

Les milieux de dépôt

Introduction

Selon la localité et les caractéristiques, il existe trois types milieux de dépôt :

- Les milieux continentaux
- Les milieux mixtes
- Les milieux marins

Ces trois grandes catégories sont subdivisées par leurs tours. Chaque milieu du dépôt et son contenu sont contrôlés par :

- Facteurs physiques : comme la vitesse et la direction des vents et des courants ;
- Facteurs chimiques : il s'agit principalement du chimisme de l'eau comme la salinité ;
- Facteurs biologiques : il s'agit de la distribution de la faune et de la flore dans l'environnement ;
- Caractères géographiques et géologiques : des domaines avoisinants et du domaine de dépôt lui-même, notamment la nature des roches à l'affleurement, une éventuelle instabilité tecto orogénique, les formes du reliefs, l'altitude, l'étendue,

Les milieux continentaux :

Ces milieux se situent sur le continent et sont caractérisés par l'absence de la mer, ils englobent les milieux terrestres avec absence de l'eau, les milieux aquatiques avec présence de l'eau et les milieux glaciaires.

En milieu continental, les rivières et les fleuves constituent les principaux agents dynamiques responsables de la collecte des particules détritiques issues de l'altération et de l'érosion, puis de leur transport jusque dans les bassins lacustres et marins.

Ces milieux se définissent par l'absence de la mer. Ils englobent les milieux terrestres, dans lesquels la sédimentation s'effectue à sec ou du moins sans intervention permanente de l'eau, comme par exemple le milieu désertique ; les milieux aquatiques, dans lesquels la sédimentation est notamment conditionnée par la présence de l'eau et par sa plus ou moins forte agitation, ces milieux se subdivisant à leur tour en milieux alluviaux, milieux lacustres et milieux palustres, que représentent respectivement les cours d'eau, les lacs d'eau douce ou d'eau salée et les marécages ; et les milieux glaciaires qui caractérise l'intervention de l'eau sous son état solide

La préservation des sédiments fluviatiles est favorisée dans les zones de fortes subsidence et accumulation, comme à la périphérie immédiate des océans en expansion ou dans les bassins versants intra-montagneux bordés de failles.

Milieu désertique :

Source : Chamely 2004.

Les actions éoliennes prédominent dans les régions où la pluviosité est inférieure à 250 millimètres par an, et où la température élevée favorise l'évaporation. Cela explique l'importance des déserts tropicaux, qui occupent environ 20 % des surfaces terrestres entre 10° et 30° de latitude, et où les vents (alizés) soufflent principalement du continent vers la mer. Des zones désertiques existent en dehors des régions tropicales, notamment là où les pluies sont défavorisées par des écrans montagneux ou bien par l'éloignement des grands bassins d'évaporation marine (ex. Asie Centrale).

Les régions désertiques balayées par les vents sont le plus souvent dénudées, et constituées de plateaux où la roche affleure ainsi que des blocs et cailloux trop lourds pour être déplacés. Seuls 20 % de leur surface sont recouverts de dépôts éoliens, dominés par des sables (in Walker, 1988 ; in Chamley, 1988). S'y ajoutent des cours d'eau et des lacs, essentiellement temporaires. Au cours des périodes froides du Pléistocène, l'extension des déserts a souvent été plus grande qu'actuellement, attestant d'une importance accrue des alizés, des remontées d'eau profonde sur les marges continentales (upwellings), ainsi que des transferts de sable à terre et vers la mer.

Les grandes accumulations dunaires, où se trouvent près de 99 % des sables éoliens actuels, sont inféodées aux principales zones de vent et de pression. Les flots de sable, comme ceux qui parcourent le Sahara, sont distribués en bassins de drainage comparables aux bassins versants fluviaux, même si les relations avec la topographie sont limitées car le sable poussé par le vent franchit aisément les cols topographiques. Les principaux flux éoliens sont généralement dirigés depuis le centre vers les bordures des continents, et participent de ce fait à la sédimentation détritique marine. C'est particulièrement le cas dans l'océan Atlantique au large du Sahara (figure 5.13) où la contribution éolienne à la sédimentation pourrait avoisiner 260.106 t/an, ainsi que dans le Pacifique Nord, à l'Est et à l'Ouest de l'Australie, et au Nord-Ouest de l'océan Indien.

