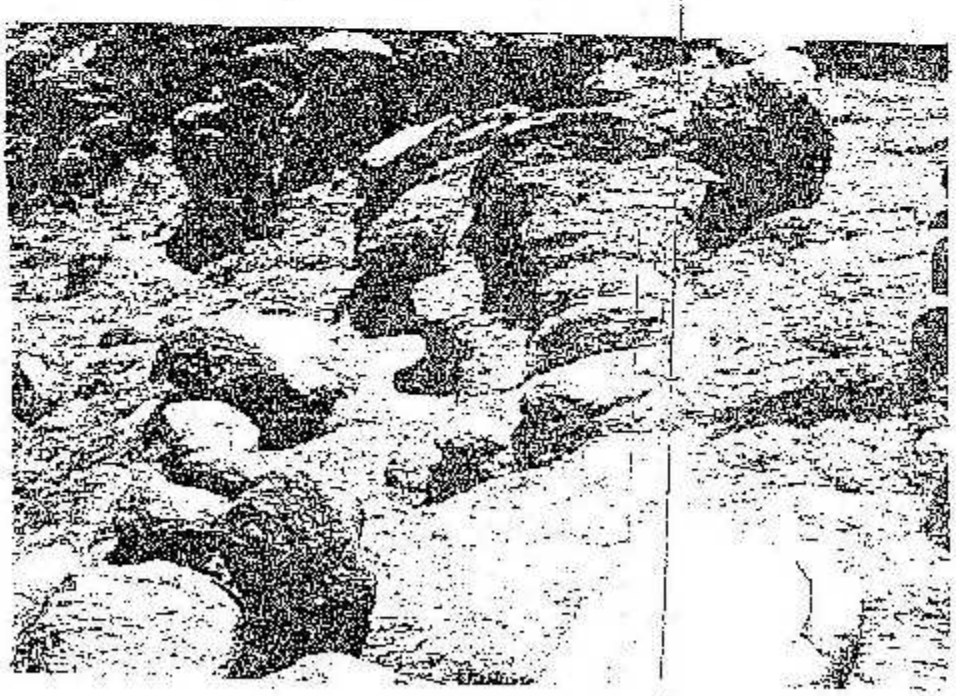
جامعة الحسن الثاني – المحمدية –
كلية الآداب والعلوم الإنسانية
المحمدية

الدكتور محمد ازهار

أوليات في الجيومورفولوجيا



شتنبر 2003

المستهلال

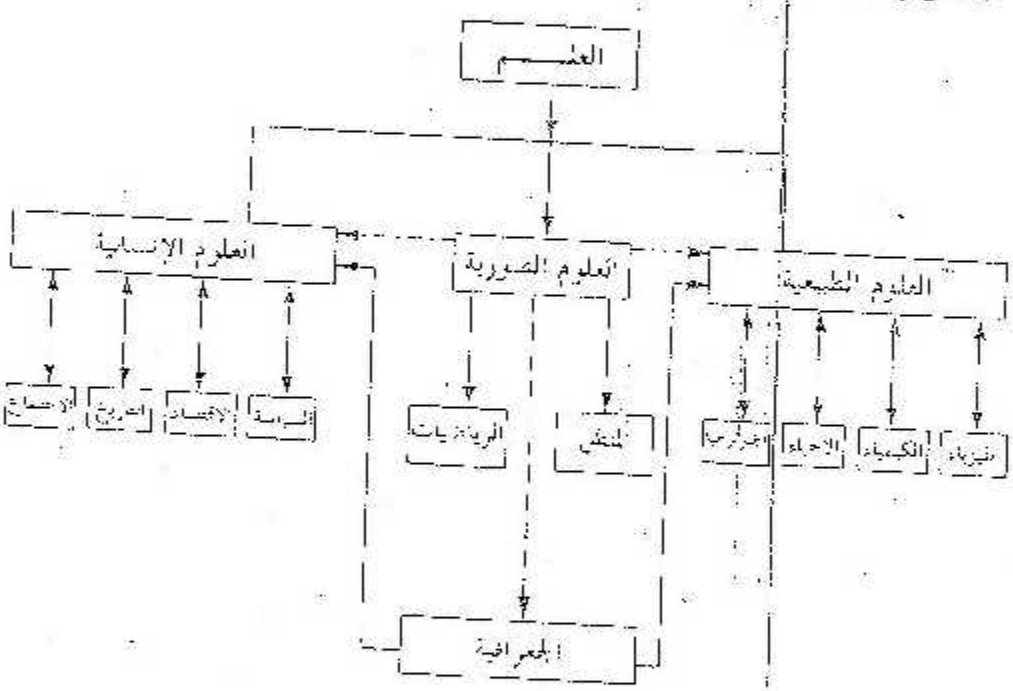
مفهوم علم الجغرافيا ومناهجها وأهدافها

المفهوم :

لكل علم من العلوم مادة وصورة، فالمادة هي الموضوع الذي يتناوله العلم بالبحث والصورة هي مجموع العمليات الفكرية التي يطبقها العقل في دراسة تلك المادة، ونقصد بهذا أن لكل علم موضوع يبحث فيه، وأنه لكي يصل إلى معرفة حقيقة هذا الموضوع، لابد من طائفة من العمليات العقلية يقوم بها العقل، ولا تختلف العلوم بعضها عن بعض في هذا الشأن إلا في نسبة كل من هذين الجانبين إلى الآخر، فبعضها أكثر صورية وبعضها أكثر مادية، ومن أمثلة المجموعة الثانية: علوم النبات والحيوان والتربة والمياه...، وكلها تدور حول مضمون العلم، الجغرافيا فهي تنتمي إلى المجموعة الأولى ويشاركها في موقعها هذا علوم أخرى كعلوم الفلك والطبيعة والجيولوجيا والآثار والحفريات ... وكلها تدور حول مناهج البحث. يتبين من هذا أن غلبة الجانب الصوري على الفكر الجغرافي قد جعل الجغرافيا تتحدد وتعرف غالبا بمنهجها لا بمادة دراستها أو بموضوعها وهذا ما أوضحه الجغرافي الألماني " هتنر Hittner " سنة 1905 بقوله: " لو درس أحدنا العلوم المختلفة على سبيل المقارنة لوجد أن بعضها تتحدد شخصيته بمادة الدراسة، وبعضها الآخر بمنهج الدراسة، والجغرافيا تنتمي إلى المجموعة الثانية"، فالجغرافيا هي منهج بحث أو طريقة دراسة، أي طريقة نظر إلى الناس والأشياء في علاقتهما بالمجال، فتحديد موقع الجغرافيا بين فروع المعرفة الأخرى يتطلب التعرف أولا على أكثر التصنيفات شيوعا، والتي يمكن أن نردها إلى طوائف ثلاث:

- علوم صورية تبحث في المنطق والرياضيات؛
- علوم طبيعية: تبحث في المادة غير الحية؛ كعلمي الطبيعة الكيمياء وفي المادة الحية كعلمي النبات الحيوان؛
- علوم إنسانية أو اجتماعية، تدور حول الإنسان وأحواله ؛ كعلوم التاريخ و الاجتماع والنفس والاقتصاد والأخلاق والجمال؛ (أنظر الشكل رقم: 1).

الشكل رقم : - موقع الجغرافية بين فروع العلم المختلفة



إن الجغرافيا كما هو مبين في (الشكل رقم: 1) تضع قدما في العلوم الطبيعية وأخرى في العلوم الإنسانية، إنها في موقع بيني بين فروع العلوم المختلفة تمثل صلة الوصل بين الظاهرات الطبيعية والظاهرات البشرية وتدرس العلاقة القائمة بينهما، ومن ثم فإن نتاج التفاعل والتكامل والترابط بين هذه الظاهرات المختلفة داخل إطار المكان هو موضوع الجغرافيا، ونتيجة لذلك فإن الجغرافيا علم في غاية التعقيد، لاعتماده على علوم أخرى وعملية البحث في الجغرافيا تحتاج إلى جهود كبيرة للإلمام بكثير من فروع المعرفة،هذا فضلا عن الصعوبة التي تتمثل في كيفية صهر هذه المعارف المتنوعة ونسج خيوطها بدقة ومهارة. وبهذا المعنى فالجغرافيا علم مركب غاية التركيب، فالطالب لا يمكن أن يستوعب الجغرافيا إلا إذا أحسن استيعاب غيرها من العلوم الأخرى ذات الصلة القريبة منها، وكان الجغرافي الألماني " البرخت بنك Albrecht Penk " من الأوائل الذين أشاروا إلى ذلك حين قال: " إن الجغرافيا عبارة عن جسر بين العلوم الطبيعية والعلوم الاجتماعية " نخلص مما سبق إلى أن موقع الجغرافيا لا يضعها بين العلوم الطبيعية الصرفة، كما أنه لا يضعها تماما بين العلوم الإنسانية أو الاجتماعية ، وربما كان هذا في صالحها أكثر مما هو مأخذ عليها، إذ إن المعرفة في حد ذاتها لا تضع فواصل بين ما هو علم طبيعي وما هو علم اجتماعي، فكل من الجانبين متصل بالآخر متأثر به، غاية ما في الأمر أن العلوم المختلفة اقتطع كل منها ظاهرة على حدة واختص بدراستها، وجاءت الجغرافيا تنظر إليها مرة أخرى بوصفها كلا متكاملا وتعيدها سيرتها الأولى وحدة طبيعية بشرية. يتضح من موقع الجغرافيا بين فروع العلم المختلفة أنها ذات طبيعة متميزة، تختلف عن العلوم المتخصصة، وهذه الطبيعة تنطوي على نقطتين أساسيتين هما:

- أنها ذات نظرة شمولية، ينفرد بها الجغرافي في رؤية الحقائق والعلاقات مجتمعة في إطار المكان، ولكن الشمولية لا تعني تجميعا لعناصر متفرقة، إنما هي خلية تنبض بقوانينها الخاصة التي تشكل طبيعتها وطبيعة مكوناتها الأساسية، فالجغرافيا تكاد تنفرد بين العلوم الأخرى من حيث دراستها لخليط من الظواهر المتنافرة التي تقوم بتصنيفها والتوليف بينها لتستطيع أن تقدم لنا صورة واضحة متكاملة عنها، ولا شك في أن عملا بهذه الشمولية قد يبدو موسوعيا فضفاضا لا ساحل له، ولاكنه علم تكاملي بالضرورة فهو عمل علمي أكاديمي ونظام فكري ونسق منهجي ومعيار بنيوي يقوم على الخبرة والأصالة والإبداع، إن الجغرافيا لا تدخل في دائرة العلوم المتخصصة بل ترتبط بها جميعا، فهي كالنحلة التي تجني رحيقها من الزهور جميعا إنها لا تخصصية تنزع إلى

النظرة الشمولية، وتمزج شتى المعارف التي ترجع إلى أصول مختلفة، ولن يستطيع سواها من العلوم أن ينازعها شرف الانفتاح على جميع المؤثرات بلا استثناء، إن الجغرافي يتخصص في علم التخصص، وقد وصف كذلك لأنه هو المتخصص الذي يضرب بحربة في العلوم كلها، يربط الأرض بالناس، والحاضر بالماضي والمادي واللامادي والعضوي بغير العضوي، ويكاد يتعامل مع كل ما تحت الشمس وفوق الأرض من خلال وجهة نظر موحدة وأصيلة؛

- إنها ذات نظرة تكاملية، تنظر إلى العلاقة بين الإنسان والبيئة نظرة تكاملية، فالجغرافي في مأمن من أخطار التخصص بحكم طبيعة موضوعاته، ولا شأن له بتلك النظرة الفاحصة بعين واحدة، ومما سبق نخلص إلى ما يالي: يتفق الجغرافيون على أن الجغرافيا هي علم المكان ولا يختلفون في أهمية العنصر البشري في المكان، فإذا أهملنا هذا الأخير دخلت مباحثنا فورا في نطاق العلوم الطبيعية، وإذا أهملنا العنصر الطبيعي دخلت مباحثنا فورا في نطاق العلوم الإنسانية، فالتقسيم إلى جغرافيا طبيعية وأخرى بشرية هو من أجل التحليل والدراسة فحسب، لأن الجغرافيا كالعملة لها وجهان إذا مسح أحدهما فقدت العملة قيمتها. الجغرافيا كلمة إغريقية تعني " وصف الأرض "، وهذا الوصف يتعرض فقط للسطح الخارجي للكرة الأرضية، أما دراسة الأعماق فتهتم بها علوم أخرى كالجيولوجيا، والجيوفيزيقيا، وقد يكون هذا التعريف مقبولا في المراحل الأولى من نشأة علم الجغرافيا، ولكن لما انفصلت العلوم التجريبية عن الإطار الفلسفي النظري ظهرت علوم جديدة تناولت الأرض بالدراسة والتحليل والوصف، كعلم التربة والنبات وعلم الأرصاد الجوية، وغيرها وكلها تدرس الأرض وتصفها كل في دائرة اختصاصه، ومن هنا ظهرت الحاجة إلى إعادة النظر في تعريف الجغرافيا حيث لم تعد ذلك العلم الذي يعنى بالوصف والملاحظة الصرفة فقط بل أصبح يهتم بشرح وتحليل الظواهر الطبيعية والبشرية التي تطرأ على سطح الأرض.

فالهدف إذن هو قراءة و وصف وضبط وتحليل ومحاولة إيجاد تركيب لخصائص المظاهر الجغرافية ثم محاولة تفسير ميكانيزماتها قدر الإمكان اعتمادا على ما يوفره إطار العمل من وسائل،" فالجغرافيا مادة تأليفية تتناول عددا هائلا من العناصر المتفاعلة داخل تركيبات معقدة وغير ثابتة"، فالجغرافيا علم قديم وحديث في نفس الوقت، قديمة حيث تنطلق من هيرودوت، وعرفت تطورا في الحقبة اليونانية، والعربية الوسيطية والحقب الحديثة ، فإذا كان التاريخ هو علم الإنسان في الزمان

(La Science des Hommes dans le Temps) فهل يمكن القول بأن الجغرافيا هي علم الإنسان في المجال (La Science des Hommes dans l'Espace)"، إن مصطلح المجال هو مصطلح فارغ وغير مضبوط بحيث يمكن لكل أحد أن يملأه حسب هواه ، كما أنه غير مُحبَس على الجغرافيا ، كما هو الشأن بالنسبة للعلوم الأخرى حيث نقول "المجال السياسي و المجال لاجتماعي و المجال الاقتصادي و المجال الحزبي ..."، كما أن مفهوم المجال أو المكان والذي صار خبز الجغرافيين المحدثين ما يزال مفهوما غامضا يحتاج إلى الصقل والتدقيق، فالمجال له مفهومين الأول مشابه لمفهوم الزمان، إذن هو مفهوم فلسفي، والثاني حيث يعد أكثر ملاءمة لموضوع الجغرافيا ويعني حيز من الأرض تعيش فوقه مجموعة بشرية ذات نظام اجتماعي واقتصادي وسياسي معين، فالمجال له صفات متعددة نذكر منها: الموقع، الوضع، الحجم، الشكل، الإمكانات، المعيقات ...، المجال الجغرافي هو نتاج بشري أي نتاج تاريخي لمجتمع معين، كما أنه مجال اجتماعي ،ذلك أن أشكاله وبنياته ناتجة عن الفعل البشري، فالمجال يتوفر على منتجين وفاعلين ومستهلكين، كما أنه يعد فضاء للتملك والصراع والتنافس، ومن هذا المنطلق كيف يمكننا أن نتصور جغرافيا ليست إنسانية أو بشرية أي جغرافيا بدون فاعلين ومؤثرين ، فإذا كان الهدف هو دراسة العلاقة بين الإنسان والوسط ، فإن اللفظ الأول في العلاقة هو الإنسان، ذلكم الإنسان المنظم داخل أسر ومجتمعات، ودول، واللفظ الثاني هو الوسط أو المجال الذي يعد ملتقى التخصصات المكونة للجغرافيا والعلوم الاجتماعية الأخرى، إن الهدف الأسمى للجغرافيا هو هدف اجتماعي، حيث إنها تهتم بإنتاج المجال، " فالجغرافي ليس مطالبا بإعطاء حلولا جاهزة للمجال المدروس والمشاكل المطروحة، بل يستخرج العيوب والمشاكل ويطرح أسئلة كبرى وعميقة بغية أخذها بعين الاعتبار واستغلالها لتنظيم وتدبير وإعداد المجال". وقد تستعين الجغرافيا لبلوغ هذا الهدف بمجموعة من العلوم والمناهج " كالجيولوجيا والبيولوجيا، والكيمياء والرياضيات،والإحصاء وعلم الاقتصاد والسياسة والديموغرفيا وغيرها". لقد شهدت العقود الأخيرة من القرن 19 ميلاد علم الجغرافيا الذي تبوأ مكانة رفيعة بين العلوم الأخرى ، وهذا بفضل احتياجات ومتطلبات المجتمع آنذاك أكثر مما تعود إلى اجتهادات الجغرافيين أنفسهم، حيث تشبعت الجغرافيا بالعلوم الطبيعية مستعملة منهجها، هذه المرحلة أي أواخر القرن 19 أفرزت ثلاثة تصورات كبرى هي:

- الجغرافيا الغائية : أي رؤية الإنسان والكون معا ، حيث طغيان التصور والنظرة الفلسفية .
- الجغرافيا البينية : أي دراسة العلاقة القائمة بين الإنسان والبيئة المحيطة به اعتمادا على مناهج العلوم الطبيعية .

- الجغرافية المشهدية : أي الاعتماد على المشهد وجعله موضوعا للدراسة .

إن التمايز الذي طبع المدارس الجغرافية التي ازدهرت في ظرف لم يتجاوز النصف الأول من القرن العشرين، لاشك أنه راجع بالدرجة الأولى إلى غياب أساس نظري يلم الشمل ويصهر الأفكار في بوتقة واحدة، وهكذا تظل الصبغة القومية إحدى الصفات البارزة الجغرافيا في هذه الحقبة تبعا لما يروج من أفكار وما يعرض من قضايا في كل قطر. فالجغرافيا الفرنسية توافق البنية الإقليمية للتراب الوطني، فتلائم المجتمعات التي تقوم على أساس وحدة الأرض أكثر مما تقوم على وحدة العرق، أما الجغرافيا الألمانية فتعكس الأية إذ تقدم السلالة على التراب كما يدل على ذلك اعتناؤها بالمشهد الذي أصبح جوهرها وموضوع بحثها المفضل، وكذلك الشأن في معظم بلدان أوربا الوسطى، لاشك ان مدرسة " ميدل ويست " قد أحسنت صنعا لما ابتكرت من الأدوات والوسائل ما يستجيب لظروف المجتمع الأمريكي الذي أصبح وثيق الاتصال بالأسواق والمبادلات.

وبعد الحرب الكونية الثانية أصبحت العلوم الاجتماعية في مواجهة واقع جديد ومعادلات أكثر تعقيدا فراجعت تراجع نفسها وترتب أوراقها، والجغرافيا لم تشذ عن هذه القاعدة ، فخلال العقدين من الخمسينيات إلى السبعينيات من القرن العشرين ستعيش الجغرافيا مخاضا عسيرا، لقد عرفت هذه الفترة تحولات هامة حيث الحاجة إلى التخطيط واحتساب المستقبل، وتوسع قطاع التعمير والإسكان وتزايد دور وسائل النقل، وبروز مشكلات عدم التوازن الجهوي، هذه التحولات الكبرى جعلت الجغرافيين يهتمون بالبعد الاجتماعي لحل ما تراكم أمامهم من قضايا، وهكذا أصبحت الجغرافيا الجديدة تعنى بالتفسير المنطقي أكثر مما تعنى بالاسترداد التاريخي، أي أنها تطمح لتقديم تصور نظري للظواهر الجغرافية وتحقيقا لهذه الغية استبدلت المنهج الفرضي الاستدلالي بالمنهج الاستقرائي، وهكذا أولت الجغرافيا المعاصرة اهتماما كبيرا بالإنسان، ولكن موضوع الإنسان رغم أهميته لم يكن ليحجم عن البحث الجغرافي القضايا الأخرى وعلى رأسها العدالة الاجتماعية، ودراسة التوازنات البيئية التي أصبحت جدعا مشتركا لكثير من العلوم.

على العموم يمكن القول بأن الجغرافيا علم جد معقد ذلك أنها لا تهتم بموضوع واحد، فقد اهتمت أولا باكتشاف العالم " الكشوفات الجغرافية "، ثم بسطح الأرض " التضاريس، المناخ، الغطاء النباتي، التربة ..."، وتهتم حاليا بالمجال والبيئة والمجتمع، فالجغرافيا كانت تاريخا طبيعيا، ثم أصبحت طبيعية وبشرية، وتطمح الآن لتكون علما اجتماعيا، كما أن الخطر الأساسي المحدق بهذا

العلم هو اختلاطه بالعلوم الاجتماعية الأخرى، ومن هنا مشروعية السؤال حول صفاوة ونقاوة واستقلالية هذا العلم وخلوه من الشوائب،" الجغرافيا وعلم الاجتماع، الجغرافيا وعلم التاريخ،الجغرافيا وعلم السياسة، الجغرافيا وعلم البيولوجيا،الجغرافيا وعلم الإحصاء ..." إلا أنها تتميز عن هذه العلوم في كونها "لا تجزأ ما وحدته الطبيعة" وتعد إحدى العلوم الرائدة في تهيئة وإعداد المجال، وحسما للتداخل بين الجغرافيا والعلوم الأصولية، يمكن القول إن عمل الجغرافي يبدأ عند النقطة التي تنتهي عندها العلوم الأصولية، ولا غرابة في ذلك فالجغرافي يعتمد على نتائج العلوم الأخرى، وفي هذه الحالة لا يحدث تكرار أو إعادة بل هو إضافة ذات صبغة جغرافية (أنظر الشكل رقم :1)، وقد وضع بعض الجغرافيين خمسة مبادئ يمكننا الاستعانة بها على معرفة الظاهرة الجغرافية وهي :

1- أن تكون الظاهرة واضحة على الأرض ، أو يمكن رؤيتها على الخريطة ؛
2- أن تكون الظاهرة واسعة الانتشار، بالإضافة إلى التباين والاختلاف في الاستخدام الوظيفي للمكان؛
3- أن تكون الظاهرة مرتبطة بغيرها من الظاهرات ، وبمعنى آخر أن تكون على علاقة متبادلة مع غيرها من الظاهرات ؛
4- أن تشغل الظاهرة المعينة مساحة مقبولة ؛
5- أن تكون الظاهرة هامة بالنسبة للإنسان ، بصورة مباشرة أو غير مباشرة؛

المناهج والأهداف :

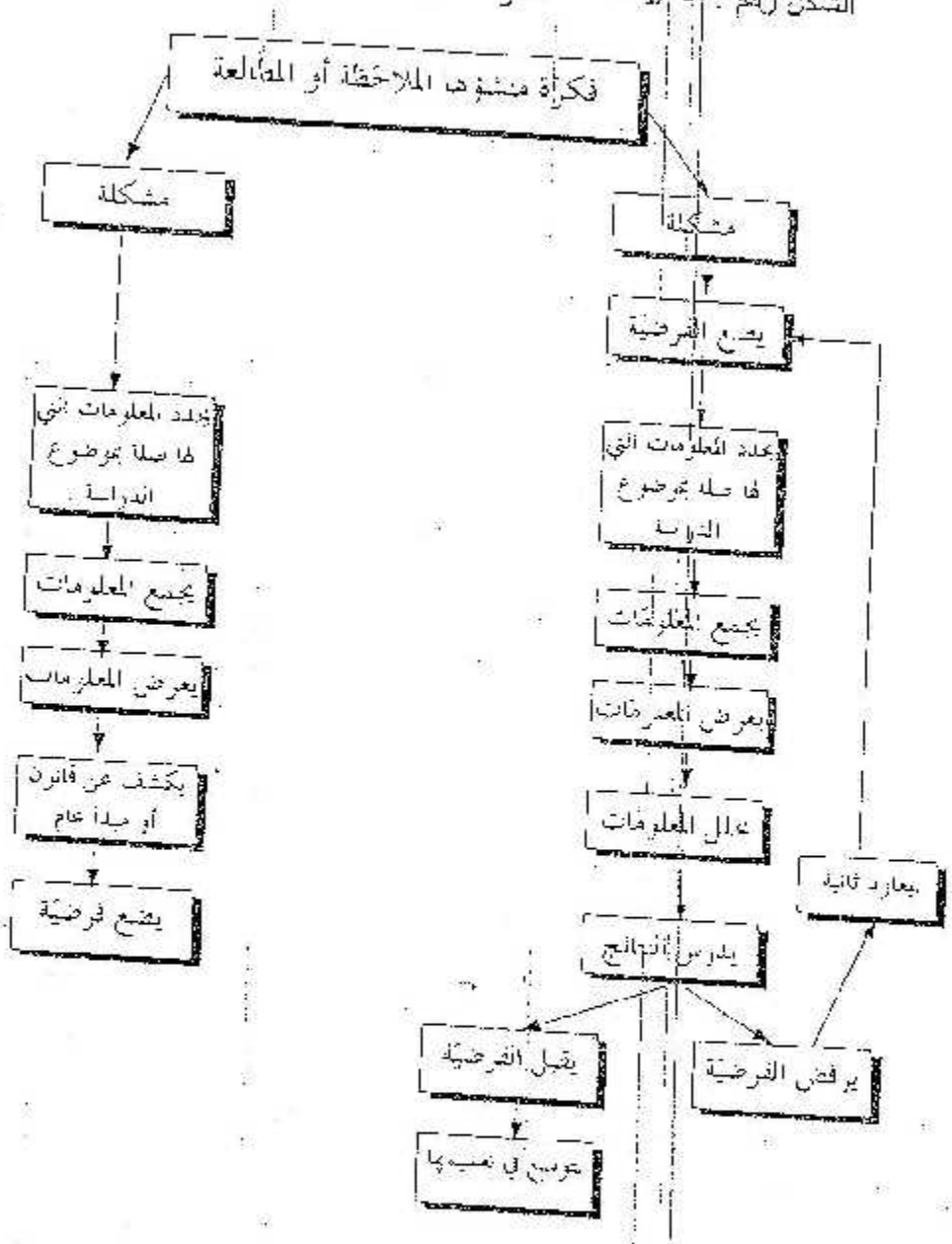
يمثل المنهج العلمي رؤية عامة أو خطة عمل متكاملة أو هو الطريق المؤدية إلى الكشف عن الحقيقة، بواسطة طائفة من القواعد العامة التي تهيمن على سير العقل، وتحدد عملياته، حتى يصل إلى نتيجة معينة، فالمنهج العلمي كما يراه كثير من المناطقة هو منهج واحد تستخدمه العلوم المختلفة سواء أكانت طبيعية أم إنسانية. أما الاختلاف بين العلوم الطبيعية والإنسانية فليس اختلافا في المنهج بقدر ما هو اختلاف في المدخل أو طريقة تناول الموضوع أو الطريقة أو الوسيلة والأدوات التي تستعين بها. فالمنهج يمثل إطارا تنظيميا عاما، ويشتمل على مجموعة من الخطوات المنظمة والعمليات العقلية والمبادئ العامة والإجراءات العملية التي يستخدمها الباحث في دراسة ظاهرة معينة أو معالجة مشكلة محددة وباختصار فإن المنهج يجيب عن سؤال مؤداه : كيف يمكن حل هذه المشكلة والكشف عن جوهر الحقيقة والوصول إلى قضايا يقينية ؟ ومن أمثلة هذا المنهج، المنهج الاستقرائي والمنهج الاستنباطي، أما الطريقة فلا يشترط بها تلك المواصفات السابقة، ولا يفرض عليها السير في خطوات محددة ، وإذا كانت تشارك المنهج في الوصول إلى غاية معينة، فإنها لا تلزم باستخدام وسيلة واحدة، فإذا كان المنهج العلمي يستخدم في علوم متعددة فإن الطرائق بخطواتها وإجراءاتها التفصيلية تختلف من علم لآخر بصورة واضحة بل من فرع إلى فرع

في العلم الواحد وهي اكثر تعرضا لتعديل الإجراءات وتغيير الخطوات خلال البحث الواحد إذا اقتضى الأمر ذلك. لما كان وجود إطار فكري أو هيكل تنظيمي لدراسة الجغرافية عاملا هاما في مسارها وتحديد خطواتها، فلا بد من وضع إطار يتضمن العناصر الرئيسية لموضوعها والعلاقات التي تشد هذه العناصر بعضها ببعض، ونعني بالإطار الفكري أو التصوري هنا أدوات التحليل الذهنية البحتة وهي تشمل المصفوفة والبنية والمنظومة والنماذج الجغرافية، و هذه جميعا ليست سوى أدوات ذهنية، فهي إما مجرد مفاهيم يتمثل بها الباحث ما عليه علاقات الواقع فعلا، فيستعين بها على تحليله، كمفهوم البنية ومفهوم المنظومة، وإما بناء ذهني مصغر للواقع، فيستعين به على فهمه وتفسيره، وهذا هو حال النماذج النظرية. ولا يخفى أن هذه المفاهيم كلها تعبير تدل على شيء واحد هو التعميم والتجريد، كما هي في حال المبدأ والنظرية والقانون، وإذا كانت نظرية المجموعات والمصفوفات من مفاهيم علم الرياضيات، فإن البنية والمنظومة من مفاهيم علم الأحياء والفيزياء، والجغرافي يستخدم هذه المفاهيم كأدوات ذهنية للفهم والتحليل أي كمفاهيم تصور الواقع الجغرافي من ثناياه، وهكذا فالمصفوفة الجغرافية هي التي تجيب على: ما الحقيقة الجغرافية ؟-وكيف تنتظم الحقائق الجغرافية مع بعضها؟ وكيف تتفاعل وتترابط وتتكامل مع بعضها، لتشكل بنية متراصة أو نسيجا متلاحما متماسكا ؟ تعطي للمنطقة الجغرافية شخصية متفردة ومتميزة. أما البنية الجغرافية فهي" مجموعة النسب والعلاقات التي يتسم بها المكان في زمان معين ومكان محدد" والنسب تعني هنا الأهمية النسبية لكل عنصر من عناصر المكان الطبيعية أو البشرية، والعلاقات تعني الروابط والصلات التي نسجت خيوطها بين مختلف العناصر المكونة للمكان، كما تدل البنية الجغرافية أيضا إلى وجود نوع من التنسيق أو الترتيب بين الأجزاء التي تدخل في تكوين الكل الذي نسميه بنية، حيث إن النظام الكوني كل مكون من أجزاء، كل جزء يؤدي وظيفة معينة ويسهم في الوظيفة الكلية للنظام . أما المنظومة الجغرافية أو النسق الجغرافي فتمثل أحد الاتجاهات الحديثة التي طغت على سطح الفكر الجغرافي في السنين الأخيرة وتعني "مجموعة عناصر تربط بينها علاقات كما تربط بينها خصائص" فالعناصر نعني بها الوحدات الأساسية في المنظومة ويعتمد تحديدها على مستوى التحليل، أما العلاقات فهي الروابط التي تصل بين الأشياء والخصائص في المنظومة، فالمنظومات الجغرافية تزود هذا العلم بمنهج يوحد بين ظاهراتها، ولا يقف بها بعيدة عن الاتجاهات والتصورات العلمية السائدة ، فتعد "الفكر المتكامل في الجغرافيا".

يرى بعض الجغرافيين أن الجغرافيا قد انضمت إلى مجموعة العلوم التجريبية منذ أن وضع قواعدها الجديدة كل من العالمان " ريتر و هيمبولت"، فقد كان "ريتر " يقول: " علينا أن نسأل الأرض عن قوانينها "، وكان يصر على الانتقال من تجربة إلى تجربة، وليس من فرضية إلى فرضية، وبموجب هذا الانضمام أصبحت أبحاث الجغرافية تسلك المنهج الاستقرائي، الذي يبدأ بالملاحظة والتجربة تمهيدا لصياغة الفرضية والتأكد من صدقها ومن ثم التوصل إلى النظرية التي تفسر المشكلة، والمنهج العلمي قوامه الاستقراء، والاستقراء يعني استقراء الأشياء وبتعبير آخر "تتبع الأشياء تتكلم" وهو انتقال من الخاص إلى العام ومن الظواهر إلى قوانينها وهو استدلال منطقي يسير من الأمثلة الجزئية إلى النتيجة العامة، والاستنباط أو الاستنتاج يقابل الاستقراء وهو انتقال من العام إلى الخاص ومن المبادئ إلى النتائج، وبتعبير آخر هو استدلال نتائج من مقدمات بطريقة قياسية، تجعل صدق النتيجة محتوما ما دامت المقدمات صادقة، وذلك لأن النتيجة تكون متضمنة في المقدمات والاستنباط يبرزها. فكما أن العلم يتطور فإن المنهج يتطور أيضا، ويمكن القول بأن المنهج العلمي المعاصر ليس استقراء فقط أو استنباطا فقط بل هو مزيج من الاستقراء والاستنباط ومن الاكتشاف والإبداع، ويتخذ المنهج من كل من الملاحظة والتجربة أداة تجريبية له، والمنهج العالمي المعاصر يمر بأربع مراحل رئيسية هي: مرحلة البحث ... مرحلة الكشف – مرحلة البرهان ومرحلة النظرية، وإذا كانت مرحلة البحث تقوم على الملاحظة والتجربة فإن مراحلة الكشف تقوم على الفروض العلمية للكشف عن العلاقات بين الظواهر المختلفة، أما البرهان على صحة هذه الفروض أو تلك و(الشكلين رقم :2 و رقم:3) يوضحان ذلك. وفي الخمسينيات من القرن العشرين شهدت الجغرافيا تحولا جذريا في مغزاها ومرماها وطرق بحثها ولعل خير وصف لها أنها " ثورة كمية " ترمي إلى الأخذ بالأساليب الإحصائية الحديثة وتسعى إلى تغليب وسائل التعبير الرياضي أو الإحصائي على وسائل التعبير اللفظي والوصفي في الأبحاث الجغرافية.

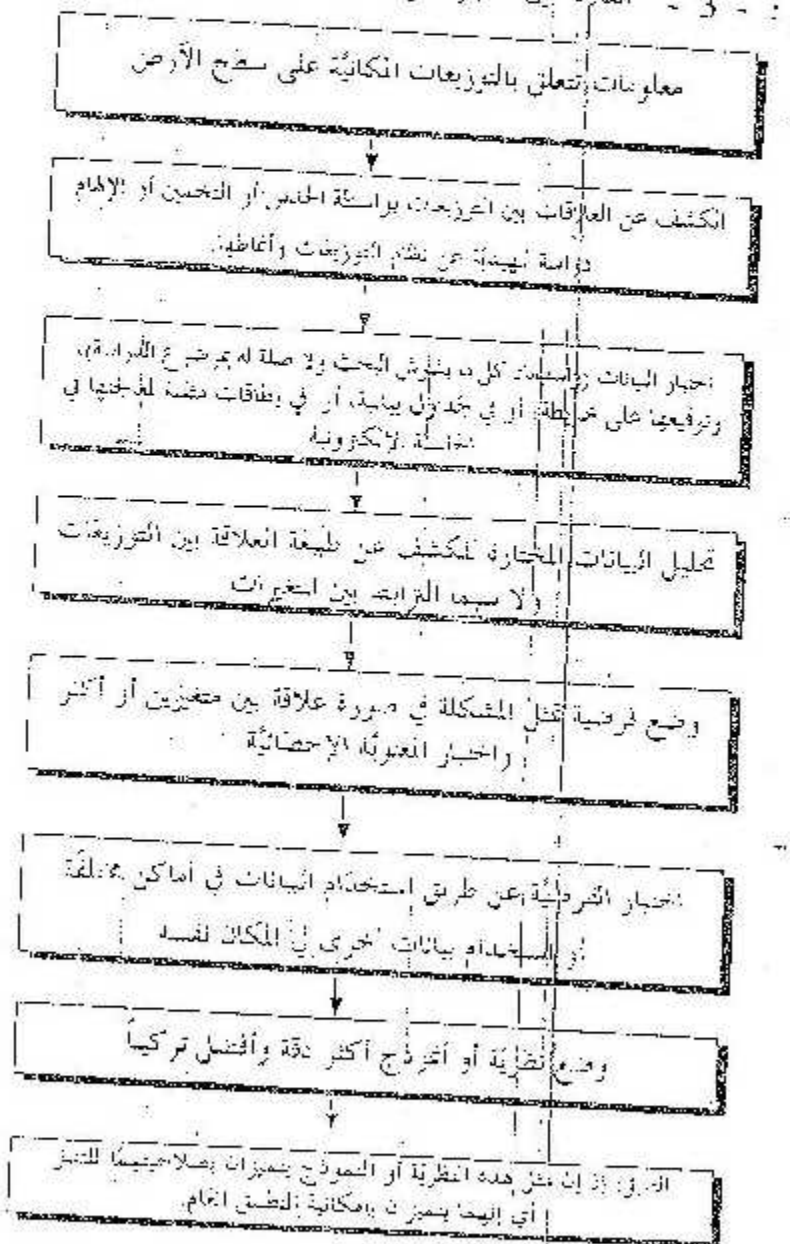
يعد كل من التحليل والتفسير والتنبؤ والتشخيص والتخطيط أركان رئيسة وأهداف سامية للعلم، ويعد التخطيط أو العلاج هو الهدف النهائي وهو عملية التحكم في بعض العوامل الأساسية التي تسبب ظاهرة معينة، إنه دور الجغرافي الذي يبحث بطريقة عملية عن أحسن الإمكانيات التي تنتج عن التفاعل بين البيئة الطبيعية والإنسان، إنها مرحلة الحديث عن الأهداف والربط بين الوسائل والغايات، إذ أن بإضافة هدفين آخرين للعلم وهما التنبؤ والضبط أو التحكم يعني الانتقال من مرحلة التحليل والتفسير إلى مرحلة التخطيط ومن مرحلة

الشكل رقم : - 2 - خطوات البحث*



* Daugherty, R., "Data collection," Science in Geography, Oxford, 1975, p. 7.

