

Dépôts de plate-forme

La profondeur de la plate-forme peut varier entre 10 et 200 m (un bon exemple actuel de plate-forme siliciclastique est la Mer du Nord, mais la majeure partie des matériaux sont des reliques d'environnements glaciaires, fluviaux ou côtiers, formés avant la transgression post-glaciaire).

Les sédiments de plate-forme subissent l'action des courants tidaux et des courants et des vagues de tempêtes. On distingue en général deux grands types de plates-formes (Fig. III.14): les plates-formes où les processus sédimentaires sont dominés par l'action des vagues ("*weather dominated*"=WD) et les plates-formes où ces processus sont dominés par l'action des marées ("*tide-dominated*"=TD).

- Les courants modérés induisent la formation de rides sur les fonds sableux et les courants forts (>60 cm/s), de mégarides ou dunes sous-marines ("*megaripples*"). Ces dunes peuvent atteindre une quinzaine de mètres de hauteur pour une longueur d'onde de 500 m. La stratification est inclinée (avec "*foresets*") ou entrecroisée en auge. Dans le cas des rides, l'épaisseur des unités ("*sets*") est inférieure à 4 cm, dans le cas des mégarides, elle peut atteindre 1 m (très beaux exemples dans le [Sinémurien](#) de la Lorraine belge). Le sédiment sableux est bien classé.

- Le sédiment peut être également transporté par des courants générés par des tempêtes (courants de densité). Les plus grandes des structures ainsi produites peuvent ressembler aux rides de courants tidaux, avec stratifications entrecroisées. Un certain nombre de différences permet cependant d'effectuer la distinction:

- on n'observe pas de changements périodiques dans la direction des courants (herringbone);
- des stratifications en auge et mamelons (hummocky cross stratification) sont présentes.

Eléments diagnostiques des dépôts sableux de plate-forme

association avec des dépôts côtiers, voire des dépôts de bassin;

faciès: corps sableux lenticulaires (parfois de grande dimension) au sein de sédiments plus fins (argiles, shales). Sédiments matures, souvent bien classés: quartz, fragments de coquilles, glauconite. Nombreuses figures sédimentaires dont: HCS, stratification inclinée à grande et petite échelle, lits granoclassés (tempestites), etc.

la séquence progradante type est la suivante: boues bioturbées, boues à niveaux sableux de tempêtes, sables à HCS, mégarides à stratifications en auge ou inclinée;

fossiles: caractère marin ouvert, non restreint.