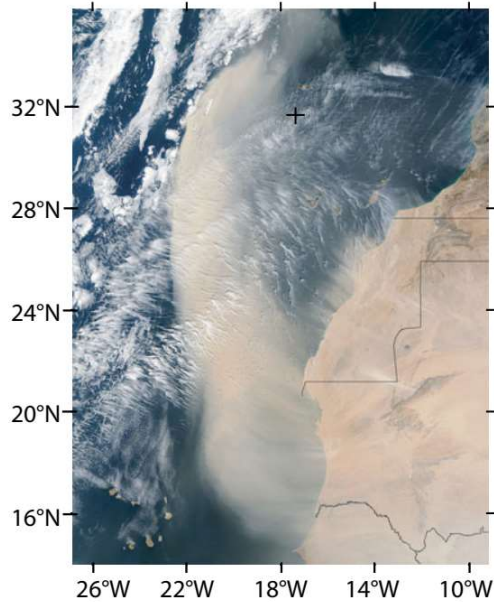
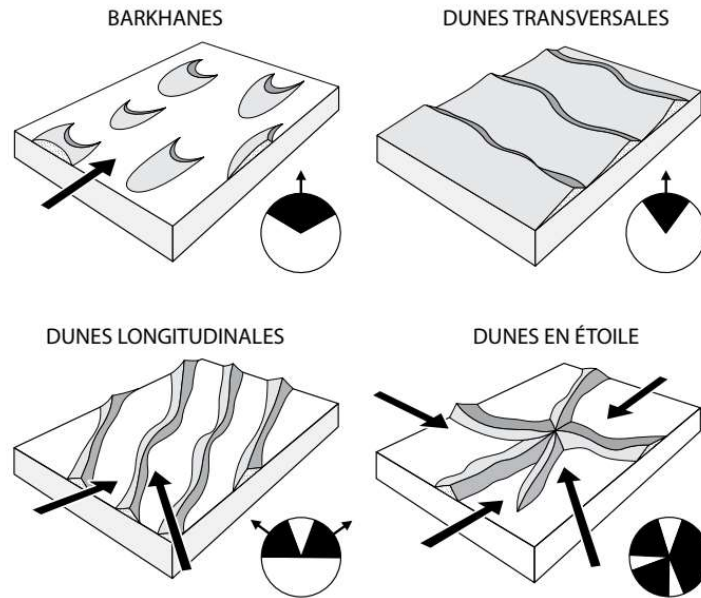


Image satellite MODIS prise en mars 2004, d'une tempête de sable au large du Maroc et de la Mauritanie (in Brust & Waniek, Deep Sea Research 2010).

Types des dunes éoliennes :

Formées par l'accumulation des sables comprennent plusieurs types principaux :

- **les barkhanes**, structures en croissants à forte convexité face au vent, sont de taille réduite (hauteur décimétrique à métrique, largeur métrique à décimétrique). Nées à l'abri de buissons, rochers... elles sont isolées ou en groupes restreints, et correspondent à des flux sableux d'abondance modérée ;
- **les dunes transversales**, allongées perpendiculairement au vent dominant, ont une forme comparable à celle des barkhanes mais sont plus grandes (hauteur décimétrique à métrique, largeur hectométrique), moins convexes (angle moins variable des vents locaux), et alimentées par des flux sableux importants ;
- **les dunes longitudinales (seifs)**, allongées par rapport aux vents dominants, sont déterminées par des vents à résultante hélicoïdale double, provoquant des pendages symétriques des couches sableuses. Elles sont souvent de grande taille et, très allongées, disposées en alignements séparés par des couloirs déprimés ;
- **les dunes en étoile** résultent de vents de plusieurs types, soufflant avec des intensités comparables selon la saison ;
- **les ergs** correspondent à l'agencement complexe, sur de grandes surfaces, des différents types de dunes dans les déserts.



Formation de quatre principaux types de dunes (d'après McKee, in Nichols, 1999).