الشكل رقم : - 3 - العلاقة بين اختبار الفرضية والتعميم والتنبؤ*



* Daugherty (1973), op. cit., p. 8.

التدنير إلى مرحلة التطبيق، إنها مرحلة التقويم بعد التقييم، ووصف العلاج بعد التشريح والتشخيص، إن الانتقال من مفهوم العلم للعلم إلى فهموم العلم للحياة الأفضل، وبمعنى آخر فقد أخذت الجغرافيا في الفترة المعاصرة تخضع لفلسفة العلم السائدة، وهي مذهب الذرائع المعروف "بالبراغماتية" أو المبدأ الذي يوقن بالعلم في سبيل الحياة والمجتمع لا من أجل العلم فحسب، وفي الواقع إذا كانت الجغرافيا هي علم المكان فإن هدفها هو هندسة المكان أو تنظيم المكان، ويعني ذلك الوصول إلى النمط الأمثل لتوزيع الظاهرات، وهذا النمط الأمثل لا يتسنى إلا بالوصول إلى أفضل علاقة بين الطبيعة والإنسان، وسلامة التوزيع هدف من أهداف التخطيط وهو الطريق إلى تحقيق الكفاية التي تعني زيادة في حجم الثروة الإقليمية ولا بد من عدالة التوزيع للوصول إلى سياسة تخطيط متوازنة، وعدالة التوزيع تهدف إلى إعادة التوازن بين الأقاليم المختلفة، وتحقيق تكافؤ الفرص بين أقاليم الدولة، وباختصار هي "العدالة الإقليمية التي أصبحت خبز وهدف الجغرافيا التطبيقية".

المراجع المعتمدة في كتابة هذا الاستهلال

- ستيفن هوكنغ " ترجمة مصطفى إبراهيم فهمي" (2003) : *الكون في قشرة جوز*، عالم المعرفة عدد 29، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت
- محمد بلفقيه (2002) : *الجغرافيا القول عنها والقول فيها (المقومات الابستيمولوجية)*، دار نشر المعرفة ؛
- محمد ازهار (2001) : *قراءة في كتاب الجغرافيا القول عنها والقول فيها* ، الجزء الأول *البحث عن الهوية* ، المؤلف محمد بلفقيه ، مجلة بحوث كلية الآداب والعلوم الإنسانية المحمدية العدد التاسع ، من ص : 155 إلى 162 ؛
- صفوح خير (2000) : *الجغرافيا موضوعها ومناهجها وأهدافها* ، دار الفكر ، دمشق ؛
- محمد بلفقيه (1991) : *الجغرافيا القول عنها والقول فيها*، الجزء الأول *البحث عن الهوية*، دار النشر العربي الإفريقي ؛
- محمد ازهار (1988/1987) : *محاضرات في الجيومورفولوجيا* ، المكتبة الفاوية ، وجدة؛
- محمد علي الفرا (1973) : *مناهج البحث في الجغرافيا بالوسائل الكمية*، وكالة المطبوعات، الكويت ؛
- عبد الرحمن بدوي (1963) : *مناهج البحث العلمي*، دار النهضة العربية ، القاهرة ؛
- C . Raffestin (1994) : *Epistémologie de la géographie humaine*, Masson .
- J B . Racine (1977) : *Discours géographique et discours idéologiques* . Hérodote, N°6.
- O . Dolfus (1973) : *L'Espace géographique* , coll. Que sais je ? N° 1390 .
- O . Dolfus (1971) : *L'Analyse géographique* , coll. Que sais je ? N° 1456 .

الباب

الأول

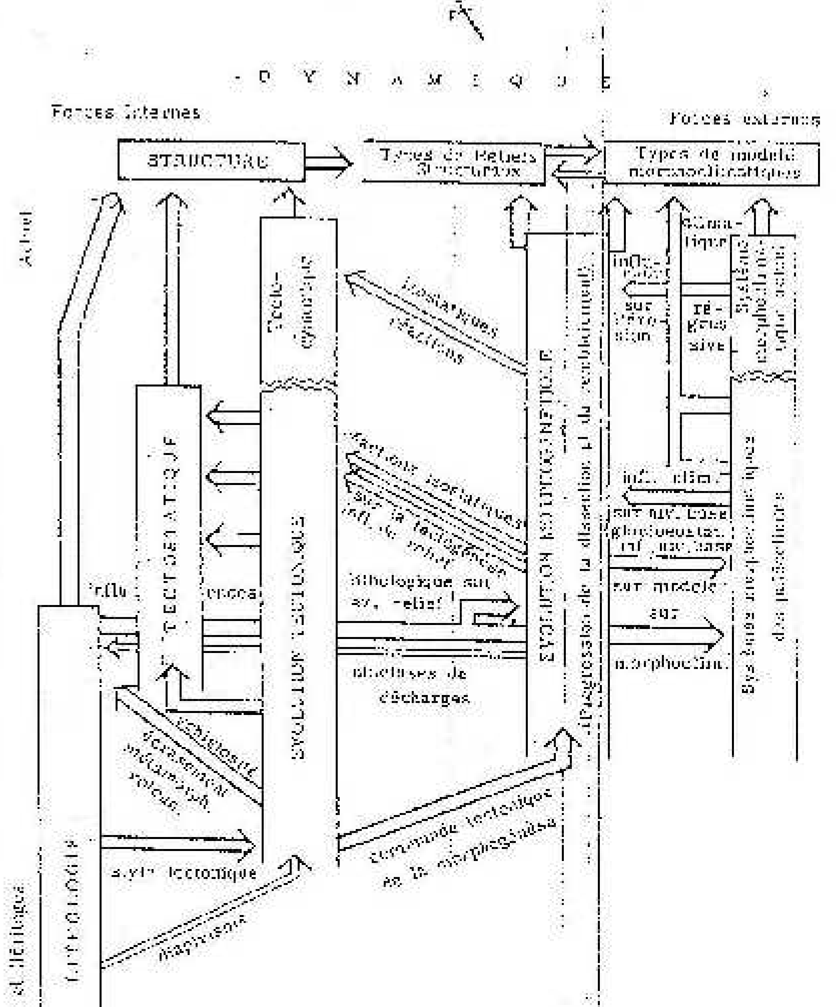
الفصـــــل الأول

I –) الجيومورفلوجيا : تعريفها ومكانتها بين علوم الأرض

الجيومورفلوجيا لغويا هي اشتقاق مركب من كلمتين يونانيتين الأرض Géo والدراسة Logos وتصبح إذن هي العلم الذي يدرس أشكال سطح الأرض، هذا الأخير يجمع بين ثلاثة أغلفة وهي: الغلاف الصخري La Lithosphère والغلاف المائي L'Hydrosphère والغلاف الجوي L'Atmosphère وهي فرع من فروع الجغرافيا الطبيعية الأربع (الجيومورفولوجيا والجغرافيا المناخية والجغرافيا الحياتية وجغرافية المياه) وتعنى بدراسة العلاقة القائمة بين القوى الداخلية المتجسدة في الحركات البنائية والزلازل والبراكين التي تغير من شكل سطح الكرة الأرضية مشكلة معظم السلاسل الجبلية والمنخفضات البحرية والمحيطية، وهو ما يطلق عليه " بالجيومورفلوجيا البنيوية " ومن جهة أخرى هناك القوى الخارجية التي تقرها الغلاف الجوي والمائي، حيث تعمل التجوية على تفتيت وتهشيم الصخور الموجودة بالسطح، وتحمل بواسطة المياه والرياح والجليد والأمواج البحرية إلى أماكن الترسيب مع مساهمة هذه العوامل الأخيرة في التعرية بمفهومها العام " عمليات النحت والنقل والترسيب " ،وهو ما يطلق عليه اسم " الجيومورفلوجيا الديناميكية أو المورفومناخية " إن هذا التداخل بين القوى الداخلية والخارجية هو الذي يتحكم في التشكل الخارجي لسطح الأرض وهو الذي يميزه عن باقي كواكب المجموعة الشمسية، فسطح القمر مثلا ناتج في الأصل عن عمل الحركات والعوامل البنائية الداخلية حيث هناك غياب تام لعمل القوى الخارجية، فالعوامل الداخلية والخارجية تتغير حسب الزمان والمكان، فتارة تطغى القوى الداخلية بشكل حاد وتارة أخرى تسيطر العوامل الخارجية وهذا التفاعل والتداخل هو مستمر ولا نهائي، وإلا فإن سطح الكرة سيشبه سطح القمر الذي يعد" كوكبا ميتا "

هذا هو ميدان أو موضوع البحث بالنسبة للجيومورفلوجيا ، أي دراسة السطح الذي يعد مسرحا للتفاعل بين القوى البنائية الداخلية والقوى التعروية الخارجية، بمعنى وصف وتفكيك و ترتيب الأشكال المورفلوجية المتعددة والمتغيرة باستمرار وفق تسلسل الأزمنة الجيولوجية ودراسة ميكانيزمات تطورها من أجل معرفة مشتقاتها.

الشكل رقم : - 4 -   خطاطة توضيحية لغاية وهدف الجيومورفولوجيا



فالجيومورفلوجيا ترتكز على ظواهر التطور والتداخل بين العناصر والأشكال،(أنظر الشكل رقم : 4) وحيث إن الظواهر الجيومورفلوجية صعبة الملاحظة والتحليل لذا فإن هذا العلم لم يظهر إلا في أواخر القرن 19 ، وأول من استعمل الكلمة هو الباحث الألماني " نوسن " سنة 1858 ولكن التعريف الحقيقي للمصطلح لم يظهر إلا سنة 1899 مع الباحث " بينك "، ورغم ذلك كانت بعض الإشارات والتلميحات النيرة والفريدة لتفسير بعض أشكال السطح منذ القديم كملاحظات "أرسطوطاليس" و"بطليموس" وبعدهما " ابن سينا " ودولاساكس" في العصور الوسطى، "وليوناردودافينتشي" في عصر النهضة، إلا أن الطابع السائد وقتئذ كان يخيم عليه التفكير والتحليل الكارثي للظواهر والأشكال الخارجية الموروث خطأ من المعتقدات الدينية، وفي نهاية القرن 19 وبالضبط سنة 1899 أصدر الباحث الأمريكي " وليام موريس ديفس" مقالا أساسيا بعنوان " الدورة الجغرافية " أتبعه سنة 1904 بمقال أساسي ثاني بعنوان " تعقيدات الدورة الجغرافية " وقد اعتبر ما ورد في هذين المقالين بمثابة ثورة جغرافية إذ لأول مرة أعطي تفسيرا منطقيا لأشكال سطح الأرض، وقد اعتبر " موريس ديفس" ولا زال مؤسس الجيومورفلوجيا رغم تجاوز نظريته " دورة التعرية".

بالنسبة للتفكير الجغرافي العام والسائد في هذه الحقبة والمتعلق بكل ميادين الجغرافيا وليس بالجيومورفلوجيا فقط ، يظهر أن الخيال كان وراء كل النظريات الأولى خلال العقد الأخير من القرن 19 ، فرائد الجغرافيا العالمية الباحث الفيدال دو لابلاش" يرى حتمية كلية في العلاقات التي تربط الإنسان بمجاله، وبعد ذلك تحولت نظرية الحتمية إلى نظرية أخرى لا تقل عنها أهمية وهي الإمكانية .

II -) المجموعة الشمسية و النظريات المفسرة لنشأة الكرة الأرضية :

ما هو مصدر المجموعة الشمسية؟ كيف تطورت عناصرها ومركباتها؟ لماذا تختلف الكواكب عن بعضها البعض؟ . إنها أسئلة وغيرها كثير طرحت ولا تزال تطرح من أجل إيجاد أجوبة لأصل المجموعة الشمسية، وهكذا وضع العلماء عدة نظريات يمكن تصنيفها إلى صنفين أساسيين:

- نظريات المد الغازي أو الارتطام : ترى بأن هناك حدث غير عاد وغير متوقع وخارجي عن المجموعة الشمسية كان هو السبب في نشأتها ، ففي العقدين الأولين من القرن العشرين يرى الباحثون "مولطون وشمبرلان و جينز و جيفريز " بأن المجموعة الشمسية تكونت من المواد أو العناصر التي تتكون منها الشمس

حيث إن جسما غريبا أو نجما كبيرا أضخم حجم منها مر بمحاذاتها وبفعل الجاذبية اصطدم بها، وانتزع منها مجموعة من الشظايا والمواد، هذه الأجزاء هي التي كونت الكواكب وتوابعها فيما بعد .

- النظريات التطورية : يرى العلم الروسي" فيسينكوف" بأن نظام المجموعة الشمسية ولد من جراء تجمع سحابة من الغبار والغاز الكوني، هذه السحابة أخذت شكل اسطوانة وتقوى مركزها وارتفعت حرارتها، ومع شدة وقوة الدوران، انشطرت بعض الشظايا منها مكونة الكواكب وبقيت الشمس هي المحور .

إذن هكذا تكونت المجموعة الشمسية التي تظم بالإضافة إلى الشمس الأم الكواكب الأساسية وتوابعها، والكواكب الصغرى، والمذنبات والشهب وغيرها (أنظر الجدول رقم :1) وتعتبر الشمس ملك هذه المجموعة فكتلتها أكبر من كتلة الأرض بحوالي 333000 مرة، وقطرها حوالي 1400000 كلم تدور حول نفسها في مدة تتراوح ما بين 25-30 يوم، وتتراوح حرارتها ما بين 4500 درجة مئوية في طبقاتها العليا، و50000 درجة مئوية في طبقاتها السفلى، وتتكون الشمس من 88% من الهيدروجين، والهليوم والباقي تشترك فيه مجموعة من الغازات نذكر منها"الأوكسيجين،واندوتريوم،والكاربون،والنيون،والسيليسيوم،والماغنزيوم، والأركون،والبوتاسيوم" بالإضافة إلى الحديد والنيكل والتيتان، ومواد وغازات أخرى. والشمس بالنسبة لسكان الكرة الأرضية أبهى وأهم نجم في الكون، وهي تهيمن على كل أفراد أسرتها، فكل الكواكب تتحرك في مداراتها تحت تأثير جاذبيتها، ومن أشعتها تنبعث الطاقة التي هي مصدر كل حركة وحياة على سطح الأرض، وتقسم الأشعة الشمسية حسب أطوالها موجاتها إلى ثلاثة أنواع رئيسية هي:

- أشعة غير مرئية : ومعظمها أشعة حرارية ، وتبلغ حصتها نحو 51% من مجموع الإشعاع الشمسي ، ويتفاوت طول موجاتها بين 0.8 – 0.9 ميكرون.
- أشعة مرئية : ويتراوح طول موجاتها بين 0.3 - 0.8 ميكرون وهي التي تسبب الضوء وتبلغ نسبته 37 % من مجموع الأشعة الشمسية .
- أشعة فوق بنفسجية : وهي تساهم بنسبة 12% من جملة الأشعة الشمسية، ويتراوح طول موجاتها بين 0.1 - 0.4 ميكرون، ولا يصل منها إلى سطح الأرض إلا قدر ضئيل للغاية نظرا لأن طبقة الأوزون تحتجز معظمها على ارتفاع يتراوح بين 3 - 5 كلم في الارتفاع، حيث تختلط بالأشعة الزرقاء فتبدو السماء بلونها الأزرق المعروف.

جدول رقم : 1- كواكب وتوابع المجموعة الشمسية

الكوكب	التوابع المعروفة	متوسط القطر الاستوائي بالكلمتر	المسافة الوسطى بينه وبين الشمس بمليون كلم	مدة الدوران حول الشمس	مدة الدوران حول المحور	درة السطح بالدرجات	الحرارة على	المدة الزمنية التي يستغرقها ضوء الشمس للوصول إليه	مكونات الغلاف الجوي
عطارد	-	4880	57.9	88 يوم	58.6 يوم	350 د بالنهار و 170 د بالليل		2 د و 54 ث	ليس هناك غلاف جوي
الزهرة	-	12104	108.2	227.4 يوم	243 يوم	480		5 د و 24 ث	الغاز الكربوني
الأرض	1	12756	149.6	365.26 يوم	23 س و 56 د و 4 ث	22		7 د و 30 ث	الأزكسيجين الأزوط
المريخ	2	6787	227.9	687 يوم	23 س و 56 د و 4 ث	-23		11 د و 24 ث	الغاز الكاربوني الأزوط
المشتري	13	142800	778.3	11.86 سنة	9 س و 50 د و 30 ث	-150		38 د و 54 ث	الهيدروجين الهيليوم
زحل	10	120000	1427	29.46 سنة	10 ساعات و 14 ث	-180		1 س و 15 د و 18 ث	الهيدروجين الهيليوم
أورانوس	5	51800	2869.6	84.01 سنة	11 ساعة	-210		2 س و 23 د و 30 ث	الهيدروجين الهيليوم والميثان
نبتون	2	49500	4496.6	164.8 سنة	16 ساعة	-220		3 س و 45 د	الهيدروجين الهيليوم والميثان
بلوتون	1	6000	5900	247.7 سنة	16 يوم و 9 س	-230		4 س و 55 د	المكونات غير معروفة

تعتبر الأرض الكوكب الثالث ضمن 9 كواكب أخرى تدور حول الشمس مكونة من الأجسام السماوية تعرف باسم المجموعة الشمسية، ولهذه الكواكب توابع أهمها القمر وهو تابع للأرض ويبعد عنها في المتوسط بحوالي 348000 كلم، وتدور هذه التوابع حول كواكبها وحول الشمس في نفس الاتجاه العام الذي تدور فيه الشمس والكواكب حول مجاورها اي من الغرب إلى الشرق .

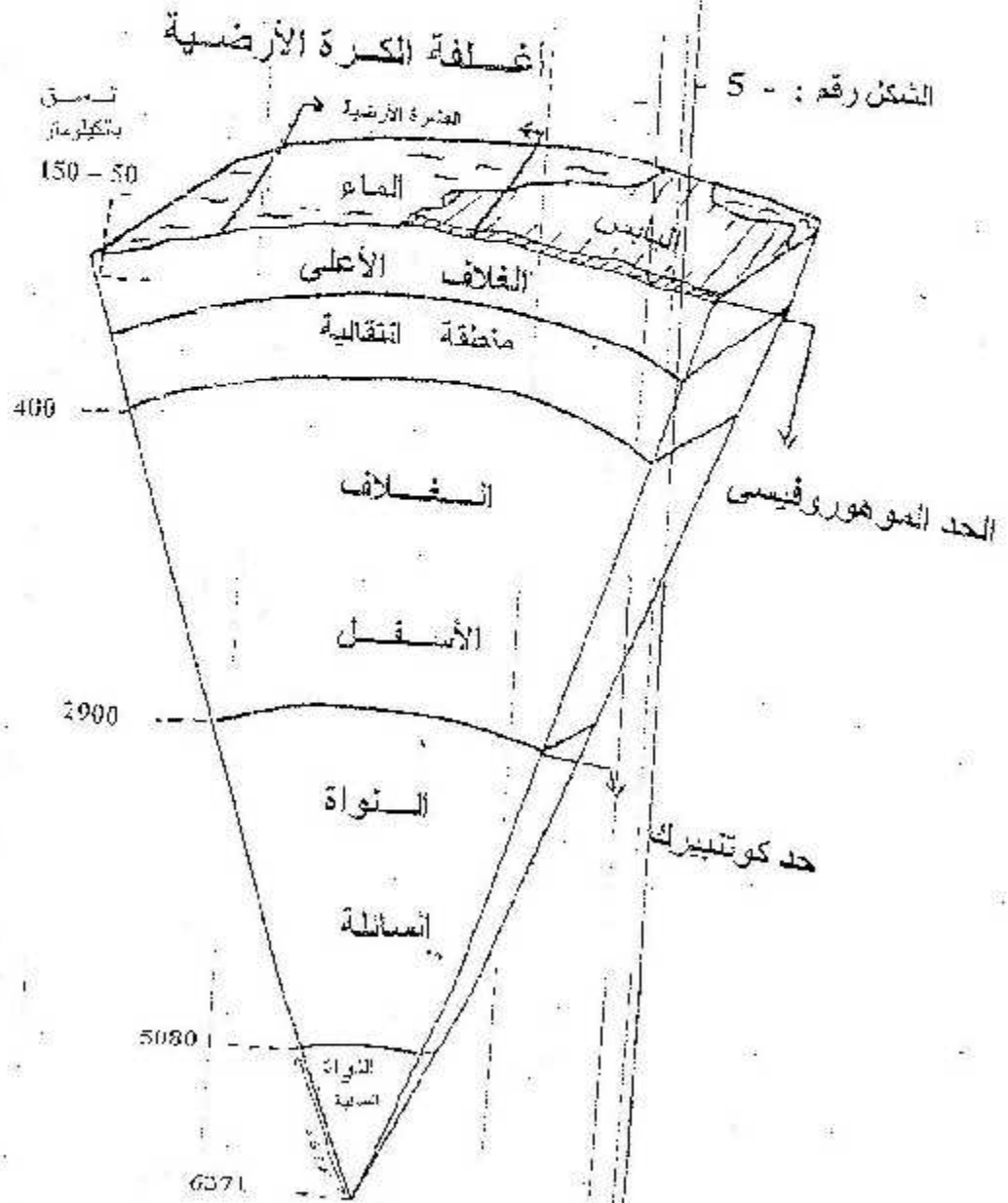
III -) القشـــرة الأرضيـــة وتركيـــبها:

من الصعب جدا ملاحظة بصفة مباشرة البنية الداخلية للكرة الأرضية فإن جل الآبار الموجودة على السطح لا تتعدى بضع كلمترات في عمقها، وبهذا تتم دراسة وفهم البنية الداخلية للكرة الأرضية عن طريق القياسات الغير المباشرة وذلك انطلاقا من دراسة وتحليل الذبذبات السيسمية، وعن طريقها تم تمييز الأقسام الباطنية التالية للكرة الأرضية:

في الوسط أي النواة توجد مواد صلبة ذات سمك يقدر بحوالي 1215كلم، ومحاطة بطبقة انتقالية ذات سمك يقدر ب 500 كلم ومنها إلى النواة السائلة ذات السمك المقدر ب 1700 كلم، وتتكون كل من النواة الصلبة والسائلة من معادن: الحديد والنيكل اللذان يعتبران أهم المكونات وتتراوح الحرارة ما بين 2200 درجة و 2750 درجة، وبعد النواة السائلة وفي اتجاه السطح نجد الغلاف الذي يتكون من معادن سيليسية غنية بالمغنيزيوم والحديد، ويقدر سمكه بحوالي 2900 كلم، وفوقه نجد القشرة الأرضية التي تعتبر الجزء الخارجي الذي يغلف الأرض ويتراوح سمكها ما بين 10 و 40 كلم، وتتكون من المواد والمعادن التالية: الأوكسجين 47% السيليسيوم 28 % الألومـــينيوم 8% الحديد 5% الكالسيوم 3.6% الصوديوم 2.8% البوطاسيوم 2.6% الماغنيزيوم 2.1% وبقية العناصر الأخرى من كاربون وكبريت وآزوط ومواد نفيسة وغيرها تشكل أقل من 2%. (انظر الشكل رقم:5) إن القشرة الأرضية أقل سمكا تحت المنخفضات البحرية والمحيطية وسميكة تحت القارات، وتنفصل عن الغلاف بما يدعى " بالحد الموهوروفيسي " نسبة إلى عالم الزلازل اليوغوسلافي الذي اكتشفه، وعن طريق الذبذبات الزلزالية تم التعرف على بنية القشرة الأرضية حيث تتألف من طبقتين، العميقة منها تتكون صخور بازلتية، والأخرى من صخور أعيلية.

إن الوجه الحالي للكرة الأرضية ليس إلا مرحلة من مراحل تطورها التي بدأت منذ 4.6 مليار سنة ولقد أجمع الجيولوجيون على تقسيم عمر الأرض إلى

الشكل رقم : - 5


أغلفة الكرة الأرضية
تعمق بالكيلومتر
القشرة الأرضية
150 – 50
الماء
الرواسب
الغلاف الأعلى
منطقة انتقالية
400
الغلاف
الحد الموهوروفيسي
الأسفل
2900
النواة
حد كوتنبيرك
السائلة
5080
النواة الصلبة
6371

أربعة أزمنة كل زمن منها ينقسم بدوره إلى عدة عصور ويمتاز كل زمن وكل عصر بحياة حيوانية ونباتية تختص به وتميزه عن غيره (أنظر الجدول رقم 2).

كانت الأرض في بداية نشأتها مغلفة بسحابة من الغاز الكثيف، هذه السحابة بدأت تتدثر وتتلاشى تدريجيا تحت تأثير حرارة الشمس، وعندما تكونت القشرة الأولية للأرض تحررت كميات هائلة من الغازات وتشتت في الجو، هذا الأخير الذي أصبح يحتوي على غازات الميثان والأمونياك، والهيدروجين، وبخار الماء، وفي نفس الفترة أيضا نشطت حركة البراكين ولعبت دورا أساسيا في تنشيط حركة الجو، حيث ساهمت في قذف كميات هائلة من الغازات، أهمها الغاز الكربوني والأزوط، وغاز الكبريت، وبعد ذلك تم التبريد التدريجي للغلاف الجوي، حيث تكاثف بخار الماء، وأدى ذلك إلى تهاطل قوي، الأمر الذي ساعد على نمو النباتات المختلفة، مما ساعد على كثرة الأوكسجين في الهواء .

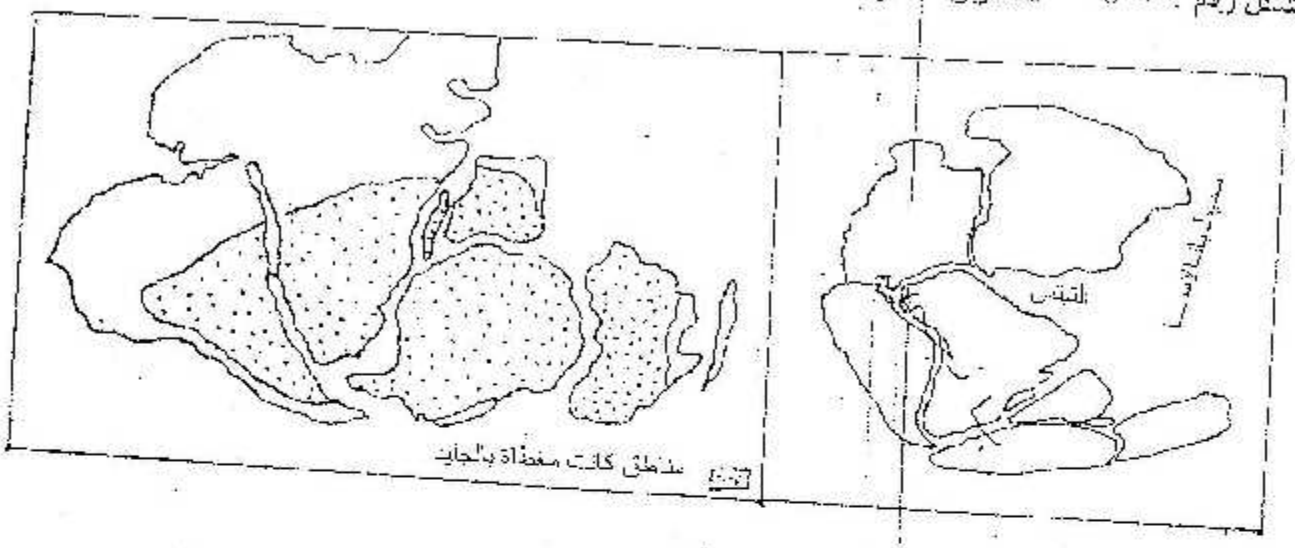
انطلاقا من القشرة الأرضية والمنخفضات البحرية الأولى ظهر الوضع الحالي للقارات، وقد تم ذلك انطلاقا مما يسمى بنظرية "البنائية العامة " أو نظرية "زحزحة القارات " حيث إن القارات الخمس الحالية انشطرت من قارة واحدة قديمة وترتكز هذه النظرية على التشابه التام بين شواطئ القارات وبين الصخور والغطاء النباتي وبين الحفريات والبقايا العضوية وبخاصة بين الوسط والجنوب الغربي للقارة الإفريقية والجنوب الشرقي لقارة أمريكا الجنوبية حيث يلاحظ التكامل التام فيما بينهما (انظر الشكلين رقم : 6 و7).

إن وجود المسطحات المائية فوق كوكبنا هي الميزة الأساسية التي تميزه عن باقي الكواكب الأخرى للمجموعة الشمسية فالبحار والمحيطات تلعب دورا أساسيا فيما يخص استقرار المناخ، فإنها تخزن وتوزع كميات هائلة من الحرارة، فالمسطحات المائية تشغل مساحة تقدر ب 71% من المساحة الإجمالية للأرض " لذا أوجب علينا تسميتها بالكرة المائية" ويقدر حجم المياه بها ب 1.4 مليار كلم3 وإذا تم ذوبان الجليد الذي يغطي حوالي 3% من مساحة الأرض فإن مستوى البحار والمحيطات سيرتفع بحوالي 70 مترا، كما أن قاعدة البحار والمحيطات تتميز بتضرس كبير حيث نجد السلاسل الجبلية والهضاب والمنخفضات. إن الكرة الأرضية حية وليست جثة هامدة، إذ تتنفس من أعماقها وتتحرك مغيرة بذلك معالم سطحها باستمرار فتعلو جبال وتنخفض سهول وتتشكل فجاج عميقة فوق السطح وكذا في أعماق المحيطات وتثور براكين وتنمو وتظهر جزر وتغور وتختفي أخرى وتهتز الأرض وتميد الجبال، كل ذلك يحدث ويجري باستمرار

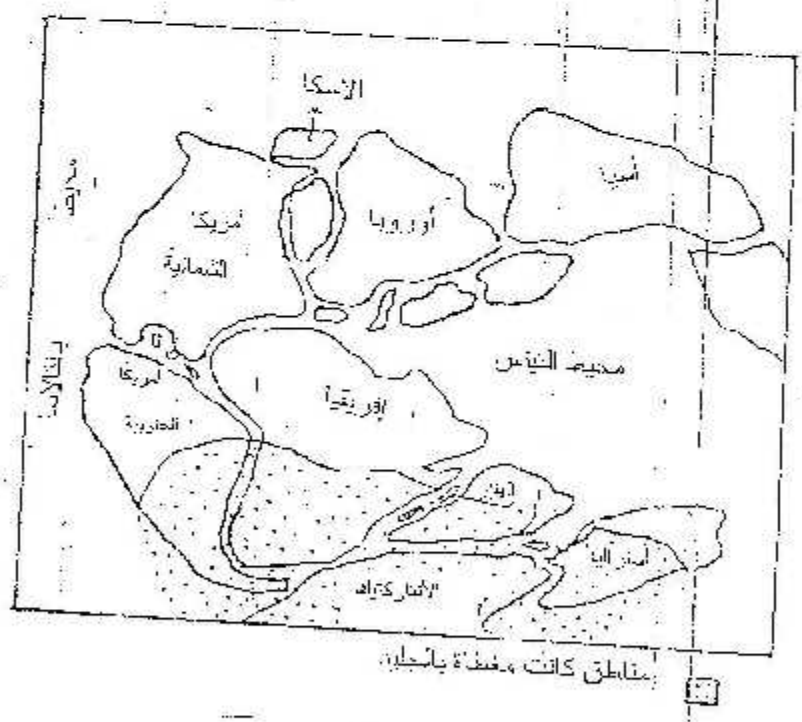
جدول رقم : 2 - أهم الأحداث الجيولوجية ومراحل تكوين المحيطات والقارات

المليون سنة	الزمن	العصر	أهم الأحداث الجيولوجية والبنائية
3500	ما قبل الكمبري	الكوينيكيان	تكوين القشرة الأرضية.
			تكوين الغلاف المائي ، كثافة النشاط البركاني ، تكوين الصخور الأولى.
			تكوين النواة الأولى لليابسة على شكل ارخبيل ، وتكوين الأحواض البحرية الأولى ، مع بداية الترسيب وربما عمليات التحول.
			بداية تكوين المحيطات المستقبلية ، تكوين الخسيفات، كثافة النشاط البركاني، تكوين نواة الدروع القديمة.
750		الآركيان	تكوين الدروع القارية القديمة جدا ، كثافة النشط البركاني والرسابي، حدوث بعض الحركات البنائية.
			انسحاب المياه وبروز اليابسة مع تركز بعض المجاري المائية فوقها، درجة الحرارة الوسطى مرتفعة 100°F.
			حدة النشاط البركاني ونشاط التعرية ، مع تراكم الرواسب في المنخفضات البحرية الحارة ، تشكل النواة الأولى للقارات بعض تدروع الشيلد.
			تحولات مستمرة وهامة لمرفولوجية القارات القديمة ، تناقص تدريجي للحرارة حيث تميزت نهاية هذا العصر ببرودة شديدة.
570	الأول	الكمبري	غمر بحري هام تكوين نهائي لثلاثة بحار داخلية ، مع تغير شكل الأراضي المغمورة واتساعها.
500		السيلوري	غمرين بحريين أساسيين ، حيث غمرت المياه أجزاء هامة من اليابسة.
440		الديفوني	اتساع كبير للقارات ، مناخ حار وجاف ، تكوين الغلاف الجوي ، اندلاع تحركات التكتونية واتساع بحر التيتس " المحيط الأول " الذي تهيأ هذا العصر لارتفاع جبال الأورال والبايكال.
350		الفحمي	بداية الحركات الهيرسينية ، تكوين طبقات رسوبية صلبة وبداخلها ارتكازات مختلفة ، تكوين الأحواض الفحمية" نهاية هذا العصر بحقبة جليدية.
225		البرمي	ارتفاع تدريجي للمياه، مشروع بعض الحركات الرافعة لجبال الأورال ، وطوا، ضغع الكسيد ، تفاصل جزيرة مدغشقر ، نشاط البركاني ، ونهاية هذا العصر غطت المياه أجزاء من أوروبا الشرقية وأسيا وروسية غربي.
190	الثاني	الثرياسي	تراجع البحار وتكون ترسبات رسوبية جد سميكة ، مع نشيط حركة التعرية القارية ، تكوين الشعارات عميقة سمحت بصعود المواد المنصهرة وتكون هضاب متوسطة ، تموز المناخ بالحرارة والجفاف.
135		الجوراسي	اتساع بحرية وبرازيلية للبحار وخاصة في أوربا حيث وجود عدة بحريات متسعة ، تركيب أوروجينية وسعة شمال ليبيا ، وفرنسا ، وسيبيريا الغربية وأسيا.
70		الكريتاسي	غمر بحر التيتس أقصى اتساع له وانتهت الحقبة بنشاط النشط قبركاني ، كما يمز هذا العصر أيضا ببداية الحركات الأوروجينية الألبية والبرانية.
65	الثالث	الباليوسين	بداية غمر بحر التيتس الذي يفصل أستراليا عن آسيا الجزرية وعن الأمريكتين ، تكوين جزر الفيليبين.
		الأيوسين	غمر بحري شاسع ، تكون أرخبيل بركاني فاصل بين الأمريكتين.
		الأوليكوسين	بداية الحقبة الثانية للحركات الأوروجينية الألبية ، تكوين السلاسل الساحلية الصخرية لولايات المتحدة الأمريكية.
40		الميوسين	بدأ الاتصال بين الأمريكتين لتصاب التيتس نهائيا من آسيا الوسطى والشرقية ، تكوين الكوجة التي ستفضل بحر البحر الأحمر ، نشأت مناخية جد هامة.
23		البليوسين	نهاية الحركات الأوروجينية الألبية والهيمالايية ، اتخذت جزر الأنديز شكلها النهائي ، تكوين شبه جزيرة يطاليا ، ظهور هواشر البحر الأحمر وخليج عدن وخليج عمان...
5.2	الرابع	البليستوسين	تكوين الشكل هضاريسي الحالي مصحوبا بتشكل بعض الأحواض البركانية ، بداية الحقب الجليدية ، تأثر المناطق المدارية بتغيرات مناخية جد هامة.
1.8		الهولوسين	نهاية العصر الجليدية ، استقرار المناخ الحالي ، تكوين المناطق الصحراوية الحالية ، ارتفاع الجزر المتكونية، تكوين مضيق جبل طارق ، استقرار الشواطئ والخلجان الشكل الحالي.
0.12			

الشكل رقم : - 6 - الصورة التي كانت عليها القارات خلال العصرين الكمبري و الأوردوفيسي



الشكل رقم : - 7- الصورة التي كانت عليها القارات خلال العصرين الفحمي و البيرمي



وبلا انقطاع، وهكذا نرى أن مملكة الإنسان قلقة دائما لا تعرف الهدوء أبدا، وذلك لأنها حية تمتلك الطاقة الحرارية في أعماقها التي تتحول إلى قوة دفع وإلى حركة تؤثر في النهاية في سطح الأرض مودية إلى تشققه وتحركه وزحزحته، وقد تتقارب أجزاء وتتباعد أخرى وتتسع مساحات وتتكمش أخرى، ويتحرك مركزا القطبين باستمرار فيحدث ما يحدث من تبدلات وتغيرات مناخية ونباتية وحيوانية على سطح الأرض.

