحدث تحولي متعدد المراحل خلال اندساس وانزياح الأفيوليتات التابعة لحزام التيثيس تعرضت الصخور لدرجات تحول متفاوتة تتراوح بين سحنات الشيست الأخضر (منخفضة) وسحنات الأمفيبوليت (متوسطة) .

**كلمات مفتاحية:** القاعدة المتحولة، منطقة البسيط شمال غرب سورية، جيوكيميائية، منشئية، بروتوليت.

\*- أستاذ في قسم الجيولوجيا-كلية العلوم-جامعة اللاذقية-اللاذقية/سورية.

\*\* -طالب دكتوراه في قسم الجيولوجيا-كلية العلوم-جامعة اللاذقية-اللاذقية/سورية.

## 1- مقدمة: Introduction

لقد قام دوبرتريه 1970 بدراسة أهم تكشفات الصخور المتحولة، و حددها على الخارطة ، و بين أنها تمتد من قسطل معاف إلى قرية التركمانلي ، و بيت والي حسان ، و قرية تشالكامالي حتى قرية كرنكول ، و من ثم تتابع إلى الشمال الغربي أيضاً من قرية كرنكول في كتلة جبل عيوران بالقرب من قرية تركمانلي في كتل جبل كوباترا دوشانه، و في منطقة الباير بالقرب من قرية الكبير .أما من حيث الاتجاه العام للصخور المتحولة فقد اعتبره دوبرتريه مخالفاً للاتجاه البنيوي العام للصخور الأفيوليتية حيث حدد اتجاه الصخور المتحولة شمال شرق- جنوب غرب

و قد أشار دوبرتريه 1937-1954 إلى أن هذه الصخور تتوضع بتجانس واضح تحت الصخور فوق الأساسية ، و الأساسية المتمثلة بالبيريديوتيت، بيروكسينيت، سربنتينيت-غابرو بحيث لا تظهر عليها أية تشوهات ، أو عمليات زحن واضحة ، وهذا ما دعاه إلى افتراض أنها تشكلت في المكان .و قد اعتبرها دوبرتريه 1933 من عمر الباليوزوي ، أو أقدم قليلاً من ذلك .أما كينفوي (Chenevoy,1952-1959) فقد أجرى دراسات بتروغرافية ، و جيوكيميائية على مجموعة الصخور المتحولة المنتشرة في منطقة الباير-البيسيط بحيث اعتبرت هذه الدراسات الأساس لكل الدراسات اللاحقة مثل دراسة بيرو (Piro, 1967)، و بارو (Parrot, 1977) و غيرها.

ويعتبر أفيوليت الباير -البيسيط في شمال غرب سورية الذي يعود إلى الكريتاسي العلوي جزء من الحزام الأفيوليتي التيتسي . وكما هو الحال في العديد من التتابعات الأفيوليتية المرتبطة بهذا الحزام فإنها تترافق مع الميلانج التكتوني الذي يحتضن بلوكات من الصخور المتحولة حيث تظهر الخرائط البنيوية أن الصخور المتحولة قد عانت من تشوهات متعددة وتتميز القاعدة المتحولة في منطقة البيسيط بأنها متميزة بشكل جيد حيث تظهر تدرج حراري معكوس من الأسفل نحو الأعلى ، و يمكن تقسيمها إلى سحنات متوسطة الدرجة (سحنات أمفيبوليتية ) في الشمال، و سحنات منخفضة الدرجة ( سحنات الشيست الأخضر ) في الجزء المركزي من المنطقة مما يدل على تزايد درجة التحول من الجنوب نحو الشمال

## 2- إشكالية البحث:

على الرغم من انتشار الصخور المتحولة في منطقة البيسيط فإن الأصل البروتوليتي والظروف التي تشكلت فيها الصخور لم تدرس بشكل كاف.

**3- أهمية البحث وأهدافه:**

- 1- تأتي أهمية البحث من الناحية العلمية في إجراء دراسة جيوكيميائية ومنشئية للصخور المتحولة في منطقة البسيط
- 2- استنباط البيئة التكتونية القديمة ويهدف إلى:

- 1- توصيف التركيب الجيوكيميائي للصخور المتحولة في منطقة البسيط
- 2- إجراء تحاليل جيوكيميائية للعناصر الرئيسية والعناصر النادرة للصخور المتحولة في منطقة البسيط
- 3- إجراء دراسة منشئية للصخور المتحولة في منطقة البسيط.
- 4- تقييم درجة التمايز الماغماوي للبروتوليت الناري
- 5- اقتراح نموذج تكتوني محتمل يفسر تكون البروتوليت الأصلي بناء على النتائج الجيوكيميائية

**4- طريقة البحث ومواده:**

القيام بعدد من الجولات الحقلية في منطقة الدراسة، بهدف جمع العينات الصخرية لدراستها مخبرياً، وللتعرف على تركيبها الكيميائي وذلك على النحو الآتي:

- 1- أعمال مكتبية: الاطلاع على الدراسات السابقة
- 2- أعمال حقلية: جمع العينات الصخرية.
- 3- أعمال مخبرية: تجهيز العينات الصخرية النموذجية - إجراء التحاليل الجيوكيميائية للعينات النموذجية باستخدام جهاز XRF لدى هيئة الطاقة الذرية في دمشق
- 4- التقانات الحاسوبية اللازمة لرسم المخططات الجيوكيميائية وإظهار النتائج : (الكورل درو، السيرفر-11، السيغما بلات، برمجيات ميكروسوفت، وغيرها).

**5- منطقة الدراسة:**

تقع كتلة البسيط في الجزء الغربي من كتلة البايير - بسيط بطول قدره 75 كم وعرض 30 كم وتستقر فوق القاعدة المتحولة التي يحتضنها الميلانج الرسوبي والميلانج السرينتيني .

تنتشر الصخور المتحولة في منطقة البسيط الشكل (1) في ثلاث أماكن رئيسية وهي من الجنوب نحو الشمال وفق الترتيب التالي:

منطقة كوباترا دوشنة وفق المحور الخالدية - بيت الوالي - الوادي ( 35,50 شمالاً و 35,55 شرقاً ) ومنطقة جبل عيوران ( 35,51 شمالاً و 35,55 شرقاً ) ومنطقة جبل الغنغرية ( 35,52 شمالاً و 35,55 شرقاً )



## 6- الدراسة الجيوكيميائية للصخور المتحولة المنتشرة في منطقة البسيط:

بناء على قيم التحاليل، يبدو أن العينات تنتمي إلى صخور اساسية إلى متوسطة (مثل الأمفيبوليت، الميتابازيت، أو الغابرو المتحول) مع وجود بعض العينات التي قد تشير إلى صخور شبه قلوية الدليل على ذلك هو:

- نسب  $\text{SiO}_2$  منخفضة إلى متوسطة (44-52%)

- نسب عالية من  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO} + \text{CaO}$ .