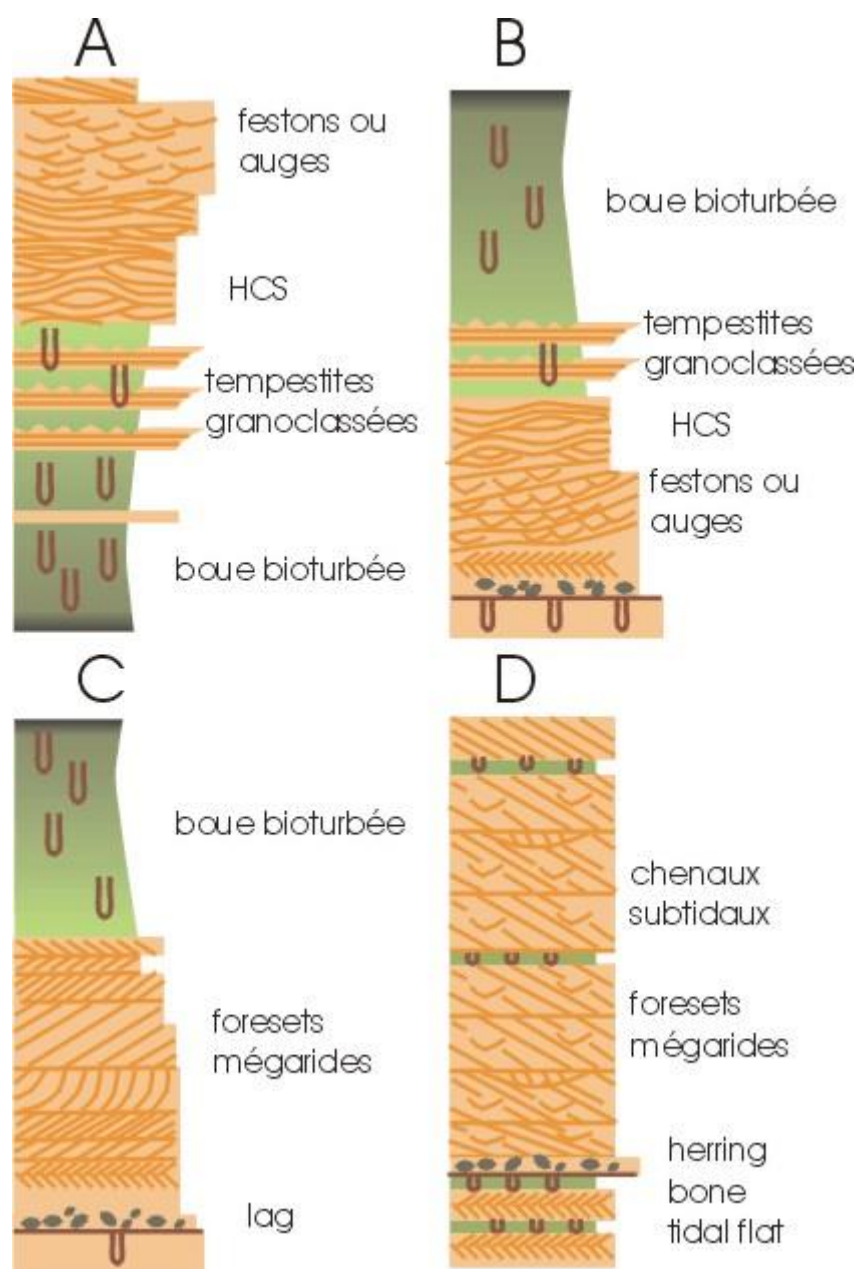


Figure III.14: quatre séquences typiques de plate-forme siliciclastique. A: plate-forme progradante de type "storm-dominated"; B: plate-forme rétrogradante de type "storm-dominated"; C: plate-forme rétrogradante de type "tide-dominated"; D: plate-forme aggradante de type intermédiaire.

4.2.6. Tempestites

Sur la plate-forme, entre la base de la zone d'action des vagues de beau temps (ZAVBT ou en anglais "Fair weather wave base") et la zone d'action des vagues de tempête (ZAVT ou "Storm wave base"), on observe dans des sédiments généralement fins, des niveaux sableux avec des stratifications en auges et mamelons (HCS, "hummocky cross stratification"): les *tempestites*.

Ces corps sédimentaires développés sur des plates-formes ouvertes, soumises à des tempêtes périodiques, montrent à la fois une évolution verticale, sur quelques cm à quelques dm (séquence dite de tempestite, Fig. III.15) et une évolution latérale, depuis des dépôts proximaux jusqu'à des dépôts distaux.

La séquence idéale de tempestite se caractérise par les éléments suivants (de bas en haut):

- des sillons (" furrows ") plus ou moins érosifs à la base, témoins de l'augmentation brutale de la vitesse des vagues et des gouttières d'érosion (" gutter casts"). Les sillons sont des figures de base de banc, concaves, de largeur supérieure à 50 cm ; les gouttières peuvent être droites ou sinueuses, ont de 2 à 25 cm de largeur pour une profondeur pouvant atteindre 15 cm. Leur surface peut comporter de nombreux "tool marks" et leurs parois latérales peuvent être abruptes;
- un premier dépôt grossier très souvent constitué de coquilles et débris;
- un sable avec des laminations planes parallèles, passant vers le haut à des stratifications en mamelons ("hummocky cross stratification"), puis éventuellement des stratifications de rides de vagues;
- des sédiments plus fins, souvent bioturbés: ces derniers dépôts correspondant à la sédimentation de "beau temps", avec une diminution de la vitesse de sédimentation et de la granulométrie.