الفصـــــل الثـــاني

الصخور أنواعها وخصائصها

تقديم : لقد أمكن التعرف على ما يقارب 98 عنصرا من العناصر الكيميائية التي تدخل في تركيب القشرة الأرضية، وبعض هذه العناصر يوجد بنسب عالية وبعضها الآخر نادر الوجود، ولقد بين التحليل الكيميائي لعينات عديدة ومختلفة عل سطح الأرض بأن ثمانية عناصر من بين العناصر 98 تكون حوالي 98% من وزن القشرة الأرضية، كما يتضح ذلك من (الجدول التالي رقم:3) :

جدول رقم : 3 – تركيب القشرة الأرضية "معبر عنه بالعنصر"

العنصر	%
1 - الأكسيجين	46.71
2 - السيليسيوم	27.69
3 - الألومنيوم	8.87
4 - الحديد	5.55
5 - الكالسيوم	3.65
6 - الصوديوم	2.65
7 - البوتاسيوم	2.58
8 - المغانيزيوم	2.08

يظهر من خلال هذا الجدول أن، الأوكسجين ويليه السيليسيوم هما أكثر العناصر وجودا، فالأوكسجين يوجد في الطبيعة متحدا مع غيره من العناصر مكونا مركبات كيميائية هي أكاسيد هذه العناصر، وقد دل التحليل الكيميائي لصخور القشرة الأرضية على أن أوكسيد السيليسيوم هو أكثر أنواع المركبات تواجدا في القشرة الأرضية كما يتبين من (الجدول التالي رقم:1) :

جدول رقم : 4 — متوسط تركيب القشرة الأرضية "معبر عنه بأكاسيد العناصر"

الأكسيد	%
1- أكسيد السيليسيوم	59.17
2 - أكسيد الألومنيوم	15.22
3 - أكسيد الكالسيوم	10.1
4 - أكسيد الحديد	6.86
5 - أكسيد الصوديوم	3.71
6 - أكسيد البوتاسيوم	3.11
7 - أكسيد الماغنيزيوم	3.45

وقد يتحد أكسيد السيليسيوم " السيليس" مع أكسيد أو أكثر للعناصر الأخرى ليكون مركبات كيميائية تعرف باسم السيليكات .

والمركبات الكيماوية بشتى صورها والناتجة عن اتحاد العناصر بفعل العوامل الطبيعية تعرف باسم " الفلزات"، وهي التي تتجمع لتكون الصخور المختلفة للقشرة الأرضية ، وبناء على ذلك يمكن تعريف الفلز على النحو التالي:

الفلز : هو كل مادة كيميائية متجانسة تكونت في الطبيعة مستقلة عن تأثير الكائنات الحية وتحت ظروف خاصة من الحرارة والضغط، ويتميز بخاصتين أساسيتين هما:

- التركيب الكيميائي الثابت في الغالب أو المتغير في نطاق محدود .
- الشكل البلوري الثابت.

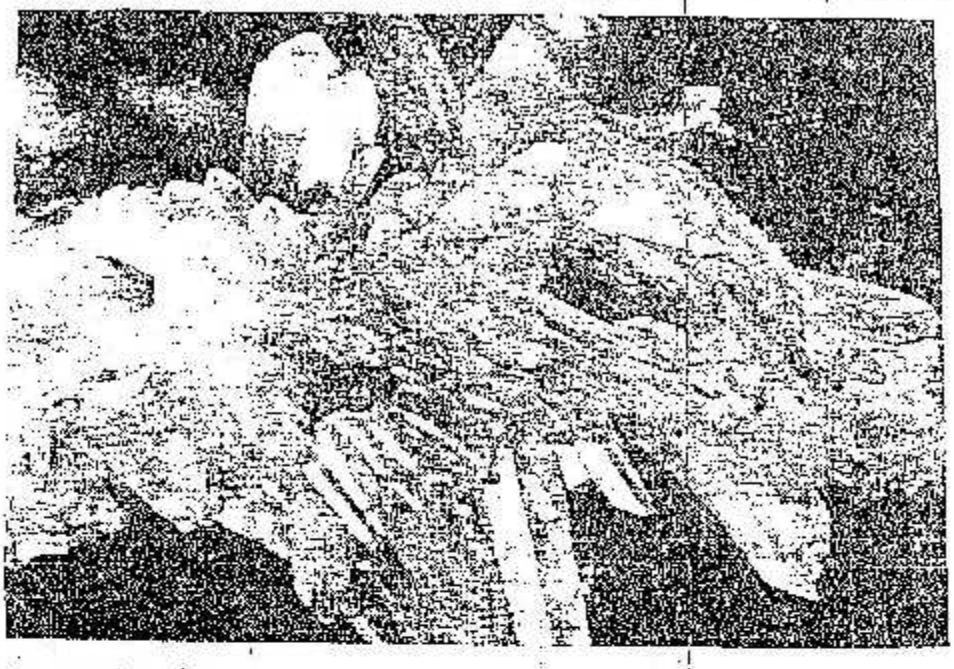
وتقسم الفلزات على أساس تركيبها الكيميائي إلى عدة مجموعات وهي :

1 – *الأكاسيد وتذكر منها بعض الأمثلة* :
- أ – المرو " الكوارتز" (أكسيد السيليسن) (أنظر الشكل رقم : 8)
- ب – الهيماتيت (أكسيد الحديد الزهري)
- ج – الليمونيت (أكسيد الحديد المائي)

2- *الكبريتيد وتذكر منها بعض الأنواع* :
- أ – البيريت (كبريت الحديد)
- ب – السفاليريت (كبريت الزنك)

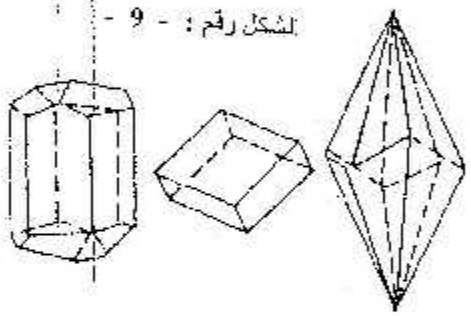
3 – *الكبريتات وتذكر منها* :
- أ الأنهيدريت (كبريتات الكالسيوم)
- ب الجبس (كبريتات الكالسيوم المائية)

الشكل رقم : - 8 - | مجموعة من بلورات المرو



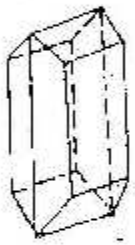
بلورات كالسيت (نظام ثلاثي)

الشكل رقم : - 9 -



بلورة أوليفين

الشكل رقم : - 10 -

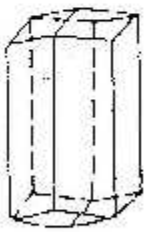


بلورة أوجيت

الشكل رقم : - 11 -

بلورة هورنبلاند

الشكل رقم : - 12 -



4 – *الهالوجينات ونذكر منها :*

أ – الهاليت (ملح الطعام)

ب – فلوريت (فلور الكالسيوم)

5 – *الكربونات ونذكر منها :*

أ – الكالسيت (كربونات الكالسيوم) (أنظر الشكل رقم : 9)

ب – الدولوميت (كربونات الكالسيوم والمغنيزيوم)

6 – *الفوسفاط : ونذكر منها النوع التالي :*

- الأبتيت (فوسفاط الكالسيوم)

7 – *السليكات وهي أكبر مجموعات الفلزات وتنقسم بدورها الى عدة أنواع*

أ – الفلدسبات أو (الصفائح) وينقسم إلى ما يالي :

- الفلدسبات البوتاسي مثل الأورتوكلاز (سلكات البوتاسيوم والألومنيوم)
- الفلدسبات الصودي أو الألبيت (سلكات الصوديوم والألمنيوم)
- الفلسبات الكلسي أو البلاجيوكلاز (سلكات الكالسيوم والألمنيوم)

ب – الأوليفينات ونذكر منها النوع الرئيسي التالي :

- الأوليفين (سلكات المغنيزيوم والحديد) (انظر الشكل رقم : 10)

ج – البيروكسينات ونذكر منها النوع الرئيسي التالي :

- الأوجيت (سليكات الكالسيوم والألومنيوم والحديد والماغنزيوم) (أنظر الشكل رقم: 11).

د – الأمفيبولات وأهمها :

- الهورنبلاد (سلكات مائية للكالسيوم والألمنيوم والحديد والماغنزيوم) (أنظر الشكل رقم: 12).

هـ – الميكا وأهمها :

- الميكا البيضاء " المسكوفيت" (سلكات مائية للبوتاسيوم والألومنيوم)
- الميكا السوداء " البيوتيت" (سلكات مائية للبوتاسيوم والألمنيوم والحديد والماغنيزيوم).

الخواص الفيزيائية للفلزات ونذكر منها ثلاثة خواص أساسية :

أ – اللون : يعتبر لون الفلز من أوائل الصفات الطبيعية (الفيزيائية) التي تسهل مشاهدتها في الفلز، كما أنه وسيلة هامة جدا للتعرف على المعدن أو الفلز، ولبعض الفلزات ألوان ثابتة والبعض الآخر يتغير لونه تغيرا كبيرا، ويعزى هذا التغيير إلى وجود مواد ملونة أو عناصر أخرى في تركيب الفلز ومن الأمثلة المعروفة للفلزات الثابتة اللون نذكر "الكبريت" ذو اللون الأصفر، و"الهيماتيت"

ذو اللون الأحمر الباهت، أما الفلزات المتغيرة اللون فنذكر منها " المرو" أو" الكوارتز" وهو عديم اللون إذا كان نقيا، ولكن الأنواع غير النقية منه تأخذ مختلف الألوان فمنها المرو البني والأسود والوردي والأحمر الباهت.

ب - الشفافية : ونعني بها قدرة الفلز على إمكانية مرور أو نفاذ الضوء عبره، فيقال للفلز بأنه شفاف إذا سمح برؤية الأشياء من خلاله بوضوح مثل المرو النقي أما إذا بدت الأجسام غير واضحة فإن الفلز في هذه الحالة نصف شفاف، وإذا استحالة رؤية الأجسام خلال الفلز فإنه يكون معتما.

ج - القساوة : ويقصد بها المقاومة التي يبديها الفلز، وقد تم تحديد عشر درجات ثابتة للقساوة تتميز كل درجة منها بفلز معين وتتدرج من الفلزات الأقل قساوة إلى الفلزات الشديدة القساوة و(الجدول التالي رقم: 5) يوضح ذلك :

جدول رقم : 5 - درجة قساوة الفلزات

الدرجة	الفلز
1	التلك
2	الجبس
3	الكالسيت
4	الفلوريت
5	الأباتيت
6	الأورثوكلاز
7	المرو - الكوارتز
8	التوباز
9	الكورانذوم
10	الألماس

الصخور هي الوحدات الأساسية المكونة للقشرة الأرضية وهي عبارة عن خليط طبيعي للفلزات المختلفة، وليست الصخور كلها متماسكة وصلبة، بل هناك صخور مفككة وصغيرة جدا مثل حبات الرمل وصخور متماسكة مثل الرصيص وصخور صلبة ومقاومة مثل الأعبل، وأخرى هشة وسريعة التحلل مثل الجبس. وتنقسم إلى ثلاثة أنواع رئيسية وهي: الصخور النارية والصخور الرسوبية والصخور المتحولة وسنتناول بالتحليل والتفصيل كل صنف على حدة.

الصخور النارية

تقديم : الصخور النارية هي الصخور التي تكونت نتيجة تبرد وتجمد مواد منصهرة تدعى (الماكما) أو (اللافا) أثناء صعودها وخروجها من أعماق القشرة الأرضية إلى الطبقات الدفينة أو إلى السطح حيث تلامس الأجواء الباردة أو تكون معرضة للهواء، والماكما هي سائل صخري ذو حرارة عالية متركزة في باطن الكرة الأرضية على أعماق بعيدة وذات حرارة جد مرتفعة، أما اللافا فتطلق على المادة الصخرية السائلة المرتفعة الحرارة والتي تصعد إلى السطح عبر الشقوق والفجوات وفوهات البراكين ومن أهم الفلزات المكونة للصخور النارية نذكر: المرو - الأورثوكلاز – البلاجيوكلاز – البيكا بنوعيها البيضاء (الميسكوفيت) والسوداء (البيوتيت) – الهورنبلاند – الأوجيت – الأوليفين. وتتصف الصخور النارية بالصفات الرئيسية التالية:

- إنها صخور بلورية أو زجاجية ؛
- إنها صخور صلبة وشديدة التماسك وغير مسامية؛
- إنها صخور تخلو من البقايا العضوية والحفريات؛
- وجودها على شكل كتل أو بدود قاطعة ومتداخلة فوق الصخور التي تعلوها وعلى شكل صبات منتشرة على سطح الأرض؛

I) - ***تصنف الصخور النارية حسب المعايير الأساسية التالية :***

1 – طريقة التواجد : من الصخور النارية ما يتكون تحت سطح الأرض أثناء صعود الماكما عبر الشقوق والفجوات وتسمى صخور متداخلة ومنها من يصعد إلى السطح وتعرف باسم الصخور النارية السطحية أو البركانية، كما يمكن تقسيم الصخور المتداخلة إلى نوعين تبعا للعمق أو بعده عن سطح الأرض، وهما الصخور الجوفية العميقة والصخور المتوسطة العمق أو التحت سطحية.

2 – النسيج : ويقصد به الحجم النسبي لبلورات الفلزات المكونة للصخور وشكلها وطريقة ترتيبها، ويتوقف النسيج على عدة عوامل أهمها سرعة تبريد المواد المنصهرة (الماكما واللافا). فالصخور التي تكونت في جوف الأرض بعيدة عن السطح لا بد وأنها بردت ببطء شديد يسمح بنمو البلورات تحت هذه الظروف، وهكذا تتميز بنسيج خشن ويمكن رؤية مكوناتها الفلزية بالعين المجردة، أما إذا ظهرت الماكما أو اللافا على سطح الأرض في هيئة حمم فإنها تبرد وتتجمد في ظروف لا تسمح للبلورات الصغيرة البادئة التكوين بالنمو، ويعرف النسيج الناتج عن هذه الظروف باسم *النسيج الدقيق الحبيبات*، وفي بعض

الأحيان قد يكون تجمد المواد المنصهرة سريع جدا لا يسمح بالتبلور مكونا بذلك زجاجا بركانيا، وفي هذه الحالة يدعى النسيج *بالنسيج الزجاجي*، وهناك بعض الصخور تظهر فيها بلورات كبيرة في أرضية مكونة من زجاج أو حبيبات دقيقة وزجاج ويعرف النسيج في هذه الحالة *بالنسيج البورفيري*.

3 - التركيب الكيميائي : تقسم الصخور النارية على أساس ما تحتويه من نسبة ثاني أكسيد السيليس إلى الأقسام التالية :

* صخور حامضية تتراوح فيها نسبة ثاني أكسيد السيليس ما بين 65-80 %
* صخور متوسطة تتراوح فيها نسبة ثاني أكسيد السيليس ما بين 52-65 %
* صخور قاعدية تتراوح فيها نسبة ثاني أكسيد السيليس ما بين 40-52 %
* صخور فوق قاعدية تتراوح فيها نسبة ثاني أكسيد السيليس أقل من 40 %

4 – التركيب الفلزي : يتوقف التركيب الفلزي للصخور النارية بصورة رئيسية على التركيب الكيميائي للماكما، فإذا كانت هذه الأخيرة غنية بثاني أكسيد السيليس فإن الصخور الناتجة عنها تكون غنية بهذه المادة، بالإضافة إلى فلز المرو، أما إذا كانت الماكما فقيرة بثاني أكسيد السيليس فالصخر الناتج سوف يحتوي على فلزات فقيرة بثاني أكسيد السيليس ولا يحتوي على مرو، وتنقسم الفلزات المكونة للصخور النارية إلى قسمين:

• الفلزات الأساسية : وهي التي يتوقف عليها اسم الصخر وخواصه وتشمل : المرو – البلاجيوكلاز - الأورثوكلاز - البيروكسين – (مثل الأوجيت) - الأمفيبول (مثل الهورنبلاند) البيوتيت (الميكا السوداء) و الميكا السوداء (المسكوفيت)؛

• الفرزات الإضافية: وهي التي توجد بكميات قليلة ولا يتوقف على رجودها اسم الصخر وخواصه وتشمل فلزات : الماغنيتيت – الأبتيت – البيريت وغيرها ؛

و (الجدول التالي رقم: 6) يبين تصنيف الصخور النارية الجوفية والسطحية على أساس فلزاتها الأساسية ؛

جدول رقم : 6 - تصنيف الصخور النارية الجوفية والسطحية على أساس فلزاتها الرئيسية

الصخور الجوفية			الصخور السطحية (البركانية)		
أكثر من 5%	أقل من 5%		أكثر من 5%	أقل من 5%	الفلزات العامة
المرو	سينيت	الأورثوكلاز أكثر من أعيل	ريوليت	تراكيت	بيرتيت هورنبلاند
الأورثوكلاز البلاجيوكلاز	سونزونيت	مرو	مرو ليتيت	ليتيت	هورنبلاند بيوتيت
مشابهات تقريبا	ديوريت	موازونيت مرو ديوريت	ديسيت	أندسيت	هورنبلاند أوجيت
البلاجيوكلاز أكثر من الأورثوكلاز فقط	غابرو	مرو غابرو (نادر الوجود)	مرو بازلت (نادر الوجود)	بازلت	أوجيت- أوليفين

5- اللون : يختلف لون الصخور بحسب تركيبها الكيميائي والفلزي وذلك لأن الفلزات الغنية بثاني أكسيد السيليس تكون غالبا فاتحة اللون (مثل المرو – الأورثوكلاز – البلاجيوكلاز – الميكا البيضاء "المسكوفيت")، بينما تكون الفلزات الفقيرة بثاني أكسيد السيليس قاتمة اللون (مثل الأوليفين – الأوجيت – الهورنبلاند – البوتيت).

II) - وصف لبعض أنواع الصخور النارية الهامة :

I – الصخور النارية الجوفية : وهي الصخور التي بردت ببطء شديد على أعماق بعيدة من سطح الأرض، ولهذا فإنها تكون تامة التبلور وقد تسمى خشنة التبلور أو ذات حبيبات خشنة وتقسم بحسب تركيبها الكيميائي إلى الأقسام التالية:

أ – الصخور الجوفية الحامضية : ونذكر من بينها الأنواع التالية :

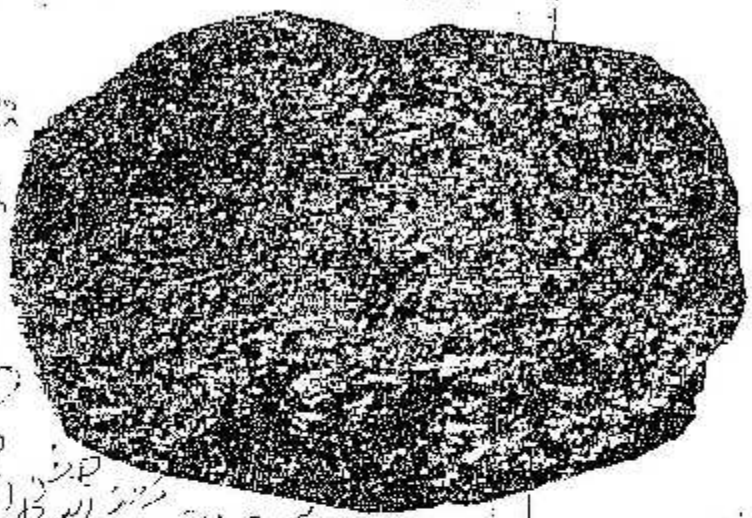
+ الأعبل (الكرانيت) : صخر ناري جوفي حامضي حبيباته عموما خشنة ومنتظمة تام التبلور ، يتكون بصورة رئيسية من المرو والأورثكلاز والبلاجيوكلاز، ويمكن تمييز هذه الفلزات بسهولة، فالأرثكلاز لونه وردي خفيف، أما البلاجيوكلاز فلونه أبيض به خطوط دقيقة ومتوازية، أما المرو فيمكن تمييزه بعدم بوجود تشقق به وبريقه الزجاجي، ويحتوي الأعبل بالإضافة إلى هذه المعادن على نسبة من الميكا بنوعيها والهورنبلاند وكذلك على الفلزات الإضافية مثل الماغنتيت والأبتيت وغيرها، أما لون الأعبل فهو غالبا رمادي، أو أبيض أو وردي أو أحمر ويتوقف ذلك على لون الفلدسبات الداخل في تركيبه وخاصة لون الأرثكلاز (أنظر الشكل رقم : 13).

+ المرو مونزونيت : صخر ناري جوفي حامضي خشن الحبيبات تام التبلور، يتكون بصورة رئيسية من المرو (أكثر من 5%) والأورثكلاز والبلاجيوكلاز بنسبة متساوية تقريبا، وألوان متميزة بالإضافة إلى هذه المعادن يحتوي أيضا على نسبة من الميكا بنوعيها والهورنبلاند بنسبة أكثر مما هي عليه في الأعبل وكذلك على الفلزات الإضافية مثل الماغنتيت والأبتيت، لونه رمادي إلى وردي فاتح.

+ المرو ديوريت : صخر ناري جوفي حامضي حبيباته عموما خشنة ومنتظمة تام التبلور ، يتكون بصورة رئيسية من المرو (أكثر من 5%) والأورثكلاز بنسبة قليلة جدا والبلاجيوكلاز، بالإضافة إلى هذه المعادن يحتوي أيضا على الميكا السوداء بكميات قليلة والهورنبلاند والأوجيت، أما الفلزات الإضافية فتتمثل

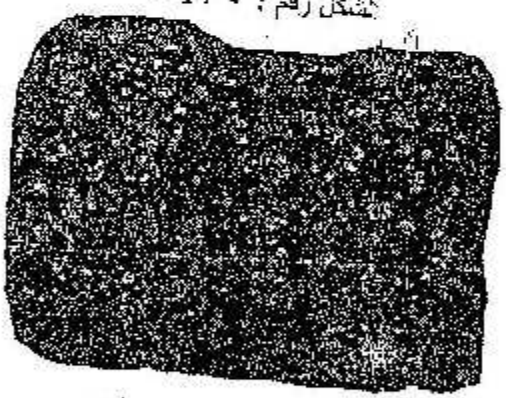
عينة من صخر الأعسبل

الشكل رقم : - 13 -



عينة من صخر البورفيريت

الشكل رقم : - 14 -



في الماغنتيت والأبتيت وغيرها، أما لونه فرمادي إلى قاتم نتيجة لازدياد نسبة الفلزات القاتمة وخاصة الهورنبلاند والبيوتيت وأحيانا الأوجيت ..

ب - *الصخور الجوفية المتوسطة* : ونذكر منها الأنواع التالية :

+ السينيت : صخر ناري جوفي متوسط، خشن الحبيبات تام التبلور يشبه الأعبل في كثير من خواصه إلا أن مقدار المرو فيه قليل أو منعدم مع زيادة في نسبة الهورنبلاند.

+ المونزونيت : صخر ناري جوفي متوسط يشبه المرو مونزونيت في كثير من خواصه ولكنه يختلف عنه بقلة أو عدم احتوائه على المرو.

+ الديوريت : صخر ناري جوفي متوسط يشبه المرو ديوريت في معظم خواصه إلا أن مقدار المرو فيه قليل أو منعدم.

ج - **الصخور الجوفية القاعدية** : نذكر منها على الخصوص نوع واحد

+ الغابرو : صخر ناري جوفي قاعدي نسيجه متساوي الحبيبات خشن أو متوسط التبلور يتكون بصورة أساسية من فلز البلاجيوكلاز والأوجيت كما تحتوي بعض الأنواع من الغابرو على فلز الأوليفين، لونه داكن يقرب من الأسود المشوب ببعض الخضرة.

د - **الصخور الجوفية فوق القاعدية** : نذكر منها الأنواع التالية :

+ البيريدوتيت : صخر ناري جوفي فوق قاعدي متساوي الحبيبات وخشن التبلور يتكون بشكل أساسي من الأوليفين (حوالي 90%) كما يحتوي على قليل من الأوجيت والهورنبلاند وفي بعض الأنواع يوجد البلاجيوكلاز بنسب بسيطة، لونه أخضر غامق.

-+ الدونيت: هو نوع من البيريدوتيت يحتوي على أكثر من 90% من الأوليفين.

+ البيروكسينيت : صخر ناري يتكون أساسا من فلز البيروكسين (90-100%) والبلاجيوكلاز يوجد بنسب تتراوح ما بين 1 إلى 9% أو يكاد يكون منعدما تماما، وتوجد صخور البيروكسينيت برفقة صخور الغابرو.

-+ الهورنبلانديت : يعتبر الهورنبلانديت في العادة صخر وحيد الفلز حيث يتكون من فلزات الأمفيبول الخالصة ولكن الهورنبلانديت قد يحتوي على فلزات إضافية أهمها أكاسيد الحديد ويقترن بصورة عامة بصخور الديوريت.

2 - *الصخور النارية المتوسطة أو تحت السطحية* : وهي التي تنتج عن تصلب الماكما على أبعاد قريبة من سطح الأرض، ويتميز هذا النوع من

الصخور بما يعرف بالنسيج البورفيري وتكون حبيباته دقيقة بحيث يمكن تمييزها بعدسة مكبرة حيث يدعى النسيج في هذه الحالة بالنسيج الخفيف التبلور ومن أمثلة هذه الصخور نذكر :

+ الفلسيت : صخر ناري تحت سطحي حامضي دقيق التبلور ومشابه للأعبل من حيث تركيبه الكيميائي والفلزي، ولذلك يطلق عليه الأعبل المجهري البنية (ميكروغرانيت).

+ البورفيريت : صخر ناري تحت سطحي متوسط دقيق التبلور ومشابه للديوريت من حيث تركيبه الكيميائي والفلزي وهو عبارة عن (ميكروديوريت) (انظر الشكل رقم : ١٠).

+ الدوليريت : صخر ناري تحت سطحي، قاعدي دقيق التبلور ومرافق للغابرو من حيث تركيبه الكيميائي والفلزي إلا أن حبيباته دقيقة فهو إذن عبارة عن (ميكروغابرو).

3 - *الصخور السطحية او البركانية* : تتميز في الغالب بما يعرف بالنسيج الزجاجي وذلك نتيجة للتبريد السريع الذي تتعرض له الماكما عندما تصعد إلى السطح حيث تلامس الهواء البارد وتنتشر على مساحات واسعة، كما يحدث في الطفوحات البركانية، وقد تتكون في اللافا فتحات أو تجاويف أثناء تبريدها نتيجة لخروج فقاقيع الغازات المختلطة ويدعى النسيج في هذه الحالة بالنسيج الفقاعي كما هو الحال في صخور البازالت، ويمكن أن نميز فيها بين الأنواع التالية:

أ - الصخور البركانية الحامضية : ونذكر منها :

+ الريوليت : صخر ناري بركاني سطحي حامضي، يشبه الأعبل من حيث تركيبه الكيميائي والفلزي ولكنه يختلف عنه في أن له نسيج دقيق الحبيبات أو بورفيري، لونه رمادي أو وردي فاتح.

+ المرو ليتيت : صخر ناري سطحي حامضي يشبه المرو مونزونيت من حيث التركيب الكيميائي والفلزي ولكنه يختلف عنه في أن بنيته دقيقة أو بورفيرية ولونه رمادي.

+ الديسيت : صخر ناري سطحي حامضي يشبه المرو ديوريت من حيث التركيب الكيميائي والفلزي ولكنه يختلف عنه في أن بنيته دقيقة أو بورفيرية ولونه يتراوح في الغالب بين الرمادي والرمادي المخضر ونادرا ما يكون قاتما.

ب - الصخور البركانية المتوسطة : ونذكر منها ما يالي :

+ التراكيت : صخر ناري سطحي متوسط يشبه الريوليت في كثير من خواصه ولكنه يختلف عنه في أن المرو فيه قليل أو منعدم، ويشبه السينيت من

حيث التركيب الكيميائي والفلزي ويختلف عنه في أن بنيته دقيقة أو زجاجية ولونه رمادي.

+ الليتيت : صخر ناري سطحي متوسط يشبه المروليتيت في كثير من خواصه ولكنه يختلف عنه في أن المرو فيه قليل أو منعدم تماما، ويشبه الليتيت المونزونيت من حيث التركيب الكيميائي والفلزي ويختلف عنه في أن بنيته دقيقة أو زجاجية أو بورفيرية.

+ الأنديسيت : صخر ناري سطحي متوسط يشبه الديسيت في كثير من خواصه ولكنه يختلف عنه في أن المرو فيه قليل أو منعدم، ويشبه الديوريت من حيث التركيب الكيميائي والفلزي ويختلف عنه في أن نسيجه دقيق الحبيبات أوبورفيري ولونه رمادي إلى قاتم أو مخضر.

ج - الصخور البركانية السطحية القاعدية : ونذكر منها على الخصوص نوع واحد:

+ البازالت : صخر ناري سطحي بركاني قاعدي دقيق الحبيبات وقد يكون بورفيري ويشبه الغابرو، لونه أسود ويتألف أساسا من البلاجيوكلاز والأوجيت وأحيانا الأوليفين ويحتوي على الماغنيتيت كفلز إضافي.

و(الجدول التالي رقم : 7) يلخص تصنيف الصخور النارية.

جدول رقم : 7 - تصـــنيـــف الصـــخور النـــاريـــة

الصخر ولونه	حامضي فاتح	متوسط - معتدل	قاتم - فاتح	فوق قاعدي - داكن
نسبة السيليس	% 80-65	% 66-52	% 52 -40	أقل من 40%
انفلزات الأساسية المميزة	مرو - أورثوكلاز - بلاجيوكلاز - ميكا - هورنبلاند	أورثوكلاز - بلاجيوكلاز - ميكا - هورنبلاند	بلاجيوكلاز - أوجيت - أوليفين	أوليفين - بيروكسين - هورنبلاند
الصخور السطحية والبركانية ذات نسيج دقيق الحبيبات أو زجاجي أو بورفيري	ريوليت ديسيت	تراكين انديسيت	بازالت	
الصخور تحت سطحية ذات نسيج دقيق الحبيبات	فيلسيت أو ميكرواعبل	بورفيريت أو ميكروديوريت	دولوريت	
الصخور الجوفية ذات نسيج خشن الحبيبات	اعبر مرو مونزونيت مروديوريت	سيينيت مونزونيت ديوريت	غابرو	بيريدوتيت دونيت بيروكسينيت هورنبلانديت

كائن حي ١

٢

الصخور الرسوبية

تقديم : الصخور الرسوبية هي الصخور التي نشأت وتكونت نتيجة تراكم أو ترسي المواد الناتجة عن تفتت بعض الصخور النارية أو المتحولة أو الرسوبية الأخرى أو بعض مواد خلفتها أو أفرزتها حيوانات أو نباتات ثم تماسكت هذه المجمعات بفعل بعض العوامل الطبيعية كالضغط والتجفيف وترسيب بعض المواد اللاحمة بين ذراتها أو تبلور حبيباتها مكونة طبقات مختلفة من حيث السمك والحجم واللون والنسيج والشكل. ومن أهم فلزاتها نذكر: المرو – الكالسيت – الدولوميت – الهاليت – الجبس – الأنهيدريت – الكاولين (سلكات الألمنيوم المائية) وغيرها.

I) – تتصف الصخور الرسوبية عموما بالصفات التالية :

1 – وجودها على شكل طبقات : توجد الصخور الرسوبية عموما على هيئة طبقات متوضعة بعضها فوق بعض، وتختلف هذه الطبقات من حيث اللون والسمك والنسيج والتركيب الفلزي، وتكون هذه الطبقات إما أفقية أو مائلة أو ملتوية أو منكسرة. ويرجع وجود معظم الصخور الرسوبية على شكل طبقات إلى التوقف المؤقت الذي يحدث بعد ترسيب كل طبقة ذات نسيج خاص نتيجة لتغير ظروف بيئة الترسيب، وإذا كانت معظم الصخور الرسوبية على هيئة طبقات، فإن بعض الأنواع منها لا توجد بها طبقات مثل رواسب الكثبان الرملية وصخور الرصيص التي يصعب تمييز الطبقات فيها وغيرها من الصخور الأخرى.

2 – تكتنز الصخور الرسوبية بين ثناياها حفريات متعددة ومعادن نفيسة وسوائل طاقية ومائية : من أهم مميزات الصخور الرسوبية احتواؤها على بقايا عضوية حيوانية أو نباتية متحجرة تعرف باسم المستحثات أو الحفريات وتشاهد بوضوح في بعض أنواع الصخور الرسوبية التي تشكلت في البحار والمحيطات، وهذه الحفريات إما أن تكون كبيرة واضحة أو صغيرة ودقيقة الحجم لا ترى إلا بالمجهر. كما تحتوي أيضا على البترول والغاز والفحم الحجري والفوسفاط، ويعزى وجود هذه المعادن بين طيات وأحواض الصخور الرسوبية إلى كونها أنها ذات أصل عضوي، والحياة لا يمكنها أن تتوفر إلا في ظروف تكوين الصخور الرسوبية فالبترول مثلا ينشأ من مواد حيوانية أو نباتية بحرية، أما الفحم فلا يتكون إلا من بقايا النباتات والفوسفاط أصله بقايا حيوانية بحرية. إن مسامية الصخور الرسوبية ونعني بها (نسبة الفراغات والتجاويف الموجودة بالصخور

أو الطبقات والتي تسمح بتشرب وخزن السوائل، بينما النفاذية فتعني قابلية الصخور بالسماح بمرور المياه) هي المسؤولة عن كون الصخور الرسوبية هي الخازنة للسوائل النفطية والمياه الجوفية المدفونة في أعماق الكرة الأرضية.

3 - تتماسك الفتات وتتحول إلى صخور رسوبية بأحد العوامل التالية :

• الضغط والتجفيف : إن الضغط الناتج عن ثقل الكتل الضخمة من الرواسب العليا على السفلى يسبب ضم الحبيبات بعضها لبعض وتقليل الفراغات بينها أو طرد الماء من مسامها وتجفيفها وبالتالي تماسك الحبيبات والتصاقها بعضها ببعض.

• ترسيب المواد اللاحمة : ونعني بها ترسيب بعض المواد بين الحبيبات الصخرية التي تساعد على تماسك الجزيئات الصخرية وهذا ما يحدث غالبا في حالة الرواسب المفككة الخشنة الحبيبات كالرمل والصخور التجمعية وقد تكون المادة اللاحمة كلسية (كربونات الكالسيوم أو الكالسيت) أو حديدية (بعض أكاسيد الحديد) أو سيليسية، وتكون هذه المواد اللاحمة عادة محلولة في المياه السطحية أو الجوفية.

II) *تصنف الصخور الرسوبية حسب طريقة تكوينها إلى ثلاثة أقسام رئيسية* :

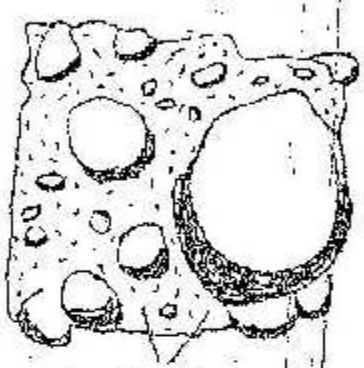
1 – الرواسب والصخور الرسوبية الميكانيكية :

وهي عبارة عن الرواسب والصخور التي تكونت نتيجة لتآكل وتفتت الصخور القديمة بفعل عوامل التعرية ثم حمل هذه النواتج بواسطة عوامل النقل المختلفة (الرياح، المياه، الأمواج البحرية و الجليد) إلى أماكن ترسيبها حيث يتم تماسك بعضها وبقاء البعض الآخر بشكل مفكك، ويمكن تقسيم الرواسب والصخور الميكانيكية تبعا لحجم الحبيبات المكونة ودرجة استدارتها ونوع المواد اللاحمة للحبيبات إلى عدة أنواع:

أ – الحصى : نوع من الرواسب المفككة المؤلفة من أجزاء صخرية غير متماسكة ومستديرة تقريبا ويتراوح قطرها بين 2 - 64 مم، أما الأنواع الأكبر حجما فتعرف بالجلاميد، ويتركب معظم الحصى من فاز المرو.

ب – الرصيص : هي عبارة عن تجمع لصخور متماسكة مكونة من حصى ورمل مختلف الأحجام ومتماسك مع بعضه بمواد لاحمة قد تكون سيليسية أو حديدية أو كلسية أو طينية، وتكون حبيبات أو مواد الرصيص مستديرة دلالة على انتقالها مسافات كبيرة، واحتكاكها ببعضها أثناء النقل بواسطة المياه الجارية من مصادرها الأصلية إلى أماكن الترسيب حيث تتوضع وتتماسك بواسطة

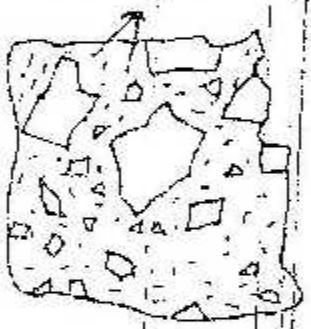
الرصيص

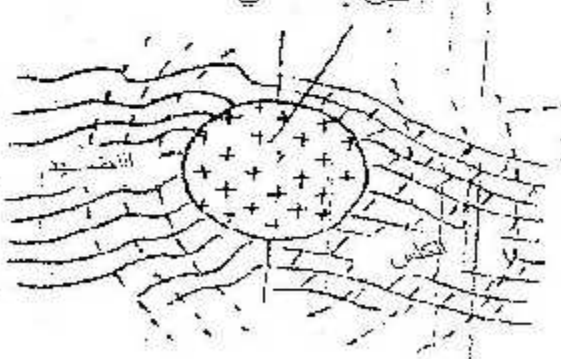


المواد الناتجة

الشكل رقم : - 5 -

المتفلص





تحول المعادن المحيطة بالكتلة النارية الشديدة الحرارة ، مكونة ما يسمى بـ" هالة التحول "

الشكل رقم : - 17 -

المواد اللاحمة ويكثر الرصيص قرب الشواطئ وبجوار مجاري الأودية والأنهار (انظر الشكل رقم : 15).

ج - القفص : يتكون من قطع صخرية حادة الزوايا مختلفة الأحجام ملتصقة مع بعضها بمادة لاحمة قد تكون سيليسية أو كلسية أو حديدية أو طينية، ويرجع الاختلاف بين حبيبات القفص الحادة الزوايا وحبيبات الرصيص المستديرة (انظر الشكل رقم : 15) إلى كون صخور القفص نتجت عن تهشيم القطع الصخرية وبقائها عند أو بالقرب من مصادرها الأصلية أو إلى كون أن المسافة التي قطعتها كانت قصيرة نسبيا بحيث لم تتأثر كثيرا بالاحتكاك.