- وجود عينات غنية بالصوديوم ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) وأخرى غنية بالكالسيوم ( $\text{CaO}$ )، مما قد يشير إلى تباين في الدرجة التحولية أو البروتوليث الأصلي.

- ثاني أكسيد السيليكون ( $\text{SiO}_2$ )

المكون الرئيسي للصخور. يوجد في المعادن السيليكاتية مثل الكوارتز، الفلدسبارت، البيروكسين، الأمفيبول، حيث أن نسبته في جميع العينات منخفضة (>55%) نموذجية للصخور الاساسية (مثل البازلت أو الغابرو المتحول)، التباين بين 44% و 52% يؤكد الأصل الأساسي.

- ثاني أكسيد التيتانيوم ( $\text{TiO}_2$ )

يوجد في الفلزات الثانوية مثل الإلمنيت ( $\text{FeTiO}_3$ ) والروتيل ( $\text{TiO}_2$ )، وأحياناً في الأمفيبول والبيروكسين، وهو عنصر ثابت نسبياً وغير متحرك خلال التحول منخفض إلى متوسط الدرجة، تعد نسبته مؤشراً ممتازاً لأصل البروتوليث. نسبة عالية (<1.0%): نموذجية للصخور الاساسية (مثل البازلت الثولييتي).

نسبة منخفضة (>1.0%): قد تشير إلى صخور فوق اساسية أو صخور اساسية مرتبطة بقوس بركاني. والتنوع في نسبته في عيناتنا قد يشير إلى تنوع في سلسلة البروتوليث (ربما بازلت قوس بركاني أو كوماتيت).

- أكسيد الألومنيوم ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )

يوجد في الصخور الامفيبوليت او الشيست ونسبته المرتفعة تدل او تعكس شدة التحول أي يشير الى مراحل متقدمة من التحول وخاصة الكيميائي

يوجد في معادن الفلدسبار (البلاجيوكلاز بشكل رئيسي)، الميكا (المسكوفيت والبيوتيت)، الغارنيت، السيليمانيت/الكيانيت/أندلوسيت، والكلوريت.

نسبته المرتفعة (مثل 16% MG12) تسمح بتكون معادن غنية بالألومنيوم مثل الغارنيت أو السيليمانيت في درجات تحول عالية.

النسبة في العينات تتراوح بين (12.5% - 16%) وهي طبيعية للصخور الأساسية. الاختلافات قد تعكس الاختلاف في نسبة البلاجيوكلاز في البروتوليث الأصلي.

- أكسيد الحديدك ( $Fe_2O_3$ ) - (يمثل الحديد الكلي FeO غالباً)

يوجد في أكاسيد الحديد (الهيماتيت، الماغنتيت)، البيروكسين، الأمفيبول، الغارنيت، البيوتيت، والكلوريت، يشير إلى درجة الأكسدة أثناء التحول، نسبة عالية من  $Fe_2O_3$  مقارنة بـ FeO تشير إلى ظروف مؤكسدة (ممكن في تحول التماس مع وجود سوائل)، ونسبته المرتفعة (10-14% في معظم العينات) تؤكد الطبيعة الأساسية. الاختلافات يمكن ربطها بكمية معادن أكاسيد الحديد أو الأمفيبول وأيضاً مدلول على تحرر الأوكسجين يكون كبير ويتشكل الماغنتيت والهيماتيت ويدل على أ، الصخور مرت بتحويلات فيزيائية وكيميائية طالما زادت درجات الحرارة والضغط

- أكسيد المنغنيز (MnO)

يوجد بكميات ضئيلة (نادرة) في معادن مثل الجبسيبتول (spessartine garnet)، الرودونايت (rhodonite)، وفي الكربونات والإلمنيت. تكون الغارنيت الغني بالمنغنيز (Spessartine) يعتمد بشكل حاسم على نسبة MnO، نسبه لدينا منخفضة جداً (>0.7%) وهو طبيعي في الصخور الأساسية. العينة (MA14 0.67% و MD30 0.33%) لديها نسب أعلى قليلاً.

- أكسيد الكالسيوم (CaO)

يوجد بشكل أساسي في البلاجيوكلاز الغني بالكالسيوم (anorthite)، البيروكسين (diopside)، الأمفيبول (hornblende)، الغارنيت (grossular)، والكالسيت/الولاستونيت، ويعتبر مؤشر حساس على درجة التحول وطبيعة البروتوليث.

نسبة عالية (مثل 15.33% MA14) تشير إلى وجود بلاجيوكلاز غني بالكالسيوم أو معادن مثل الكالسيت (في الماربل) أو الولاستونيت (في سكارن)، نسبة منخفضة قد تشير إلى فقدان الكالسيوم مع السوائل أثناء التحول أو أصل بروتوليثي فقير بالكالسيوم.

- سبب التباين كبير في العينات (من 7.8% في MG5 إلى 15.3% في MA14) يشير إلى تعدد البروتوليث أو درجات تحول مختلفة العينات ذات CaO المرتفع (MA14, MD20, MD30, MD4) قد تكون أقل تحولاً أو ذات أصل مختلف.

- أكسيد المغنيسيوم (MgO)

يوجد في البيروكسين، الأمفيبول، الأوليفين، التالك، الكلوريت، والسرينتين، ويشير إلى الطبيعة الأساسية أو فوق الأساسية للصخرة، ويرتبط ارتباطاً وثيقاً بـ FeO.

النسب مرتفعة (7-12%)، خاصة في (MA14 12%) و (MG9 11%)، تؤكد الطبيعة الأساسية ويشير إلى بروتوليث من المعطف وترتبط بدرجة تحول مرتفعة ويعكس الظروف الجيولوجية السائدة.

- أكسيد الصوديوم (Na<sub>2</sub>O) و أكسيد البوتاسيوم (K<sub>2</sub>O)

تتواجد في الفلدسبار (ألبيت وأورثوكلاز) و الميكا (البيوتيت والمسكوفيت).