Caractéristique des dépôts éoliens dans les séries anciennes :

Les sédiments éoliens fossiles se reconnaissent principalement par les caractères suivants :

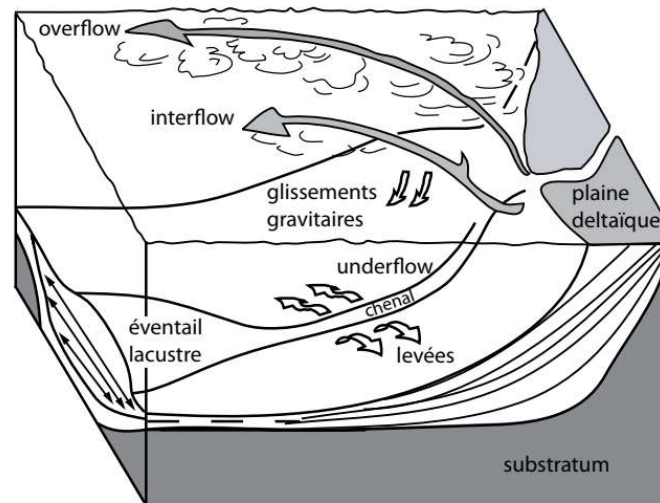
- Grains sableux émoussés et dépolis, bien classés et à matrice argileuse rare (< 5%) ;
- Grande surface ;
- Stratifications entrecroisées à angles variés, souvent importants (jusqu'à 34°) ;
- Litages plans très inclinés, avec peu de rides de courant bien visibles du fait des troncatures successives par le vent ;
- Quartz extrêmement abondant avec souvent enduits ferrugineux, micas absents ou très rares ;
- Rareté voire absence totale des fossiles.

Les anciens sédiments mis en place par les eaux torrentielles dans les déserts se distinguent des dépôts fluviatiles de milieu non désertique par diverses particularités : granodécroissance brutale vers le haut des séquences, traduisant la chute rapide de l'énergie des eaux absorbées par le sable après les pluies ; présence de boues argileuses consolidées (mudstones) contenant des cailloux dispersés, ainsi que de niveaux à galets et de copeaux d'argiles, de polygones de dessiccation et de filons clastiques sableux remplissant les fentes, de rides d'adhésion (subémersion) ; fréquence des ciments ou croûtes calcitiques, des enduits ferrugineux, voire des ciments et incrustations de gypse ou d'anhydrite.

Milieu lacustre :

Les milieux lacustres occupent une partie relativement restreinte de la surface terrestre, les lacs constituent des dépressions continentales remplies par des eaux de salinité très variable, douces à hypersalines. Ils présentent diverses origines : **lacs de cratères** généralement sub-circulaires et de taille modeste (lac Pavin dans le Puy de Dôme), **lacs d'origine glaciaire** installés dans d'anciennes vallées en auge creusées par les glaciers et remplis lors de leur fonte (lacs périalpins : Léman, Annecy, le Bourget..., grands lacs canadiens et nord-américains), **lacs liés au fonctionnement d'un rift** (lac Baïkal, lacs Est-Africains : Malawi, Tanganyika, Victoria...), **lacs de montagne** liés à la présence d'un verrou permettant la retenue d'eau. On distingue également des plans d'eau salée voire hypersaline au fond des **sebkhas**, notamment dans le domaine péri-méditerranéen et dans les secteurs sub-désertiques à désertiques (Grand lac salé dans l'Utah USA, Lac Eyre en Australie...). Ces plans d'eaux peuvent occasionnellement s'assécher et donner lieu à la précipitation d'évaporites variées, dont la nature dépend de la composition de la masse d'eau (Rouchy & Blanc-Valleron, 2006).

