ROCKS & SEDIMENTARY BASINS

الصخور والأحواض الرسوبية

علم الرسوبيات هو العلم المختص بدراسة (Sedimentary Rocks) بمعنى أنه يعني الصخور الرسوبية بجميع أنواعها واتجاهات دراستها، بدراسة متكاملة من حيث:

- أصل نشأتها.
- خصائصها وصفاتها الطبيعية.
- ظروف الترسيب والعمليات الرسوبية المختلفة.
- البيئات والأحواض الرسوبية.
- وغيرها...

تعريف الرسوبيات والصخور الرسوبية:

الرسوبيات (Sediments)

تطلق هذه الكلمة على أي مادة صلبة (كانت معلقة في مائع)، ثم ترسبت وتراكمت في حوض الترسيب بعد إعطائها الوقت الكافي لذلك. وبكلمة أخرى تعرف الرسوبيات على أنها نواتج عمليات التجوية والتعرية والنقل ثم الترسيب بفعل عوامل الرياح أو المياه والثلوج.

وعندما تتصلب هذه الرواسب وتتصخر (Sedimentary Rocks). تعرف عندئذ بالصخور الرسوبية

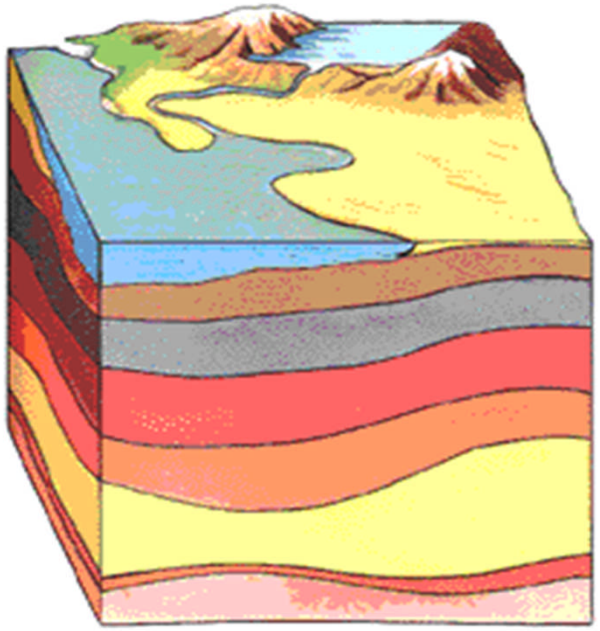
مميزات الصخور الرسوبية:

أن أهم ما يميز الصخور الرسوبية بصورة عامة هو وجودها على هيئة طبقات (strata) واحتواء معظمها على المستحاثات

وعلى مسامات (pores) تكتسب أهمية خاصة بخزن وتوزيع النفط والمياه والجوفية والمعادن الاقتصادية الأخرى

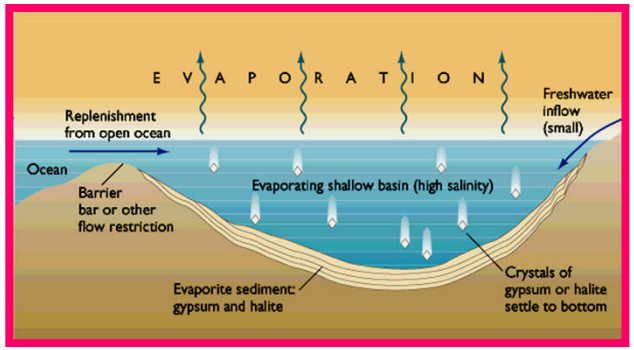
كالفوسفات والفحم الحجري وغيرها.

أصل الصخور الرسوبية بناء على ظروفها الفيزيائية والكيميائية



1) خارجي النشأة: **Exogenetic Rocks**

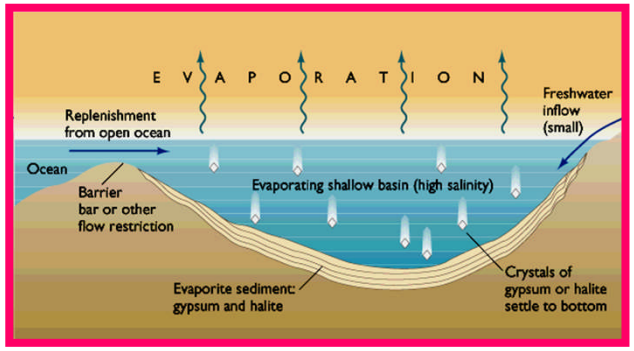
هي الصخور الفتاتية التي تكونت حبيباتها من تفتت صخور سابقة التكوين وتكونت بطريقة فيزيائية (طبيعية).