وتعد مؤشرات على نشاط السوائل ودرجة التحول من خلال دراسة نسبتها وزيادة أو نقصان أو اختفاء أي منهم كما يلي:

$Na_2O > K_2O$ : نموذجي للصخور الأساسية (البلاجيوكلاز هو الفلدسبار السائد). هذا واضح في جميع العينات تقريباً.

$K_2O > Na_2O$ : قد يشير إلى إضافة البوتاسيوم من خلال التحميل (metasomatism) أو بروتوليث غني بالبوتاسيوم.

فقدان الصوديوم: يحدث في درجات التحول العالية حيث يتحول البلاجيوكلاز إلى غارنيت + صهارة.

MA14 لديها Na<sub>2</sub>O منخفض جداً (0.06%)، يشير إلى تحول عالي الدرجة أو غسل الصوديوم بواسطة سوائل.

MG3 و MG12 و MD14 لديها نسب Na<sub>2</sub>O عالية (<3%)، مما قد يشير إلى بروتوليث غني

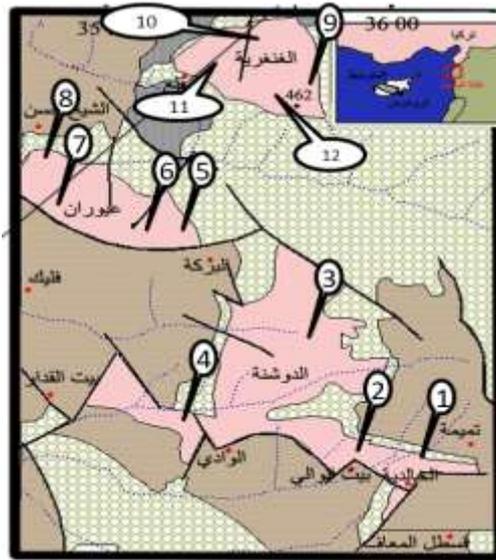
بالصوديوم أو تحول منخفض/متوسط الدرجة حيث يتم الحفاظ على البلاجيوكلاز.

- خامس أكسيد الفوسفور (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)

يوجد بشكل حصري تقريباً في معادن الفوسفات (الأباتايت)، وهو عنصر غير متحرك. ويعتبر مؤشر ممتاز للتمييز بين البروتوليث الناري والرسوبي.

نسبة منخفضة (>0.5%): نموذجية للصخور النارية الأساسية (مثل البازلت الثولييتي).

نسبة عالية (<0.5%): نموذجية للصخور الرسوبية (مثل الطفل الصفحي) أو صخور كربوناتيت. معظم العينات لديها نسب منخفضة (>0.5%)، مما يدعم بشدة الأصل الناري المافي للبروتوليث. عينات مثل (MA14: 0.55% و MG3:0.78% و MD30: 0.66%) لديها نسب مرتفعة قليلاً، مما قد يشير إلى بعض الخلط أو الخصائص المميزة للبروتوليث.



(الشكل: 2) خارطة توضيحية لاماكن انتشار الصخور المتحولة موضح عليها مواقع سحب العينات لإجراء التحاليل الكيميائية بطريقة XRF

الجدول 1: نتائج التحاليل الجيوكيميائية المجراة على عينات متحولة من منطقة البسيط حيث تظهر فيه الأكاسيد الرئيسية

W.T%

حيث : MG- غفيرة - MD - دوشنة - MA- عيوران

NO	Sample	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	AL <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
1	MD4	48	1.1	13.20	9.97	0.26	13	11	2	0.25	0.06
2	MD14	46.99	3.25	14	12.68	0.25	9	8	4.8	0.60	0.11
3	MD20	46.18	3.10	14.11	12.13	0.21	13.11	8.68	2.9	1	0.57
4	MD30	52	1.12	12.47	10.79	0.33	12	7	2.1	0.88	0.66
5	MA1	45	2.21	13	13.66	0.37	12	8	2.35	0.46	0.46
6	MA5	47.91	0.32	14	10.1	0.28	12.87	10	3.28	0.77	0.05
7	MA13	44.99	2.23	15.75	11.98	0.55	13.78	7.11	1.58	0.47	0.26

8	MA14	45.88	0.35	16	10.19	0.67	15.33	12	0.06	0.87	0.55
9	MG3	45.08	2.03	15.1	11.39	0.16	8	8.7	3.12	1.5	0.78
10	MG5	46.90	1.20	16	11	0.12	7.79	9	2.88	0.88	0.11
11	MG9	44.67	3.34	13.68	13.45	0.11	9.83	11	2.99	0.56	0.55
12	MG12	45.13	2.52	16	13.10	0.15	8.66	9	3.32	1.3	0.25

الجدول 2: يبين نتائج حساب عناصر النورم CIPW ل 12 عينة

No	اباتيت	إلمينيت	اورتوكلاز	البايت	انورثيت	هيماتيت	ديوبسيد	هايبيرستين	أوليفين	النيفلين	كوارتز	تيتانيت
1	1.06	0.79	2.72	19.88	23.56	13.66	20.82	10.27	0.00	0.00	0.34	4.40
2	0.12	0.60	4.55	18.08	21.20	10.10	32.93	0.00	6.76	5.24	0.00	0.00
3	0.60	1.18	2.78	13.37	34.49	11.98	20.69	8.12	0.00	0.00	1.55	3.95
4	1.27	0.66	5.14	0.51	40.82	9.38	24.66	19.92	0.38	0.00	0.00	0.00
5	1.80	0.34	8.86	26.40	22.77	11.39	4.23	5.75	9.78	0.00	0.00	4.54
6	0.25	0.26	5.20	24.37	28.13	11	4.74	17.19	2.12	0.00	0.00	2.61
7	1.27	0.24	3.31	25.30	22.25	13.45	9.15	3.67	13.66	0.00	0.00	7.89
8	0.58	0.32	7.68	28.09	24.91	13.10	6.42	0.00	13.62	0.00	0.00	4.30
9	0.14	0.56	1.48	16.92	26.30	9.97	27.24	13.05	1.20	0.00	0.00	1.98
10	0.25	0.53	3.55	36.95	14.88	12.68	14.57	0.00	9.23	1.99	0.00	5.05
11	1.31	0.45	5.91	24.40	22.53	12.13	22.46	0.00	7.86	0.07	0.00	4.87
12	1.52	0.71	5.20	17.77	22	10.79	23.86	6.37	0.00	0.00	9.30	1.84

بناءً على النسب المعيارية للمعادن تبين:

السحنة المحتملة: سحنة الأمفيبوليت (Amphibolite Facies)

تشير المجمعات المعدنية السائدة (ديوبسيد - هايبرستين - أنورثيت - بايت) مع وجود الكوارتز أو غيابه في بعض العينات إلى ظروف تحول متوسطة.