Comme en domaine marin, les lacs sont soumis à des apports détritiques fluviaux ou éoliens, ainsi qu'à des apports biogéniques d'organismes benthiques ou planctoniques d'eaux douces (diatomées, harophytes...) ou tolérants (euryhalins) vis-à-vis des variations de salinité (ostracodes par exemple). Les processus sédimentaires sont également en partie comparables : constructions de deltas, glissements gravitaires, mise en place de turbidites, influence de la houle dans les grands lacs. En revanche, certains processus diffèrent en raison de variations de densité des eaux contrôlées par la température et la salinité. Par ailleurs, les lacs sont très sensibles aux fluctuations saisonnières et climatiques qui affectent leur bassin versant. Ces fluctuations entraînent souvent des variations annuelles des apports détritiques ou organiques, à l'origine d'alternances millimétriques de lamines sédimentaires de nature et de composition différentes appelées varves.



Modèle synthétique de sédimentation clastique en milieu lacustre (d'après Van Rensbergen, 1996).

La masse d'eau lacustre

L'eau des lacs est souvent caractérisée par une stratification en couches aux propriétés physico-chimiques différentes (densité, température, salinité, oxygénation, teneur en éléments dissous...). La couche la plus superficielle ou **épilimnion** présente généralement une bonne oxygénation et d'importantes variations de températures saisonnières qui influencent la densité des eaux (encadré). Les couches d'eaux de fond ou **hypolimnion** sont parfois dysoxiques voire anoxiques car la stratification des eaux s'oppose au renouvellement de l'oxygène consommé en profondeur. En l'absence d'un brassage significatif l'hypolimnion présente une plus grande stabilité annuelle des paramètres physico-chimiques. Le **métalimnion**, couche peu épaisse de transition entre épi- et hypolimnion, se caractérise par un changement rapide des paramètres physico-chimiques tels que la température (thermocline) et la densité (pycnocline).

Caractéristique des dépôts éoliens dans les séries anciennes :

Les meilleurs critères de reconnaissance sont fournis par l'absence de flore et de faune marines. Ces critères sont toutefois peu utilisables pour les épaisses séries précambriennes, dont les fossiles sont souvent rares et de milieux non reconnus.

Par ailleurs les séries lacustres à caractère chimique prononcé sont généralement azoïques, mais elles contiennent parfois des minéraux qui n'existent pas en mer (borates, trona, sels complexes). Des indices liés aux structures sédimentaires sont souvent utiles : absence de figures liées aux courants de marée (stratification oblique en épis), présence de structures en mamelons de faible longueur d'onde (40- 80cm), rythmites de types varves, séquences à grains croissant vers le haut puis faciès d'émersion consécutifs au comblement des lacs.

Les dépôts lacustres montrent aussi la présence d'une sédimentation mixte, carbonatée et silicoclastique, dominés par des laminites, riche en termes silto-argileux avec des figures de retrait sous aquatiques ou aériennes, puis riches en termes carbonatés issus de précipitations algaires saisonnières. Comme ils révèlent également la présence d'une sédimentation à dominante chimique et organique. Les conditions évaporitiques de climat aride sont marquées par le développement d'un immense lac salé, et par l'existence sur ses bordures de hauts-fonds à oolithes, de croûtes algaires et oncolithes, et de récifs construits.

Les milieux palustres :

Les marais sont des lieux de vie intense dont des secteurs sont recouverts par une tranche d'eau stagnante ou peu mobile et de faible profondeur tandis que d'autres secteurs sont émergés mais demeurent imbibés d'eau, cette eau pouvant être douce ou bien plus ou moins salée lorsque le marais est tributaire de la mer. Les marais salés ou saumâtres des régions tempérés sont plantés d'herbes.

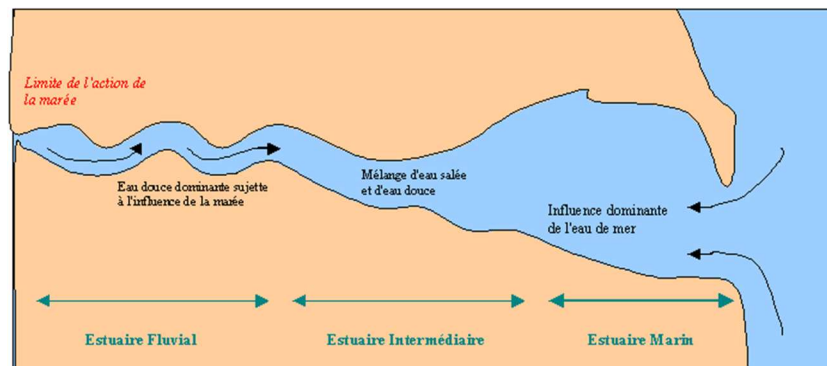
La sédimentation palustre est surtout conditionnée par la forme du marais, par sa profondeur, par la température, la salinité de l'eau, la présence des plantes. Les dépôts sont très fins, constituent des couches régulièrement stratifiées. Ils sont essentiellement chimiques mais peuvent être parfois entièrement faits de débris de plantes.