د – الرمل : يطلق لفظ رمل على كل راسب متفتت وغير متماسك ويتراوح قطر حبيباته بين 1/16 - 2 ملم، ويقسم الرمل حسب حجم الحبيبات إلى خمسة أقسام كما يتضح من (الجدول التالي: رقم : 8):

جدول رقم : 8 - أصناف الرمال وفق حجم الحبيبات

الصنف	قطر الحبيبات
رمل خشن جدا	من 1 إلى 2 ملم
رمل خشن	من ½ الى 1 ملم
رمل متوسط	من 4/1 الى 2/1 ملم
رمل دقيق	من 8/1 إلى 4/1 ملم
رمل دقيق جدا	من 16/1 إلى 8/1 ملم

يتألف الرمل من عدة فلزات أهمها المرو الذي يصعب تأثره بعوامل التعرية كما يتكون من الميكا والفلدسبات والهورنبلاند والأوجيت والأوليفين وغيرها من فلزات الصخور النارية والمتحولة، وقد يحتوي الرمل كذلك على جزيئات مفتتة من قشور أو هياكل الحيوانات ويتوقف حجم وشكل الحبيبات الرملية على الظروف التي تكونت وترسبت فيها وعلى هذا الأساس يمكن تمييز الأنواع التالية من الرمل:

+ رمال الأنهار الجليدية : تتميز بحواف وجوانب حادة وذلك راجع لعدم تعرضها لتحريك وانتقال كبير.

+ الرمال المترسبة في المياه : حبيباتها ذات جوانب مستديرة نوعا ما.

+ رمال الصحاري : كاملة الاستدارة وذلك راجع لكونها انتقلت كثيرا من أماكنها الأصلية بواسطة الرياح واحتكت ببعضها وبالصخور التي ترسبت فوقها فاستدارت جوانبها أول ثم أصبحت فيما بعد كاملة الاستدارة.

تأخذ الرمال ألوانا مختلفة (أبيض، رمادي، بني، بني مصفر، أسود) والرمال السوداء تحتوي على فاز المانغنيتيت، وتحتوي بعض الرمال على فازات وسوائل ذات قيمة اقتصادية هامة مثل اليورانيوم الذي يستعمل في إنتاج الطاقة الذرية والمانغنيتيت (أكسيد الحديد المغناطيسي) والهيدروكاربونات (كما هو الشأن بالنسبة للرمال النفطية "البطرفاية" بجنوب المغرب).

هـ - الصخور الرملية : هي عبارة عن صخور رسوبية ميكانيكية متماسكة مكونة من حبيبات الرمل المختلفة الأحجام والمتحمة مع بعضها بمواد لاحمة مختلفة، وتمتاز عن باقي الصخور بمساميتها ولذلك تعتبر أحسن الصخور الحاوية والخازنة للسوائل الطبيعية كالمياه الجوفية والهيدروكاربونات ، وتقسم حسب شكل وحجم الحبيبات ونوع الفلزات المكونة لهاته الحبيبات وطبيعة المادة اللاحمة إلى الأنواع التالية:

+ الحجر الرملي : يتكون من حبيبات مستديرة أو ذات زوايا حادة ملتصقة مع بعضها ومتماسكة بمواد لاحمة أهمها المرو والليمونيت والكالسيت.

+ الأركوز : صخر رملي به نسبة عالية من الفلدسبات إلى جانب المرو وتلتصق حبيباته بمادة لاحمة سيليسية.

و – الرواسب والصخور الطينية : وتقسم هذه المجموعة حسب درجة تماسكها إلى قسمين رئيسين:

- الرواسب الطينية : وتشمل الرواسب المفككة التي يقل متوسط قطر حبيباتها عن 16/1 ملم وتتكون نتيجة تفتت وتحلل السيليكات وخاصة سلكات الألومينيوم المائية وقد تصاحب هذه السلكات حبيبات دقيقة من فتات الصخور والفلزات الأخرى، كما قد تحتوي الرواسب الطينية على مواد عضوي متحللة " الذبال " أو نباتية متفحمة، وفي بعض الأحيان تحتوي على كبريت الحديد ويكسبها اللون الأسود، وهناك أنواع أخرى من الطين يسود فيها اللون الأحمر أو الأصفر أو الأخضر، وكل هذه الألوان ترجع إلى وجود أكاسيد الحديد أو المانغنيزيوم. وتترسب المواد الطينية عادة في مياه قليلة العمق ولكنها عموما أكثر عمقا من المياه التي تترسب فيها الرواسب الطينية، وتحتوي الرواسب الطينية عادة على نسبة من الماء تقدر بحوالي 15 % فإذا ما فقدتها تحولت إلى كتلة صلبة متماسكة، إن هذه الرواسب الطينية هي التي تشكل التربة الزراعية ويمكن تقسيمها حسب الحجم وقطر الحبيبات إلى نوعين رئيسيين هما:

– - الغرين أو الطمي : يتكون من حبيبات متوسط قطرها يتراوح ما بين 16/1 - 256/1 ملم.

... الطين : يتكون من حبيبات دقيقة جدا متوسط قطرهـــا أقـــل مـــن 256/1 ملم.

- الصخور الطينية : هي صخور ناتجة عن تماسك وتصلب الرواسب الطينية المذكورة سابقا بتأثير الضغط والتجفيف الذي يسببه ثقل الكتل الضخمة من المواد الرسوبية الأخرى على الرواسب السفلى، وتقسم الصخور الطينية تبعا لحجم وطبيعة الحبيبات وكيفية توضعها إلى الأنواع التالية:

-- - الحجر الطيني : يتكون من الطين المترسب في قاع البحار بالقرب من مصبات الأنهار والمجاري المائية، ويحتوي على مواد عضوية ذات أصل كربوني، وعلى جزيئات فلزية أهمها المرو والميكا والفلدسبارات وغيرها.

-- - الحجر الطيني الصفحي : وهو صخر ينشأ عن ضغط الحجر الطيني وانفصاله إلى طبقات أو صفائح رقيقة موازية للمستوى الطبقي، وتتكون هذه الصفائح الورقية عادت من فلزات الميكا التي تتخذ وضعا مرتبا في مستويات متوازية الأمر الذي يضفي على الصخر خاصية التشقق بمعنى أنه يسهل فصله إلى صفائح متوازية، وهناك نوع من الحجر الطيني الصفحي يدعى بالحجر الطيني الكربوني أو الأسود، لونه أسود أو أزرق غامق ويحتوي على نسبة كبيرة من المواد العضوية الفحمية أو البترولية التي يمكن استغلالها في بعض المناطق من العالم.

-- - الكاولين : يتكون من سلكات الألومينيوم المائية النقية لونه أبيض ويكثر عادة في المناطق التي تنتشر بها الصخور الأعلية حيث يتشكل نتيجة تفتت وتحلل فلزات الفلدسبات، بواسطة عوامل التجوية والتعرية المختلفة.

-- - الطفل : حجر طيني يحتوي على كمية من كربونات الكالسيوم تتراوح ما بين 5 -- 20 %.

-- - اللاتيريت :هي عبارة عن طين حديدي لونه أحمر يوجد في كثير من البلاد الاستوائية والمحيطة بها وتتكون نتيجة التحلل الهوائي " التجوية " للصخور في مكانها وخاصة الصخور الموجودة في مناطق الغابات حيث يكون رشح وتسرب المياه قليل فتتراكز الأكاسيد الحديدية ويتحرر السيليس.

2 – الصخور الرسوبية ذات المنشأ الكيميائي :

هي عبارة عن صخور تكونت نتيجة لترسيب بعض الفلزات من محاليلها المائية بتأثير بعض العوامل الفيزيائية والكيميائية مثل التبخر والتحلل والترسيب وتقسم هذه المجموعة حسب تركيبها الفلزي إلى ما يالي:

- الصخور الرسوبية الكيميائية الكلسية والدولوميتية : وتشمل هذه المجموعة الصخور الكلسية و الدولوميتية المترسبة في البحار و المحيطات والصخور الكلسية المتوضعة في الكهوف والمغاور الكلسية أو حول الينابيع المعدنية الحارة، وتتكون الصخور الكلسية أو الجيرية بصورة عامة نتيجة لفقدان غاز ثاني أكسيد الكربون المتحلل في المياه الطبيعية التي تحتوي على كلى كربونات الكالسيوم المنحلة التي تترسب على هيأة كربونات الكالسيوم بعد انطلاق غاز ثاني أكسيد الكربون من محاليلها، تتصف الصخور الكلسية الكيميائية بلون أبيض إذا كانت نقية إلا أن بعضها قد يتصف بألوان مختلفة مثل الأصفر و الأزرق أو الأسود وذلك تبعا لنوع ومقدار المواد الغريبة المختلطة بها أثناء تكوينها؛ ومن أهم مميزات الصخور الكلسية عامة أنها تتفاعل مع حمض كلور الماء وتحدث فورانا ملحوظا وتطلق غاز ثاني أكسيد الكربون، ويختلف نسيجها اختلافا كبيرا فبعض الأنواع تكون دقيقة الحبيبات والبعض الآخر يتألف من حبيبات خشنة نسبيا، وتقسم هذه المجموعة حسب طريقة تكوينها وتركيبها الكيميائي إلى أربعة أنواع هي:

- الحجر الكلسي العادي : تكون كربونات الكالسيوم الغالبية العظمى من رواسب البحار والمحيطات إذ تذيب مياه الأمطار والسيول والأنهار التي تحتوي على غاز ثاني أكسيد الكربون المتحلل تذيب الصخور الكلسية وتحمل معها كربونات الكالسيوم المائية وعندما تصل إلى البحار يتبخر أولا ما بها من ثاني أكسيد الكربون وتترسب كربونات الكلسيوم على هيئة طين طري لا يلبث أن تتماسك جزيئاته نتيجة للضغط الذي يقع عليها مكونة في النهاية صخرا كلسيا صلبا يدعى بالحجر الكلسي العادي، وفي بعض الأحيان تترسب كربونات الكالسيوم حول جزء دقيق من الرمل أو الأصداف البحرية على شكل كريات صغيرة متجمعة ومتماسكة مع بعضها معطية للصخر مظهرا بيوضيا وهو ما يسمى بالحجر الكلسي البيوضي.

- حجر كلس الكهوف والمغاور: تترسب كربونات الكالسيوم من المياه الجوفية في الكهوف في بعض المناطق الكلسية مكونة الرواسب المعلوفة باسم الصواعد وهي (الأعمدة المتشكلة في قاع الكهف) والنوازل وهي (الأعمدة المدلاة من سقف الكهف)، وهي عبارة عن أعمدة رشيقة وجميلة المنظر مكونة من مادة كربونات الكالسيوم المتبلورة، وتتشكل هذه الأعمدة من تسرب المياه الجوفية الحاملة لكربونات الكالسيوم إلى هذه الكهوف (المكونة من مواد كلسية أيضا) فكل نقطة من الماء المتشبع بكربونات الكالسيوم تبقى معلقة قليلا على سقف الكهف أو المغارة فتفقد جزءا مما تحتويه من غاز ثاني أكسيد الكربون

ويترسب منها بعض ما تحمله من كربونات الكالسيوم مكان هذه النقطة، فإذا ما تعددت النقط المائية الواحدة تلو الأخرى أدى ذلك إلى بناء عمود دقيق من المادة الكلسية المتبلورة يسمى بالعمود النازل، على أن نقطة الماء بعدما فقدت جزءا مما كانت تحمله من كربونات الكالسيوم تسقط إلى أرض الكهف تحت نقطة دخولها وهناك تتبخر المياه ويتحرر الغاز الكربوني المتبقي ويترسب ما تبقى من كربونات الكالسيوم في قاع الكهف مكونة عمودا اخر مقابل للعمود الأول ويسمى بالعمود الصاعد وقد يتقابل العمودان ويتشابكان وعندئذ يعرفان بالأعمدة المستمرة.

-- - حجر كلس الينابيع المعدنية " الرصرصة" : وهي عبارة عن رواسب كلسية مسامية بيضاء ترسبت حول بعض الينابيع المعدنية الحارة نتيجة انطلاق غاز ثاني أكسيد الكربون، وترسيب كربونات الكالسيوم حول هذه الينابيع.

-- - الدولوميت أو كربونات الكالسيوم والماغنيزيوم : إن الدولوميت يرافق الحجر الكلسي في الانتشار ويتكون من كربونات الكالسيوم والماغنيزيوم وينتج في الغالب من تأثير بعض المحاليل المائية لكلور الماغنيزيوم على الصخور الكلسية العدية واستبدال بعض كربونات الكالسيوم بكربونات الماغنيزيوم.

- الصخور الرسوبية الكيميائية السيليسية : وتشمل هذه المجموعة نوعان رئيسيان هما:

-- - رواسب الينابيع المعدنية الحارة : تشبه في طريقة تكوينها الرصرصة غير أنها تتشكل حول عيون الينابيع المعدنية الحارة في المناطق البركانية وتتميز عن الرصرصة في كونها تتألف من أكسيد السيليس المتبلور والغير متبلور علاوة على نسبة من المواد الكربونية.

-- - انصوان : يعتبر من أهم الرواسب السيليسية المعروفة خلال الأزمنة الجيولوجية المختلفة ويتميز عادة بلون أسود أو رمادي أو أبيض وهو صخر شديد الصلابة يتكون من مزيج من السيليس المتبلور والغير متبلور علاوة على نسبة من المواد الكربونية.

- رواسب الحديد الكيميائية : تتألف هذه الرواسب من بعض الأكاسيد الحديدية كالهيماتيت والليمونيت وتتكون نتيجة لتبادل كيميائي حيث يتحرر عنصر الحديد من محاليل مركباته المائية ويحل بدلا من بعض العناصر الأخرى في الصخور المختلفة التي تتحول تدريجيا إلى صخور حديدية، وتتميز الرواسب الحديدية بلونها الأحمر أو الأصفر أو المائل إلى البني.

- الرواسب الملحية: تترسب هذه الأملاح من مياه البحيرات والبحار المغلقة مثل (البحر الميت، بحر قزوين وغيرها) والخلجان البحرية المحصورة

والمعرضة للتبخر الشديد والتي تفقد كمية من المياه بالتبخر أكثر من التي تستقبلها عن طريق الأودية والسيول والتساقطات وتقدر ملوحة البحار في المتوسط ب 53 جزء في الألف، وتقدر نسبة وجود الأملاح في المياه المحيطية والبحرية كما يالي حسب (الجدول رقم : 9).

جدول رقم : 9- نسبة الأملاح بمياه المحيطات والبحار

نوع الملح	%
1 - كلور الصوديوم (ملح الطعام)	%77.60
2- كلور الماغنيزيوم	%10.88
3- كبريتات الماغنيزيوم	%4.74
4- كبريتات الكالسيوم	%3.60
5- كبريتات البوطاسيوم	%0.34
6- بيكاربونات الماغنزيوم	%0.22

وهكذا فإن ترتيب ترسب الأملاح يتم وفق (الجدول التالي رقم : 10)

جدول رقم : 10 - ترتيب ترسب الأملاح

الترتيب	نوع الملح
1	أملاح الكالسيوم مثل الجبس والأنهيدريت
2	أملاح الصوديوم مثل ملح الطعام (كلور الصوديوم وكربونات الصوديوم)
3	أملاح الماغنيزيوم مثل كلور الماغنيزيوم
4	أملاح البوطاسيوم

ويلاحظ من خلال الجدول السابق أن أملاح البوطاسيوم هي آخر من يترسب بعد أن تكون جميع الأملاح الأخرى قد انفصلت وترسبت ويعزى ذلك إلى أن أملاح البوطاسيوم شديدة الذوبان في الماء أكثر من غيرها، وتتصف الرواسب الملحية بلون أبيض شفاف إذا كانت نقية غير أنها في كثير من الأحيان تكون مصبوغة بألوان مختلفة صفراء أو حمراء نتيجة لوجود شوائب بها. ويمكن أن تشكل الرواسب الملحية صخورا متبلورة ذات بلورات واضحة للعين أو دقيقة لا ترى إلا بالمجهر.

3 ـ الصخور الرسوبية ذات المنشأ العضوي :

تتكون هذه الصخور نتيجة تراكم مواد عضوية خلفتها أنواع الحياة من نباتات أو حيوانات كانت تعيش في البحر أو اليابسة وتراكمت هذه الرواسب إما في بيئة ذات مياه عذبة أو مالحة أو على القارات، إن أغلب الحيوانات والنباتات مكونة من مواد صلبة وأخرى رخوة. فإذا ماتت تعرضت للتحلل والفناء أما المواد الصلبة فإنها تتراكم تحت ظروف متنسبة لتبقى كرواسب وقد تتحول فيما بعد إلى صخور. وتقسم الصخور العضوية المنشأ تبعا لتركيبها الكيميائي إلى أنواع مختلفة أهمها:

ـ الصخور الكلسية العضوية: تعتبر من أهم أنواع الصخور الكلسية وأكثرها انتشارا في الأرض ويرجع تكوينها إلى قدرة بعض الحيوانات والنباتات على استخلاص كربونات الكالسيوم من البحار لتبني منه أجزاءها الصلبة، وعندما تموت تتحلل أجزاؤها الرخوة وتبقى الصلبة متراكمة في قاع البحار والمحيطات مشكلة رواسب كلسية تتحول بمرور الزمن وزيادة الضغط بما يترسب فوقها من صخور أخرى إلى صخور كلسية عضوية كالصخور المرجانية الكلسية والتي تنتج عن تراكم هياكل الحيوانات المرجانية و الكاس القوقعي المكون من أصداف أو قواقع وهياكل عظمية لبعض الحيوانات البحرية وهناك نوع هام منها يدعى الطباشير وهو نوع من الحجر الكلسي الناعم الملمس مسامي أبيض اللون أو رمادي يتكون من قشور وهياكل حيوانات مثل هياكل الحيوانات الأولية المجهرية المعروفة باسم "الفورامينيفرا". ويتصف هذا الصخر بهشاشته كما يترك أثرا أبيضا عند ملامسته.

ـ الصخور السيليسية العضوية : وتنقسم إلى نوعين :

ـ ـ الرواسب السيليسية الدياتومية : تتشكل هذه الرواسب في المياه العذبة أو المالحة ويتكون أكثرها من ترسب وتجمع الهياكل السيليسية للحيوانات المعروفة باسم الدياتوم.

ـ ـ الرواسب السيليسية الراديولارية : تتشكل هذه الرواسب الطباشيرية الشكل في المياه البحرية العميقة وتتألف من بقايا الهياكل السيليسية للحيوانات الشعاعية.

ـ الصخور الفوسفاطية : نذكر منها على الخصوص صخر الفوسفاط حيث تتألف من فوسفاط الكالسيوم مع شوائب مختلفة وتوجد إما على هيئة طبقات و عقد في الصخور الكلسية أو الرملية، وتصل نسبة الفوسفاط في الصخر الفوسفاطي إلى حوالي 85%، وتمتاز صخور الفوسفاط بلونها الرمادي أو المصفر، وتنتج من ترسيب أجزاء مختلفة من عظام الأسماك والزواحف التي كانت تعيش في بحار قليلة العمق وتحولها إلى فوسفاط الكالسيوم تحت تأثير

الجراثيم الموجودة بكثرة في مياه البحر على عظام هذه الحيوانات. وتعزى النسبة العالية من فوسفاط الكالسيوم والموجودة في صخر الفوسفاط إلى أن الرواسب الفوسفاطية الأولية تمر في تاريخها الجيولوجي بعمليات تركيز طبيعية عن طريق إذابة فوسفاط الكالسيوم ثم ترسيبه مرة أخرى أو إذابة المواد المرافقة للفوسفاط والتي تفوق هذا الأخير في قابلية الذوبان. فإن أحدث النظريات حول تشكل الصخور الفوسفاطية ترجع إلى المدرسة السوفيتية برئاسة الباحث "كازاكوف" التي رسمت تخطيطا مبسطا يمكن من شرح وفهم كل أنواع المناجم الفوسفاطية ويتجلى في تشكل مخزن من الفوسفور الناتج عن تحلل الصخور الاندفاعية وبعض الصخور المتحولة حيث يتحرر منها الأباتيت الذي يعد مصدر الفوسفور في الطبيعة، ويؤدي تحلل هذا المعدن إلى تكوين محاليل الفوسفور في المياه، ثم يتم نقل المحلول بواسطة المياه الجارية إلى الأحواض البحرية، وهناك يدخل الفوسفور في الدورة البيولوجية بعد تثبيته من طرف النباتات والحيوانات ولا يحرر في الوسط مرة أخرى إلا بعد موت هذه الكائنات الحية. ويختلف مقدار الفوسفور في مياه البحر حسب العمق على الشكل التالي:

من 0 متر إلى 20 متر تكون نسبة الفوسفور ضئيلة جدا، لكونه يستعمل من طرف الكائنات الحية المتواجدة بهذا المستوى، من 20 م – 50 م تكون نسبة الفوسفور متوسطة، على عمق 100 م يتركز القدر الأعلى للفوسفور (1000 مليغرام/المتر)، تحت عمق 1000 يقل الفوسفور تدريجيا في اتجاه الأعماق، عند موت الكائنات الحية البحرية تتحلل أجسامها ما بين عمق 750م – 1000 م وتتدخل بعد ذلك الباكتيريا لتحول المادة العضوية إلى مادة معدنية فيتم تمعدن الفوسفور العضوي ويحرر في مياه البحار، وبوجود ثاني اكسيد الكاربون الناتج عن تفاعلات تحول المادة العضوية إلى مادة معدنية، يتكون محلول الفوسفاط، وعلى هذا الشكل يدخر الفوسفور في المياه البحرية العميقة، ويتم ترسب الفوسفاط من خلال هذه المدخرات بعاملين أساسين هما: صعود المياه العميقة الغنية بالفوسفور وثاني أكسيد الكربون إلى السطح، ثم انخفاض الضغط الجزئي لثاني أكسيد الكاربون في هذه المياه، فعند صعود المياه العميقة إلى السطح ترتفع حرارتها وتقل نسبة ثاني أكسيد الكاربون المذاب فيها فينتج عن ذلك ارتفاع في درجة تركز أيونات الهيدروجين في الماء (أي ارتفاع نسبة حموضة الماء) فتتشبع بكربونات الكالسيوم الذي يترسب في البداية ثم يليه فوسفاط الكالسيوم وتحدث هذه الظواهر والتفاعلات بين أعماق تتراوح بين 50 – 200 م. يعتبر الفوسفاط من أهم المعدن المتوفرة بالمغرب حيث تقدر المدخرات الوطنية بـ 75 % من الاحتياطي العالمي، وتتركز مناجمه بمناطق مختلفة من البلاد حيث

تنتشر فوق مساحات شاسعة وهي كالتالي: منطقة أولاد عبدون مع مراكز الاستغلال التحت أرضية بخريبكة وسيدي الضاوي وسيدي حجاج ، منطقة الكنتور البحيرة مع مراكز الاستغلال بكل من اليوسوفية وابن جرير، منطقة شيشاوة ومسقالة، منطقة بوكراع في الصحراء المغربية.

- الصخور الكاربونية : وهي عبارة عن رواسب عضوية تحتوي بصورة رئيسية على بقايا نباتية وبعض البقايا الحيوانية وتتميز بحتوائها على نسبة عالية من الكاربون الحر او المتحد مع الهيدروجين على شكل هيدروكاربونات، وأهم الصخور الكاربونية هو الفحم ويرافقه الطين الكاربوني والحجر الطيني الصفحي الكاربوني وتتصف هذه الصخور بلون أسود أو بني أو أحمر وتتكون في المناطق الساحلية أو الداخلية المنخفضة كالمستنقعات التي كانت تنمو عليها نباتات كثيفة غمرت بالمياه أولا ثم طمرت بالرواسب الطينية والكلسية المختلفة ثم تحللت أنسجتها بتأثير الجراثيم اللاهوائية وتأكسدت على مراحل مؤدية إلى تشكيل الأنواع المختلفة من الفحم الحجري والتي نذكر منها:

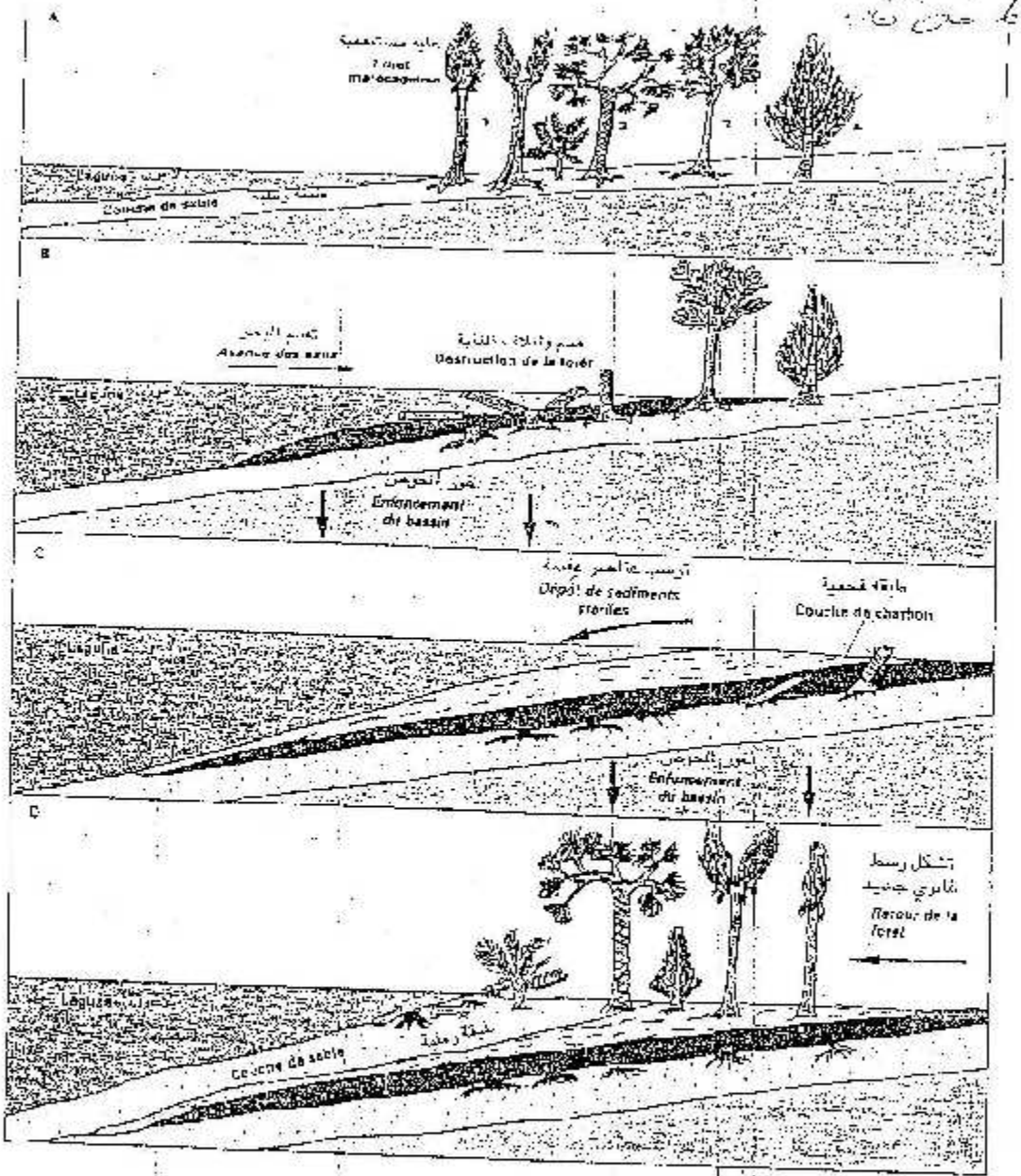
- - الليغنيت : هو صخر من فصيلة الصخور الكاربونية أكثر صلابة حيث يظهر فيه التركيب النباتي الخشبي، لونه أسود بني أو أسود ويحتوي على نسبة تتراوح ما بين 55 – 75 % من الكاربون.

- - الفحم الحجري : صخر أسود اللون لامع يتكون من كتلة مضغوطة ذات طبقات مختلفة النسيج ، وهو سريع الكسر وتتراوح نسبة الكاربون فيه بين 75 – 90 % ويتميز عن النوع السابق بكونه يحترق بسهولة ويعطى لهبا صافيا.

- - الأنتراسيت : وهو أصلب أنواع الفحم وأجودها حيث يحتوي على نسبة من الكاربون تتراوح ما بين 90 – 98 % وله بريق نصف معدني ويمكن لمسه وحمله دون أن يترك أثرا على الأصابع ويحترق بلهب خافت وبدون دخان، ويصنف الأنتراسيت أحيانا مع فصيلة الصخور المتحولة. ويوجد على شكل عروق فحمية ذات سمك مختلف مغطاة برواسب قديمة غنية بالمواد العضوية النباتية، الأمر الذي يدل على الأصل النباتي لصخر الأنتراسيت، إن هذا الصخر الطاقي يوجد في المغرب الشرقي بحوض جرادة الذي تشكل في نهاية الزمن الجيولوجي الأول عن طريق تحلل الغطاء النباتي الغابوي بفعل الأكسدة، حيث يتحول جزء منها إلى دبال وعن طريق الطمر بفعل تقدم البحار وطغيانها على المناطق والأحواض الفحمية تتكون ظروف ملائمة لنشأة أوساط لا هوائية يتكون فيها الفحم نتيجة تراكم بقايا النباتات تحت المياه وفي غياب الهواء ويتحرر غاز الميثان الناتج عن تخمر النبتات تحت تأثير الجراثيم (أنظر الشكل رقم :16).

إذا كانت الصخور النارية تألف كلية جوف وباطن الكرة الأرضية فإن الصخور الرسوبية تألف 75 % من كتلة سطح القشرة الأرضية ويوضح (الجدول رقم : 14) تصنيفها.

الشكل رقم : 16 - خطاطة مبسطة لأهم مراحل تكون فحم الانتراسيت



جدول رقم : 11 - تصنيف الصخور الرسوبية الرئيسية

اسم الفصيلة الصخرية	التركيبة الصخرية وبعض أنواع الصخور		الفلزات المكونة للصخر
الصخور الرسوبية الميكانيكية المنشأ	التجمعية	الرصيص (قطع صخرية مستديرة الجوانب)	المرو – والمروة
		القفص (قطع صخرية حدة الجوانب)	المرو - المروة
	الرملية	الحجر الرملي	المرو
		الأركوز	المرو + الفلسبات
	الطينية	الحجر الطيني	المرو + الميكا + الفلسبات
		الحجر الطيني الصفحي	المرو + الميكا + الفلسبات
		الطفل	سلكات الالومنيوم المائية ، كربونات الكلسيوم ، مع مواد عضوية
الصخور الرسوبية الكيميائية المنشأ	الكلسية	الحجر الكلسي العادي والبيوضي	كربونات الكالسيوم
		الصواعد والنوازل والرصرصة	كربونات الكالسيوم
	الدولوميتية	الدولوميت	كربونات الكالسيوم والماغنيزيوم
	السليسية	الصوان	المرو
	الملحية او المتبخرات	ملح الطعام (الإنهيدريت)	كلور الصوديوم، كبريتات الكلسيوم، كبريتات الكالسيوم المائية
		الجبس	كلور الصوديوم، كبريتات الكلسيوم، كبريتات الكالسيوم المائية
	الحديدية	الهيماتيت	هيماتيت
الصخر الرسوبية العضوية المنشأ	الكلسية	الحجر الكلسي الفرقعي	قواقع ، هياكل ، أصداف
		الطباشير	قشور ، هياكل حيوانات بحرية
	السيليسية	الدياتوميت - الراديولارت	دياتوما – حيوانات بحرية سيليسية
	الفوسفاطية	صخور الفوسفاط	فوسفط الكالسيوم، مع عظم بعض الحيوانات البحرية الفقرية
	الكاربونية	فحم اللينيت	نسبة الكاربون ما بين 55 – 75 %
		الفحم الحجري	نسبة الكاربون ما بين 75 – 90 %
		الأنتراسيت	نسبة الكاربون ما بين 90 – 98 %

الصـــــخور المتحولـــــة

تقديم : التحول هو استجابة الصخور المختلفة للتغير في الظروف الفيزيوكيميائية التي تحيط بها دون حدوث تغير يذكر في تركيبها الكيميائي في أغلب الأحوال، فيما عدا الماء وثاني أكسيد الكاربون وهذه الاستجابة تودي إلى تغير في التركيب المعدني للصخر أو في نسيجه أو أفي كليهما وما يقصد بالظروف الفيزيوكيميائية هنا هو درجة الحرارة والضغط السائدين أثناء عملية التحول، وكذلك التركيب الكيميائي لكل من الصخر والمحاليل والغازات التي تشغل الفراغات الصخرية والتي يتم من خلالها تحريك الأيونات والمركبات الكيميائية الأخرى، وكلما زادت الحرارة أو ازداد الضغط كلما كان التحول أكثر فاعلية وتأثيرا.

الصخور المتحولة هي صخور نشأت نتيجة لعمليات التحول وهي إما صخور نارية أو رسوبية في الأصل، أو صخور تحولت سابق ثم أعيد تحولها مرة أخرى بتأثير ثلاثة عوامل رئيسية هي الحرارة والضغط والسوائل ذات النشاط الكيميائي، ويتم التحول عادة في أعماق بعيدة من سطح الأرض حيث ينعدم تأثير عوامل التعرية المختلفة، وتتألف الصخور المتحولة من الفلزات الأساسية التالية: المرو، الفلدسبات، الميكا وبعض أنواع الأنفيبول (البيروكسين والأوليفين) الكالسيت، الدولوميت، وبالإضافة إلى هذه الفلزات تحتوي أيضا على فلز التلك (سلكات الماغنيزيوم المائية)، والسيربنتين وهو أيضا من سلكات الماغنيزيوم المائية ويعتبر فلز ثانوي ينتج عن تحول الفلزات التي يدخل في تركيبها الماغنيزيوم مثل الأوليفين والهورنبلاند والأوجيت. وتتميز الصخور المتحولة بالصفات التالية: إنها تكتسب نتيجة التحول صفاة جديدة لم تكن لها من قبل، سواء من حيث التركيب الفلزي أو البنية أو النسيج، فالصخور الرسوبية مثلا تشتد صلابتها عندما تتحول نتيجة لإعادة تبلورها، كما أن ما فيها من آثار الطبقات والحفريات قد يتشوه أو يتلاشى، أما الصخور النارية فإن نسيجها أو بنيتها تكتسب شكلا آخر غير الذي كان مميزا لها (وهو التوزيع غير المنظم للفلزات المكونة لها)، فبع التحول تتخذ الفلزات ترتيبا جديا يتناسب والظروف الجديدة، وهكذا تبدو مرتبة في صفوف متوازية تقريبا.

I -) عوامل التحول وأنواعه :

I - عوامل التحول : يتم تحول الصخور بتأثير ثلاثة عوامل هي الحرارة والضغط والسوائل ذات النشاط الكيميائي، وهذه العوامل تساهم كلها في عمليات التحول بدرجات متفاوتة كما سيتم ذكر ذلك:

أ – الحرارة : تؤدي الحرارة إلى تحول الفلزات الصخرية بشكل تدريجي كما أنها ضرورية لإتمامها وتتراوح درجة حرارة التحول بين (200 و 750 درجة مئوية) وأهم مصادر حرارة التحول هي كالتالي:

- حرارة الدفن : وهي الحرارة الناتجة عن ازدياد العمق والتي تزداد بمعدل درجة مئوية واحدة عن كل 30 متر تقريبا في الأقسام السطحية من القشرة الأرضية على الأقل (30 درجة مئوية لكل كيلومتر عمق في المتوسط).
- حرارة المواد المشعة : وهي الحرارة الناتجة عن النشاط الإشعاعي أو تفتيت المواد المشعة كاليورانيوم والثوريوم والراديوم وغيرها، وتعتبر هذه الحرارة المصدر الحراري الرئيسي للقشرة الأرضية.
- حرارة البراكين : وهي الحرارة الناجمة عن نشاط البراكين وثورانها.
- حرارة الأجسام النارية المتداخلة أو الماكما : وهي عبارة عن اندساس الكتل أو المواد المنصهرة الشديدة الحرارة بداخل الصخور وتؤدي إلى تحويلها (انظر الشكل رقم : 17 ص : 41).
- حرارة الاحتكاك : وهي الحرارة الناتجة عن الحركات الأرضية المسببة للطيات والانكسارات المختلفة.

ب – الضغط : هناك نوعان من الضغوط التي تؤثر في صخور القشرة الأرضية وهما:

- الضغط الموجه : ويدعى أيضا بالضغط الاتجاهي وهو الضغط الذي يعمل في اتجاه واحد دون الاتجاهات الأخرى و يسود في الأقسام العليا ذات الأعماق المتوسطة نسبيا من القشرة الأرضية ويحدث نتيجة للضغوط والقوى العظمى الجانبية التي تسبب تشوه المقعرات الجيولوجية وتؤدي إلى تكوين السلاسل الجبلية حيث تلتوي الطبقات الصخرية وتتكسر بدرجات متفاوتة حسب عمقها ونوعيتها وضبيعتها، وكنتيجة لتأثير هذا الضغط فإن الفلزات الطويلة أو الصفائحية مثل الميكا بنوعيها والتلك والهورنبلاند تترتب وتتوضع بحيث يكون محورها الكبير أو جانبها المسطح عموديا مع اتجاه الضغط ومكونا في النهاية طبقات رقيقة متوازية ومتمايزة عن بعضها البعض في اللون والفلزات

المركبة، أما الفلزات المركبة التي تتأثر وتتحول كيميائيا أثناء عمليات التحول فإنها تتفتت إلى حبيبات أصغر وأشد تماسكا.