المدى التقريبي للظروف:

· درجة الحرارة: متوسطة = 250 - 550 °م

· الضغط: متوسط (≈ 4 - 8 كيلوبار) يقابل عمق ≈ 15-30 كم.

· شدة التحول: متوسطة إلى عالية.

التفسير الموجز:

1. هيماتيت كأكسيد حديد سائد (بدءاً من ~9.4%) يشير إلى ظروف مؤكسدة.

2. التنوع بين أوليفين وهايبرستين في العينات يعكس تغيراً في درجة الأكسدة أو التركيب الكيميائي

الأصلي للصخر.

- 3 غياب النيفلين في معظم العينات ووجود الكوارتز في بعضها يحد من الظروف لضغوط متوسطة. وجود النيفلين يشير إلى نقص في السيليكات في تلك الصخور الأصلية.
- 4 ثبات وجود ديوبسيد، أنورثيت، وهايبرستين كمكونات رئيسية يؤكد على تكوين صخور غنية بالكالسيوم والحديد والمغنيسيوم (صخور أساسية)

تبين مخططات العناصر الرئيسية مقابل السيليسيوم (مخططات هاركر Harker) (الشكل:3)

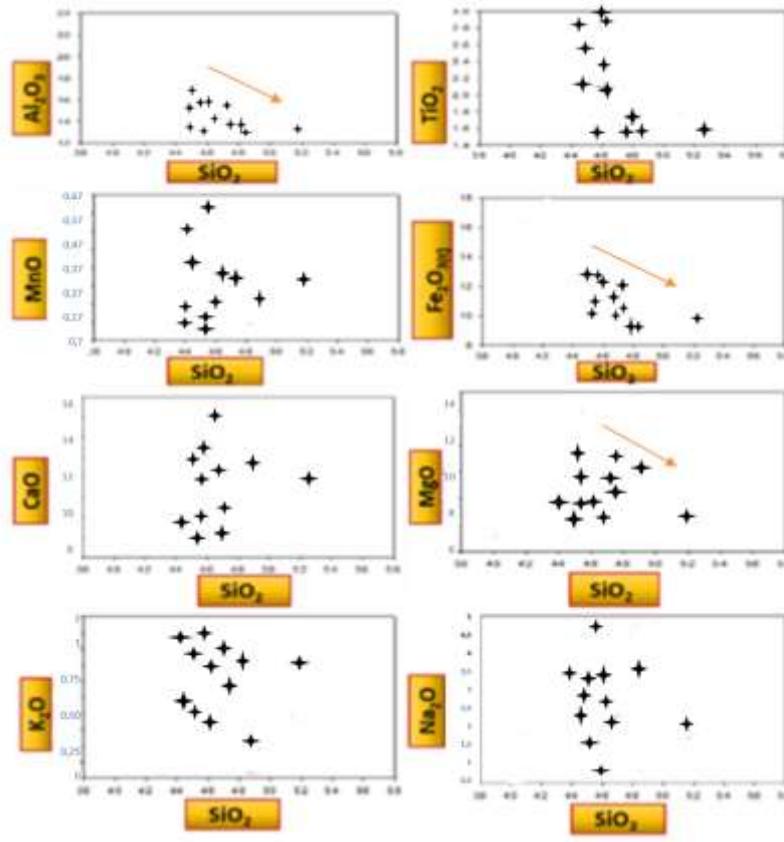
اختلافات في نسب العناصر عند مستو سيليكات واحد:

- أكسيد الألمنيوم  $Al_2O_3$  تناسباً عكسياً مع أكسيد السيليكات.
- يظهر أكسيد الحديد الكلي  $Fe_2O_3$  تناسباً عكسياً مع أكسيد السيليكات.
- أكسيد المغنيزيوم  $MgO$  تناسباً عكسياً مع أكسيد السيليكات.
- بينما علاقة السيليكات مع بقية الأكاسيد فكانت مبعثرة.

كشفت مخططات هاركر (Harker diagrams) عن سلوك منهجي للعديد من العناصر الرئيسية:

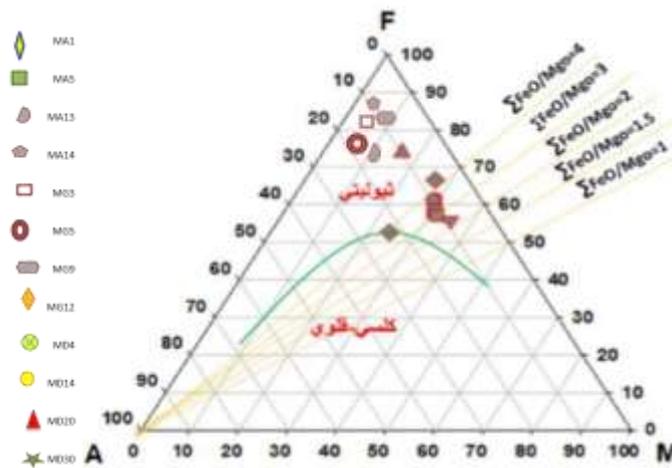
علاقة عكسية واضحة لكل من  $Al_2O_3$  و  $Fe_2O_3$  و  $MgO$  مع  $SiO_2$ . يشير هذا النمط إلى عملية تبلور تجزيئي (Fractional Crystallization) للماجما البروتوليثية الأصلية، حيث يوضح انخفاض  $MgO$  و  $Fe_2O_3$  مع زيادة  $SiO_2$  تبلور وإزالة المعادن الأساسية (مثل الأوليفين والبيروكسين) من المنصهر، بينما يشير السلوك العكسي لـ  $Al_2O_3$  إلى تبلور بلاجيوكلاز غني بالكالسيوم في مراحل لاحقة.