2) داخلي النشأة: **Endogenetic Rocks**

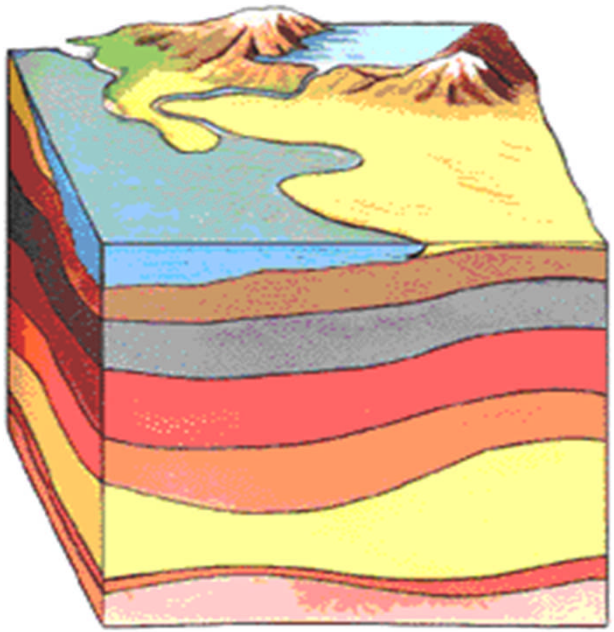
هي الصخور المتبلورة Crystalline وغير المتبلورة Amorphous ترسبت من المحاليل وتشمل الترسبات المحلية (الملح الصخري، الجبس، الإنهيدرايت).

تقسيم الصخور الرسوبية على حسب أماكن تواجدها



(1) داخل حوضيه: Intrabasinal Rocks

هي التي تشكلت في الأحواض الرسوبية وكذلك تم تجميعها في تلك الأحواض وتشمل الصخور الرسوبية الكيميائية والكيميائية الحيوية.

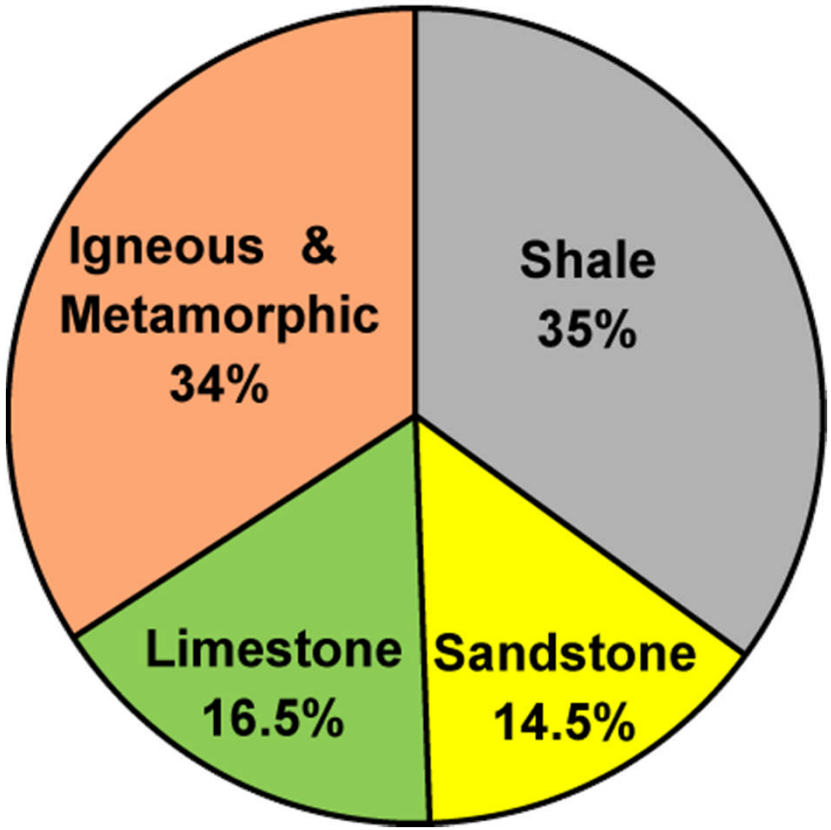


(2) خارج حوضيه: Extrabasinal Rocks

هي التي تشكلت خارج الحوض الترسيبي ثم جلبت إلى داخل الحوض الترسيبي وتشمل الرواسب القارية Terrigenous Sediments