- الضغط المنظم : ويدعى أيضا الضغط الهيدروستاتيكي ويكون متساويا في جميع الاتجاهات و يسود في الأقسام العميقة من القشرة الأرضية نتيجة لزيادة الثقل والحمل الناتج عن ازدياد سمك الطبقات الرسوبية المتراكمة في المقعرات الجيولوجية أو عن خروج الطفوحات البركانية السميكة إلى السطح، ويكون هذا النوع من الضغط متساوي من جميع الجهات بالنسبة للصخور الواقعة في أعماق بعيدة، وكنتيجة لتأثير الضغط المنظم فإن بعض الفلزات تأخذ أشكالا متساوية الأبعاد بسبب الترسيب المتساوي على جميع الجهات تبعا لتساوي الضغط المسيطر وبالإضافة إلى ذلك فإن هذه الفلزات تكون شديدة التماسك نسبيا وبصورة عامة فإن الصخور الناتجة عن هذا الضغط تتميز ببنية كتلية أو كثيفة متراصة.

ج - السوائل ذات النشاط الكيميائي : تلعب هذه السوائل دورا هاما في عمليات التحول بأنواعها المختلفة ويعتبر الماء أهم هذه السوائل حيث يلعب الأدوار التالية:

- دور مادة محللة لبعض الغازات المنبعثة من الماكما أو المواد المنصهرة النارية في الباطن مثل غاز ثاني أكسيد الكاربون وغاز الفلور هذه الغازات تعطي بعد تحللها أحماضا فعالة قادرة على تحليل بعض العناصر المعدنية والتفاعل معها.

- دور عامل ناقل لبعض العناصر المعدنية من الماكما إلى الصخور الرسوبية المجاورة.

- دور عامل بالتماس أثناء التفاعلات الكيميائية المرافقة لعمليات التحول.

2 - عوامل التحول : يمكن تمييز خمسة أنواع رئيسية من التحول وذلك بسبب الدور الذي تلعبه كل من العوامل السابقة الذكر، مع العلم بأن كثيرا من العوامل تتداخل فيما بينها وبعضها يكمل الآخر.

أ - التحول الحراري بالدفن : ويدعى أيضا بالتحول الطمري ينتج بسبب الدفن العميق للصخور كما يحصل للصخور الرسوبية عندما تدفن في المقعرات الجيولوجية على أعماق بعيدة، وتعد الحرارة المرتفعة الموجودة بالأعماق عاملا رئيسيا ويعد الضغط الناتج عن ثقل الطبقات الرسوبية عاملا ثانويا وكلا العاملين يؤديان إلى تحول الصخور تحولا حراريا نظرا لأهمية عنصر الحارة.

ب - التحول الحراري بالتماس : يتم عندما تتداخل المواد المنصهرة الباطنية مع صخور القشرة الأرضية وتؤدي إلى تحول موضعي للصخور المحيطة بها

بواسطة حرارتها العليا وسوائلها ذات النشاط الكيميائي، ويتناقص التحول والتأثير كلما ابتعدنا عن الجسم الناري حيث ينعدم تماما على بعد عدة مئات من الأمتار تقريبا، وتتوقف كمية ونوع التحول على حجم الجسم الناري المتداخل وعلى التركيب الكيميائي والخواص الفيزيائية لكل من الجسم الناري والصخور المحيطة به.

ج - التحول الديناميكي : وهو التحول الذي يطرأ على الصخور نتيجة للضغوط العالية والناجمة عن التقلصات والانكسارات التي تصيب القشرة الأرضية، وصخور هذا النوع من التحول لها نسيج مميز تكون فيه الفلزات مهشمة أو دقيقة مسحوقة ومبلورة من جديد، ومع أن الضغط هو العامل الرئيسي المؤثر في عملية التحول إلا أن الحرارة الناتجة عن الاحتكاك على سطح الانكسارات تساهم أيضا في عمليات التحول ولكن بشكل ثانوي.

د - التحول الديناميكي الحراري : ينتج بتأثير الضغوط المرتفعة الموجهة والغير متساوية وفي درجات الحرارة العليا، ويسود في مناطق المقعرات الجيولوجية ذات الأعماق الكبيرة نسبيا حيث يشغل في الغالب مساحات كبيرة تقدر بعدة مئات من الكيلومترات المربعة، ويعتبر هذا التحول أهم أنواع التحول إذ أن معظم الصخور المتحولة تشكلت بسببه واكتسبت صفات جديدة نتيجة لإعادة تبلورها وترتيب فلزاتها بشكل يتلاءم مع الظروف السائدة في تلك المقعرات الجيولوجية المذكورة أعلاه.

هـ - التحول الجوفي : يتم في درجات حرارية وضغوط أعلى من درجات حرارة وضغوط التحول الديناميكي والحراري السابق الذكر، ويسود في الأجزاء السفلى من المقعرات الجيولوجية حيث يكون الضغط المؤثر منتظما ومتساويا من جميع الاتجاهات وتكون الحرارة مرتفعة جدا وقريبة من حرارة المواد النارية المنصهرة الموجودة بالأقسام السفلى من القشرة الأرضية.

II -) تصنف الصخور المتحولة عموما حسب بنيتها التركيبية إلى مجموعتين رئيسيتين هما : (انظر الجدول رقم : 12)

1 - الصخور المتحولة ذات البنية الورقية أو المتوازية : وهي صخور تتميز بأن بعض فلزاتها قد تسطحت أو سحبت ورتبت بشكل طبقات رقيقة متوازية وهذه الطبقات إما أن تكون متشابهة أو مختلفة عن بعضها البعض من حيث اللو والفلزات المكونة لها، كما أنها قد تكون متصلة أو منقطعة حسب نوعية الصخو ودرجة تحولها، وفيما يالي وصف موجز لأهم أنواع هذا الصنف:

أ - الأردواز : هو صخر متحول ناتج في الغالب عن تحول صخر الحج الطيني أو الحجر الطيني العادي تحولا ديناميكيا بفعل الضغط الشديد والحرارة

جدول رقم : 12- تصنيف الصخور المتحولة الرئيسية

اسم الفصيلة الصخرية	اسم الصخر	النسيج المميز	الفلزات الرئيسية
الصخور المتحولة ذات البنية الورقية	الأردواز	دقيق جدا	ميكا – مرو
	المورق	دقيق	ميكا ، مرو وقليل من الفلدسبات
	النضيد	خشن - متوسط	ميكا ، هورنبلاند ، كلوريت ، تلك ، قليل من المرو و الفلدسبات
	الغنس	خشن – متوسط	فلدسبات ، مرو ، ميكا
الصخور المتحولة ذات البنية الكثيفة	الرخام	خشن - دقيق	كالسيت أو دولوميت
	المرمر	دقيق	سيربنتين
	الأمفيبوليت	خشن – دقيق	هورنبلاند ، بلاجيوكلاز
	الغرانيوليت	خشن – دقيق	فلدسبات ، مرو ، ميكا
	الإكلوجيت	متوسط – دقيق	بيروكسين

المنخفضة نسبيا التي تتعرض لها الطبقات الرسوبية الطينية في مناطق الالتواء والانكسار، ويتميز هذا الصخر بنسيج متبلور دقيق الحبيبات وتجانس لدرجة يصعب تمييز فلزاته بالعين المجردة، وله ترقق واضح يطلق علية الترقق الأردوازي كما يتميز بخاصية التشقق حيث ينفصل بسهولة إلى صفائح رقيقة متوازية ضعيفة التماسك ويرجع ذلك إلى تبلور الفلزات أثناء التحول وترتيبها في اتجاه عمودي على اتجاه الضغط المسبب للتحول، ويتألف الأردواز بصورة رئيسية من بلورات دقيقة من السيكا مع قليل من حبيبات المرو مع بعض الشوائب الأخرى ويختلف لونه من الرمادي إلى الأحمر أو الأخضر أو الأسود نظرا لوجود شوائب من الأكاسيد الحديدية أو الكلوريت أو بعض المواد الكاربونية.

ب – المورق : يشكل مرحلة انتقالية بين الأردواز والنضيد من حيث بنيته التركيبية والنسيجية وتركيبه الفلزي وهو كالأردواز ناتج عن تحول الطين الصفحي تحولا ديناميكيا بتأثير ضغط جانبي موجه أعظم من الضغط الضروري لتكوين الأردواز وأقل من الضغط اللازم لتكوين النضيد، ويمتاز عن الأردواز بكون أن سطحه يبدي ثنيات بسيطة وبريقا لامعا نظرا لتوضع صفائح رقيقة من فلز السيكا على تلك السطوح.

ج – النضيد : يعد أكثر الصخور المتحولة شيوعا وينتج عن تحول الصخور النارية أو الصخور الرسوبية الطينية بفعل التحول الديناميكي الحراري، ويمتاز ببنية ورقية أو صفائحية وفي بعض الأحيان يمكن فصل الصفائح بعضها عن بعض وذلك بسبب وجود فلزات السيكا بنوعيها والمتوضعة على هيئة طبقات ممتدة إلى مسافات كبيرة تفصلها عن بعضها طبقات من بلورات المرو الدقيقة والفلدسبات أقل شيوعا في صخر النضيد بل وفي بعض الأحيان يتعدم تماما.

د – الغنس : ينتج عن تحول بعض الصخور النارية أو الرسوبية الرملية تحولا ديناميكيا حراريا أو جوفيا، وهو صخر تام التبلور خشن الحبيبات وفلزاته مرتبة في صفوف أو طبقات رقيقة تكون في العادة متقطعة وليست متصلة ومستمرة كما في النضيد وتختلف هذه الطبقات من حيث التركيب الفلزي، فالفلزات السوداء مثل (البيوتيت والهورنبلاند) تتجمع في طبقات سوداء تفصلها طبقات بيضاء مكونة من بلورات صغيرة من المرو والفلدسبات وفي بعض الأحيان يشبه الغنس الأعبل في تركيبه الفلزي إلا أنه يختلف عنه في بنيته التركيبية الورقية أو الصفائحية.

2 - الصخور المتحولة ذات البنية الكثيفة أو عديمة التورق : وهي صخور ذات نسيج حبيبي كثيف ولا تبدي تورقا ظاهريا يذكر وفي ما يالي وصف موجز لأهم أنواعها:

أ - المرو : تنتج عن تحول الصخور الرسوبية الرملية تحولا حراريا بالتماس أو تحولا ديناميكيا حراريا، وتتألف بصورة رئيسية من حبيبات المرو التي أعيد تبلورها أثناء عملية التحول، وأصبحت شديدة التماسك والصلابة نتيجة لترسب السيليس فيما بينها وفي مسام الحجر الرملي الأصلي وقد يوجد بالإضافة إلى المرو قليل من الفلدسبات والميكا والماغنيتيت والهيماتيت وبعض الفلزات الأخرى، وتمتاز بنسيج كثيف دقيق الحبيبات وتختلف عن الحجر الرملي الأصلي بكونها أشد صلابة ويميل لونها إلى الأبيض إذا كانت نقية أو الأحمر أو الأسود نظرا لوجود بعض الشوائب كالأكاسيد الحديدية والمواد الكاربونية وغيرها.

ب - الرخام : هو صخر متحول عن الصخور الرسوبية الكلسية أو الدولوميتية النقية نسبيا تحولا حراريا بالتماس أو تحولا ديناميكيا حراريا مثل المرو، ويتألف بصورة رئيسية من بلورات الكالسيت أو الدولوميت كما يحتوي على بعض الفلزات الإضافية الأخرة مثل البيروكسين والأمفيبول والميكا والماغنيتيت والبيريت وغيرها، ويتصف عموما ببنية كثيفة ونسيج حبيبي يتراوح بين الخشن والدقيق الحبيبات ومع ذلك فإنه توجد بعض أنواع من الرخام ذات بنية ورقية واضحة، يختلف لونه من الأبيض إذا كان نقيا إلى الأحمر أو الأخضر أو الأبيض المخطط بالأسود الناتج عن وجود فحم الكرافيت الناتج عن تحول الشوائب الكاربونية التي كانت موجودة بالحجر الكلسي أو الدولوميتي الأصلي قبل التحول.

ج - المرمر : صخر متحول ذو بنية كثيفة ينتج إما عن تحول الصخور النارية فوق القاعدية مثل البيريدوتيت والبيروكسينيت أو عن تحول صخور متحولة أخرى مثل النضيد التي نشأت بدورها عن تحول الصخور الرسوبية، ويتألف بصورة رئيسية من فلز السيربنتين كما قد يحتوي بشكل إضافي على الأوليفين والبيروكسين والهورنبلاند والكلوريت والتلك والماغنيتيت وغيرها.

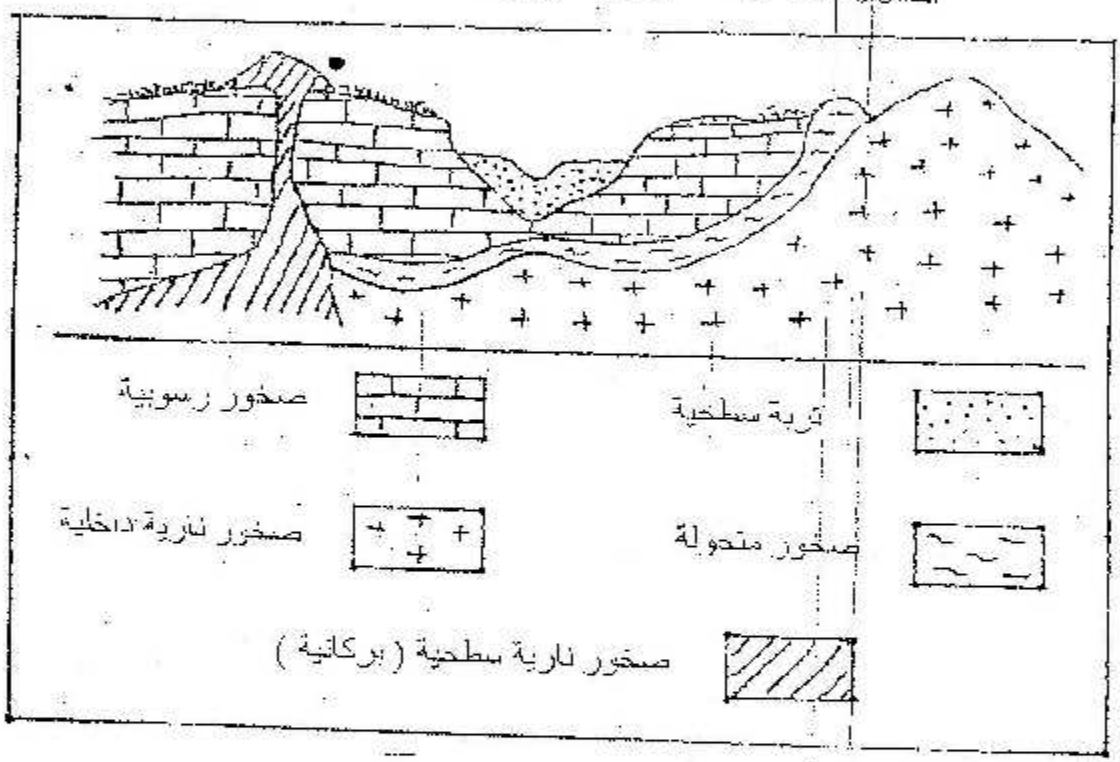
د - الأمفيبولنيت : صخر متحول ناتج إما عن تحول الصخور النارية القاعدية والفوق قاعدية مثل الكابرو والبازالت والهورنبلانديت أو عن تحول الصخور الرسوبية الكلسية أو الدولوميتية تحولا جوفيا عميقا، ويتألف بصورة رئيسية من فلز الهورنبلاند وأحيانا من البلاجيوكلاز بنسب متفاوتة، ويتميز عموما بنسيج كثيف يتراوح بين الخشن والدقيق الحبيبات ويتراوح لونه بين الأخضر والأسود.

هـ - الغرانيونيت : صخر متحول يشبه في تركيبه بعض أنواع الأجبل ومن المحتمل أن يكون ناتجا عن تحول هذه الصخور تحولا جوفيا، يتألف بصورة رئيسية من المرو والفلسبات فهو يشبه بعض أنواع الغنس في تركيبه الفلزي إلا أنه يختلف عنه في أنه لا يبدي بنية ورقية واضحة، يتصف بنسيج يتراوح بين الخشن والدقيق الحبيبات والتي تكون عموما متقاربة الأحجام.

و - الإيكلوجيت : صخر متحول ينتج في الغالب عن تحول صخر البازالت أو الكابرو تحولا جوفيا، يتألف بصورة رئيسية من فلزات الأمفيبول وأحيانا الأوليفين، ويتصف عموما بنسيج كثيف يتراوح بين المتوسط والدقيق الحبيبات، كما يمتاز بلونه الأخضر الغامق.

وعلى سبيل الختم : من خلال دراسة الأصناف الصخرية الثلاثة (انظر الشكل رقم : 18) يمكن القول بأن الصخور الرسوبية هي الأكثر تواجدا حيث تشكل 4% أنواع الصخور المشكلة للكرة الأرضية (وداخل هذا الصنف تشكل الصخور الطينية حوالي 7% والصخور الحتية والعصوية 15% والصخور الكاربونية 8% " 6% منها صخور كاسيـــة و 2% منها صخور دولوميتية ") أم الصخور النارية فتشكل الخمس (90% منها صخور نارية جوفية) وأخيرا تشكل الصخور المتحولة العشر، وتتدرج هذه الفصائل الصخرية الثلاث في دورة تدعى " الدورة الصخرية " (انظر الشكل رقم :19)، يظهر مما سبق ذكره بأن الصخور مواد مكونة للكرة الأرضية متماسكة ومفككة متنوعة وتظهر ثابتة وساكنة، مما يعطي للملاحظ انطباع الاستقرار واللاتغير، ولكن هذا الثبات ظاهري فقط، فعلى مستوى الأزمنة الجيولوجية تنتقل المواد المكونة للقارات وقعر المحيطات جانبيا وعموديا وتتحول، فعلى سطح القارات تخضع التضاريس لحت يطيء يسعى لتسهيلها، وتتوضع نواتج حتها في الأحواض الرسوبية، في قعر المحيطات تصعد مواد صخرية نتيجة لحركات القوى المرتبطة بتنقل الحرارة، بينما تختفي هذه الصخور في مستوى مناطق الطمر، تعتبر دورة المادة على سطح الكرة الأرضية مصدرا لتشكيل الصخور الخارجية المنشأ تحت تأثير عوامل خارجية (حرارة، مياه، رطوبة، رياح، كائنات حية ...) ، تتحكم الطاقة الشمسية في دورة المياه (تبخر، تساقط، جريان)، كما أن الشمس هي التي تعطي الطاقة الضرورية لتلاحق الدورات البيوجيوكيميائية، إن دوران المادة داخل الكرة الأرضية بارتباط مع الدينامية الداخلية مسؤول عن تشكل الصخور الداخلية المنشأ، تكون الطاقة الحرارية التي أنتجت بفعل التفتت التدريجي للعناصر المشعة للرداء مصدر لتيارات الحمل الحراري، تفرغ هذه الحرارة التي أنتجت من لدن المحطات الضخمة لتوليد الطاقة النووية من الجهات الصاعدة لخلايا الحمل الحراري ،

الشكل رقم : - 18 العلاقة بين أصناف الصخور



المشورة الصخرية

الشكل رقم : - 19 -

عندما ينخفض الضغط تمكن الحرارة التي انتقلت بواسطة الحمل الحراري الانصهار الجزئي القسم المرتفع من الرداء، وهكذا تنشأ سوائل صهارية حيث يكون تبريدها في مستوى الغلاف الصخري المحيطي، وبعد التبريد تصير قمة العمود الصاعد من مواد الرداء أكثر كثافة، فتنزلق جانبيا من جهتي الذروة (السلسلة الجبلية الواقعة في قعر المحيطات) في حركة انشعابية لزحزحة مزدوجة أثناء هذا التنقل، وهكذا يتزايد تدريجيا سمك الغلاف الصخري الذي يغرز ثم يغطس أخيرا في الرداء في مناطق الطمر عند اتصاله بالغلاف الصخري القاري، وفي مناطق الطمر، تكون الصهارات الناتجة عن انصهار مواد الرداء مصدرا لحدوث البراكين، ويمكن أن يؤدي هذا الطمر إلى انغلاق محيط وإلى اصطدام صفائح قارية، مسببا في النقص أو الزيادة في سماكة القشرة القارية، مؤديا إلى تشكيل السلاسل الجبلية حيث تخضع مناطقها العميقة إلى التحول.

المراجع المعتمدة في كتابة هذا الجزء

- ممدوح عبد الغفور حسن و فؤاد محمد حامد المرزوقي (1998) : *وصف الصخور النارية والمتحولة*، مركز النشر العلمي، جامعة عبد العزيز جدة ؛
- محمد ازهار (1988/1987) : *محاضرات في الجيومورفولوجيا*، المكتبة الثقافية ، وجدة؛
- جودة حسن جودة (1980) : *معالم سطح الأرض*، دار النهضة العربية الطباعة والنشر بيروت؛
- أبو العينين ، حسن سيد أحمد (1979) : *أصول الجيومورفولوجيا*، دار النهضة العربية للطباعة والنشر بيروت؛
- حسن سيد أحمد أبو العينين ، (1970) : *كوكب الأرض*، دار النهضة العربية للطباعة والنشر بيروت؛
- ج.د تيرل ، (1967) : *مبادئ علم الصخور*، ترجمة محمد كمال العقاد وآخرون، المركز القومي للإعلام والتوثيق القاهرة ؛
- A . Cailleux (1980) : *Les Roches* , Colle . Que Sais je ? N° : 519 , PUF.
- P . Belfaire et Ch . Pomerol (1977) : *Eléments de Géologie* , Ed . Armand Colin ,Colle . U , Paris.
- J. Jung (1977) : *Précis de Pétrographie* , 3e édition , Masson , Paris

الباب الثاني

القوى الداخلية المؤثرة في تشكيل سطح الأرض

تقديم : تنشأ أشكال سطح الأرض نتيجة لمجموعتين من القوى تتقابل تأثيراتها عند قشرتها، وتأتي إحداهما من باطن الأرض وتسمى بمجموعة القوى الداخلية، وهي المسؤولة أساسا عن البناء الداخلي وتركيب التضاريس السطحية، والثانية من خارج قشرة الأرض وتدعى بمجموعة القوى الخارجية أو السطحية وتتلخص في عوامل التعرية المختلفة (من عمل الجو والرطوبة والمياه الجارية سطحية كانت أم جوفية والأمواج البحرية والمحيطية والجليد والرياح و قوى الجاذبية والأحياء)، التي تساهم في التشكال الخارجي للكرة الأرضية، إلا أن هذا التقسيم لا يعني البتة الفصل بينهما بل إن هذه القوى تترابط وتتعاون وتتداخل وتتزامن ببعضها ارتباطا وثيقا، وتتبادل الأدوار والتأثير بحيث يصعب أن نتفهم ظاهرات سطح الأرض إذا ما حاولنا الفصل بين تأثيرات كل منها. وسنقتصر في دراستنا على الدور الذي تقوم به القوى الداخلية. إذ أن قشرة الأرض تتعرض باستمرار لقوى داخلية أو حركات تكتونية أو بنائية تؤثر في تشكيل سطحها، هذه القشرة تعد غير ثابتة، فطبقات الصخور الرسوبية التي رسبت في الأصل فوق الكتل القارية القديمة أو في الأحواض البحرية قد تعرضت للالتواء والانكسار فتغير نظامها الأفقي الذي توضعت به في الأصل، كما تتأثر القشرة الأرضية بقوى داخلية سريعة و فجائية تتمثل في الزلازل والبراكين وقوى بطيئة تنشأ خلال ملايين السنين وتظهر آثارها بعد مضي فترات طويلة من الزمن.

الفصـــــل الأول

القـــوى الـــداخليـــة الفـــجائيـــــة

الـــــزلازل

تقديم : الزلازل ظواهر طبيعية ذات انعكاسات خطيرة وموجعة بالنسبة للرواح البشرية وللممتلكات، وهي عبارة عن هزات أرضية سريعة وقصيرة المدى تتعرض لها القشرة الأرضية خلال فترات متقطعة، وتعاني قشرة الأرض دائما من الحركات الموجية نظرا لعدم استقرار باطنها، والزلازل ذات أصل تكتوني، وتحدث عندما تتعرض صخور القشرة الأرضية أو صخور الغلاف الأعبلي لانكسارات سريعة، فجائية وخطيرة، فالقشرة الأرضية مكونة من مجموعة من الصفائح التي تتحرك ببطء، وتحدث عددا من الزلازل نتيجة للانكسارات التي تصيب منطقة الاتصال بين صفيحتين حيث كثرة التشوهات، وقد تهتز أجزاء قشرة الأرض بشدة بحيث يشعر بها الإنسان، في حين هناك الاف الهزات الضعيفة والقصيرة المدى لا تسجلها سوى أجهزة الرصد الزلزالي الدقيقة والمتطورة، وتتميز بداية حدوث الهزات الزلزالية بضعفها وبعد مرور ثوان قليلة تنبعث الهزات العنيفة، وبمضي ثوان أخرى تتناقص قوة الهزات إلى أن تتلاشى تدريجيا، ويظل الإنسان والأرض على موعد آخر مع حدوث أو ترقب هزات زلزالية أخرى. وتعد دراسة الزلازل من العلوم المفيدة لأنها ذات صلة مباشرة بحياة الإنسان وأنشطته المختلفة، وقد سجلت العديد من الزلازل المدمرة أثناء العصور التاريخية الماضية وسيستمر تسجيلها في المستقبل أيضا، ويعنى بدراسة الزلازل علم مستقل بذاته يدعى ب " السيسمولوجيا Séismologie "، وهي كلمة مأخوذة من الكلمة اليونانية " Séismos" ومعناها الزلزال.

I –) مسببات الزلزال وقياساتها :

1 – المسببات : إن خصائص الكرة الأرضية وتركيبها الصخري والمعدني تجعلها تختزن طاقة حرارية هائلة تتحول باستمرار إلى قوة حركة تدفع من خلالها أجزاء الأرض الخارجية باتجاهات متباينة وتحرك في نفس الوقت المواد الموجودة ضمنها بأشكال متعاكسة في كثير من الأحيان ومؤدية بذلك إلى تبدلات دائمة في مظهر القشرة الأرضية، فتارة ترتفع مناطق وتارة تغوص

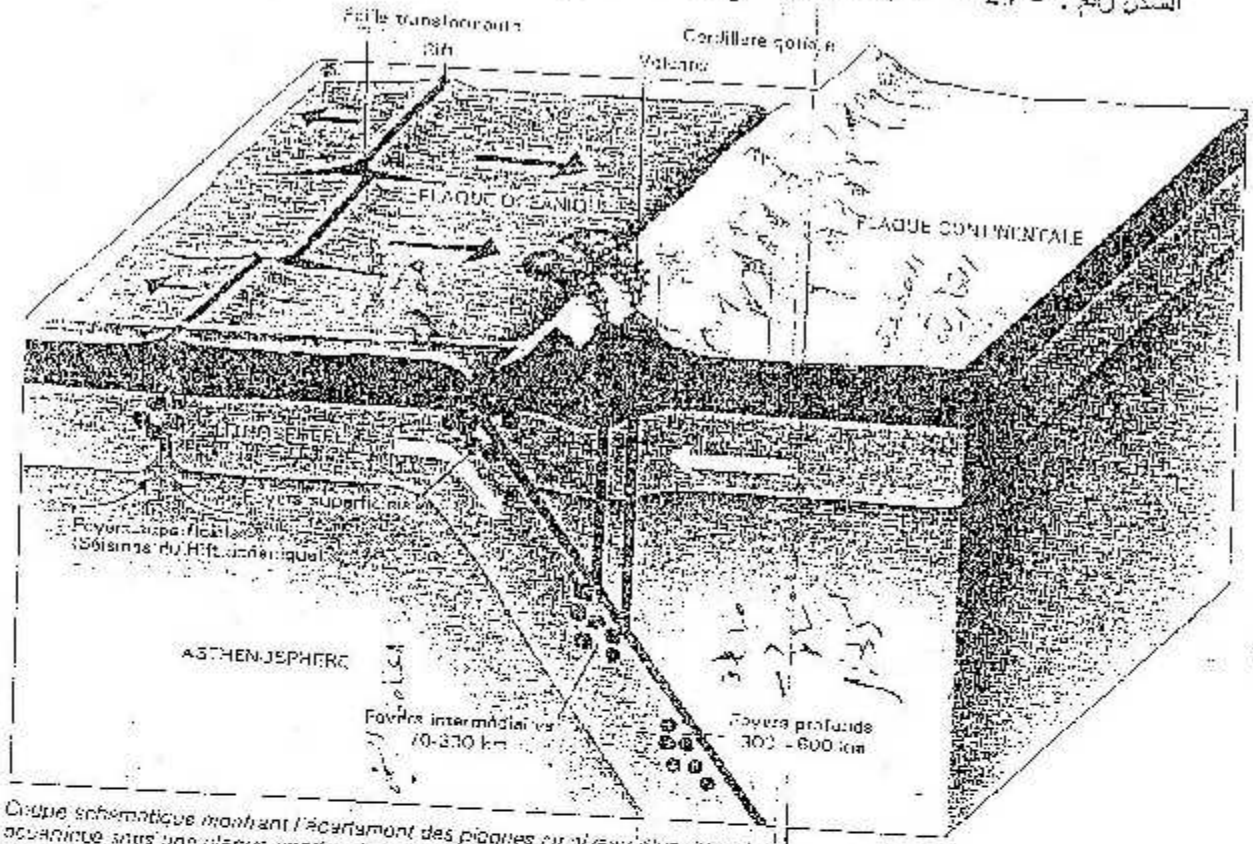
أخرى ومن هنا تبدأ الزلازل في الظهور، وهكذا يمكن التمييز بين المستويات الزلزالية التالية :

* الزلازل وحركية الصفائح : تعد المجالات الفاصلة بين الصفائح مناطق ضعف جيولوجية حيث تنشط بها الزلازل والبراكين، وعدد هذه المسطحات أو الصفائح يفوق المائة إلا أن الرئيسية منها سبعة وهي: صفيحة أمريكا الشمالية وأمريكا الجنوبية، والصفيحة الإفريقية والأوروبية والآسيوية والهندية والأسترالية والقطبية الجنوبية ومسطح المحيط الهادي ، ومن الصفائح الثانوية، الصفيحة العربية والهندية والأناضولية والإيجية ...، هذه المسطحات تحت تأثير العمليات الحرارية تتحرك ببطء حينا ومتباعدة حينا آخر وأثناء هذه العمليات تتأجج الزلازل، وهكذا تبقى المناطق الحدية الفاصلة بين الصفائح هي الأكثر زلزالا من سواها (انظر الشكلين رقم :20 و21)، والواقع أن نظرة على خريطة توزيع الزلازل ترينا أن البؤر الزلزالية تنتشر على شكل أشرطة متطاولة تتفق مع مناطق انتشار وامتداد الأماكن الفاصلة بين الصفائح، كما أننا نجد مناطق زلزالية بعيدة عن هذه المجالات كما هو الشأن في بحر إيجة وفي آسيا الوسطى ومناطق واسعة من الصين والفيليبين.

• الزلازل التكتونية : وتحدث في المناطق التي تصيبها الانكسارات والتشوهات وهذا النوع شائع الحدوث فتضاريس القارات مقسمة إلى وحدتين عملاقتين هما القواعد القارية وهي الأجزاء الأكثر صلابة والتي تتميز بندرة زلازلها وبراكينها أي أنها تعيش فترة هدوء بنائية، ثم الوحدة العملاقة الثانية أي السلاسل الجبلية الإلتوائية المنشأ والتي تعد مراكز زلزالية من الدرجة الأولى إذ تتمركز بها أهم الأقاليم الزلزالية المنتشرة في العالم مثل (أرمينيا، تركيا إيران، إيطاليا).

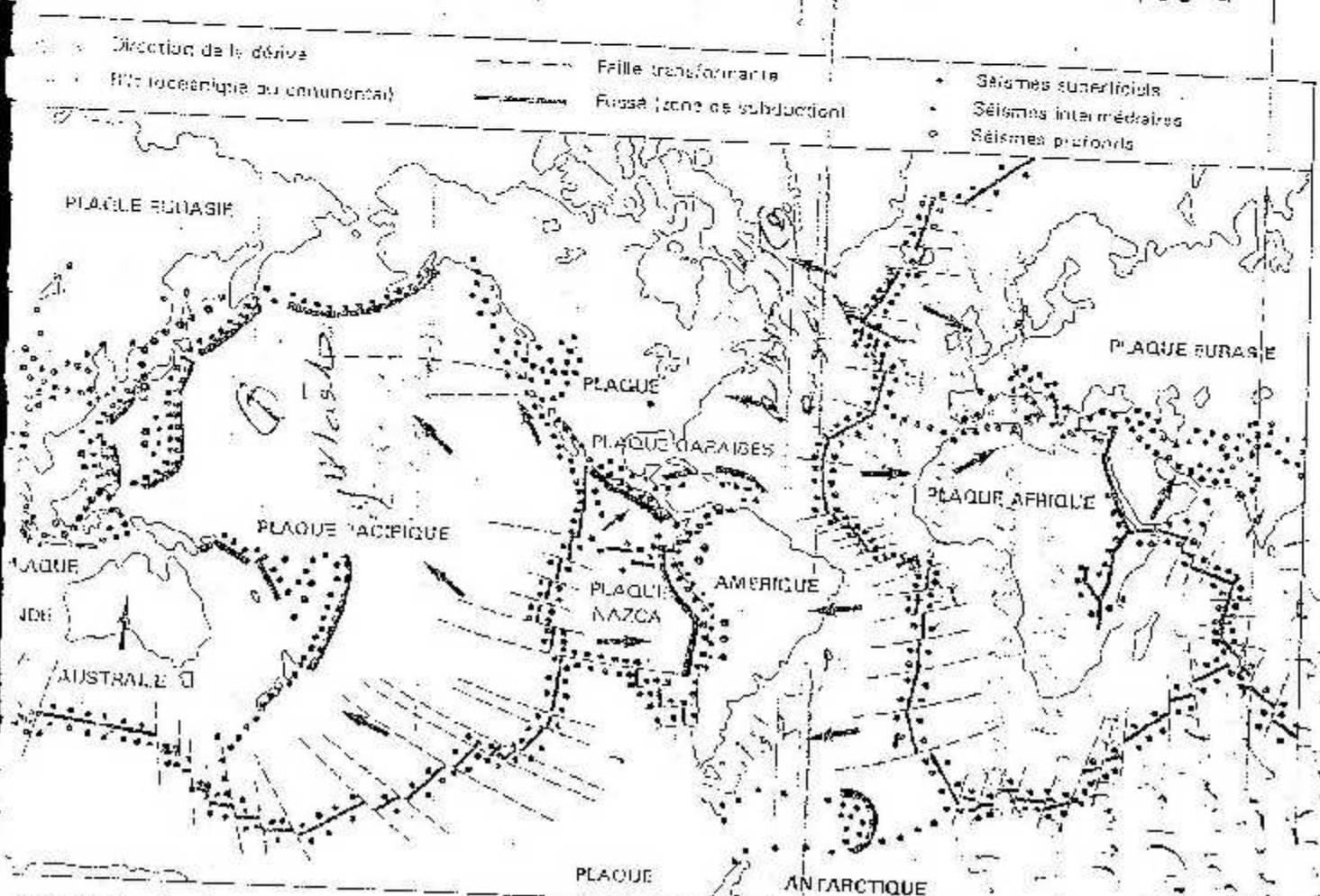
• الزلازل البركانية : يرتبط حدوثها بالنشاط البركاني ، فمعظم الهزات الزلزالية التي تحدث بسبب النشاط البركاني هي في الواقع هزات محلية لا تؤثر في مساحات كبيرة كما أن كثيرا من الثورانات البركانية لا تصاحبها هزات زلزالية أو قد تصحبها هزات خفيفة، وقد كان يعتقد بأن النشاط البركاني مصدر هام للهزات الزلزالية ولكن الدراسات الدقيقة التي أجريت في اليابان على الخصوص قد أثبتت أنه ليس هناك ارتباط حتمي بين النشاط البركاني والزلازل العنيفة والمدمرة. بالإضافة إلى العوامل الطبيعية السالفة هناك عوامل بشرية مسببة للزلازل وتنتج عن التجارب النووية، وعن وسائل النقل الضخمة وغيرها.

الشكل رقم : - 20 - مجسم يوضح بنائية الصفائح



Coupe schématique montrant l'écartement des plaques au niveau d'un rift océanique (à gauche) et la subduction d'une plaque océanique sous une plaque continentale. Ces mouvements de l'écorce terrestre sont à l'origine de séismes plus ou moins profonds.

الشكل رقم : - 21 - التوزيع الجغرافي للزلازل وعلاقته ببنائية الصفائح



Plaques de la croûte terrestre et les rifts ou fossés qui les séparent, soulignés par la répartition active des séismes à la surface du globe.

2 -- الأمواج الزلزالية والقياسات :

•الأمواج الزلزالية : هي طاقة حركية هائلة متأرجحة تنطلق من بؤرة الزلزال، وهكذا ينتشر في الأوساط الطبيعية نموذجان من الأمواج الاهتزازية الأساسية: الأمواج الطولية والعرضية وينبعث منها نموذج ثالث هو الأمواج السطحية، والأمواج مختلفة السرعة، فأكثرها سرعة ذات الفترة الزمنية القصيرة والتأرجح البسيط، أما الأبطأ فتتسم بفترة زمنية أطول، وبتأرجح أكبر لذا يختلف وقت وصولها إلى محطات الرصد، وهكذا نميز بين الأنواع الموجات الاهتزازية التالية:

- الأمواج الطولية : "Ondes P" وهي أكثر الأمواج الاهتزازية سرعة وتظهر على شريط التسجيل الزلزالي قبل سواها لذا يرمز إليها بالحرف "P" المقتبس من الكلمة اللاتينية(Prima) أي الأول وتتقدم بسرعة تتراوح ما بين (5- 13 كلم / ث) ، تسبب هذه الأمواج تبدلا دوريا لحجم الوسط الذي تخترقه، لذا يمكن أن تمر في جل الأوساط الطبيعية أي الصلبة والسائلة والغازية.