أظهرت عناصر أخرى مثل  $TiO_2$  و  $P_2O_5$  و  $K_2O$  توزعاً مبعثراً عند قيم سيليكات متشابهة، مما يشير إلى وجود أكثر من مجموعة بروتوليثية أو تأثير عمليات تحويلية لاحقة (مثل التحميل Metasomatism).



(الشكل:3) يظهر علاقة الأكاسيد المختلفة مع السيليكا (مخططات هاركر)

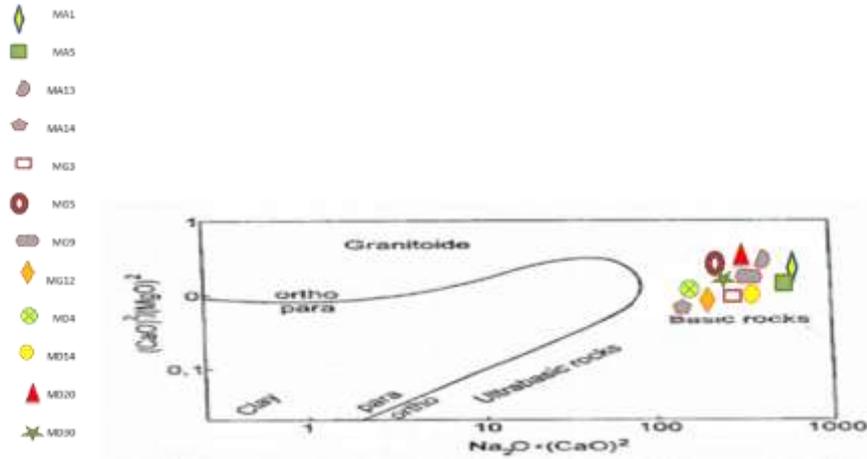
لتمييز السلسلة البركانية الأصلية (الصحارية)، تم استخدام مخطط AFM (الشكل: 4) تجمعت جميع العينات بشكل واضح داخل مجال السلسلة الثوليتية (Tholeiitic Series)، مما يستبعد الأصل القلوي الجيري (Alkaline) ويشير إلى بيئة تكون محيطية.



(الشكل: 4) مخطط AFM يظهر فيه منحى تطور الصخر الاصيلي في منطقة الدراسة

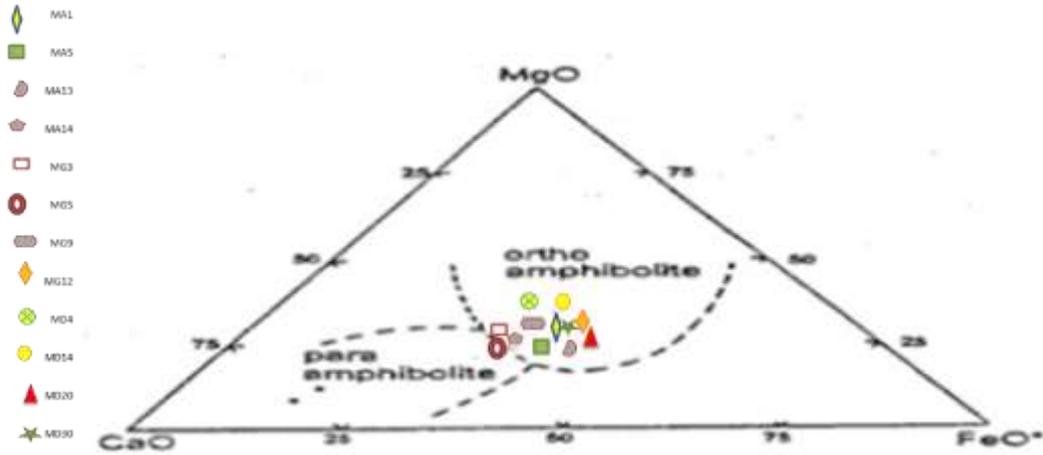
$$M=MgO \quad F=Fe_2O_3+FeO \quad A=(Na_2O+K_2O)$$

تُصنف العينات ضمن الصخور القاعدية (Basic) في مخطط بيوج (1980)، مما يدل على أصلها من صهارة مافية غنية بالحديد والمغنيسيوم وفقيرة بالسليكا، ذات مصدر عمقي (عادةً من الوشاح العلوي). يتوافق هذا مع تكوينات مثل البازلت والجابرو، ويشير إلى بيئة تكوُّن تتميز بدرجة انصهار عالية، كتلك المرتبطة بمراكز الانتشار المحيطي أو الفلقات القارية.



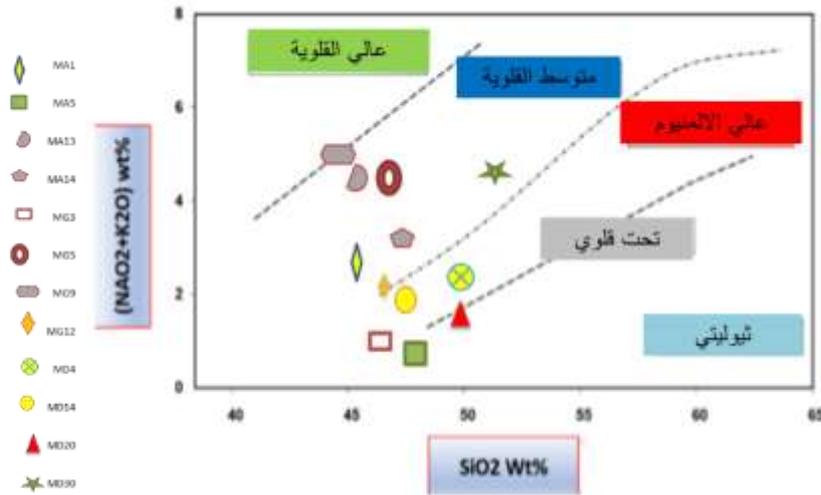
مخطط Beuge, 1980

وفقاً لمخطط والكر (Walker, 1960) لتمييز أصل الأمفيبوليت، تقع التركيبة الكيميائية للعينات ضمن مجال الأوريتو-أمفيبوليت، بالقرب من الحد الفاصل مع مجال البارو-أمفيبوليت. يؤكد ذلك على أصلها الناري الأساسي، بينما يشير موقعها القريب من الحد إلى تمايز صهاري متقدم (إثراء نسبي في  $FeO + MgO$  مقابل  $CaO$ ) و/أو تأثير طفيف بعمليات التحول أو التبادل الكيميائي اللاحقة، دون الانزياح عن المصدر الناري الأساسي. يتطابق هذا الاستنتاج مع التصنيف القاعدي (Basic) في مخطط بيوج (1980).