2. Les milieux mixtes :

Généralement, la transition entre environnement continental et environnement marin est assez graduelle. Un certain nombre de milieux peuvent être considérés comme mixtes, reflétant des influences à la fois marines et continentales : c'est le cas notamment des milieux littoraux, deltas et estuaires.

2.1. Les estuaries:

Les estuaires sont des zones particulières où interagissent les processus fluviaux et les processus marins. Les effets des vagues micro- et macrotidales sont particulièrement forts, tout comme le mélange des eaux fraîches et les eaux salées. Les estuaires sont connus dans tous les types de climat. Le sédiment caractéristique est la vase. La vase est formée de particules fines de la classe des lutites (limons, argiles), de sulfures et d'hydroxydes de fer et de colloïdes organiques. Comme dans les vasières littorales, qui sont souvent des dépendances d'estuaires, la marée délimite la *schorre*, zone supratidale couverte de végétation, et la *slikke*, vase non fixée de la zone intertidale. Dans les régions équatoriales, les estuaires sont colonisés par la mangrove.

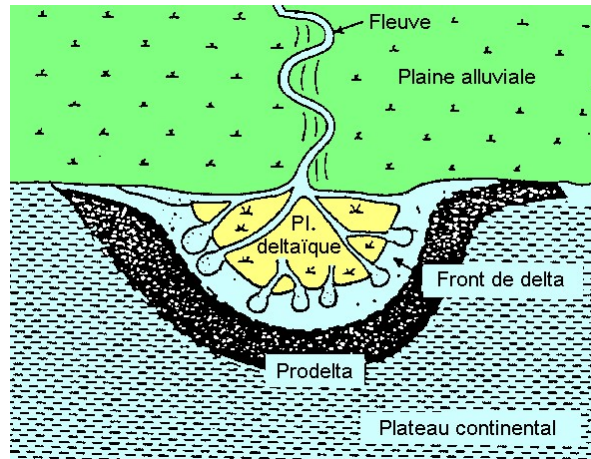


2.2. Le milieu deltaïque :

Un delta est un type d'embouchure qu'un cours d'eau peut former à l'endroit où il se jette dans un océan, une mer ou un lac. Il s'agit d'une zone d'accumulation alluviale triangulaire créée par un cours d'eau à son arrivée dans une mer à faible marée ou dans un lac.

Morphologie :

Un delta se décompose en 3 parties :



La plaine deltaïque est le prolongement de la plaine alluviale. Elle est parcourue par un réseau de chenaux ramifiés, les distributaires. Entre les chenaux s'étendent des zones marécageuses et garnies de végétation sous climat humide.

Le front du delta est le prolongement de la plaine deltaïque sous la mer.

Le prodelta est la partie la plus externe et la plus profonde du delta ; il repose sur les sédiments marins de la plate-forme littorale

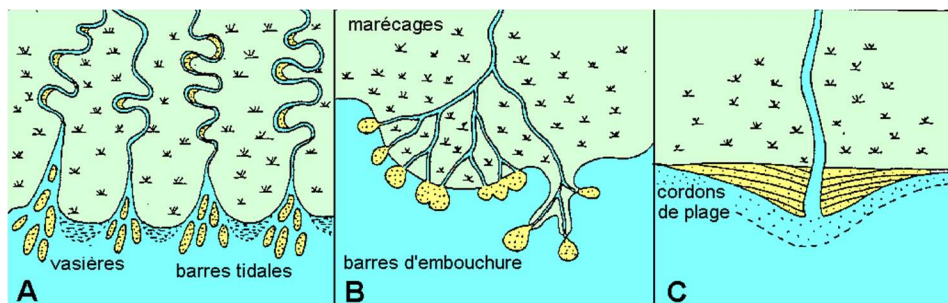
Principaux types de deltas

La morphologie des deltas dépend de l'importance relative de 3 facteurs qui sont le volume des apports sédimentaires du fleuve, l'énergie des vagues et l'énergie de la marée.