أنواع الصخور الرسوبية

التوزع النسبي للصخور
على سطح القشرة الأرضية



إن الصخور الرسوبية تتكون في الغالب من ثلاثة أنواع رئيسية وتشكل 95% من مجموع الصخور الرسوبية وهي:

(1) صخور الغضار : Claystone Rocks وتشكل 65% .

(2) صخور الرمل: Sandstone Rocks وتشكل 20 - 25%.

(3) صخور الكربونات: Carbonate Rocks وتشكل 10 - 15%

أنواع الصخور الرسوبية

Clay stones صخور الغضار

Sandstones الصخور الرملية

Carbonate rocks صخور الكربونات

الصخور الغضارية / الطينية

أكثر أنواع الصخور الرسوبية شيوعاً هي الصخور الغضارية. وإن صغر حجم حبيباتها (أقل من 0.062مم) يشكل صعوبة في دراستها وفهمها ... وإن من أشهر أنواعها ذو اللون الرمادي والأسود نظراً لاحتوائها على البقايا العضوية. ومن أنواعها الاليت Illite والمونتموريلانيت Montmorillnite وأن أهم مكوناتها هو الكوارتز و الفلسبار والمعادن الثانوية.

الحجر الرملي

أما بالنسبة للأحجار الرملية فإن كبر حجم حبيباتها (من 2 إلى 0.062مم) يساعد على معرفة مكوناتها بسهولة وخصوصاً باستخدام الميكروسكوب (المجهر العادي).

كذلك نجد أن طبقاتها تحتوي على العديد من التراكيب الرسوبية مثل التطبق العادي و التطبق المتقاطع و التطبق المتدرج وعلامات النيم.

وهذه جميعها توضح الظروف البيئية المختلفة التي تكونت فيها. وتعتبر أحجار الرمل من الصخور المهمة نظراً لأنها تمد نصف إنتاج العالم من البترول والغاز الطبيعي. وأن من أهم مكوناتها الكوارتز و الفلسبار وقطع الصخور الأخرى.

صخور الكربونات

صخور الكربونات هي غالباً ما تتكون من الحجر الكلسي والدولُوميت النقي (أي تتكون أساساً من بلورات كربونات الكالسيوم ـ كالسيت وأراجونيت $CaCO_3$ أو الدولُوميت $Ca\ Mg\ (CO_3)_2$. وتحتوي على أقل من 5% من المعادن غير القابلة للإذابة فى حمض الهيدروكلوريك المخفف. وهذه النقاوة ناتجة من الخواص البيولوجية الأصل. لكن نجد أنها تحتوي على الأنواع المختلفة من المستحاثات. وأن الدولُوميت غالباً ما يتشكل بعد تكون الحجر الكلسي نتيجة لإحلال معدن المغنيزيوم التدريجي محل معدن الكالسيت. يوجد العديد من أنواع الصخور الرسوبية والتي تشكل نسبة بسيطة جداً وهي: المتبخرات والتي منها الهاليت والجبس والانهيدريت كذلك الفوسفات والشيرت ورواسب الحديد.

أهمية دراسة الصخور الرسوبية

إن الأهمية القصوى لدراسة الصخور الرسوبية هو وجود أنواع مختلفة من الخامات المعدنية بها والتي تعتبر كمصدر للطاقة مثل البترول، الغاز الطبيعي، الفحم، اليورانيوم ، الملح، الكبريت، الحديد، الفوسفات بالإضافة إلى أحجار الزينة.

البيئات الترسيبية والسحنات:

يقصد بمصطلح البيئة environment ذلك الجزء من سطح الأرض الذي يمكن تمييزه عن غيره من الاجزاء المجاورة له بناءً على مجموعة من المعاملات الطبيعية والكيميائية والحياتية الخاصة بها، والتي بالتالي تؤثر وتتحكم بطبيعة الرواسب المترسبة فيها.