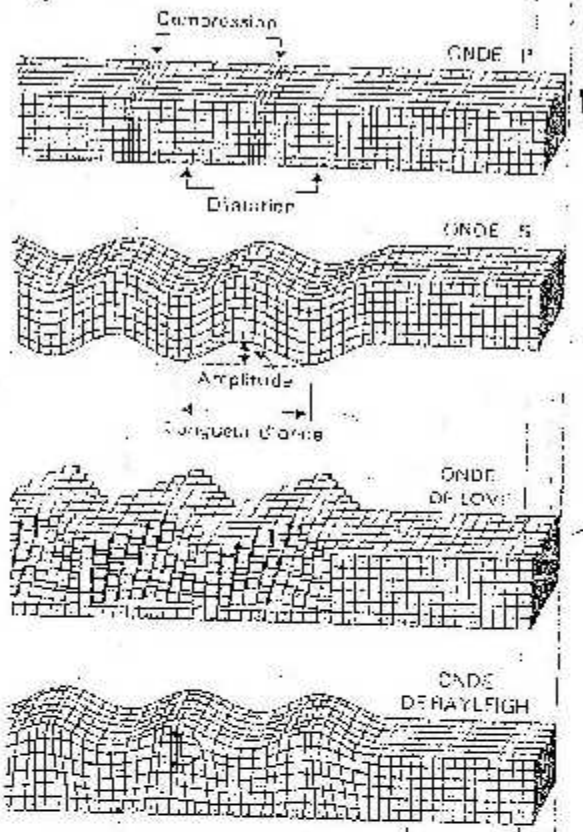
- الأمواج المستعرضة : " Ondes S" هي أقل سرعة من الموجات السابقة الذكر وتسمى أيضا بالأمواج اللاحقة أو الثانية وتتراوح سرعتها ما بين (3 – 7 كلم/ث) وتتميز بأنها لا تغير حجم الوسط الذي تمر منه، ولكنها تغير شكل الوسط الذي تخترقه وتتسبب في دفع المواد باتجاه معاكس ويكون اتجاهها عادة عموديا لذا سميت بالأمواج المستعرضة، وتتميز أيضا بكونها تحمل الجزء الأكبر من الطاقة الزلزالية.

- الأمواج السطحية :" Ondes L" تعرف بهذا الاسم لأن حركتها تتمركز قرب سطح الأرض، وتتميز بأنها ذات سعة ودور زمني أطول من النوعين السابقين ومن هنا أخذت اسم الأمواج الطويلة وتشبه في حركاتها تموجات الماء التي تشق سطح بحيرة معينة، أما سرعتها فهي أقل من سرعة سابقتها، وتتميز بمداها الواسع بحث يمكن أن تحدث أضرارا جسيمة، ويمكنها في حالة الزلازل المدمرة اجتياز كامل سطح المنطقة المصابة مرتين، وفي بعض الحالات يمكن مشاهدة آثارها على السطح وبخاصة في أماكن توضع الرواسب الهشة.

إن الأمواج الزلزالية الثلاثة تتسبب في تحريك جزئيات المادة بثلاثة مظاهر: رأسية وأفقية ودورانية (أنظر الشكل رقم :22)، وتظهر الحركة الرأسية عندما تصطدم أو تجتاز الأشعة الاهتزازية سطح الأرض بزاوية شبه قائمة (80-90 درجة) مثل هذه الحركة ترصد عادة في منطقة البؤرة الزلزالية السطحية والأماكن المجاورة لها مباشرة، وهنا يمكن للأشياء أن تقذف إلى الأعلى، أما

الشكل رقم : - 22 -

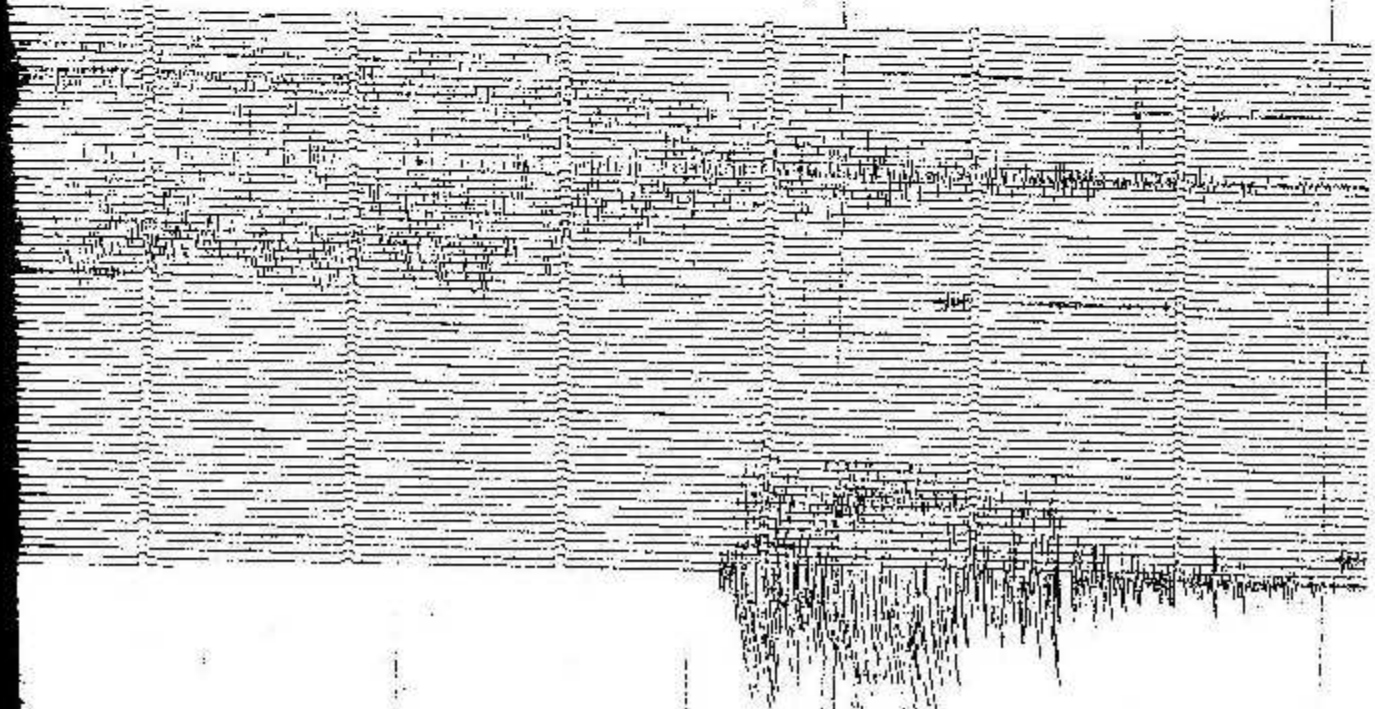
الأمواج الزلزالية وتشوهات سطح الكرة الأرضية



Déformation du sol près de la surface lors du passage des ondes sismiques.

نموذج لبيان سيسموغرافي

الشكل رقم : - 23 -



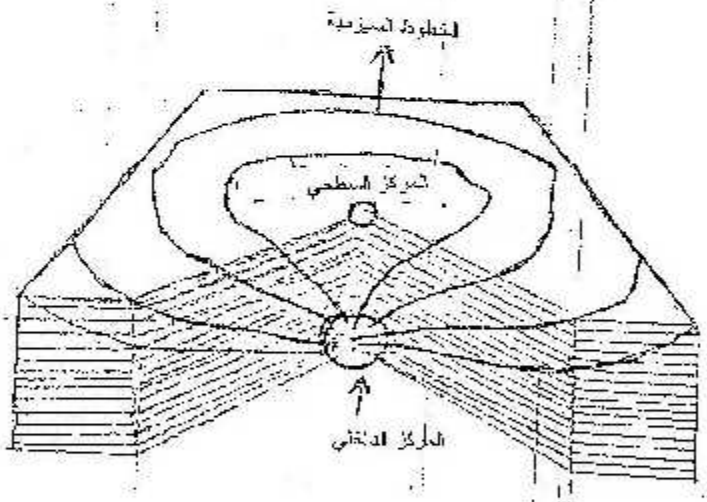
الحركات الأفقية فإنها تظهر واضحة من خلال الأشجار المنحنية، أما الحركات الدورانية فإنها أقل حدوثا . وتقاس الموجات الزلزالية بجهاز "السيسموغراف" الذي يقوم بتسجيل كل الموجات والحركات الاهتزازية كيفما كان مصدرها ونوعيتها (الشكل رقم:23)، وهو جهاز جد متطور ومحسوس، ويتم وضعه بعد دراسات أولية عن أهمية الموقع وفعاليته في عملية الرصد والتتبع. ولتحليل الزلزال لابد من تحديدا ما يسمى " بالمركز السطحي والمركز الداخلي للزلزال " (الشكل رقم: 24)، وهكذا يطلق على المنطقة التي نشأ فيها الزلزال اسم "المركز الداخلي أو البؤرة Hypocentre" ويتمركز في باطن الأرض، أما المنطقة التي تقع على السطحية بطبورة عمودية مع المركز الداخلي وتنتشر منها الموجات الزلزالية فوق السطح فيعرف" بالمركز السطحي Epicentre" الذي تشت عنده قوة وحدة الزلزال ويقل التأثير كلما ابتعدنا عن هذا المركز، ويمكن ربط المناطق التي تتساوى من حيث تأثرها بالزلزال بخطوط الزلزال المتساوية أو ما يدعى" بالخطوط السيسمية" (وهي الخطوط التي تجمع بين المناطق التي لحقت بها نفس الأضرار) وعند رسم هذه الخطوط تبدو إهليليجية أو بيضاوية الشكل ويكون مركزها هو نقطة المركز السطحي، وهكذا يمكن تقدير عمق البؤر الزلزالية فالسطحية تقع في أقل من 100 كيلومتر، والانتقالية والمتوسطة يتراوح عمقها بين 200 و300 كيلومتر أما الزلازل العميقة فيفوق عمقها 300 كيلومتر ولا تتعدى 700 كيلومتر.

إن الصدمة الداخلية التي تصيب باطن الأرض تنتج عنها طاقة هامة على شكل حرارة وموجات اهتزازية ولحسن حظنا فإن نسبة هامة من الطاقة المنبعثة من البؤرة أي حوالي (70- 80 %) تنتشر على شكل حرارة والباقي أي (20 – 30 %) هي المسؤولة عن الموجات الزلزالية والتي تحدث أحيانا دمارا وخرابا.

- المقاييس الزلزالية : تباين الهزات الأرضية في درجة قوتها،فمنها الضعيف الذي يقع ولا يكاد يحس به أحد ومنها العنيف المدمر الذي يسبب خسائر كبيرة في الأرواح والممتلكات، ولكي نتمكن من المقارنة بين درجة تأثير مختلف الهزات الزلزالية ونتائجها في مختلف الأماكن، فقد أنشأ المختصون بالدراسات الزلزالية مقاييس لمعرفة درجة التأثير ومن أهمها مقياسي " ريشتر"عالم الفيزياء الأمريكي الشهير الذي وضعه سنة 1953 والذي يقيس الطاقة المنبثقة من البؤرة الزلزالية ويتضمن 9 درجات، وتقع أعنفها ما بين 5 و 9 درجات، ثم المقياس المعدل للعالم الإيطالي" ميركالي" الذي وضعه سنة 1888 أو السلم العالمي أو ما يعرف بسلم" MSK- 64"، وهذه الحروف اللاتينية هي الحروف الأولى لأسماء

الشكل رقم : - 24 -

المركز الداخلي والمركز السطحي للزلزال



علمان روسيان وتشيكي الذين أدخلوا تعديلات على مقياس ميركالي وهم " س . ف . ميدفيديد والمان و ف . ف . شبونهوير و ف . كارنيك " وذلك سنة 1964، والذي تم تعديله فيما بعد سنة 1973 ويتكون من الدرجات التالية حسب (الجدول رقم: 13).

جدول رقم: - 13 - مقياس "ميركالي" المختصر أو السلم العالمي (مقياس شدة الزلازل)

درجة الزلزال	قوة الاهتزاز	مظاهر التأثير
I	بالغة الضعف	لا تحس بها سوى أجهزة الرصد الزلزالية.
II	ضعيفة جدا	لا يشعر بها سوى سكان الطوابق العليا من المباني.
III	خفيفة	يمكن أن يشعر بها الإنسان إذا كان في راحة.
IV	متوسطة	يحس بها معظم السكان في المباني ، وهي لا تثير الخوف.
V	محسوسة	يشعر بها كل من في المنازل، وتوقظ النائمين، وتثير الخوف عند بعض الناس، تغلق الأبواب بسببها وتهتز الأشياء المعلقة بشدة.
VI	قوية	يشعر بها كل من في داخل المباني ، وتسقط الأشياء من على الرفوف في المنازل وتحدث شروخا في الجدران وتسبب تلفا طفيف في المنازل الصغيرة.
VII	عنيفة	تثير الخوف والرعب ، يشعر بها من في المنازل ومن في خارجها ، يندفع الناس الى الشوارع في رعب وتحدث بعض الاضرار لكثير من المباني.
VIII	مخربة	تثير الرعب ، تخرب بعض المنازل ، لا ينجم عنها خسائر في الأرواح .
IX	مدمرة	تتحطم بعض المباني كلية ، وكثير منها يصاب بتخريب شديد وينقى قليل من الناس مصرعهم.
X	شديدة التدمير	كثير من المباني تتحطم عن آخرها كما يصرع العديد من الناس ، تظهر بعض الشقوق في قشرة الأرض، وتبدأ عمليات الانزلاق الأرضي في الجبال
XI	بالغة التدمير	تتحطم المباني الحجرية عن آخرها تلتوي الأعمدة الحديدية ، تتحطم السدود والقناطر، تظهر شقوق متسعة في الأرض.
XII	شاملة التدمير ومفجعة	تتحطم جميع المباني بلا استثناء ، وتتشقق الأرض ويحدث انتقال موضعي للطبقات الصخرية أفقيا ورأسيا وتتغير مجاري الأودية .

II -) التوزيع الجغرافي للزلازل ومخلفاتها :

1 – التوزيع الجغرافي للزلازل : على الرغم من أن الهزات الأرضية ظاهرة شائعة في جميع أنحاء الأرض إلا أن ما يحدث منها على اليابس يتركز في مناطق معينة، ومعظمها يقع في ثلاث نطاقات كبرى هي (انظر الشكل رقم: 21):

- نطاق يمتد فوق سلاسل المرتفعات التي تحيط بسواحل المحيط الهادي في كل من أمريكا الشمالية والجنوبية وآسيا ، ويتضمن الجزر وأشباه الجزر التي تكتنف تلك السواحل كاليابان والفيليبين، وهذا النطاق هو ما يطلق عليه " حلقة النار " حيث يحوي 68 % من مجموع الزلازل، وعلى الرغم من أن هذا النطاق هو في نفس الوقت أهم تجمع للبراكين في العالم، لكن من الخطأ اعتبار حدوث الزلازل نتيجة طبيعية لحدوث البراكين بل كل منهما يتجمع في هذه الحلقة لكونها

منطقة اتصال وتتسم بالضعف الجيولوجي فهي عبارة عن القشاء صخور "السيال SIAL" (الغنية بالسليسيوم والألومينيوم) وصخور "السيما SIMA" (الغنية بالسيليسيوم والماغنيزيوم).

• نطاق يمتد فوق سواحل البحر المتوسط ويضم حوالي 21 % من مجموع الزلازل ويشمل مرتفعات الألب والأطلس والقوقاز ويمتد شرقا ليشمل مرتفعات الهمالايا إلى جزر إندونيسيا وهناك يلتقي بالنطاق الأول.

• نطاق يشمل منطقة الأخاديد بشرق إفريقيا وجنوب غرب آسيا ، ويرتبط حدوث الزلازل بهذا النطاق بوجود الانكسار الإفريقي العظيم الذي أصاب قشرة الأرض في أواخر الزمن الجيولوجي الثاني، واستمر تكوينه أثناء الزمن الثالث، ويعتقد بعض الجيولوجيون أن نشاط هذا الانكسار ما زال حيا في بعض المناطق حتى الوقت الحالي. وبالإضافة إلى هذه النطاقات الثلاث هناك نطاق رابع بحري يتركز في المحيط الأطلسي من الشمال نحو الجنوب ويتفق توزيع الزلازل فيه مع حافات بحرية غائصة تعد من مناطق الضعف في قاع المحيط وذلك لوجودها بين حوضين محيطيين عميقين مما يجعلها عرضة للزلزلة والاضطرابات.

2- تر افق الزلازل مظاهر ومخلفات عديدة ومتنوعة: إن المظاهر والمخلفات المرتبطة بالهزات الأرضية متنوعة وتعتبر نتاجا لها، ومن أبرزها تخريب وتشويه الساحتين المغناطيسية والكهربائية، وكثيرا ما ترافق الزلازل مظاهر ضوئية وصوتية إضافة إلى حركات موجية عارمة في البحار والمحيطات، وتؤدي الزلزلة في أغلب الأحيان إلى انهيارات وانزلاقات وانجرافات صخرية وترابية، كما تعمل على تغيير المظهر الخارجي لسطح الأرض بل وتؤثر في المياه الباطنية والسطحية، وفي بعض الحالات قد تتسبب في ظهور أو تجديد حيوية البراكين، وسنعرض لأبرز وأهم هذه المظاهر.

• الهزات الطلائعية والرادفة : في كل الظروف الزلزالية تقريبا تلي الهزات القوية الأولى الأساسية سلسلة من الهزات اللاحقة أو الرادفة وكما قال تعالى في سورة النازعات " يوم ترجف الراجفة، تتبعها الرادفة" والتي كثيرا ما تكمل المهمة التخريبية التي قامت بها الهزة الأولى.

• تغيرات سطح الأرض : تظهر على السطح تبدلات مهمة عند حدوث الزلازل وتتجلى في الشقوق والانهيارات والالتواءات وارتفاع بعض الأماكن وانخفاض أخرى، وقد تؤدي إلى ظهور الجزر في البحار، كما أن بعض الينابيع قد تختفي وتظهر أخرى.

• الأمواج المحيطية العاتية الزلزالية (التسونامي Tsunami) : أهم ما يميز الزلازل المحيطية هي تلك الأمواج الضخمة الشاهقة الذي يسببها الاضطراب الذي تحدثه الهزات الزلزالية في قاع المحيط وتدعى "بالتسونامي" وهي تسمية يابانية مؤلفة من جزأين "Tsu" وتعني الميناء و "Nami" وتعني الموجة، وقد عانت اليابان كثيرا من هول هذه الأمواج خلال تاريخها المشحون بالزلازل، وقد يبلغ طول بعض هذه الأمواج أحيانا ما بين 150 300 كيلومتر، ويبلغ علوها نحو 12 مترا، وعندما تقترب من السواحل تتحول إلى أمواج ضخمة عاتية حيث ترتطم بالسواحل وتتوغل في اليابس، وتتسبب في أضرار بالغة، وتتحرك بسرعة قوية تتراوح ما بين 500 800 كيلومترا في الساعة وتحدث هذه الأمواج أساسا في المحيط الهادي ويقل حدوثها في المحيط الأطلسي وفي البحر المتوسط، ومن بين أمواج التسونامي المدمرة الشهيرة تلك التي سجلها التاريخ وأحدثت خسائر فادحة تلك التي أصابت سواحل البرتغال سنة 1755 والتي أصابت السواحل المغربية أيضا حيث ورد ذكرها والآثار المدمرة التي خلفتها عند المؤرخين أمثال "الناصيري" صاحب كتاب "الاستقصا"، وسواحل اليابان عامي 1703 1896 هذا الأخير الذي هلك حوالي 27122 فردا، وسواحل البيرو سنة 1868.

III -) تاريخ الزلازل بالمغرب :

يقع المغرب في منطقة غير قارة من الناحية الزلزالية ، فحوض البحر المتوسط الذي ينتمي إليه عرفا هزات زلزالية قوية ومدمرة، فالمغرب يتأثر في نفس الوقت بزلازل البحر المتوسط وكذا بالذروة الوسطي للمحيط الأطلسي، فمجال البحر المتوسط يعد منطقة اصطدام ما بين الصفيحة الإفريقية جنوبا والصفيحة الأورو- أسيوية شمالا، وتقدر نسبة تقارب الصفيحتين ب 0.5 سنتمتر في السنة في حدود مضيق جبل طارق ويعد هذا الرقم رغم ضعفه كافيا بإحداث هزات زلزالية، أما زلازل الذرة المحيطية الأطلسية فرغم بعدها عن المغرب حيث تمر من الشمال نحو الجنوب في حدود جزر الأصور فان آثارها خطيرة جدا على السواحل الغربية المغربية.

1 - توزيع المراكز الزلزالية السطحية : لقد مكنت دراسة الأحداث الزلزالية بالمغرب من تحديد ثلاث مراكز كبرى زلزالية سطحية:

• الريف : يندرج ضمن المجال الكبير للقوس البيتيكي- ريفي"-Bético rifain" و بحر البوران "La Mer d'Alboran " بغرب البحر المتوسط حيث تم تسجيل أكبر عدد من الزلازل بهذه المنطقة.

• السلاسل الجبلية الأطلسية : تتموضع المراكز الزلزالية حسب اتجاهين رئيسيين: شمال شرق جنوب غرب بالنسبة للأطلس المتوسط، وشرق شمال شرق إلى غرب جنوب غرب بالنسبة للأطلس الكبير كما أن الحادث التكتوني جنوب أطلسي يعد مرتعا خصبا لحدوث الزلازل (كما حدث بالنسبة لزلزال أكادير)، إن خاصية هذا المجال هو وجود هزات زلزالية متوسطة يوجد مركزها الداخلي في الأعماق أي في حدود 100 كيلومتر.

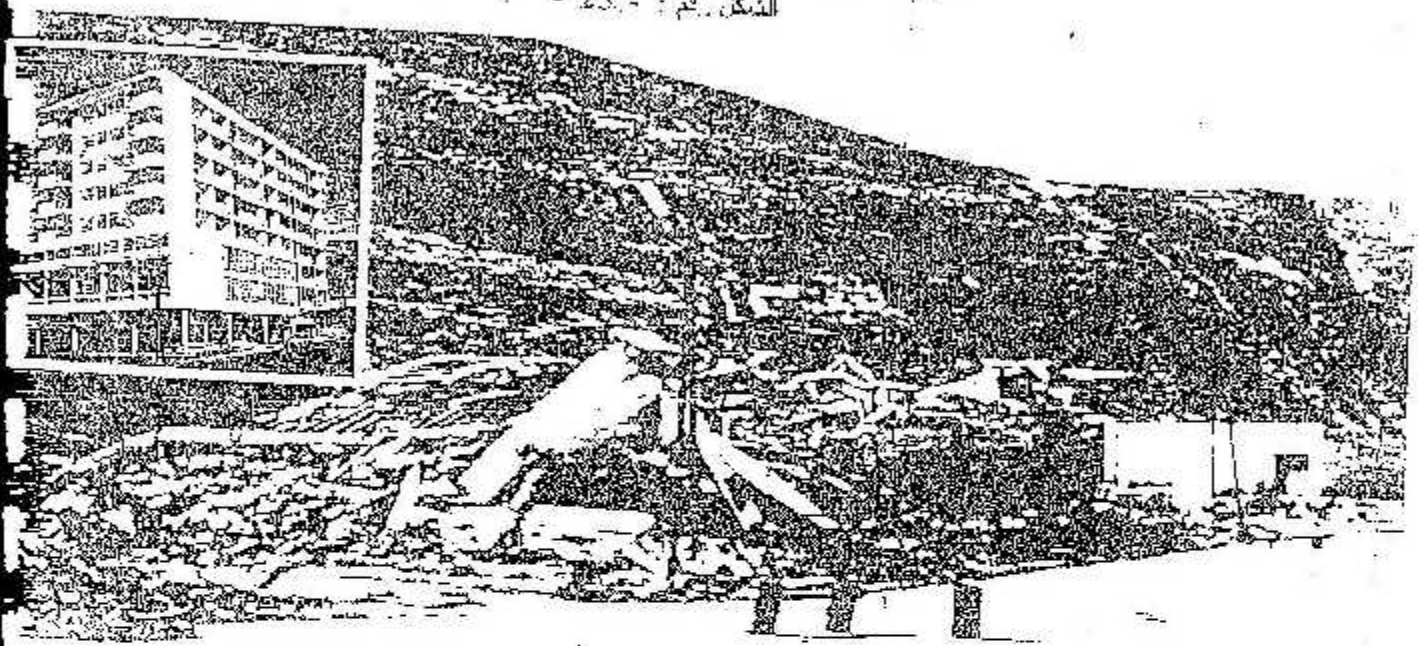
• المجال الأطلنتيكي: توجد منطقة ذات حساسية زلزالية في الشريط الذي يمتد عرضه بحوالي 150 كيلومتر والممتد من غرب البحر المتوسط إلى جزر الآصور إن هذا الممر يمتاز بوجود عدة هزات زلزالية ذات درجات مرتفعة وصلت إلى VIII على سلم ريشتر، ورغم بعد البؤر الزلزالية المحيطية عن المغرب إلا أن آثارها يمكن أن تكون قوية ومدمرة وتسونامية كما حدث بالنسبة لزلزال فاتح نونبر 1755 الذي ضرب أفي عرض السواحل البرتغالية والإسبانية ذو القوة والدرجـــة IX (التي توازي 10000 مرة قوة القنبلة الذووية التي دمرت مدينة هيروشيما اليابانية)، إلا أن أعنف الزلازل التي عرفها المغرب هي التي ضربت منطقة مكناس وفاس والمرتبطة بزلزال 11 ماي 1624 الذي ضرب شمال المغرب وجنوب إسبانيا والذي بلغت قوته I، كما أن منطقة أكادير سجلت هي الأخرى عدة زلزالية قدرت بـ X في 29 فبراير 1960 فمن خلال دراسة تاريخ الزلازل بالمغرب يمكن القول بأن المجال المغربي مطبوع بالزلازل المتوسطة بالمقارنة مع دول متوسطية أخرى كإيطاليا وبوغوسلافيا واليونان والجزائر وتركيا، ولاكن هذا لا يعني بأن ترابه محمي من الهزات العنيفة، و (الجدول التالي رقم: 14) يوضح ذلك.

جدول رقم : - 14- أهم الزلازل الكبرى التي ضربت التراب المغربي

التاريخ	المناطق المصابة	الشدة حسب السلم العالمي
26 ماي 881	زلزال مدمر ضرب ضفاف المضيق ، تأثرت به المناطق الممتدة ما بين طنجة وتلمسان (وجدة)	X
30 دجنبر 1079	زلزال مدمر حطم الأبراج والأسوار وهلك من جرائه عدة أشخاص؛	IX
1276	زلزال قوي دمر مدينة المراكش ، وهلك عدة أشخاص ؛	VIII
22 شتنبر 1522	زلزال مرعب حطم بمدينة فاس والمناطق المجاورة في حدود 40 كلم ؛	IX
26 يناير 1531	زلزال عنيف أصاب جل التراب الوطني ؛	XI
01 مارس 1579	زلزال عنيف أصاب مدينة مليلية ودمر عدة منازل وأسوار ؛	
11 ماي 1624	زلزال عنيف دمر مدن فاس ومكناس وتازة ؛	IX - X
5 غشت 1660	ضرب زلزال عنيف مدينة مليلية وأحدث خراب بمعظم المنازل	VII
يوليوز 1719	ضرب زلزال قوي السواحل المغربية وناحية فاس ، كما دمر جزء من مدينة مراكش؛	
27 دجنبر 1722	ضرب زلزال قوي السواحل المغربية الغربية محدثا أضرارا متفاوتة ؛	IX
1731	حطم زلزال عنيف مدينة أكادير ؛	VIII
01 نونبر 1755	ضربت موجات زلزالية تسونامية السواحل الغربية المغربية وأحدثت بها خرابا مهولا؛	XII
15 أبريل 1757	ضرب زلزال قوي سلا ومراكش بدورة محطما مجموعة من المباني ؛	
12 أبريل 1773	ضرب مدينتي سلا وفاس زلزال قوي حطم عددا من المباني ودمر بصفة قوية مدينة طنجة؛	VIII
31 غشت 1792	هزات زلزالية قوية بمدينة مليلية ؛	VIII
9 غشت 1801	ضرب زلزال قوي شمال المغرب محدثا أضرارا متفاوتة ؛	VII
11 فبراير 1848	زلزال قوي مدمر ضرب معظم التراب الوطني محدثا أضرارا بالغة بمليلية؛	VIII
21 يناير 1909	ضرب زلزال عنيف منطقة تطوان محدثا خسائر جسيمة ؛	VIII
4 يناير 1929	زلزال عنيف أحدث دمارا بكل من مدينة أولاد الحاج وفاس ؛	VI
29 فبراير 1960	زلزال أكادير المدمر (حوالي 12000 شخص لقوا حتفهم) من مجموع 30000 ؛	X
28 فبراير 1969	زلزال عنيف أصاب معظم التراب الوطني عشرات القتلى و200 جريح ؛	X - XI

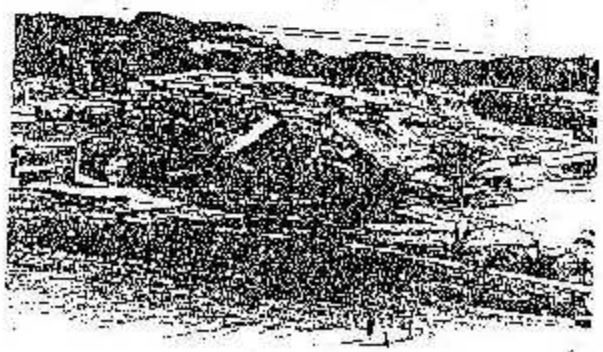
توضح الصورة تحطم تام للمبنى القنصلي بفعل زلزال أكادير الذي كان يحتوي على مكاتب الغرفة التجارية، والمكون من سبعة طوابق.

الشكل رقم : - 25 -

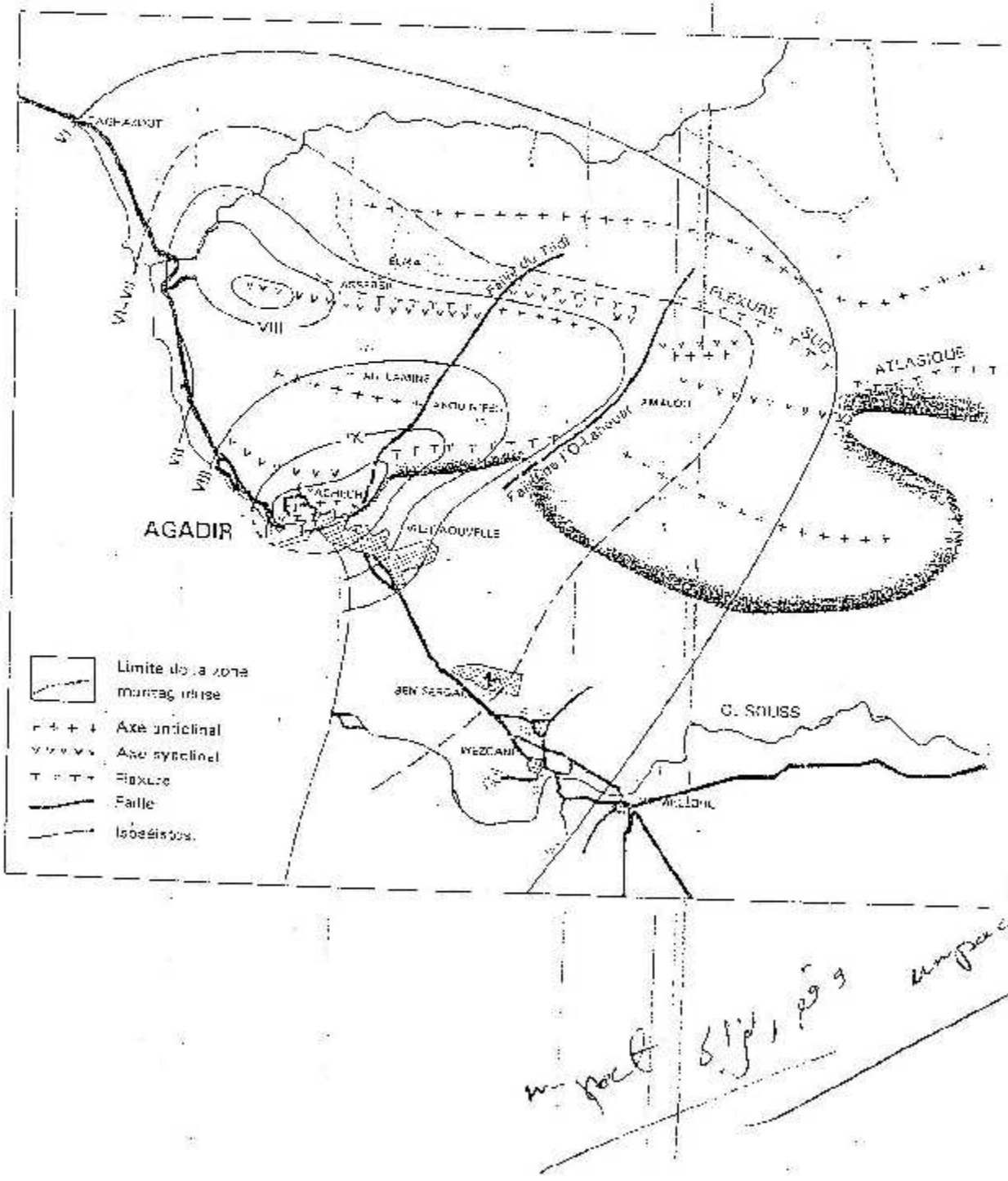


توضح الصورة انهيار فندق المعادة بفعل زلزال أكادير ذو الطوابق الثلاثة و المتواجد على الشاطئ.

الشكل رقم : - 26 -



الشكل رقم : - 27 - خريطة سيسمية لزلزال أكادير



2 - دراسة حالة زلزال أكادير : في يوم 29 فبراير 1960 على الساعة 23 و40 دقيقة حسب توقيت كرينيتش ضرب زلزال عنيف مدينة أكادير وهوامشها مهلكا حوالي 12000 شخصا وعدة آلاف من الجرحى ومدمرا حوالي 75 % من المباني (انظر الشكلين رقم: 25 و 26)، وقدرت الخسائر أن ذلك بحوالي 200 مليون دولار، وكانت قوة وحدة الزلزال قد وصلت X على السلم العالمي، وقد تم تسجيل الهزة من طرف حوالي 180 مرصد "سيسموغراف" على الصعيد العالمي، وتم تحديد مركزها بكيلومتر واحد شمال المدينة، ويعد من بين الزلازل السطحية حيث إن عمق البؤرة لم يتعدى 3 كيلومترات، وانطلاقا من الخسائر المحدثة على السطح ثم وضع خريطة سيسمية توضح قوة وشدة الزلزلة حسب الأحياء والهوامش (الشكل رقم : 27)، وانطلاقا من زلزال أكادير تمت مراجعة الخريطة السيسمية للمغرب التي تنطلق من أن المغرب بلد ذو حساسية زلزالية متوسطة وينقسم إلى مجالات ثلاث:

- مجال هادئ ذو حساسية زلزالية ضعيفة جد : ويشمل المنطقة الوسطى من الميزيطا والمجال الممتد جنوب الخط الذي يربط كل من مدينة سيدي إيفني أقصى الجنوب الغربي إلى مدينة وجدة في الشمال الشرقي مرورا بمدينتي زاكورة والراشيدية.
- مجال ذو حساسية زلزالية متوسطة: ويضم قسم كبير من شمال المغرب وكل السلاسل الجبلية ما عدى الأطلس الصغير، والساحل الأطلنتي الذي يمكن أن يتضرر بالأمواج الزلزالية التسونامية.
- المجال البيني ذو الحساسية الزلزالية الضعيفة : وهو المجال الانتقالي بين المجالين السابقين حيث يمكن أن تتضرر المباني القديمة.

وعلى سبيل الختم : تعد دراسة الزلازل ذات قيمة علمية كبيرة ولو أنها تحدث التدمير والتخريب، فلقد برهنت الموجات الزلزالية على أنها أفضل وسيلة للتعرف على أسرار أعماق الأرض التي تستحيل علينا رؤيتها، ولا شك أن نمو وتقدم وتطور الدراسات العلمية المرتبطة بالزلازل سيزيد من معرفتنا بطبيعة وتركيب الأغلفة الداخلية للكرة الأرضية و سيقلل من هول وانعكاسات الزلازل على الأرواح البشرية والمنشآت العمرانية والبنيات التحتية.