مخطط walker1960

ويظهر مخطط روجرز المعدل (الشكل: 5) أن الصخور المدروسة هي صخور متوسطة القلوية بشكل عام (تحت قلوي وبتجاه متوسط القلوية).



(الشكل: 5) مخطط تحديد درجة قلوية الصخور البازلتية حسب (Shchwarer and Rogers 1974)

فيما يلي حساب معامل (MgO Mg) للعينات ، وعرض النتائج في جدول منظم :

تم حساب الرقم الماغنيسياني (Mg) للعينات بهدف تقييم التغير في التركيب المعدني وطبيعة الأصل البركاني وقياس درجة تمايز الماغما الأصلية. تم تعريف Mg على أنه:

$$SI=100MgO/(MgO+FeO+Fe_2O_3+Na_2O+K_2O/$$

حيث تم تحويل الحديد الكلي (الوارد في التحليل كـ  $Fe_2O_3$ ) إلى  $FeO$  باستخدام عامل التحويل  
 $FeO = Fe_2O_3 \times 0.8998$

تتراوح قيم  $Mg$  المحسوبة للعينات بين 51.88 و 70.08 (الجدول 1) هذا التباين يؤكد فرضية التبلور التجزيئي المستخلصة من مخططات هاركر ، و يشير إلى أن بروتوليث (أصل) هذه الصخور المتحولة هو بازلي في طبيعته وقد خضع لدرجات متفاوتة من التمايز الماغماوي عبر التبلور التجزيئي تعكس العينة MA14 أقل درجة تمايز وتقترب من تركيب البازلت البدائي، بينما تمثل العينات مثل MA1 و MD30 نهايات سائلة متميزة بشكل أكبر. هذا النطاق من قيم  $Mg$  متوافق مع تكون معادن اساسية متحولة شائعة مثل الهورنبلند والبيوتايت والجارنت.

الجدول : 3 يوضح القيم الأصلية لـ  $MgO$  و  $Fe_2O_3$ ، وقيمة  $FeO$  المحولة، وقيمة معامل  $Mg$  النهائي لكل عينة.

Sample	SiO2	Fe2O3	MgO	FeO	Mg
MA1	45	13.66	8	12,29	51,88
MA5	47.91	10.1	10	9,09	64,24
MA13	44.99	11.98	7.11	10,78	54,21
MA14	45.88	10.19	12	9,17	70,08
MG3	45.08	11.39	8.7	10,25	57,97
MG5	46.90	11	9	9,90	59,39
MG9	44.67	13.45	11	12,10	58,93
MG12	45.13	13.10	9	11,79	55,22
MD4	48	9.97	11	8,97	65,01
MD14	46.99	12.68	8	11,41	52,91
MD20	46.18	12.13	8.68	10,92	55,88
MD30	52	10.79	7	9,71	52,01

MA14: هذه العينة هي الأقل تمايزاً بين المجموعة. قد تكون الأقرب إلى تركيبة الماغما الأم البدائية. لاحظ أيضاً انخفاض محتوى التيتانيوم ( $TiO_2 = 0.35$ ) وهو ما يتوافق مع هذا التفسير، حيث تتراكم العناصر غير المتوافقة مثل  $Ti$  في المراحل المتأخرة.

MA5 MD4: عينات ذات تمايز متوسط.

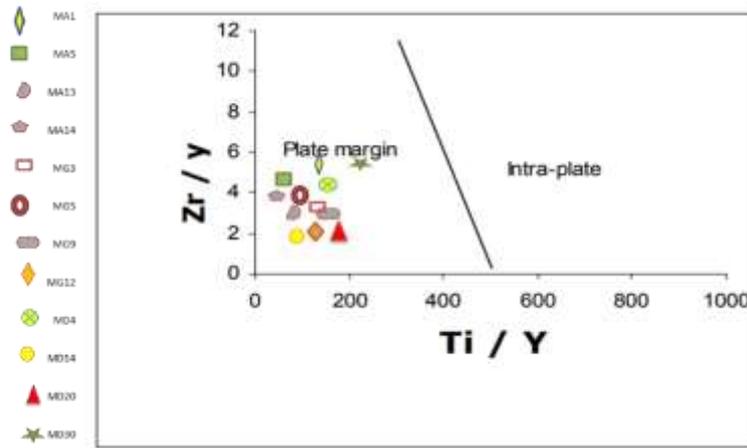
MA1 MD30: هذه العينات هي الأكثر تمايزاً. تشير إلى أن الماغما الأصلية فقدت جزءاً كبيراً من معادنها الأساسية المبكرة الغنية بالماغنسيوم قبل تصلبها وتحولها.

دراسة العناصر الشحيحة ( النادرة):

الجدول: 4 التحاليل الجيوكيميائية المجراة على عينات متحولة من منطقة البسيط حيث تظهر فيه العناصر النادرة

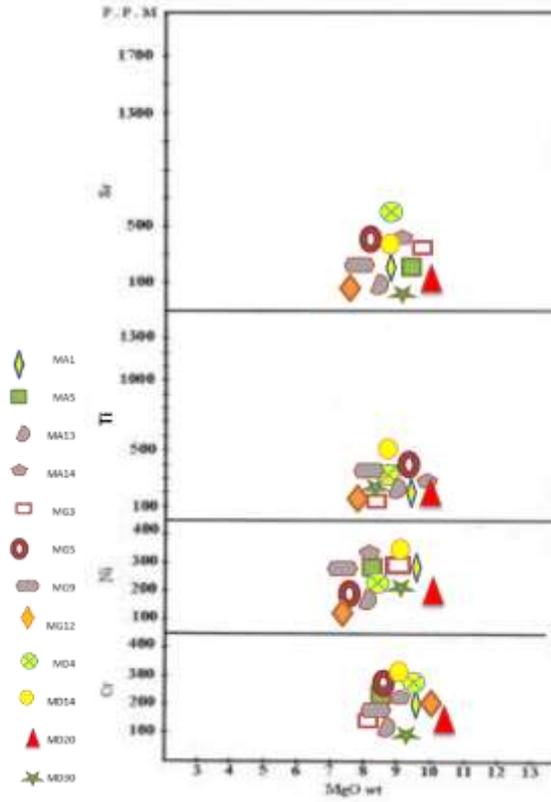
sample	Ca	Fe	Ti	Mn	Cr	V	Sr	Zr	Ni	Zn	Cu	Mo	Y
MA1	662	174	191	34	170	12	400	5	100	4	5	3	0
MA5	272	132	76	45	360	0	300	0	220	71	16	26	0
MA13	690	170	180	29	310	0	500	3	220	4	6	4	0
MA14	372	133	80	30	240	0	200	3	280	5	3	6	0
MG3	590	169	190	35	160	0	500	3	220	3	5	3	0
MG5	773	133	167	31	300	0	400	4	100	5	6	4	0
MG9	310	159	200	28	140	0	200	3	280	6	4	5	0
MG12	660	140	120	32	290	0	500	2	290	4	3	6	0
MD4	595	165	195	37	350	0	300	5	150	5	5	3	0
MD14	290	137	110	40	450	0	200	2	310	3	6	4	0
MD20	650	143	210	36	440	0	400	2	180	5	4	5	0
MD30	787	162	220	28	230	0	100	6	260	3	5	4	0