هناك عدد لامتناهي من البيئات الرسوبية بسبب تنوع العوامل والظروف الطبيعية والمميزة لكل بيئة، الا انه يمكن تصنيف البيئات الرسوبية الى ثلاثة أنواع رئيس تقسم بدورها الى بيئات ثانوية أخرى متعددة وهي:

- البيئات القارية: وتشمل كل من البيئات الصحراوية والبيئات النهرية والبحيرية والثلجية.
- البيئات الانتقالية: وتتمثل بكل من بيئة الدلتا وبيئة الحواجز الرملية.
- البيئات البحرية: و تشمل بيئة الارصفة القارية والشعاب والبيئات العكرة والبيئات الشاطئية.

البيئات الرسوبية Sedimentary Environments

البيئة الرسوبية عبارة عن المكان الذي تتجمع فيه الرواسب. وتختلف البيئات الرسوبية في أحجامها طبقا إلى متغيرات كثيرة منها داخلية تتعلق بمكان البيئة نفسها ومنها خارجية متعلقة بالمناخ.

تقسم البيئات الرسوبية بناءً على مكان تواجدها فمنها **القارية** و **البحرية** و**الانتقالية** التي تقع بين الاثنين، كما تقسم كل بيئة من هذه البيئات إلى بيئات ثانوية من اجل الإلمام بكل ما يتعلق بها من حيث العمليات الرسوبية ونوعية الرواسب وبنائها وتراكيبها الرسوبية.

البيئات القارية
Continental Sedimentary Environments :

وتتضمن البيئات الرسوبية التالية:

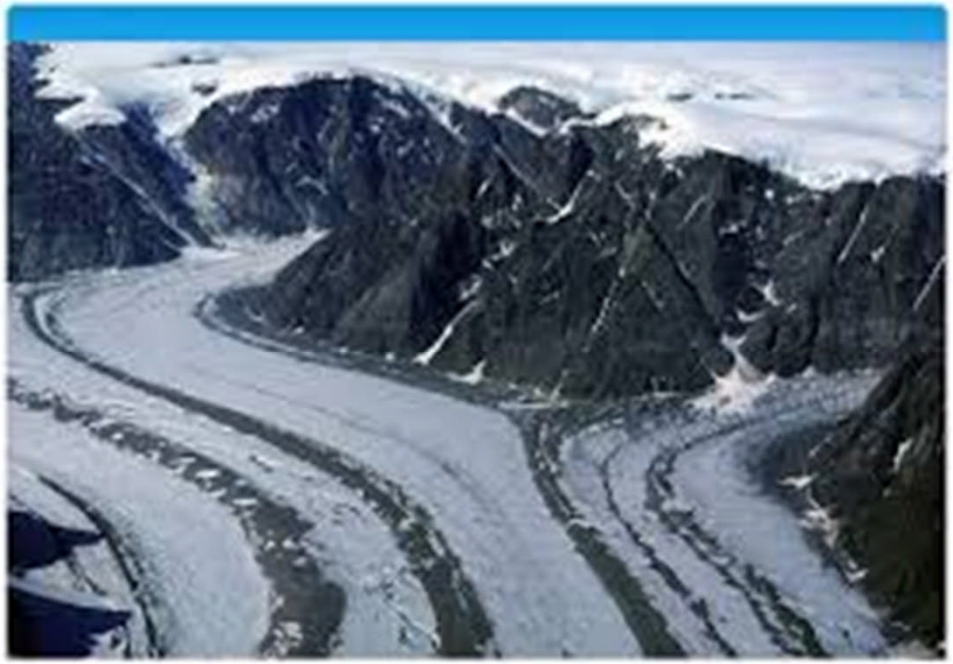
أ. البيئة الصحراوية Desert Environment.

ب. البيئة النهرية Fluvial Environment.