البـــراكـــيـــن

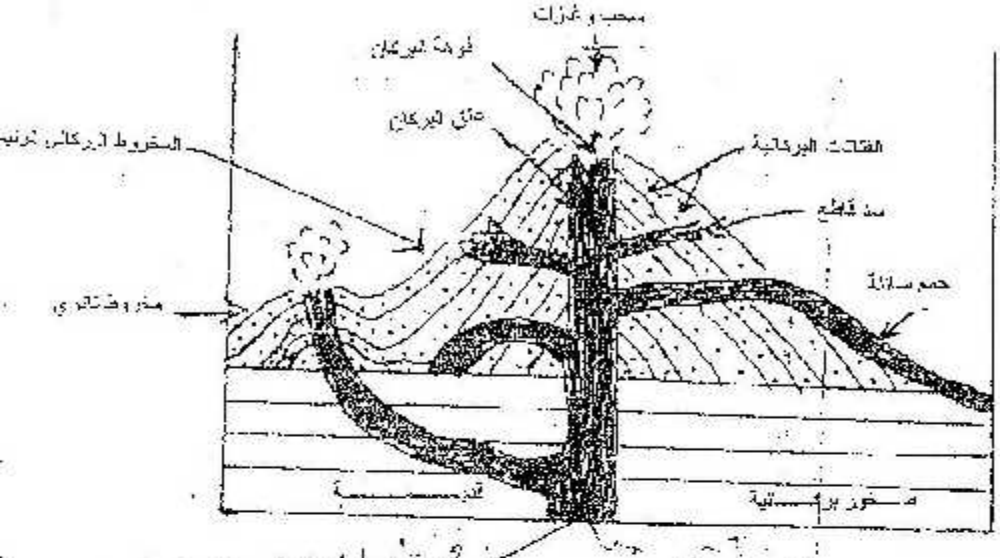
تقديم : البراكين هي عبارة عن جبال مخروطية الشكل، وتعد ظاهرة طبيعية معقدة، كما تعتبر الثورانات البركانية من أكبر الظاهرات المروعة والمفجعة في الطبيعة، وتتشكل أساسا من المواد المنصهرة الباطنية والتي تدعى "بالالافا" وهي كلمة إغريقية تعني خليط ،هذا الخليط مكون من غازات وبخار الماء و سليكات مذابة في حرارة تتراوح ما بين 1000 – 1200 درجة مئوية، هذه المواد تخرج عبر الشقوق والفواصل الموجودة بالكرة الأرضية إلى السطح مشكلة أشكالا تضاريسية متنوعة بتنوع المواد والمنتجات البركانية، وكذا التركيب الكيميائي ولزوجية المواد المنصهرة، وهكذا نميز بين البراكين النشطة التي عرفت أو تعرف نشاطا خلال التاريخ البشري والبراكين الخامدة التي لم يشهد لها نشاط يذكر خلال التاريخ البشري، كما تتباين أحجام البراكين فمنها المخاريط الصغيرة، ومنها الضخمة التي يناهز ارتفاعها أعلى القمم الجبلية في العالم كبركان "كوتوباكسي" في بلد "الإكوادور" وهو أعظم بركين العالم النشطة ارتفاعا إذ يقدر علوه بأكثر من 6000متر، وترتفع البراكين فوق قاع المحيط كما تبرز فوق كتل اليابس، ومن أضخم البراكين المحيطية براكين جزر "هاواي" التي ترتكز قواعدها في المحيط على عمق يتراوح بين 4200 متر و 5400 متر، وترتفع فوق سطح المحيط بنحو 4300 متر، وبذلك يصل ارتفاعها الكلي من قاع المحيط إلى قممها نحو 9000 متر.

I -) يتكون البركان من منتجات ومخاريط متنوعة :

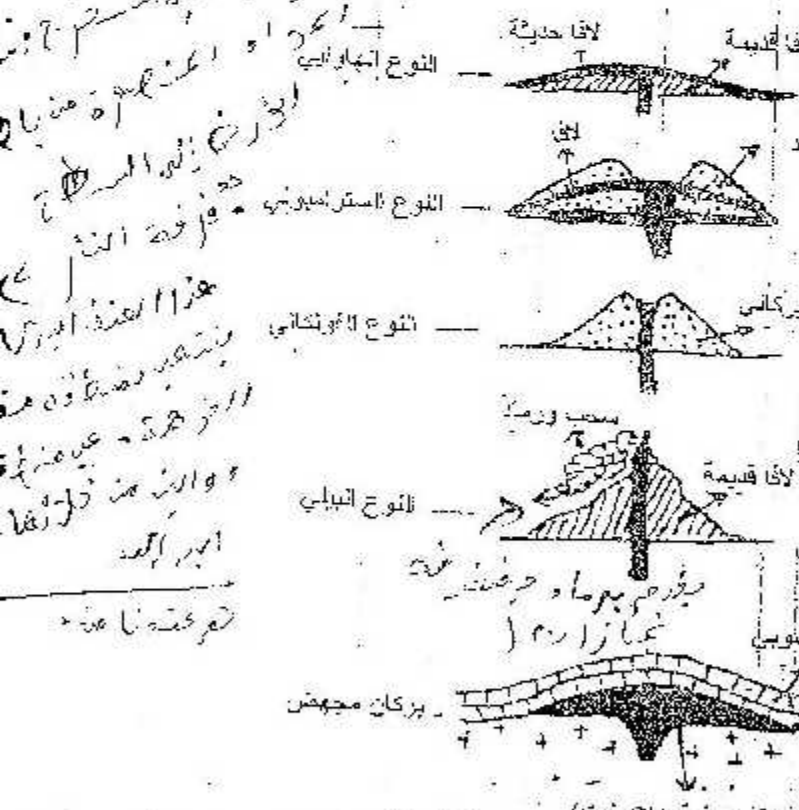
1 - المنتجات البركانية : تخرج من فوهة البركان والتي هي عبارة عن منخفض مقعر الشكل ويتصل بغرفة الصهارة بواسطة قناة تدعى بعنق البركان (أنظر الشكل رقم : 28) تمر عبر المواد البركانية المختلفة التالية:

• الرواسب النارية الفتاتية : يشمل هذا النوع من المنتوجات البركانية المواد الصلبة المفتتة وهي إما قطع صخرية من البازالت كبيرة الحجم وتعرف بالكتل أو قطع صخرية صغيرة نسبيا إهليليجية الشكل نهايتها ملتوية على شكل لولبي تدعى "بالقذائف البركانية" (انظر الشكل رقم:30)، حيث تنشأ نتيجة انفصال قطع من الحمم المنصهرة وتتعرض للتبريد أثناء قذفها في الهواء، وتأخذ الشكل الحلزوني نتيجة لدورانها في الهواء، بينما تسمى القطع الأصغر حجما بالحصى البركاني والفتاتات الصغيرة بالرماد أو الغبار البركاني والتي يقل قطر حباتها عن 2 ميليمتر وينبثق من البراكين أثناء ثورانها كميات هائلة من الغبار البركاني.

الشكل رقم : - 28 - أجـــزاء المـــخروط البركـــاني



الشكل رقم : - 29 - أهـــم أنـــواع البراكـــين



الشكل رقم : - 30 - أقذاف بركانية

• الحمم : هي عبارة عن المواد الصخرية السائلة التي تخرج من فوهات البراكين وتختلف أشكالها وصفاتها نتيجة للتركيب الكيميائي ودرجة حرارتها، كما تتوقف سرعتها على درجاة ومقدار لزوجتها، كما يتوقف سيلانها وجريانها على طبيعة السطح الخارجي، وتكون الحمم عند خروجها شديدة الحرارة ثم تبرد بسرعة وتأخذ لونا داكنا، وتتكون فوق سطحها عندما تبرد أشكالا سداسية متلاصقة ببعضها كخلايا النحل وينشأ هذا التركيب عند عملية الانكماش المصاحبة لعملية التبريد وكلما زاد التبريد زاد الانكماش وتعمقت الفواصل العمودية وتظهر هذه الأشكال بوضوح في صخور البازالت.

• الغازات والأبخرة : تخرج من فوهة البركان أنواع كثيرة من الغازات اهمها كبريت الهيدروجين، غاز ثاني أكسيد الكاربون، أكسيد الكاربون، غاز ثاني أكسيد الكبريت، غاز الكلور، غاز الفلور، غاز الميثان، غاز النيتروجين، وكاربونات الأمونيوم بالإضافة إلى بخار الماء الذي تقدر نسبته بحوالي 95 % من المجموع الكلي للغازات، ويليه غاز ثاني أكسيد الكاربون، وتعتبر طاقة الغازات المحتبسة هي القوة الرئيسية لتفجير البراكين.

2 - أنواع المخاريط : يرجع التكوين المخروطي المميز للبراكين إلى استمرار تراكم المواد الصخرية المفتتة والحمم والرماد البركاني حول المكان الذي خرجت منه هذه المواد وتختلف المخاريط البركانية من حيث الشكل والنوع (انظر الشكل رقم:29):

• المخروط الرمادي أو الفولكاني : هو مخروط متناسق الشكل شديد الانحدار مكون من قطع صخرية حادة الزوايا فتتها البركان أثناء ثوارانه، وسقطت على جوانب الفوهة، وقد يتكون المخروط من رماد بركاني وقطع صخرية صغيرة وفي هذه الحالة يكون المنحدر المخروطي بسيطا إذ تحمل الرياح المقذوفات البركانية وترسبها بعيدا عن فتحة البركان، وقد يتكون المخروط كذلك من طبقات متعاقبة من الرماد البركاني والقطع الصخرية الصغيرة تليها طبقات من المقذوفات البركانية الكبيرة ثم طبقة أخرى من الرماد البركاني ومن أمثلة هذا المخروط نذكر بركان "فيزوف" "بإيطاليا" وبركان "كراكاتوا" "بأندونيسيا".

• المخروط الحممي أو الهاوي: يتكون المخروط في هذه الحالة من طبقات متعاقبة من الحمم تكون غالبا بسيطة وليست شديدة الانحدار مثل براكين جزر هاواي في المحيط الهادي .

• المخروط المركب أو الستراميولي: يتكون من طبقات متعاقبة من الحمم والرماد تجمعت نتيجة لثورانات البركان المتعاقبة والمتتالية فسالت الحمم من البركان في الوهلة الأولى وقذف في المرة الثانية خليط من الرماد والصخور. ويتميز هذا النوع بانحدارات متوسطة وكمثال لهذا النوع مخروط بركان "الستراميولي".

• المخروط البيلي : نسبة إلى بركان " مونت بيلي " الواقع في جزيرة "مارتينيك" من جزر الهند الغربية، ويطبع هذا النوع من المخاريط تصلب المواد المنصهرة عند فوهة البركان، لحيث تسد الطريق أمام انبثاق الغازات والأبخرة، مسببة فيما بعد ثورانات عنيفة تصاحبها زلازل قوية، وتنبثق من هذه البراكين غازات شديدة الحرارة (حوالي 700 درجة مئوية).

II -) التوزيع الجغرافي للبراكين والمظاهر المرافقة لها :

1 التوزيع الجغرافي الجيولوجي للبراكين : تكثر البراكين في نقط التقاء الصفائح القارية، كما تنتشر في قاع المحيطات خاصة في منطقة تباعد الصفائح، وتكثر فيما يدعى بحلقة النار أي هوامش المحيط الهادي، حيث تتركز حوالي 250 بركان نشيط من بين 700 براكين نشطة في العالم، كما تنتشر البراكين أيضا فيما يدعى بالهلال الأندونيسي، وفي الأنتيل والبحر المتوسط، كما تنتشر أيضا بداخل القارات حيث نجد بركان "كيليمنجارو بارتفاع حوالي 5895 م" في إفريقيا، وبركان الكاميرون " 4069 م" الذي يشرف على خليج غينيا، وبركان "إيتنا 3323 م" بأوروبا. إن كل الجزر التي تطفو على سطح البحار والمحيطات أصلها بركاني كجزر الهاواي والأرخبيل الياباني وجز الكناري وغيرها.

2 – الظواهر المرافقة لحدوث البراكين : يرافق حدوث البراكين مظاهر عدة نذكر منها:

• الينابيع المعدنية الحارة: هي عبارة عن فتحات في القشرة الأرضية تخرج منها المياه الساخنة وتكثر هذه الينابيع في المناطق التي ضعف أو انقطع بها النشاط البركاني منذ وقت طويل ويعزى سبب تشكل هذه الينابيع إلى تغلغل المياه السطحية في الأعماق وترتفع حرارتها عند ملامستها للمواد النارية المنصهرة الشديدة الحرارة، وعند عودتها إلى السطح تحمل معها بعض الأبخرة والغازات الموجودة بالمواد المنصهرة، كما أنها وبفعل الحرارة تستطيع أن تحلل المواد المعدنية وعندما تصل إلى السطح تكون مثقلة بالسيليس المحلول وتضطر إلى ترسيبه عند الينابيع.

• المداخن البركانية: هي عبارة عن فتحات في القشرة الأرضية تخرج منها الأبخرة والغازات وهي شائعة الوجود في أقاليم النشاط البركاني ويرجع

تكوين الأبخرة في هذه المداخن إلى المياه الجوفية التي تتبخر بفعل تداخلات صخرية منصهرة كما أن بعض الغازات الخارجة من الفوارات الساخنة البركانية قد يكون من غازات التداخلات الصخرية المنصهرة.

وكخلاصة: يمكن القول بأن البراكين كانت ولا تزال مصدرا لعديد من الكوارث مثل بركان " لاكي" في أيسلندا الذي خلف سنة 1783 حوالي 10 الاف قتيل وبركان "طامبورا" في أندونيسيا سنة 1815 مخلف 92 ألف قتيل وبركان "كاراكاتوا" في أندونيسيا دائما سنة 1883 مخلف 36 ألف قتيل، وجبل "بيلي البركاني" بمارتينيك سنة 1902 مخلف 23 ألف قتيل وبركان " نيفادو دي لاروبز" بكولومبيا في 13 نونبر 1985 مخلف 23 ألف قتيل و 230 ألف من المنكوبين، وإلى جانب هذا الوجه القاتم للبراكين هناك وجه باسم حيث إن عدد لا بأس به يستغل كمصدر للطاقة (الينابيع المعدنية الحارة التي تستغل للاستعمالات المنزلية في كل من أيسلندا والولايات المتحدة الأمريكية) وهناك التفكير والبحث في استغلال البراكين النشطة كمصدر للطاقة الغير ملوثة وهو ما يدعى " الفحم الأحمر ".

الفـــصـــل الثـــانـــي

القـوى الداخـلـيـة البـطيئـة

تقديم: قد يتناول تأثير القوى الداخلية مساحات شاسعة من القشرة الأرضية فتسمى حينئذ بالقوى أو الحركات المكونة للقارات Mouvements Epirogéniques وذلك لأنها تنتاب أجزاء عظيمة من الكتل القارية. وقد يقتصر تأثيرها على مساحات أقل نوعا في امتدادها واتساعها وحينئذ تدعى بالحركات المكونة للجبال Mouvements Orogéniques ! وهي قوى بطيئة لا نحس بتأثيرها إلا عن طريق رصدها خلال سنوات عديدة، ومثال ذلك ما أمكن رصده من تغيرات حدثت في موضع خطوط السواحل بالنسبة لمنسوب مياه البحر، وكثيرا ما نجد نطاقات ساحلية كانت ترتفع عاليا فوق منسوب البحر أصبحت الآن بعد هبوطها وطغيان مياه البحر عليها قسما من الرصيف القاري، بل تقع أحيانا دون منسوبه، فلقد أمكن تتبع امتدا لمجرى نهر "الكونكو" تحت سطح مياه خليج غينيا لمسافة بلغت نحو 100 كيلومتر وإلى عمق بلغ نحو نصف كيلومتر، وهناك مصبات نهرية أخرى عديدة غارقة كالأجزاء الدنيا من نهر "أوب Ob" ونهر" ينسي Yenisei" في سيبيريا، ثم هناك ارتفاعات لسواحل أخري كسواحل النرويج الشمالية، وسواحل إيسلندا وكرينلندا والساحل الجنوبي للبحر الأسود وبحر قزوين، أما السواحل الآخذة في الهبوط التدريجي فتتضمن سواحل جنوب الصين وسواحل أستراليا والساحل الشمالي لقارة إفريقيا. وهكذا يمكن القول بأن تضاريس الكرة الأرضية هي في حركية دائمة وتكوين مستمر، وهي مؤلفة من مجموعة من الأشكال البنيوية التي تكون تضاريس مختلف القارات، والتي يمكن التمييز بداخلها بين الدروع والقواعد القديمة من جهة والأحواض الرسوبية بمختلف أشكالها البنيوية سواء منها السلاسل الجبلية الملتوية والمنكسرة، أو الموائد الصخرية المائلة أو الشبه افقية، ورغم أن هذه الأشكال التضاريسية قد تكون متقاربة المسافة إلا أنها جد متنوعة وتختلف عن بعضها البعض من عدة جوانب.

القواعد القديمة والدروع والأحواض الرسوبية

الدروع هي أراضي صلبة وجد متماسكة تتميز بثباتها وتتوالى فيها طبقات جد قديمة تعرضت إلى حركات بنائية متعددة لم تبق إلا آثارها متمثلة في جذور أعبلية أو طبقات رسوبية أو متحولة ترجع إلى ما قبل الكمبري ، وذلك بخلاف القواعد القديمة التي وإن كانت تتميز بقدم أراضيها التي ترجع في معظمها إلى الزمن الجيولوجي الأول فإنها تعرضت لعدة حركات بنائية أدت إلى رفعها عبر مجموعة من الانكسارات التي يمكن أن يرجع تاريخ بعضها إلى نهاية الزمن الجيولوجي الثالث، ولعل التشابه الذي يجمع بين هاتين المجموعتين البنيويتين هو تشكيلهما لمختلف الحفر البحرية والأرصفة القارية التي سنحت بتراكم الإرسابات طيلة الزمن الجيولوجي الثاني والثالث، هذه الإرسابات التي أدت إلى تشكيل مختلف الأحواض الرسوبية والخسيفات أساس أهم السلاسل الجبلية الممتدة عبر القارات.

أ –) القواعد القديمة والدروع : تكون هاتان المجموعتان أكبر نسبة من اليابسة، وغالبا ما تشكل أرضية مختلف السلاسل الجبلية سواء منها القديمة أو الحديثة، وأهم ما يميزها هو انتماء غالبية صخورها إلى تكوينات متبلورة أو متحولة أو بركانية، بحيث نلاحظ تتابعا لصخور مثل الأعبل والنضيد داخل مجموعة متماسكة ومتصلبة وغالبا ما يتجاوز سمكها مئات الأمتار، يعود تاريخ هذه التكوينات إما إلى ما قبل الكمبري أو إلى عهود الزمن الجيولوجي الأول. وتتميز بتعدد جذور السلاسل الجبلية التي تكونت خلال الحركات البنائية سواء منها ما قبل الكمبرية أو الكاليدونية أو الهرسينية، وكما تتميز بتعدد الانكسارات نظرا لصلابة صخورها، وكذا كثرة الطفوحات البركانية التي تشغل الشقوق والفواصل الناتجة عن الانكسارات. ويمكن أن تنتهي هذه البنيات بتقببات هامشية يطلق عليها التجاعيد كما تنتهي أيضا بأخاديد وهي عبارة عن حفر تكتونية يتراوح اتساعها بين عشرات ومئات الأمتار، ويتعدى طولها مئات الكيلومترات، وأحسن مثال على هذه الأخاديد هو الأخدود العربي الإفريقي الكبير الذي يشغله البحر الأحمر والذي يفصل الصفيحة الإفريقية عن الصفيحة العربية. وتتوزع الدروع والقواعد القديمة في غالبيتها شمال خط الاستواء، ومن أهم معالمها هو تشكيلها لمراكز القارات، فسواء في آسيا أو أوروبا أو أمريكا تشكل الدروع والقواعد القديمة محور مختلف المجموعات البنيوية الأخرى، ففي أمريكا الشمالية يتركز الدرع الكندي، وفي أمريكا الجنوبية نجد الدرع البرازيلي والكويياني، أما في إفريقيا فنجد الدرع الإفريقي الذي يتوسط القارة، فيتصل شمالا بسلسلة الأطلس المنتمية إلى النظام الجبلي الألبي بواسطة حزام من

الإلتواءات التي ترجع إلى الزمن الجيولوجي الأول والتي يوافق امتدادها الحدود الشمالية للصحراء الإفريقية، وتتخلل هذا الدرع داخل القارة عدة أحواض رسوبية وطفوحات بركانية مهمة بكل من القرن الإفريقي والكاميرون، وتتعد الدروع بأوراسيا وتحتل غالبيتها الأجزاء الشمالية، فهناك الدرع السكانديناقي والدرع السيبيري، ثم الدرع الهندي والدرع الأسترالي.

II -) الأحواض الرسوبية أو الخسيفات Géosynclinaux والحركات البنائية:

يرجع أصل الإرسابات القارية والبحرية إلى نتاج تفسخ وتعرية البروزات الصخرية القديمة التي تدخل ضمن السلاسل الجبلية القديمة، بالإضافة إلى نتاج مختلف مكونات الغلاف الحيوي، لذلك يمكن القول مثلا بأن بحرا مثل البحر المتوسط يشكل نواة لحوض رسوبي تتجمع فيه نواتج تعرية السلاسل الجبلية الألبية في الشمال والأطلسية في الجنوب، ويمكن تصور نفس العملية لعدة بحار ومحيطات قديمة شكلت مهدا لمختلف الأحواض الرسوبية المعروفة حاليا . فالإرسابات تتراكم داخل حفر متباينة العمق، حيث يتراوح سمك الرواسب بها ما بين 5000 و 10000 متر بالنسبة للحفر البحرية المعروفة باسم "الخسيفات" وأقل من 1000 متر بالنسبة للأحواض الرسوبية عامة، فهضبة الفوسفاط المغربية مثلا، أو الحمادات جنوب المغرب إعبارة عن أحواض رسوبية لا يتجاوز سمك طبقاتها 1000 متر، وتتميز بمظهرها المنبسط أو القليل التشوه خلافا لجبال الريف المعقدة التكوين والبنية والتي يتجاوز سمك طبقاتها آلاف الأمتار حيث تكونت في أحضان حفر بحرية. تتميز الحفر البحرية القديمة بكونها مستطيلة الشكل موازية لحواشي أو هوامش القارات كما هو الشأن بالنسبة لجبال الأبلاش في الولايات المتحدة الأمريكية، أو تجمع بين قارتين كما هو الحال بالنسبة لجبال الأورال التي تفصل أوروبا عن آسيا، إن هذه الحفر البحرية القديمة تشغلها حاليا سلاسل جبلية تكونت خلال المراحل البنائية المعروفة التي أصابت الكرة الأرضية، ويرى بعض الباحثين بأن المحيط الأطلسي الحالي وبعض البحار الحالية كبحار شرق آسيا والخليج العربي ومضيق موزمبيق وبحر الشمال وبحر البلطيق وخليج المكسيك نظائر لتلك البحار القديمة. يتضح من خلال ما سبق بأن هناك أجزاء من قشرة الأرض بقيت ثابتة منذ أزمان سحيقة، وأن أجزاء أخرى تتمثل في الأحواض البحرية كانت بمثابة نطاقات ضعف وحركة و إرساب كثيف، وفي هذه الأحواض نشأت نظم المرتفعات قديمها وحديثها ولقد حدثت حركات التوائية في الحقبة ما قبل الكمبرية وأصابت مساحات شاسعة بكل من كندا وشمال ايكوسيا والبحيرات العظمى وقلب القارة الإفريقية وقد شملت مجموعة عظيمة من الرواسب البحرية

وصاحبها نشاط بركاني عنيف، وعمليات تحول شديدة وقد تعرضت جبالها إلى النحت والتآكل بفعل مرور الزمن، أما الفترة ما بعد الزمن الكمبري فتميزت بثلاث حركات بنائية التوائية رئيسية وهي:

• الالتواءات الكاليدونية: وتتمثل هذه الالتواءات بوضوح في القسم الشمالي الغربي من أوروبا ، وهي أقدم حركات أرضية أصابت قشرة الأرض فيما بعد الزمن الكمبري، وتشمل القسم الشمالي الغربي من اسكتلندا وهو القسم المعروف باسم كاليدونيا وكذا جنوب أيرلندا وشمال كندا، وكذا في حقول الفحم البلجيكية، وفي مرتفعات البرانس الفرنسية وفي أجزاء من شبه جزيرة إيبيريا وكذا في القسم الشرقي من روسيا وفي إفريقيا تتركز في الجزء الجنوبي من الصحراء الكبرى وكذا في استراليا وفي أمريكا الشمالية تتمثل في هضبة بيدمونت وفي مرتفعات تاكونلي وفي أمريكا الجنوبية تتاخم الالتواءات الكاليدونية شرق الكتلة البرازيلية القديمة.

• الالتواءات الهرسينية : لقد نشأت الالتواءات الهرسينية في عدة أدوار شملت فترة طويلة من الزمن امتدت خلال العصرين الفحمي والبرمي أي نهاية الزمن الجيولوجي الأول وشملت مناطق شاسعة من العالم وأصابت كل القارات نذكر منها في المغرب على سبيل المثال الهضبة الوسطى وكتلة الرحامنة، وتوافق هذه الالتواءات تكوين أهم الأحواض الفحمية في العالم الممتدة من إنكلترا إلى البحر الأسود.

• الالتواءات الألبية: وهي أحدث الحركات البنائية التي أصابت القشرة الأرضية، وهي ما تزال شامخة لم تؤثر فيها عوامل التعرية إلا قليلا ، وترجع إلى أواسط ونهاية الزمن الجيولوجي الثالث وهي المسؤولة عن تكوين جبال الألب والبرانيس بأوروبا والهمالايا بآسيا والأطلس بإفريقيا وجبال الروكي والأنديز بالأمريكتين (أما قارة أستراليا فتخلو تماما من تأثير هذه الالتواءات).

البنيات والتضاريس

تقديم: تتدخل في نشأة وتطور الأشكال الجيومورفلوجية البنيوية عدة عوامل متداخلة فيما بينها، منها عامل الصخارة ويقصد به نوعية وطبيعة الصخور وكذا نظام وظروف الترسيب ثم الحالة السطحية للطبقات الصخرية وتواجد الشقوق والفواصل والمسام، ثم نظام بنية الطبقات ويقصد به طبيعة توضع الطبقات الجيولوجية: أفقية، أو مائلة، أو ملتوية، أو منكسرة، أو كتل بركانية، وهكذا سوف نعرض في هذا الباب إلى الأشكال الجيومورفلوجية الناتجة عن الحركات البنائية دون إهمال دور عوامل التعرية.

I -) التضاريس المرتبطة بالأحواض الرسوبية:

الأحواض الرسوبية عبارة عن منخفضات بحرية أو قارية ملأت بالرواسب المختلفة الأحجام والأشكال والأنواع، وتعرضت لعوامل بنائية خفيفة نتجت عنها أشكالا متعددة منها ما هو مرتبط بتطور البنية الأفقية ومنها ما هو مرتبط بتطور البنية الوحيدة الميلان (أنظر الشكلين رقم: 31 و 32).

أ - تضاريس البنية الأفقية: يتحكم في تشكيل التضاريس في البنية الأفقية تتابع الطبقات الصلبة والرخوة، فكلما كانت التضاريس أقل وضوحا يغلب عليها طابع التموج في شكل السطوح، في حين تبرز التضاريس أكثر إذا كان هناك اختلاف في طبيعة تتابع الطبقات من الناحية الصخارية ومن بين هذه الأشكال نذكر:

- الموائد الصخرية: وهي عبارة عن سطوح مستوية ذات بنية أفقية، تنتهي بحافات كثيرا ما تكون شديدة الانحدار.
- الهضاب: وهي عبارة عن مناطق مسطحة ذات بنية أفقية، تنتهي هي أيضا بحافات وسفوح منحدرة ولا كنها تتميز بتعمق الأودية كهضبة الفوسفاط وهضاب زعير وزمور في المغرب.
- وبالإضافة إلى هذه الأشكال نجد الأعراف، والانقطاعات في الانحدارات، وبعض التلال المعزولة نتيجة لتآكل الطبقات بفعل عوامل التعرية المختلفة وبخاصة المائية منها.

وتجدر الإشارة إلى أن السطوح الموافقة لبروز الطبقات الصلبة يطلق عليها "سطوحا بنيوية" إذا كانت توافق آخر طبقة صلبة توضعت في المنطقة، ويطلق عليها "سطوحا شبه بنيوية" إذا تعرضت للتآكل ولم يبق من الطبقة الصلبة إلا جزء بسيط. كذلك يطلق لفظ " سطح بنيوي مشتق" على السطح الهضبي الذي

ننتج عن تاكل الطبقات الرخوة الأمر الذي أدى إلى بروز سطح الطبقة الصلبة التي تشكل بدورها سطحا بنيويا مشتقا.

ب – تضاريس البنية أوحيدة الميلان: (أنظر الشكل رقم:33) ونذكر منها على الخصوص أحد أهم هذه الأشكال وهو ما يدعى ب" تضاريس الكويسطا" وهي عبارة عن تضاريس الحافات، وتتميز بميلان خفيف ما بين 2 – 15 درجة، وتغطي مساحات شاسعة وتضاريسها متميزة ويرتبط بها نوع من الجريان المائي ويشترط في تكوين تضاريس الكويسطا الخاصيات التالية:

- التتابع الستراتيغرافي للطبقات المتشابهة الميلان؛
- التباين الواضح للطبقات من حيث الصلابة (صخور صلبة وأخرى هشة)؛
- ميلان ضعيف أو معتدل للطبقات؛
- شبكة مائية متنوعة؛

وتتألف الكويسطا من العناصر التالية:

• الظهر: هو عبارة عن هضبة تكون إما سطح بنيوي مشتق أو سطح تسوية، وقد يغطي هذا الظهر بإرسابات سفحية آتية من مناطق مرتفعة، وتشكل مخاريط أو حادورات معاكسة تماما لميلان طبقات الكويسطا، لا كن هذا لا يؤثر على معالم الكويسطا.

• الحاجب والمنخفض: الحاجب أو الجبهة هو عبارة عن انحدار شديد في اتجاه معاكس لميلان الطبقات وغالبا ما يكون على شكل مقعر، ويتكون أساسا من الصخور الصلبة. والمنخفض هو عبارة عن منطقة مقعرة ومنخفضة، ويتبع أو يوالي الحاجب ويتكون أساسا من صخور هشة وتتركز فيه مجاري مائية مختلفة وتنتشر فيه بعض التلال الشاهدة.

• الجريان المائي: ونميز في هذا الإطار بين الأنواع التالية:

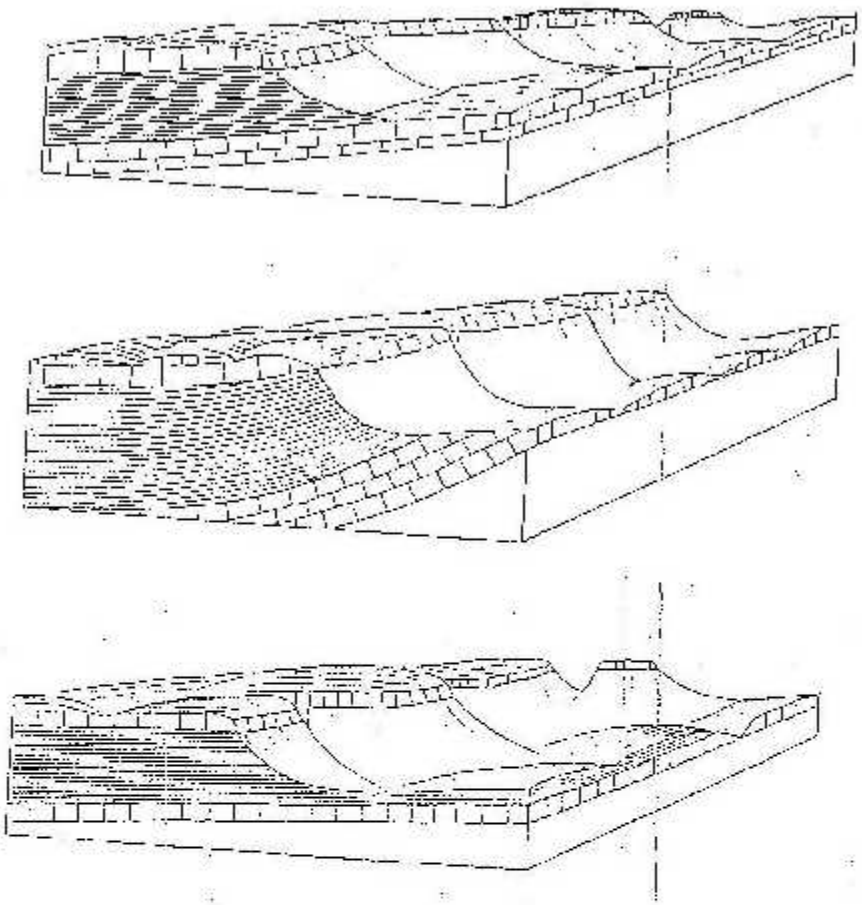
+ الأودية المطابقة: غالبا ما تكون على شكل مثلث قاعدتها عند الحاجب وقمتها داخل الظهر وهذا الشكل راجع إلى ميلان الطبقات.

+ الأودية المضادة: أي أن اتجاهها يكون معاكسا تماما لميلان الطبقات حيث تنبع من الحاجب وتتجه نحو المنخفض وتعتبر أحد روافد الأودية المرافقة.

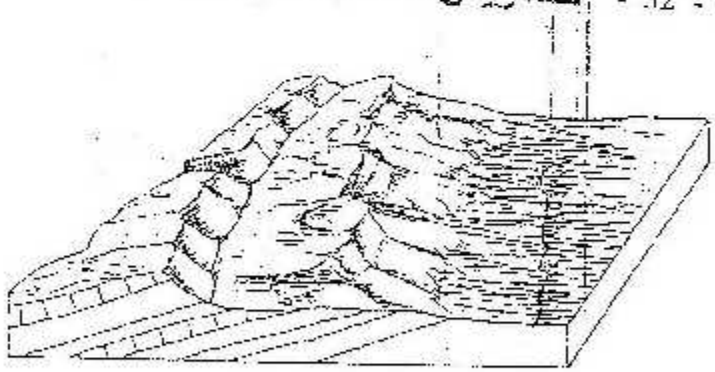
+ الأودية المرافقة: غالبا ما توجد عند قدم الجبهة، ويتقاطع اتجاهها مع ميلان الطبقات ويمكن أن يكون هذا النوع من الأودية مسؤولا عن تراجع الكويسطا.

ومن أهم تضاريس الكويسطا الموجودة بالمغرب نذكر كويسطات جبل باني بالجنوب المغربي والكويسطات الموجودة بحوض ملوية بالمغرب الشرقي.

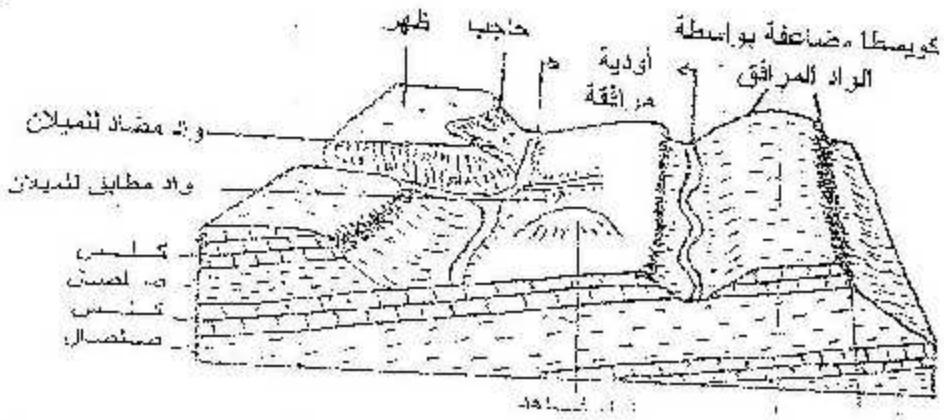
الشكل رقم : -31 - تضـــاريس الحـافـات



الشكل رقم : - 32 - تضاريس أحادية الميـلان



الشكل رقم : - 33 - معالم تضاريس الكويسـطا



II -) التضاريس الإلتوائية :

الإلتواءات أو الإنثناءات أو الطيات هي تموجات تصيب صخور القشرة الأرضية إذا ما تعرضت لضغط أكثر من حدودها المرنة، وقد يبلغ اتساع هذه التموجات أمتارا قليلة، وقد يصل إلى مئات الكيلومترات، وتتشكل الإلتواءات في جميع أنواع الصخور الرسوبية والنارية والمتحولة ولاكنها أكثر وضوحا في الصخور الرسوبية (أنظر الشكل رقم:34).

1 – أصناف الطي : نميز فيها بين صنفين الصنف المقعر (أنظر الشكل رقم:36) وهو عندما يكون اتجاه ميلان الطبقات متعاكسا من الجهتين حيث يتميز نصف الطية الأيمن بانحناء الطبقات نحو الأسفل ونحو اليسار، أما في نصفها الأيسر فتأخذ الطبقات اتجاها معاكسا، وهكذا يكون التقوس موجها نحو الأسفل، والصنف الثاني هو الطية المحدبة حيث يكون تقوس الطبقات موجه نحو الأعلى، (أنظر الشكل رقم:35) وتتوفر كل من الطية المقعرة والطية المحدبة على نفس العناصر وهي : (أنظر الشكل رقم:37).

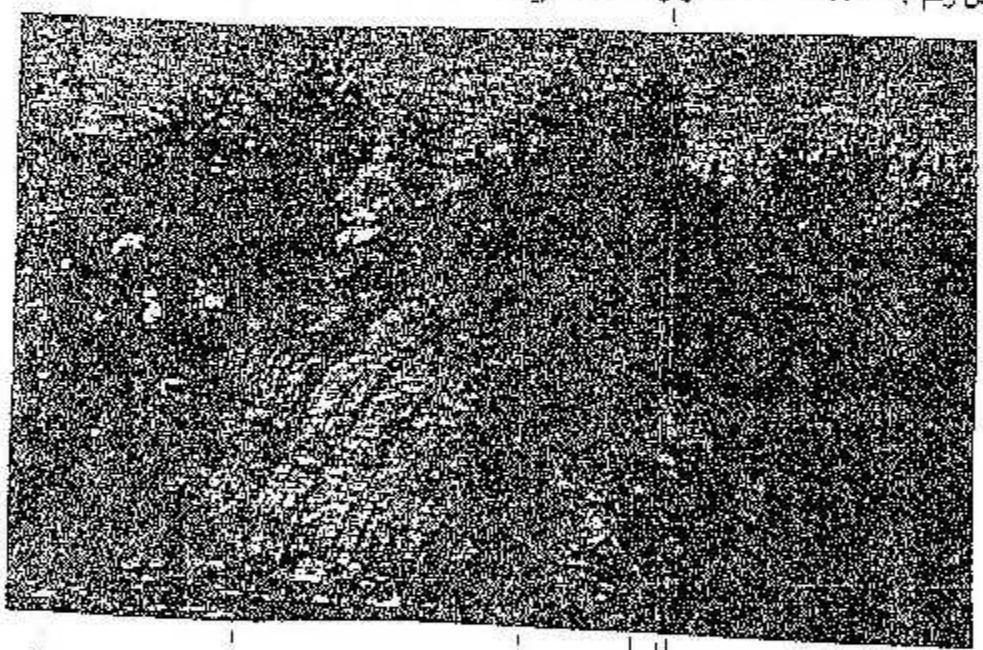
- المفصلة Charnière: وهي الخط الذي يربط النقط ذات التقوس الأقصى بين الطبقتين المقعرة أو المحدبة.
- جانب الطية Flanc du Pli: وهو الجزء من الطية المتواجد بين مفصلة الطية المحدبة ومفصلة الطية المقعرة المجاورة.
- المساحة المحورية Plan Axial : وهي المساحة الخيالية التي تربط مفصلات الطبقات المكونة لكل طية.
- محور الطية Axe du Pli : وهو خط التقاطع بين المساحة المحورية والمساحة الطبوغرافية.