* **Deltas à dominance fluviale** : ils sont lobés ou allongés (ou en "patte d'oiseau", comme le delta du Mississippi). Dans la plaine deltaïque, les distributaires sont nombreux et rectilignes ; il s'y dépose des barres sableuses. Les distributaires sont bordés par des levées qui les isolent des zones interdistributaires plus basses et marécageuses. A l'embouchure des distributaires (front du delta) se déposent des barres sableuses qui progradent sur les sédiments fins du prodelta.

* **Deltas à dominance de marée** : les chenaux sont méandriques et évasés à leur embouchure ; le sable s'accumule en barres de méandre et en barres tidales à l'embouchure.

* **Deltas à dominance de vagues** : l'action des vagues se fait sentir sur le front du delta ; les sables sont remaniés et forment des cordons littoraux et des plages ; les particules fines sont dispersées vers le large.



Les 3 types de deltas (A) dominance de marée; (B) dominance fluviale; (C) dominance de vagues.

Les faciès deltaïques

a) Plaine deltaïque

Les sédiments sont des faciès de plaine alluviale affectés par l'influence des marées. Des barres sableuses et des galets se déposent dans les chenaux. Les zones interdistributaires sont constituées de limons et argiles, riches en matière organique sous climat humide, en évaporites sous climat sec et suffisamment chaud. En climat semi-aride se développent des encroûtements calcaires, en climat aride peuvent se former des dunes éoliennes à partir des sables fluviaux.

b) Front de delta

C'est le lieu de rencontre des eaux douces chargées de sédiments et des eaux salées. La forme de sédimentation est différente selon la densité de l'eau du fleuve, fonction de la charge, et la taille des particules transportées. Si la densité de l'eau douce est voisine de celle de la mer, la charge se dépose rapidement en une barre de front de delta. Pour une densité d'eau douce plus grande, la charge forme un courant de densité qui suit le fond et gagne le large. Pour une densité plus faible, les particules en suspension forment un nuage qui se disperse à la surface de l'eau de mer (cas de l'Amazone).

c) Prodelta

Il s'y dépose des sédiments fins généralement bioturbés car très riches en matière organique d'origine continentale.

Éléments diagnostiques des deltas:

- **Contexte** : les deltas sont situés en contexte de marge passive ; ils sont associés à des dépôts fluviaux et à des sédiments littoraux. Grossièrement triangulaires en plan et en forme de coin en coupe, leur superficie peut atteindre des milliers de km² pour une puissance parfois pluri-kilométrique;
- **Faciès**: Les sables montrent des stratifications entrecroisées. Les levées et la plaine deltaïque sont constituées de boues laminaires à bioturbées. Les boues pro-deltaïques contiennent des niveaux sableux occasionnels correspondant à des crues fluviales. Slumps et déformations syn-sédimentaires sont fréquents suite à l'inclinaison du front deltaïque;
- **Séquences de comblement**: contrairement aux séquences de comblement fluvial qui sont du type fining-upward, les séquences deltaïques sont de type coarsening-upward.
- **Fossiles**: la matière organique végétale est très abondante dans la plaine deltaïque (marais, mangrove). Des organismes de milieu palustre peuvent y pulluler. La faune des boues pro-deltaïques montre un caractère marin plus affirmé.