البيئات القارية
Continental Sedimentary Environments :

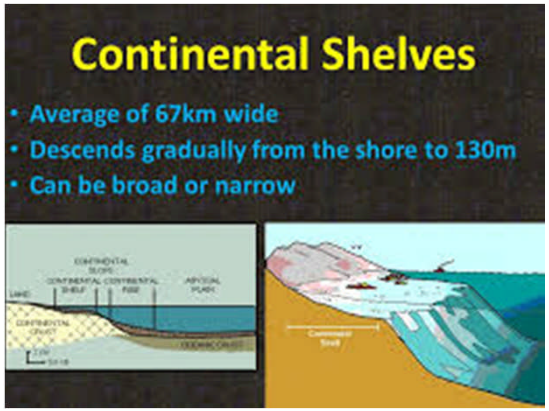
ج. البيئة البحيرية .Lacustrine Environment

د. البيئة الجليدية.Glacial Environment



البيئات البحرية

Marine Sedimentary Environments :



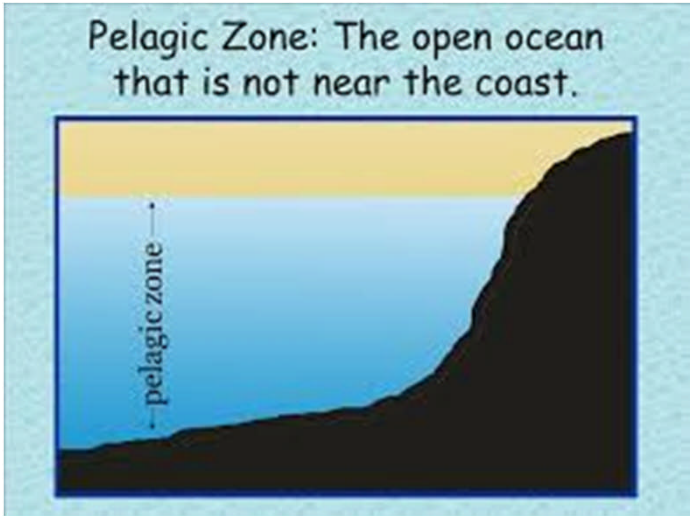
وتتضمن البيئات الرسوبية التالية:

أ. الأرصفة القارية Continental Shelves.

ب. الشعاب Reefs.

ج. البيئات العكرة Turbidites.

د. المناطق الشاطئية Pelagic.



البيئات الإنتقالية:

Transitional Sedimentary Environments:

وتتضمن البيئات الرسوبية التالية:

أ. بيئة الدلتا Delta Environment.

ب. بيئة الحواجز الرملية Sand Bars Environments .

مفهوم السحنة Facies Concept

تعريف السحنة (Facies):

أستخدم مصطلح السحنة لأول مرة من قبل العالم جيسلي (1838) للدلالة على مجموعة من المظاهر الليثولوجية والحياتية للوحدات الطبقية.

و السحنة (facies) يقصد بها كتلة أو رزمة من الصخور الرسوبية ذات مظاهر مميزة لها عن السحنات الأخرى. وتتمثل هذه المظاهر المستخدمة في تمييز سحنة صخرية عن سحنة أخرى بكل من التركيب الصخري (الليثولوجي) لها والحجم الحبيبي والتراكيب الرسوبية والمحتوى المستحاثي وغيرها من المظاهر الأخرى.

تعرف السحنة الصخرية lithofacies على أساس الصفات الرسوبية، بينما السحنة الحياتية Biofacies فتعتمد على أساس الاختلافات الباليونتولوجية. وخلال العمل المفصل حقلياً يمكن تمييز سحنات ثانوية (اوتحت سحنة) subfacies وسحنات دقيقة ، microfacies

وذلك باستخدام المجهر في التمييز مابين الصخور التي تظهربخصائص متشابهه

(غالباً تستخدم في دراسة الصخور الكلسية)

وقد تطور مفهوم السحنة ليستخدم بثلاث طرق مختلفة، وكما يلي:

أ- **بمعنى وصفي بحت :(Purely Descriptive Sense) :**

وذلك للدلالة على الصفات الصخرية الطبيعية للأجسام الصخرية مثل: الليثولوجية، والتركيب، واللون، وهندسية الصخور، والتراكيب الرسوبية الطبيعية والحياتية والكيميائية، والمحتوى المستحاثي.

وبذلك يمكن تقسيم العمود الطبقي الصخري الى عدد من السحنات الوصفية اعتمادا على صفاتها الطبيعية والحياتية والكيميائية. مثال على ذلك:

سحنة الحجر الكلسي ذات التدرج الاعتيادي

(Normal Graded sandstone Facies).