يدل توزع العينات على مخطط (Pearce & Gale 1977) (الشكل: 6) ان الصخور تنتمي لبركنة على أطراف القارة او المنطقة الهامشية من الصفيحة



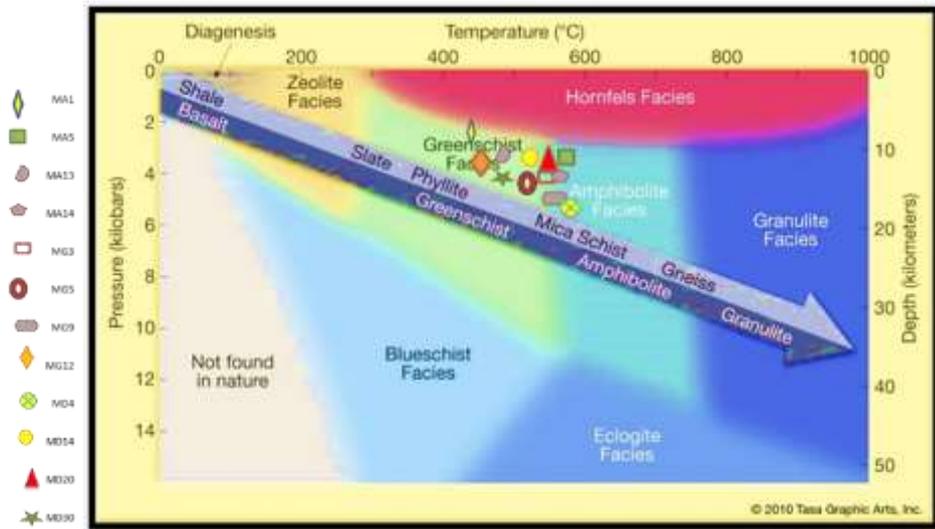
(الشكل: 6) توزع عناصر الأثر  $Zr/Y$  مقابل  $Ti/Y$  حسب (Pearce & Gale 1977) والذي يظهر الوضع التكتوني للصخور المتحولة في منطقة البسيط

تشير مخططات مقارنة المتغيرات الكيميائية (مخططات هاركر) (الشكل: 7) إن ارتفاع محتوى العناصر اللامتوافقة يشير إلى ان تركيب الصخور يوافق تركيب البروتوليت



(الشكل:7) مخططات مقارنة المتغيرات الكيميائية يظهر علاقة بعض عناصر الأثر المختلفة مع أكسيد المغنيزيوم (مخططات هاركر)

يبين لنا مخطط تصنيف الصخور المتحولة (الشكل: 8) ان العينات تقع ضمن مجال الغرين شيست والامفيوليت عند درجات حرارة تتراوح ما بين 400-500 درجة مئوية والضغط من 2-5 كيلوبار



(الشكل: 8) مخطط تصنيف الصخور المتحولة

**7- الاستنتاجات:**

تم إجراء تحاليل جيوكيميائية لـ 12 عينة ممثلة للصخور الأمفيبوليتية والميتابازيتية والميكاشستوية من ثلاث كتل رئيسية (الغفرية، كوباترا دوشنة، عيوران) في منطقة البسيط. كشفت التحاليل باستخدام تقنية XRF عن تركيب كيميائي متجانس إلى حد ما، مع وجود تباينات دلالية تعكس تنوعاً في الأصل البروتوليتي و/أو ظروف التحول.

1. أصل البروتوليث: البروتوليث الأصلي للقاعدة المتحولة في منطقة البسيط هو صخور نارية مافية (بازلت/جابرو) تنتمي إلى السلسلة الثوليتية.

2. عمليات ما قبل التحول: خضعت الصحارة الأم لعملية تبلور تجزيئي متقدم، كما يتضح من الأنماط المنهجية في مخططات هاركر والنطاق الواسع لقيم (Mg#) 52-70.

3. البيئة التكتونية القديمة: تشير السمات الجيوكيميائية (الثوليتية، نسب العناصر الشحيحة) إلى أن هذا البروتوليث المافي تشكل في بيئة محيطية أو مرتبطة بامتداد قشري رقيق في حافة صفيحة قارية هامشية، وليس في قوس بركاني كلاسيكي.

4. حدث التحول: تعرضت هذه الصخور الأساسية لاحقاً لحدث تحول إقليمي منخفض إلى متوسط الدرجة (سحنات الشيست الأخضر - الأمفيبوليت) أثناء اندساس و/أو اصطدام الصفيحة الحاملة للأفيوليتات التابعة لحزام التيثيس، مما أدى إلى تكوين أمفيبوليتات وميتابازيت الحالية.

**8- التوصيات:**

نوصي بإجراء مقارنة منهجية بين نتائج هذا البحث ونتائج الدراسات على القواعد المتحولة في complexes الأفيوليتية الأخرى في حزام التيثيس (مثل في تركيا، قبرص، وعُمان). هذه المقارنة ستساعد في وضع نموذج تكتوني إقليمي موحد يفسر تكون ونقل هذه الكتل المتحولة.