Le milieu de plateforme :

1. Définition

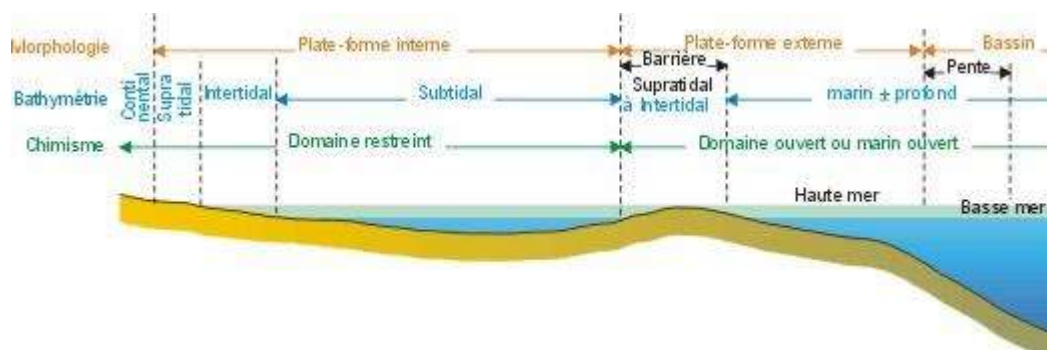
Les plates-formes occupent les fonds marins situés entre le littoral et le sommet du talus continental. La limite inférieure, marquée par le passage au talus est située entre 100 et 250 mètres de profondeur, mais lorsqu'il n'existe pas de rupture nette de pente dans le relief, on parle alors de rampe, cette limite est arbitrairement fixée vers -200 mètres. La largeur des plates-formes varie considérablement (d'environ 1 à 1 500 km), selon le relief des terres adjacentes et le contexte tectonique. Les plates-formes des marges passives du type Atlantique sont en général beaucoup plus larges que celles des marges actives du type Pacifique. Les dépôts grossiers, fréquents dans ces milieux de transition, constituent de bons réservoirs pour les hydrocarbures, susceptibles d'y être retenus à la faveur de recouvrements argileux ou de biseaux sédimentaires.

C'est une vaste étendue (édifice) formé par l'accumulation de sédiments, entre le continent et le bassin profond c'est à dire que la plate-forme est proche de la terre et de bassin, limitée par le littoral et la rupture des pentes continentales.
- Les sédiments de la plate-forme subissent à l'action des courants tidaux et des vagues de tempêtes.

On distingue en général deux grands types de plates-formes : les plates-formes où les processus sédimentaires sont dominés par l'action des vagues et les plates-formes où ces processus sont dominés par l'action des marées.

2. Caractéristiques des Plates-formes :

- Diversité des organismes ;
- La sédimentation est très diversifiée (Diversité des microfaciès) ;
- La présence des faciès ou des microfaciès liés aux courants, exemples : les tempestites ;
- La plus part des structures sont conservées, exemples : les terriers, la bioturbation, les traces des fossiles, l'effet des vagues,
- Parfois il y a une zonation des microfaciès et une zonation des organismes, mais les autres ont des zones spécifiques, puisque certains organismes ayant leur conditions de vie ;



Répartition des environnements sur une Plate-forme avec barrière.

2. Facteurs du milieu

L'action différentielle de certains facteurs de l'environnement sur les Plates-formes permet de définir un certain nombre de sous-environnements. Ces facteurs particuliers sont :

- La morphologie ;
- L'hydrodynamisme ;
- Le chimisme ;
- La pénétration de la lumière.