2 - الأشكال الهندسية للطيات: نميز أشكالا كثيرة من الطيات وذلك حسب خصائصها الهندسية وهي (أنظر الشكلين رقم: 38 و 39) :

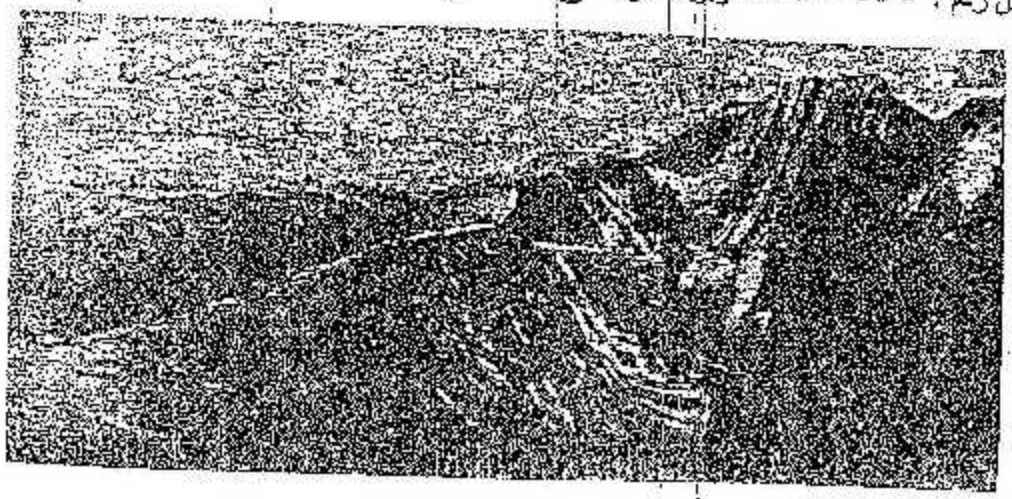
- الطية المستقيمة : وتتميز بمساحة محورية عمودية وجانبان متماثلان بالنسبة لهذه المساحة.
- الطية المنحرفة: وهي طية لها مساحة محورية مائلة كما أن ميلاني جانبيها متعارضان وأكبر الميلانين أقل من 90°.
- الطية الركيبة: وهي التي يكون أحد جانبيها مائلا والآخر مستقيما عموديا.

الشكل رقم : - 34 - صخور رسوبية منثوية

الشكل رقم : - 35 - الصورة توضح طية محدبة

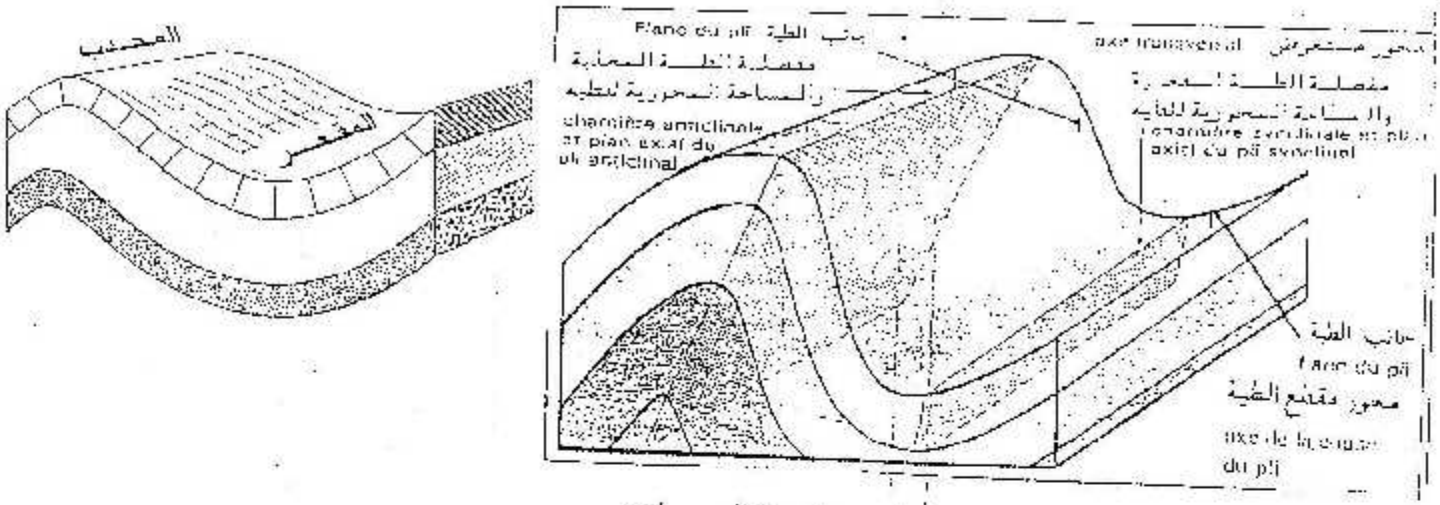


الشكل رقم : - 36 - الصورة توضح طية مقعرة



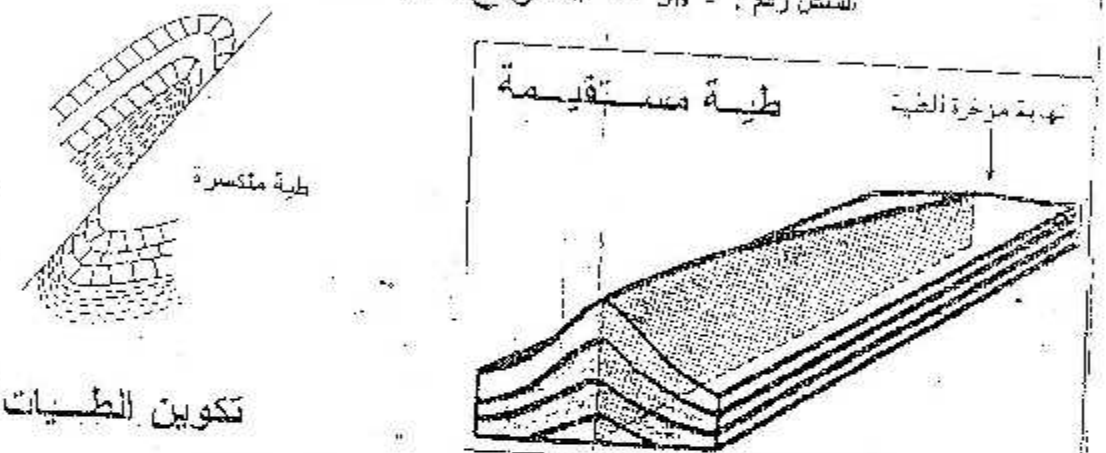
عناصر الطية

الشكل رقم : - 37 -



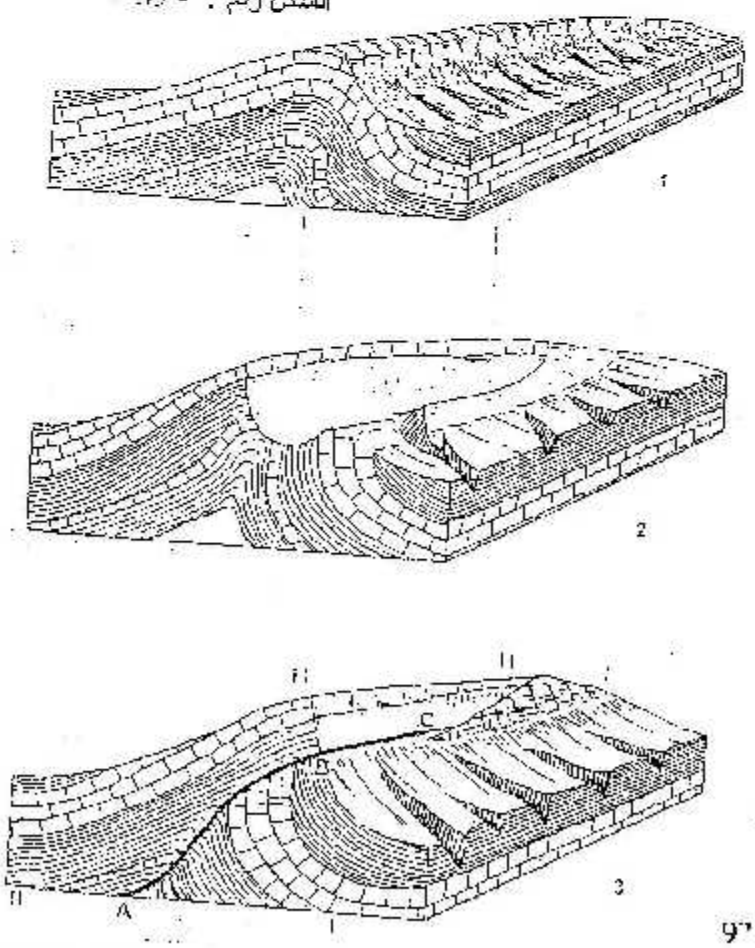
أنواع الطيات

الشكل رقم : - 38 -



تكوين الطيات المزاحفة

الشكل رقم : - 39 -



• الطية المائلة: وهي التي يكون ميلان جانبيها في نفس الاتجاه، فأحد جانبي الطية عادي والآخر معكوس، كما أن مساحتها المحورية مائلة.

• الطية النائمة أو المستلقية: وهي الطية التي لها مساحة محورية قريبة من المستوى الأفقي، ويكون ميلان جانبيها متساويا تقريبا، فأحد جانبي هذه الطية عادي والآخر معكوس.

11 -) التضاريس الانكسارية :

الانكسارات أو الفوالق هي عبارة عن صدوع تصيب مجموعة من صخور القشرة الأرضية، ويرافق ذلك انزلاق أو حركة للصخور على جانب واحد منه على الأقل بحيث يختلف مستوى الطبقات الصخرية في ذلك الجانب بالنسبة لنظيرتها في الجانب الآخر من الفالق، وقد يكون الانزلاق صغيرا لا يتعدى بضع سنتمترات كما قد يصل إلى عدة مئات من الأمتار، والفوالق ظاهرة كثيرة الحدوث في الصخور عامة إلا أنها أكثر وضوحا في الصخور الرسوبية، وتنشأ إما نتيجة لعوامل الضغط أو الشد التي تنجم عن الحركات البنائية والتكتونية.

1 – أجزاء الانكسار: يتألف الفالق من العناصر التالية (أنظر الشكل رقم:40):

• سطح الفالق : وهو السطح الذي حصل عليه الانزلاق وانتقال الطبقات.

• ميل الفالق: وهو مقدار ميل سطح الفالق بالنسبة لأي مستوى عمودي.

• اتجاه الفالق: ويمثل بتقاطع أي خط أفقي مع سطح الفالق.

• الإنتقال الحقيقي: وهو المسافة التي تحركت بها أي طبقة على سطح الفالق.

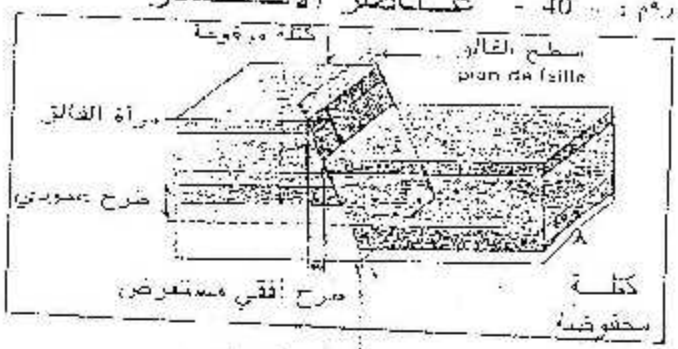
• الانتقال الرأسي أو مرمى الفالق: وهو مقدار الانتقال الرأسي لأي طبقة منكسرة على جانبي الانكسار ويتم قياسه عموديا بالنسبة لاتجاه الطبقات.

2 – انواع الفوالق: يمكن أن نميز فيها بين مجموعتين (أنظر الشكل رقم:41):

أ – الفوالق البسيطة : وتتألف من الفوالق التالية :

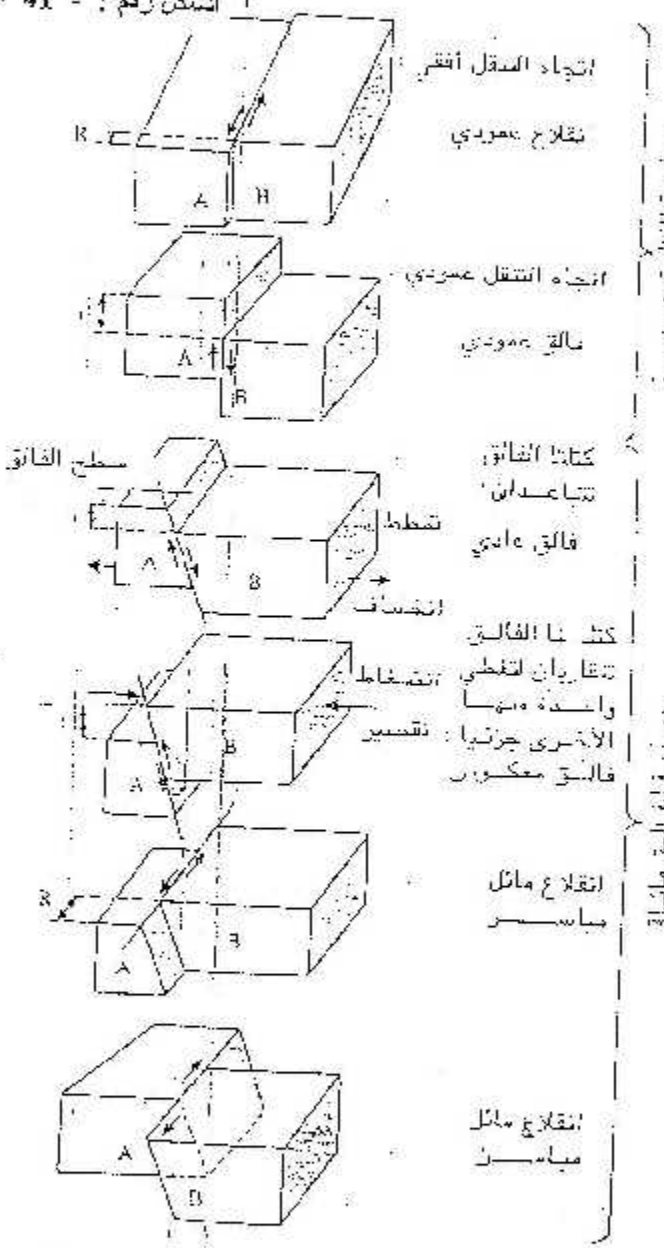
• الفالق العادي : ويحدث نتيجة لانفصال الطبقات وفيه يميل سطح الفالق نحو الكتلة الهابطة وتكون له زاوية ميل كبيرة.

الشكل رقم : - 40 - عناصر الانكسار



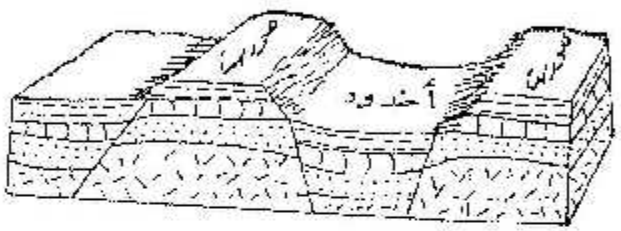
أنـــواع الانكسارات (الفوالق)

الشكل رقم : - 41 -



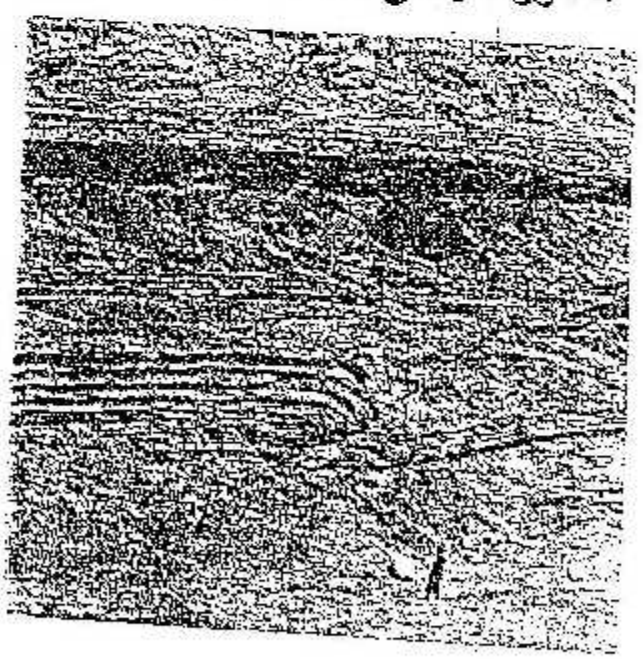
الشكل رقم : - 43 -

الهورست والأخدود



الشكل رقم : - 42 -

الصورة توضح انكسار معكوس



• الفالق العمودي : وهو الذي يكون فيه سطح الفالق عموديا أو رأسيا ويكون انتقال الطبقات عموديا إلى أسفل أو إلى أعلى، وتكون زاوية الميل في هذه الحالة 90 درجة أو قريبة من ذلك.

• الفالق العكسي : (انظر الشكل رقم:42) وينشأ نتيجة لعمليات الضغط الفوية وفيه يميل سطح الفالق في عكس اتجاه الجانب أو الكتلة الهابطة وتكون زاوية الميل في العادة صغيرة حيث أن أجزاء من الطبقات تصبح مغطية لأجزاء أخرى.

ب -- الفوالق المركبة : وتميز فيها الأنواع التالية :

• الفوالق السلمية: هذا النوع من الفوالق يتدرج على هيئة سلم حيث يكون اتجاه الميلان واحدا في كل المجموعة.

• الفوالق الحوضية أو الخوية : وهي عبارة عن كتلة من الأرض محاطة باثنين أو أكثر من الفوالق وتكون هذه الكتلة منخفضة عما يحيط بها من أراضي ويعرف هذا النوع من الفوالق المركبة باسم الأخدود (ومن أشهر الأمثلة الأخدود الإفريقي العربي الكبير).

• فوالق النجود: (انظر الشكل رقم:43) وهي مجموعة من الفوالق تسببت في رفع الكتلة الوسطى وأحدثت بروزا في وجه الأرض حيث يرتفع مستواها عما يجاورها.

3 – المظاهر المرافقة لحدوث الفوالق: يرافق حدوث الفوالق والانكسارات بالإضافة إلى اختلاف مستوى الطبقات الصخرية على جانبي الانكسار بعض المظاهر المميزة ومن أهمها :

• قفص الفالق : وهي عبارة عن صخور مهشمة ناتجة عن طحن وتفتت الصخور ثم تماسكها من جديد من جراء انزلاق إحدى جانبي الانكسار على الجانب الآخر، والقفص الناتج عن الانكسارات يملأ عادة بالإضافة إلى مواد أخرى سطح أو خط الانكسار.

• ظهور الينابيع المعدنية : تتشكل هذه الينابيع عندما تخترق شقوق الانكسارات طبقات القشرة الأرضية لمسافات عميقة حيث تصعد المياه المعدنية وفي طريقها إلى السطح تحال بعض الفلزات والمعادن وتعمل على ترسيبها في خطوط الانكسارات.

المراجع المعتمدة في كتابة هذه الجزء

- حسن سيد أحمد ابو العينين (1979) : " *أصول الجيومورفولوجيا* "، دار النهضة العربية للطباعة والنشر ، بيروت .
- جودة حسن جودة (1980) : " *المعالم سطح الأرض* "، دار النهضة العربية للطباعة والنشر بيروت
- محمد ازهار (1988/1987) : " *محاضرات في الجيومورفولوجيا* "، المكتبة الثقافية وجدة .
- شاهر جمال آغا (2000) : " *الزلازل حقيقتها وآثارها* " ، سلسلة عالم المعرفة الصادرة عن المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب الكويت .
- **J . Tricart** (1968) : *Géomorphologie Structurale* , Tome I , Paris.
- **H . Tazieff** (1973) : **Les Volcans et la dérive des continents** , coll . Sup , PUF , Paris
- **Max . Derruaux** (1974) : *Précis de Géomorphologie* ; 6ème édit , Paris .
- **D . Ben Sari** (1978) : *Connaissance Géophysique du Maroc* , thèse d'Etat .
- **La Grande encyclopédie du Maroc** (1987) , *Géographie physique* , Imprimé en Italie , G.E.P , Gréneima.

مجلة جغرافية المغرب

www.geo-you.blogspot.com

كشـــــاف الأشـــكـــــال

الرقم	عنوان الشكل	الصفحة
1	موقع الجغرافيا بين فروع العلم المختلفة	2
2	خطوات البحث	10
3	العلاقة بين اختبار الفرضية والتعميم والتنبؤ	11
4	خطاطة توضيحية لغاية وهدف الجيومورفولوجيا	16
5	أغلفة الكرة الأرضية	21
6	الصورة التي كانت عليها القارات خلال العصرين الكمبري والأوردوفيسي	24
7	الصورة التي كانت عليها القارات خلال العصرين الفحمي والبيرمي	24
8	مجموعة من بلورات المرو	28
9	بلورات كالسيت	28
10	بلورة أوليفين	28
11	بلورة أوجيت	28
12	بلورة هورنبلاند	28
13	عينة من صخر الأنديزيت	13
14	عينة من صخر البورفيريت	34
15	الرصيص والقفص	41
16	خطاطة مبسطة لأهم مراحل تكوين فحم الأنتراسيت	52
17	هالة التحول	41
18	العلاقة بين أصناف الصخور	62
19	الدورة الصخرية	63
20	بنائية الصفائح	70
21	التوزيع الجغرافي للزلازل وعلاقته ببنائية الصفائح	70
22	الأمواج الزلزالية وتشوهات سطح الأرض	72
23	نموذج لمبيان سيسموغرافي	72
24	المركز الداخلي والمركز السطحي للزلزال	74
25	صورة لمبنى تهدم بفعل زلزال أكادير	80
26	صورة لفندق تهدم بزلزال أكادير	80
27	خريطة سيسمية لزلزال أكادير	81
28	أجزاء المخروط البركاني	84
29	أهم أنواع البراكين	84
30	قذائف بركانية	84
31	تضاريس الحافات	94
32	تضاريس أحادية الميلان	94
33	معالم تضاريس الكويسطا	94
34	صورة لصخور رسوبية ملتوية	96
35	صورة لطية محدبة	96
36	صورة لطية مقعرة	96
37	عناصر الطية	97

38	أنواع العمليات	97
39	تكوين العمليات الزاحفة	97
40	عناصر الانكسار	99
41	أنواع الانكسارات	99
42	صورة توضح انكسار معكوس	99
43	الفهرست والأخدود	99

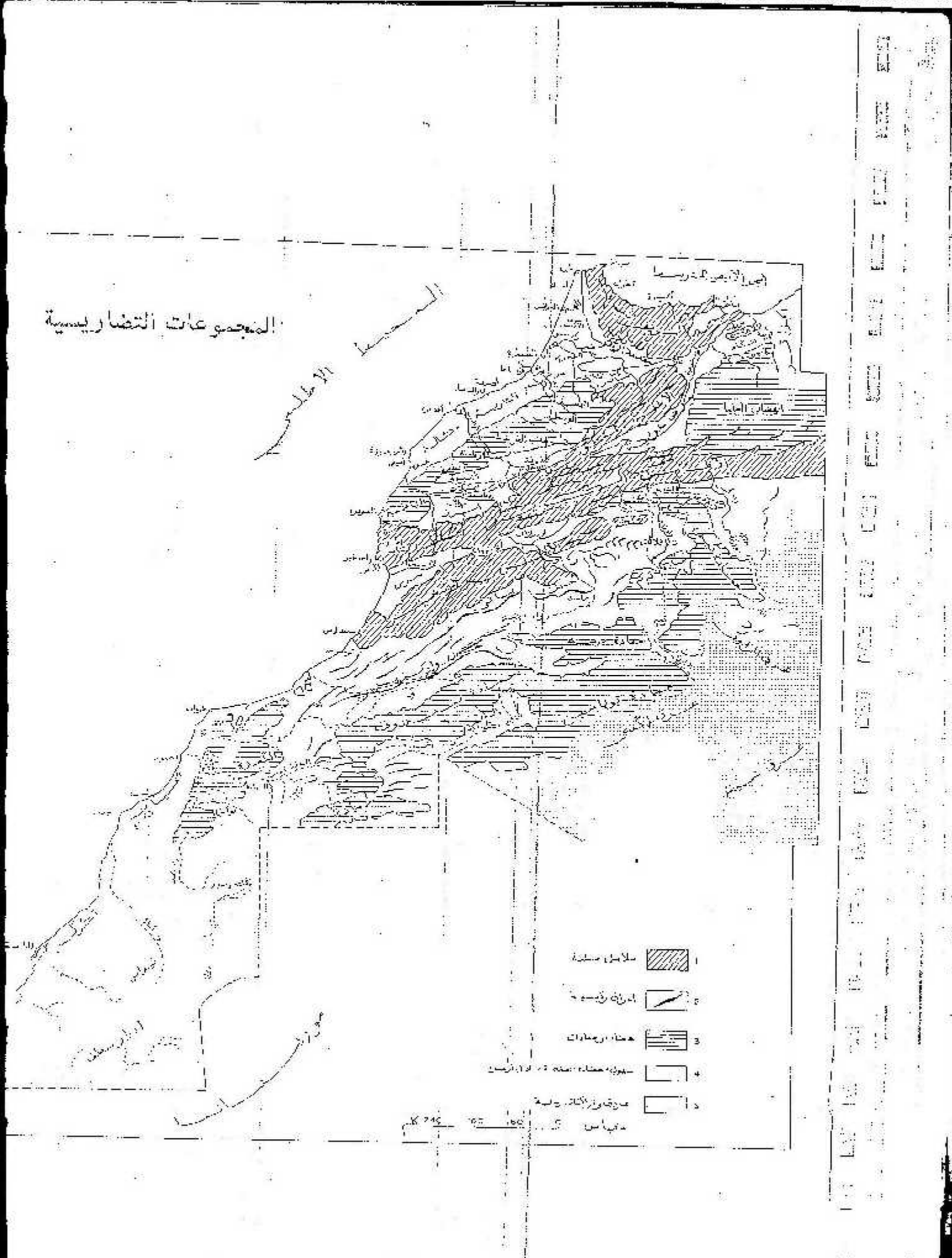
كشـــاف المحـــتويـــات

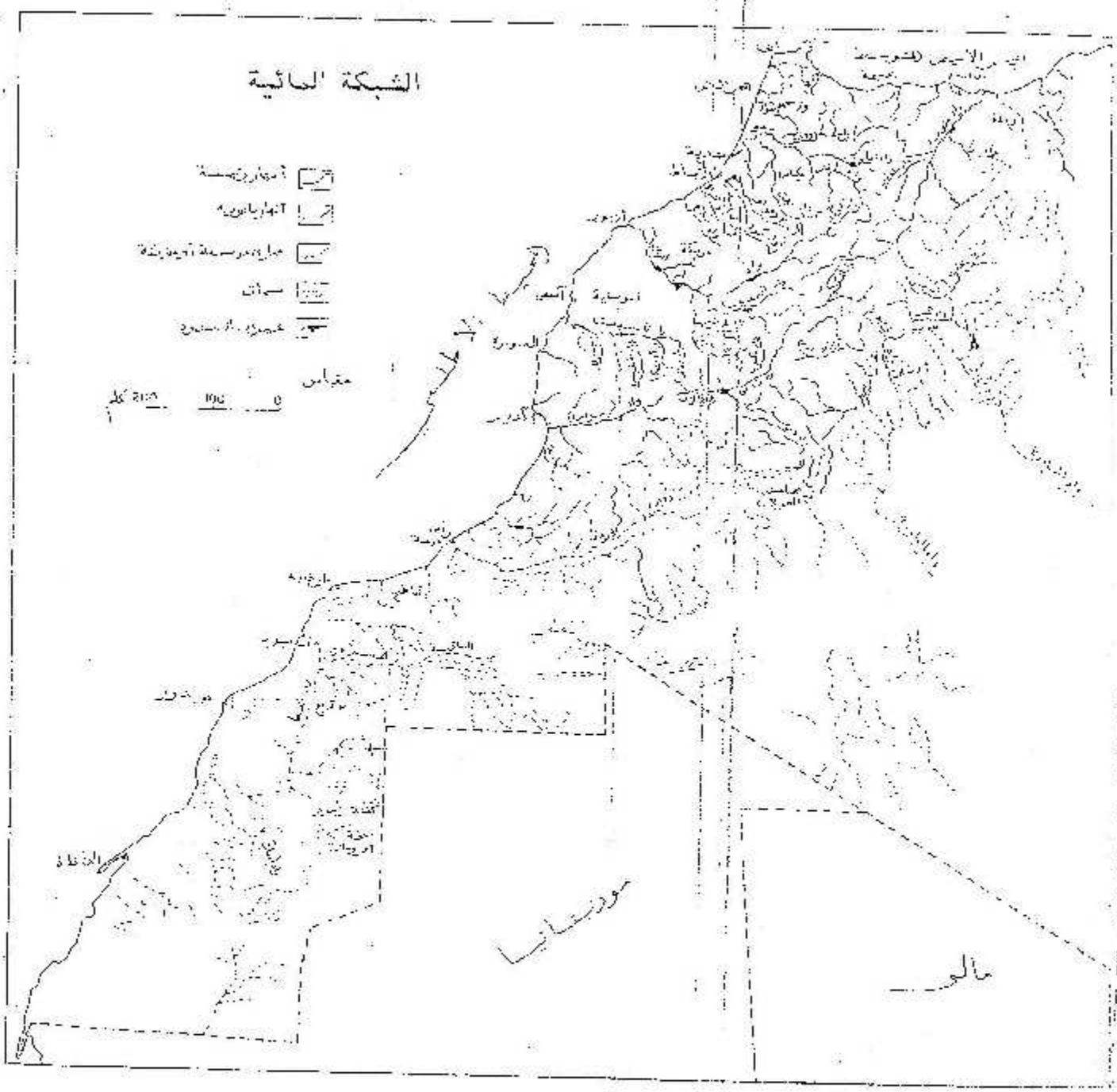
الموضـــوعـــات	الصفحات
استهلال	1
مفهوم علم الجغرافيا و مناهجها وأهدافها	1
المفهوم	1
المناهج والأهداف	7
الباب الأول	14
الفصل الأول	15
I -) الجيومورفلوجيا : تعريفها ومكانتها بين علوم الأرض	15
II -) المجموعة الشمسية والنظريات المفسرة لنشأة الكرة الأرضية:	17
III -) القشرة الأرضية وتركيبها	20
الفصل الثاني	26
الصخور : أنواعها وخصائصها	25
تقديم	25
الفلز	27
الخواص الفيزيائية للفلزات	29
الصخور النارية	31
I -) تصنيف الصخور النارية حسب معايير أساسية	31
II -) وصف لبعض أنواع الصخور النارية الهامة	33
الصخور الرسوبية	39
تقديم	39
I -) صفات الصخور الرسوبية	39
II -) تصنيف الصخور الرسوبية حسب طريقة تكوينها إلى ثلاثة أقسام	40
الصخور المتحولة	54
تقديم	54
I -) عوامل التحول	55
II -) تصنيف الصخور المتحولة عموما حسب بنيتها التركيبية إلى مجموعتين	57
خاتمة الفصل الثاني	61
الباب الثاني	66
القوى الداخلية المؤثرة في تشكيل سطح الأرض	67
الفصل الأول	68
القوى الداخلية الفجائية	68
الزلازل	68
تقديم	68
I -) مسببات الزلازل وقياساتها	68
II -) التوزيع الجغرافي للزلازل ومخلفاتها	75
III -) تاريخ الزلازل بالمغرب	77
خاتمة	82

البراكين	83
تقديم	83
I -) يتكون البركان من منتجات ومخاريط متنوعة	83
II -) التوزيع الجغرافي للبراكين والمظاهر المرافقة لها	86
خاتمة	87
الفصل الثاني	88
القوى الداخلية البطيئة	88
تقديم	88
القواعد القديمة والدروع والأحواض الرسوبية	89
البنيات والتضاريس	92
I -) التضاريس المرتبطة بالأحواض الرسوبية	92
II -) التضاريس البنيوية	95
III -) التضاريس الانكسارية	98
كشاف الأشكال	102
كشاف المحتويات	104

السجل ستراتيغرافي والسلم الزمني

		PERIODE	ETAGE	DUREE M.A.(1)	NOTATIONS 1/50.000	NOTATIONS 1/50.000
QUATERNAIRE		HOLOCENE *	Actuel (récent)		a 2	F Z
		PLEISTOCENE *	Q. Supérieur	1	a 1	F y
			Q. moyen			
			Q. ancien			
			Villafranchien			
TERTIAIRE (CENOZOIQUE)	NEOGENE	PLIOCENE	(calabrien)	3	Pl	
			Astien		Po	
			Plaisancien	9	Pi	Pl
		MIOCENE	Pontien (sahélien)	5	m 4	m 4
			Vindobonien	6	m 3	m 3
			Burdigalien	5	m 2 – 1	m 2 – 1
	PALEOGENE	OLIGOCENE	Aquitanien	2	m I	g3
			Chattien	4	m II	g3
			Stampien		m III	g2
			Sannoisien	5	mV ou MII	g1
		EOCENE	Ludien-	5	e 3	e 7
			Bartbonien		e 2 1	e 6
			Lutétien	5	e II	e 5
			Yprésien		e III	e 4
			Sparnacien	5	e IV	e 3
			Thanétien		e V	e 2
			Montien	5	e VI	e 1
SECONDAIRE (MESOZOIQUE)	CRETACE	SUPERIEUR	Danien	10	c 9	c 8
			Sénonien (Santonien)	35	c 8 – 7	c 7 4
			Turonien	7	c 6	c 3
			Cénomanien	8	c 5 – 4	c 2 – 1
		INFERIEUR	Albien	7	c 3 – 1	n 6
			Aptien	12	c I – II	n 5
			Barrémien Urgonien		c III	n 4
			Hauterivien	8	c IV	n 3
			Valanginien	8	c V	n 2 – 1
	JURASSIQUE	SUP. (MALM)	Portlandien	3	j 8 – 6	j 9
			Kimmeridgien		j 5	j 8
			Séquanien	7	j 5	j 7
			Rauracien-Argovien	3	j 3	j 6 – 5
			Oxfordien		j 2	j 4
			Callovien	3	j 1	j 3
		MOY. (DOGGER)	Bathonien	4	j I – III	j 2
			Bajocien		j IV	j 1
		LIAS	Aalénien	3	l 5	l 6
			Toarcien		l 4	l 5
			Charmouthien	3	l 3	l 4
			Sinémurien		l 2	l 3
		(INFRALIAS)	Hettangien	3	l 1	l 2
			Rhétien		t	l 1

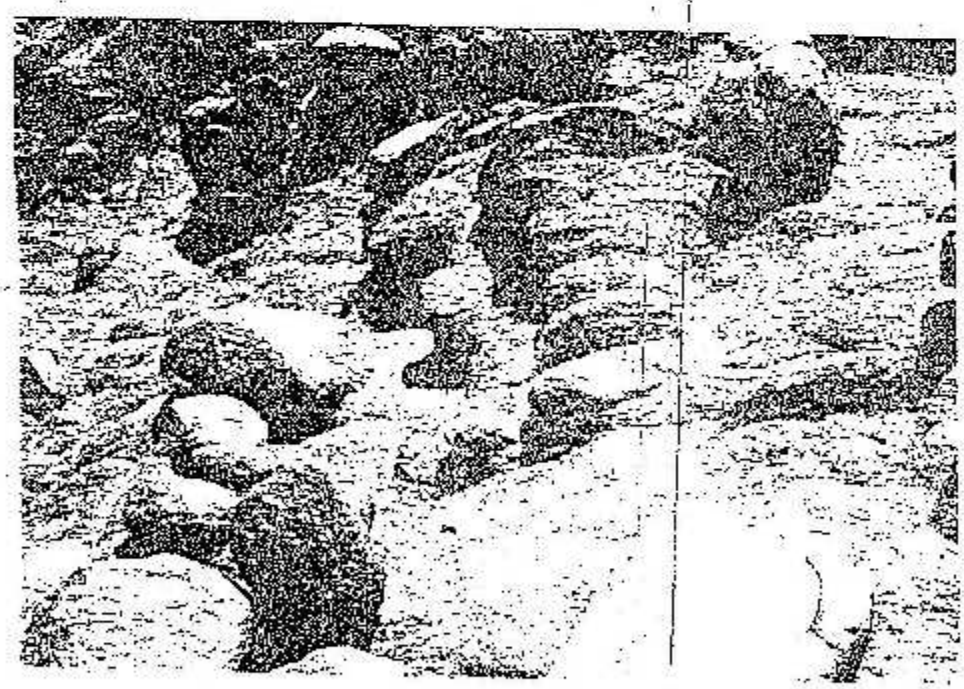

المجموعات التضاريسية
البحر الأبيض المتوسط
المحيط الأطلسي
الهضاب العليا
1
2
3
4
5


الشبكة المائية
مقياس
موريتانيا
مالي

جامعة الحسن الثاني – المحمدية –
كلية الآداب والعلوم الإنسانية
المحمدية

الدكتور محمد ازهار

أوليات في الجيومورفولوجيا



شتنبر 2003