المراجع: Reference:

- 1- MORRIS A., ANDERSON M., AL-RIYAMI KH., ROBERTSON AI & DIXON J. - **First Palaeomagnetic Results from the Baer Bassit Ophiolite of N. Syria**- . abstract.
- 2- Blome, C. D., and Irwin, W. R., 1985 - **Equivalent radiolarian ages from ophiolite terrains of Cyprus and Oman: Geology**- v. 13, p. 401-404.
- 3-Delaune M.,1983 -**Polarites geochimiques et paleogeographie des series volcano-sedimentaires pelitiques du NW-Syrien au cretace** basa- cah.O.R.S.T.O.M. ser.geol.13.
- 4- Delaune M.,1983 -**Evolution of amesozoic passive continental margin: Baer-Bassit (NW-Syria)**- 151-159.
- 5 Delaune M., Parrot.J.F.1976 -**Evolution du mesozoique de lamarge continental meridionale du basin tethysien oriental dapres letude des series sedimentaires de lazregion ophioltique du nordouest syrien** - cah. O.R.S.T.O.M. ser.geo.8.173-841.
- 6 Delaune M., Saint- Marc p.1979-80 -**Donnces stractigraphiques noureices surles sediments oceaniques mesozoiques associes aux nappes ophiolitiquesduBaer-Bassit (NW-Syrien)**- Cah. OR.S.T.O.M.,ser.Geol.n.,peg.151-164.
- 7- Delaune M., Marcoux J, Parrot J.F.,Poisson A.1976 -**Modele d evolution mesozoique de la paleo-marge tethysienne au niveau des nappes radiolarittiques et ophiolitiques du Taurus Lycien, d Antalya et du Baer-Bassit. intern.symp.on struct.hist.of the Mediterranean Basins, split**- Technip(ed),79-94.
- 8- Delaune M., 1955 -**Geologie des Roches vertes du Nord-Quest de la Syrie at du Hatay (Turquie)**- Paris.
- 9-Kazmin V G., Kulakov V V.,1968 -**Geological d association cogenetique laves-radiolarites-calcaires:la formation triasque de petra touromiou (Chpre)**- C.R.Acad.sci.Paris,268,2637-40.
- 10- Kazmin V G., Kulakov V V., 1968 -**The Geological map of Syria. Scale 1: 50 000, Explanatory notes**- USSR.
- 11-Parrot J F.,1977-**Assamblage ophioltique du Baer-Bassit et terms effusivs du volcano- sedimentairre travaux et documents de.L**- O.R.S.T.O.M, 72.333
- 12-Park C F.,1946 -**Spilite and manganese problems of the Olympic Peninsula**- Washington.Amer.J.Sci.,244:305-3230
- 13- Parrot J F.,1974a - **Les differentes manifestations effusives de la region ophiolitique du Baer-Bassit(nord-ouest de la Syrie):comparaison petrographique et geochimique.** C.R.Acad.Sci.,Paris,ser.D,t.279:627-630.
- 14- Parrot J F., 1974b -**Lassembleage ophiolitique du Baer-Bassit (nord -ouest de la Syrie):etude petrographique et geochimique du complexe filonien, des laves en coussins quilui sont associees, et d une partie des formations effusives comprisesdansle volcano sedimentaire**- Cah.ORSTOM. ser.Geol.,vol.VI,n2:97-126.

- 15-ParrotJF.,DelauneM.,1974-**TerresdoAmbeduBassit(Syria)-** cah,ORSTOM,ser.vol.VI,n
- 16- ParrotJF.,DelauneM., 1977 -**Terres Do Amber du Basslt (syria)-** Cah, ORSTOM, ser. Geol.vol.VI,n2, ,p.147-160.
- 17- Ponikarov V P.1966 -**Geologicalmap of Syria. Scale, 1:1,000,000-** Minstry of Petroluem and Mineral Resoures.
- 18- DUBRTRUET, L(1954). **Report on volcanic eruptions in Syria- Geological map of the southern part of the coastal chain scale of 1/5000.**
- 19- DUBERTRET, L (1937). **Sur le pliocènemarin des environs d'Antioche (Syrie).** C.r.Acad .Sci, paris, 205, p1247.
- 20- DUBERTRET.L. (1937) . **VAUTRIN, H. & KELLER. . La stratigraphie du pliocéneet du Quaternairemarins de la côteSyrienne notes et mém.**
- 21- DUBERTRET, L (1933) **Les grandesnappesbasaltiquessyriennes: Âge et relations avec la tectonique.** C.R. Soc. Géol. Fr.Vol. 3.178–180.
- 22- Y. Piro, **Contribution al etude des Roches verts du Nord-Ouest de la Syrie** thesis 3eme cycle Montpellier 142p. (Multigr) , 1967.
- 23- M. Chenevoy, **the geology of Syria and Lebanon lesubtratum**, 83 ,1959.

24-دوبرتريه لويس، 1970 -**جيولوجية سوريا ولبنان - مترجم إلى العربية من قبل د. ميخائيل معطي، جامعة دمشق.**

25-سفرجلاني عبد الرحمن، 2001 -**دراسة بتروغرافية بتروجية و جيوكيميائية للصخور الأمفيبوليتية في جبل الغنغرية /منطقة البابر-البيسط- نشرت في المجلة العلمية لجامعة الملك فيصل-العلوم الأساسية والتطبيقية -المجلد الثاني، العدد الأول.**

# Geochemical study of metamorphic rocks spread across the Basit area in northwestern Syria

Dr. Mahmoud Mostafa \*

Mohammed Maher Allawe\*\*

## Abstract

This study presents a geochemical investigation of metamorphic rocks in the Al-Basit area, extending from Qastal Maaf northwestward to the Jabal Ayyuran massif and the Jabal .Kobatra Dushaneh blocks, northwestern Syria

Our geochemical study of the metamorphic rocks in the study area leads to the following conclusions: The protolith of the metamorphic basement rocks in the Al-Basit area is a basic igneous rock (basalt/gabbro) of tholeiitic affinity, formed in an oceanic or continental plate margin tectonic setting. This protolith underwent fractional crystallization processes before being subjected to a multi-stage metamorphic event during the subduction and obduction of the Tethyan ophiolites. The rocks experienced varying metamorphic grades, .ranging from greenschist-facies low-grade to amphibolite-facies medium-grade

**Keywords:** Metamorphic basement, Al-Basit area Northwestern Syria, Geochemistry, Provenance, Protolith

---

\*-Professor, at Department of Geology, Faculty of science Latakia University, Latakia- Syria.

\*\*-PhD student in the Department of Geology, Faculty of Science, Latakia University, Latakia, Syria.