3. Types des Plates formes

3.1. De point de vue de la morphologie :

3.1.1. Plates formes sans barrière : (sans bordure) pas d'obstacle

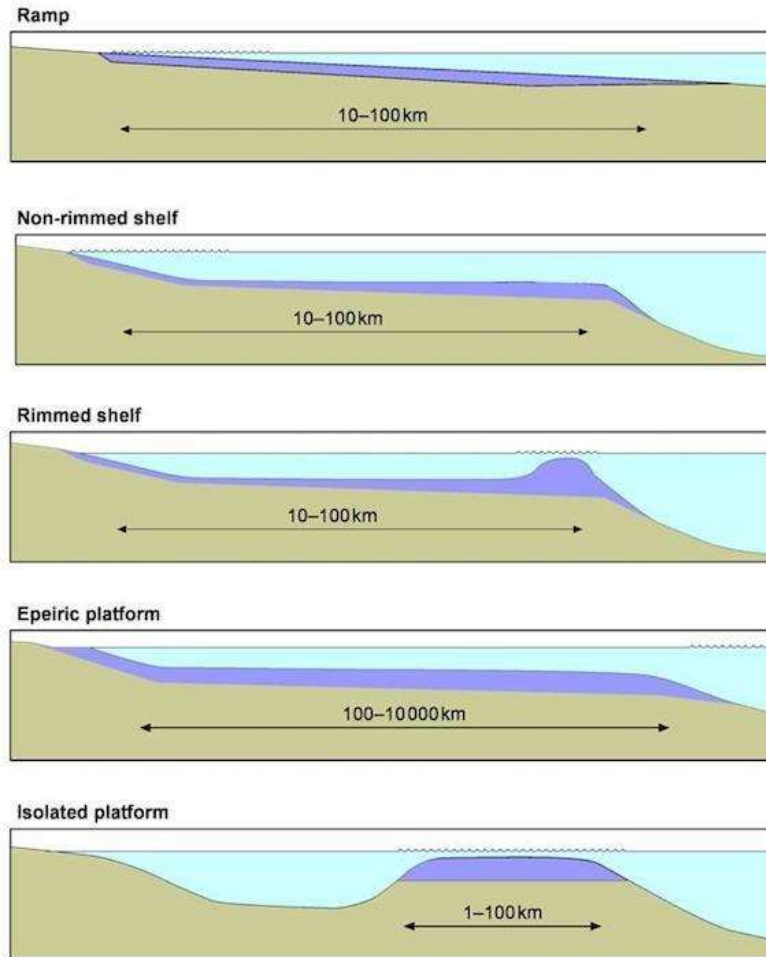
A partir de littoral jusqu'au large. **Ils sont appelés des Plates-formes ouvertes** Ils s'étendent en bordure de continent, source potentielle de sédiments clastiques terrigènes, représentent une rupture topographique nette à leur limite externe où se développe une pente conduisant au bassin. Les rampes : qui descendent régulièrement vers le bassin, en pente douce (< 1%), sans rupture topographique

3.1.2. Plates formes avec barrière (avec bordure) :

Elles sont appelées des Plates-formes différenciées, et elles génèrent des plates formes internes, moyennes et externes. Et la plupart de ce genre des plates-formes sont restreintes.

3.1.3. Des Plates formes isolées

3.1.4. Des plates-formes inondées



3.2. De point de vue de la composition (la construction) :

On a deux types des Plates-formes de point de vue de la composition (construction)

- Plates-formes détritiques ;
- Plates-formes carbonatées.

Type des Plates-formes	Plates formes détritiques	Plates formes carbonatées
Localisation	Elle existe dans les régions de climat tempéré	Elle existe dans les régions de climat chaud
De point de vue des organismes	Les algues diminuent, et les foraminifères augmentent	Les tapis algaires et les coraux
De point de vue de sédiments	Grès, argiles,.....	Carbonates

3.3. En fonction du contexte hydrodynamique : *trois situations principales s'observent dans les séries sédimentaires :*

3.3.1. Plates-formes abritées : des actions hydrodynamiques peuvent permettre le développement d'amas indurés de boues carbonatées et de débris divers piégés par les organismes, qui constituent des édifices sur les pentes jusqu'au-delà de la zone photique (Mud Mounds) ;

-Les organismes responsables du piégeage comprennent des Spongiaires, des algues, des bryozoaires, des crinoïdes, et des lamellibranches rudistes.

3.3.2. Les plates-formes modérément exposées aux vagues : favorisent le développement de constructions indépendantes disposées parallèlement à la côte, sur les Plates-formes à pente peu marquée. Il s'agit de récifs de taille restreinte et de formes sub-circulaires (Knolls).

3.3.3. Les plates-formes très exposées aux vagues et houles : sont le siège des constructions récifales proprement dites, en édifices proches (récifs frangeants) ou relativement éloignés (récifs-barrière) de la côte, ou encore en atolls circulaires au sommet d'îles volcaniques subsidentes. Caractérisés par l'abondance des Hexacoralliaires, les récifs corallins.