Facies Concept مفهوم السحنة

ب- بمعنى تأصلي (حس جيني) -(Genetic Sense)

وذلك اعتمادا على تفسير العمليات الرسوبية التي تعرضت الصخور. مثل سحنة الحجر الكلسي المتدرج التي تستند الى طبقة كتلية قاعدية وتتدرج الى طبقات مترققة متوازية وتموجية التراكيب

(parallel and ripple cross lamination)

والتي توصف تأصلياً بأنها سحنة عكرة

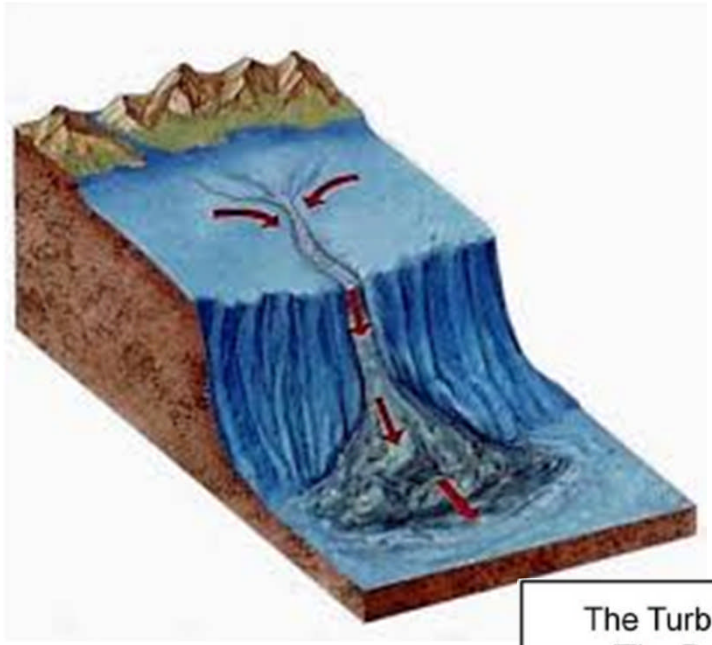
(Turbidite Facies)

ج- لتفسير البيئة الرسوبية

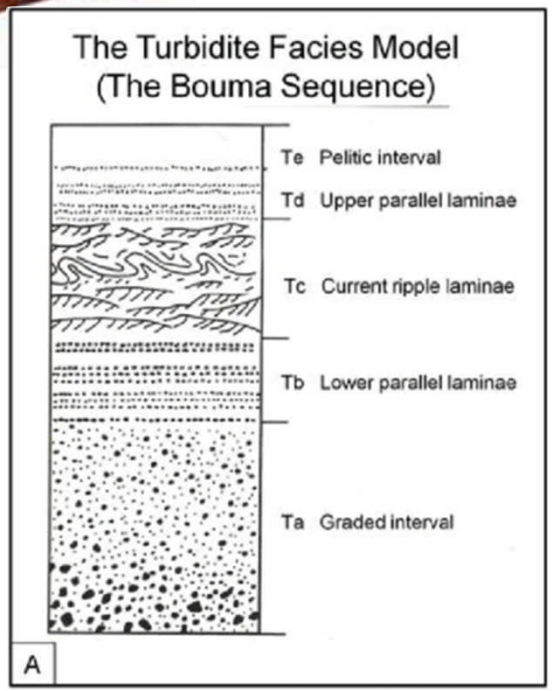
Interpretation of Sedimentary Environment

(مثل سحنة المراوح تحت البحرية)

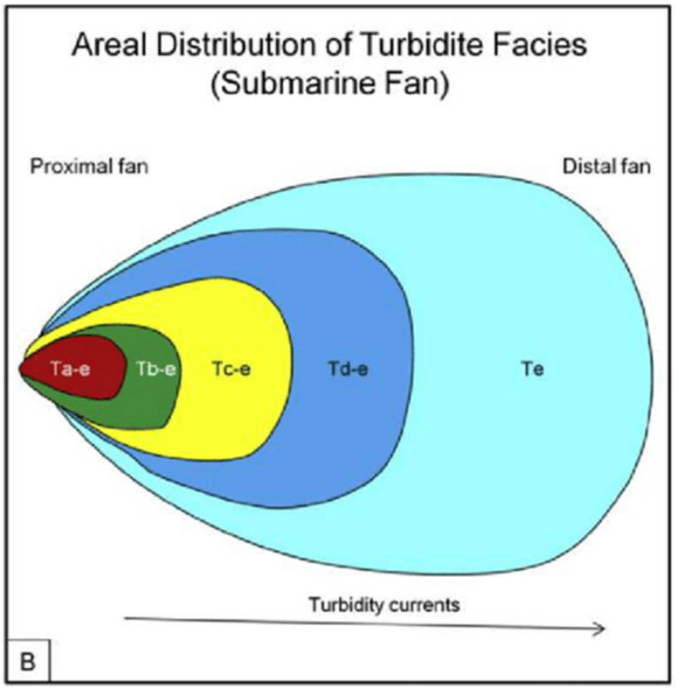
(Submarine fan lobe Facies).



سحنة المراوح تحت البحرية
(Submarine fan lobe Facies).



(Bouma, 1962, his Figure 8)



(Bouma, 1962, his Figure 25)

هناك العديد من العوامل المسيطرة والمؤثرة على ترسب الرواسب
وبالتالي محددة لنوع الصخورالرسوبية والسحنات الناتجة عنها.
وبصورة عامة تتمثل العوامل الرئيسة بكل من:

أولاً: العمليات الترسيبية

تترك العمليات الترسيبية سجلها على الرواسب بشكل
تراكيب وأنسجة رسوبية

sedimentary structure and texture

وبعض من هذه العمليات تكون مثالية ومميزة ،لبيئة رسوبية معينة،
في حين تحصل العمليات الأخرى في مدى واسع من البيئات
أي أنها لاتكون مميزة لبيئة معينة.

ثانياً: البيئة الترسيبية

يمكن تعريف البيئة على أساس متغيرات فيزيائية أو كيميائية أو حياتية،

وبذلك فهي قد تكون بيئة تعرية،

او بيئة عدم ترسيب، أو بيئة ترسيبية.

وتتمثل العوامل الفيزيائية المهمة في تعريف البيئة بكل من :

- عامل عمق المياه water depth
- والملوحة salinity
- ودرجة الاضطراب degree of agitation

وان كل من هذه العوامل تؤثر وتتحكم بمعيشة الأحياء في أو على الرواسب

أو في تكوين الرواسب.

أما العوامل الكيميائية المهمة فهي كل من :

- جهد الأكسدة Eh
- ودرجة الحموضة Ph

وذلك لكل من السطح والماء المسامي المؤثرة في الأحياء، وترسيب المعادن.

ثالثاً : الوضع التكتوني

يعد الوضع التكتوني من أهم

العوامل المؤثرة مادام يتحكم بالوضع الترسيبي
depositional setting

وعلى هذا الأساس

قد يحدث الترسيب في الحافة القارية أو قاع المحيط أو الخنادق أو الجزر.

كما يعتمد كل من معدل عمليات الرفع والتموضع المستوي،

ومستوى الفعاليات الزلزالية، ووجود البراكين

على الوضع التكتوني

وبالتالي ينعكس ذلك على عملية ترسيب الرواسب

رابعاً: المناخ

يعد المناخ العامل الرئيس في التجوية الهوائية والتعرية وكلاهما يرتبطان بالتركيب المعدني للرسوبيات القارية الفتاتية.

كما ان المناخ هو عامل مساعد في تكوين بعض التشكيلات الصخرية مثل المتبخرات والصخور الكلسية.

ويضاف إلى عاملي التكتونية والمناخ عاملين أساسيين آخرين هما كل من
تجهيز الرواسب sediment supply
والإنتاجية العضوية organic productivity

فمثلا تساعد المعدلات القليلة من تجهيز الرواسب
بتكوين رواسب الصخر الكلسي والمتبخرات والفوسفات والحديد.
في حين تكون المستويات العالية من الإنتاجية العضوية مهمة جدا
في تكوين الصخر الكلسي والفوسفات والصوان والفحم والسجيل النفطي.

ومن دراسة البيئات الترسيبية المعاصرة والقديمة والعمليات الترسيبية والسحنات
فان موديلات سحنية *facies models*
عامة قد وضعت لإظهار العلاقات الجانبية والعمودية بين السحنات.
وقد سهلت هذه الموديلات
من تفسير *sedimentary sequence* وكذلك سمحت بالتنبؤ بكل من التوزيع السحني ،
التتابعات الرسوبية والهندسي لها
وقد وضع أهمية التعاقب العمودي للسحنات لأول مرة من قبل جوهانس والتر
Johannes Walther
وذلك في نهاية القرن التاسع عشر في قانونه المعروف بقانون مضاهاة السحنات
(Law of the Correlation of facies)
والذي ينص على أن السحنات المختلفة في التتابع العمودي تعكس البيئات التي كانت في الأصل
مجاورة لبعضها البعض، ومبرهنة بذلك على انه لم يكن هناك توقفات رئيسة في الترسيب.

كما ان التغيرات العمودية في السحنات تنتج من تاثير كل من
العمليات الداخلية للترسيب والعمليات الخارجية.

وتتمثل العمليات الخارجية الرئيسة بالحركات التكتونية،
التي تعمل بمقياس عالمي اقليمي، والمناخ.
وكلا هذين العاملين
يؤثران على موضع مستوى سطح البحر *sea level*
ووهو العامل الأكثر تأثيرا على تطور السحنات،
وتشكل الرسوبيات

خامساً : العلميات التحويرية (النشأة المتأخرة – الدياجنيزية):

يقصد بالعمليات التحويرية هي كل العمليات التي تبدأ بالتاثير على الرواسب
حال ترسبها والى بداية عملية التحول

ويذلك فان دراسة الصخور الرسوبية والتفكر بها لا تتوقف على التفسيرات البيئية، بل ان هناك قصة طويلة من الاحداث تحدث لها منذ بداية ترسبها وهي ما يعرف بالعمليات التحويرية. فخلال هذه العمليات تتكون الصخور الرسوبية الصلبة من الرواسب المفككة وغير المتصلبة.

هناك عدة انواع من العمليات التحويرية امكن تمييزها.
الا انه يمكن تقسيمها الى قسمين أساسيين اوليين
التي تحدث منذ بداية الترسيب الى مرحلة الدفن الضحل shallow burials ، وهما:

- العمليات التحويرية المبكرة early diagenesis التي تحدث خلال عملية الدفن العميق deep burial
- العمليات التحويرية المتأخرة late diagenesis .
- عمليات الرفع اللاحقة subsequent uplift

تتمثل العمليات compaction واعادة التبلور ، recrystallization،
بكل من عمليات الاحكام والاستبدال replacement التحويرية
والاذابة dissolution والنشأة الموضعية للمعادن، authigenesis
والسمنتة ،cementation وغيرها.

تعد دراسة العمليات التحويرية مهمة جدا لعدة أسباب، فمثلا يمكنها تغيير كل من التركيب المعدني والنسيجي للرواسب، وفي بعض الحالات قد تؤدي الى تدمير التركيب الاصلي بشكل كامل

كما تؤثر العمليات التحويرية على كل من مسامية ونفاذية الرواسب، وبالتالي التاثير على الخصائص المكمنية لها كخزائن للنفط والغاز والمياه.

الطرق المستخدمة في دراسة الصخور الرسوبية:

تبدأ دراسة الصخور الرسوبية عادة في الحقل. لكن وفقا لموضوع الدراسة واهمية التحريات فان هناك، عدة وسائل اخرى لها.

وبذلك تجمع النماذج بمقاييس مختلفة من كبيرة macro ودقيقة micro أو مجهرية ودقيقة جدا nano ، وكذلك تستخدم تقنيات معقدة والالات مختلفة في تحديد معدنية الرواسب، وجيوكيميائيتها.

وقد تستنبط هذه التجارب في محاكاة ظروف الترسيب. كما ان المعلومات الماخوذة من كل من الحقل و المختبر يمكن اخضاعها للاختبارات الاحصائية والتحليلات الكمبيوترية المختلفة.

كما يجب الاخذ بالاعتبار كل الادبيات الموجودة عن الصخور قيد الدراسة، واي اوصاف مشابهة لها من صخور وسحنات في مناطق اخرى، معا مع مرادفاتها المعاصرة.

وبذلك فبجمع كل هذه المعلومات
يصبح بالامكان تفسير الصخور قيد الدراسة
بالنسبة لأصلها
والعمليات الترسيبية المؤثرة
والبيئة الترسيبية، والجغرافية القديمة
والتأريخ التحويري(الدياجنيزي)،
فضلا عن الاهمية
الاقتصادية الممكنة والكامنة لها