Cette séquence est la plus complète. En zone plus distale, les sillons sont de moins en moins marqués et finissent par disparaître vers le large. En ce qui concerne la séquence sédimentaire, elle se réduit latéralement d'abord aux sables à stratification en mamelons, ensuite à des "strates granoclassées" laminaires d'épaisseur centimétrique, enfin à des sphéroïdes. Les sphéroïdes sont des objets ovoïdes cm à dm, déposés en lits, le grand axe dans la stratification. Ils sont souvent laminaires ou présentent des stratifications entrecroisées.

Il faut noter aussi qu'une caractéristique importante des tempestites est leur caractère amalgamé. Ceci signifie qu'une tempestite peut remanier une bonne part de la tempestite précédente, détruisant ainsi la partie supérieure de la séquence (sables à rides de vague, dépôt de beau temps).

Dans les séquences sableuses cycliques, on doit toujours rester attentif à faire la distinction entre tempestite et turbidite

Eléments diagnostiques des tempestites

contexte général de plate-forme;

absence de figures de base de banc de type flute casts et au contraire présence de sillons;

absence de granoclassement vertical;

présence de stratifications en mamelons et souvent absence de rides de courant.

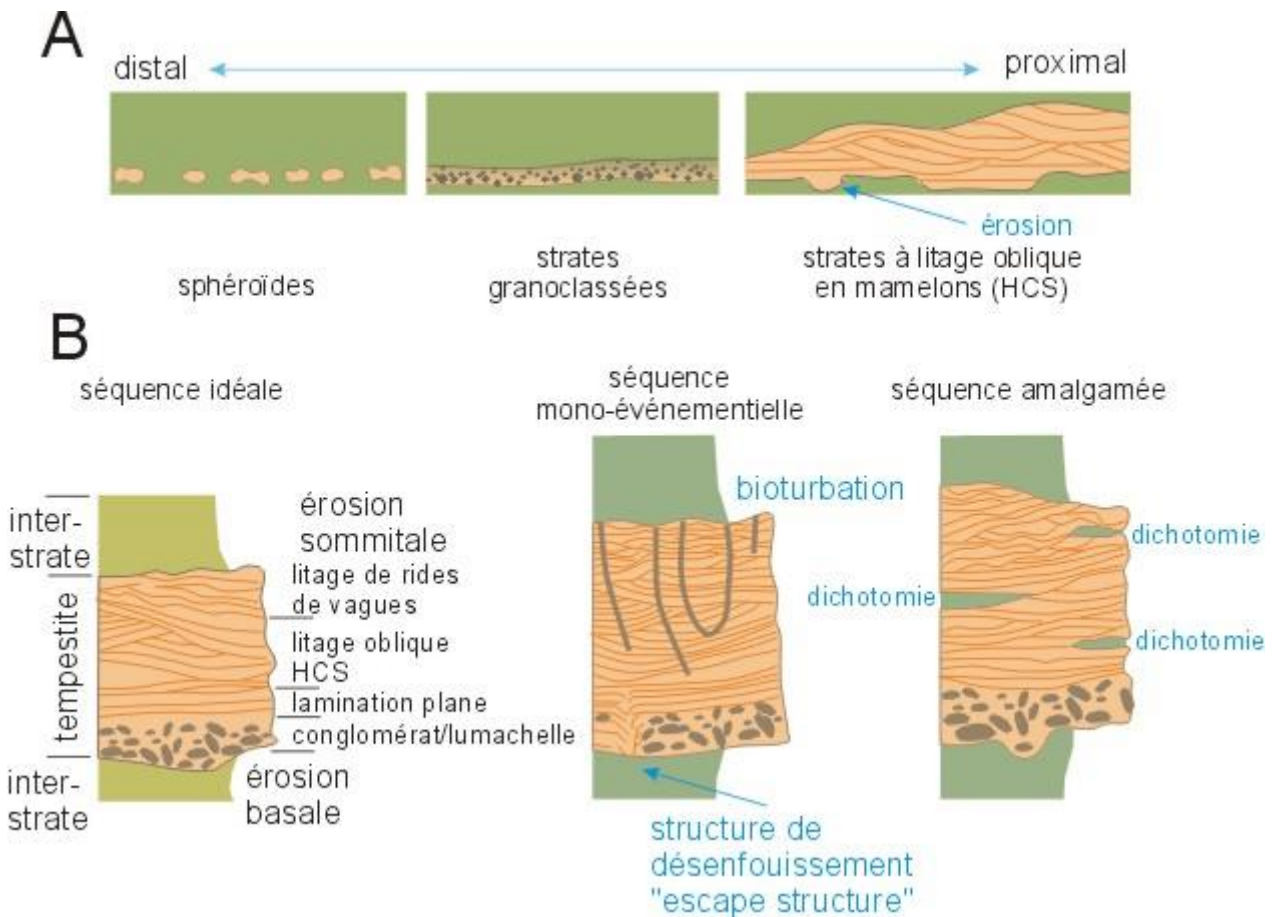
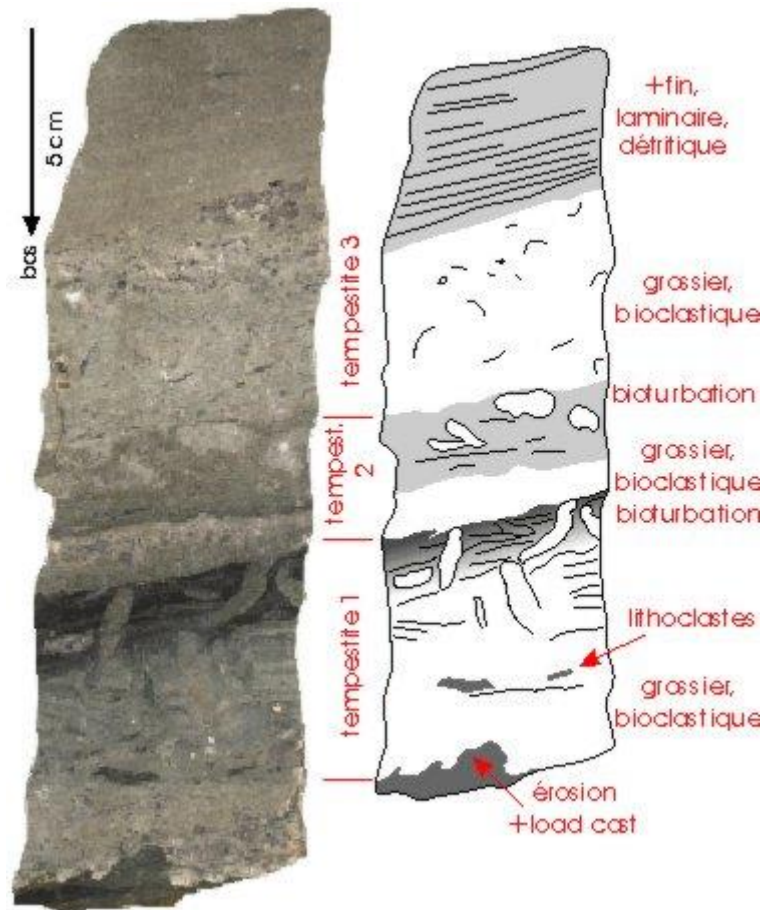


Figure III.15 A: position relative des trois principaux faciès des tempestites au sein d'un épandage sableux (la source d'alimentation n'est pas nécessairement le littoral: il peut s'agir de barres sous-aquatiques ou même de dépôts de tempêtes antérieures. L'évolution distal-proximal ne s'effectue donc pas nécessairement par rapport à la côte). B: séquences élémentaires à l'échelle de la strate pour plusieurs types de tempestites. Les tempestites amalgamées résultent de la superposition de plusieurs tempestites avec érosion basale des dépôts antérieurs.



Tempestite grés-carbonatée. Durnal, Famennien.



Exemples de tempestites. A: tempestites gréseuses proximales (niveaux gréseux largement dominants), Formation de l'Armorique (Dévonien inférieur), coupe de la Fraternité, Crozon, Bretagne. B: tempestites médianes (les niveaux gréseux sont séparés par des niveaux schisteux épais), Formation de Postolonnec (Ordovicien), coupe de Camaret, Crozon, Bretagne. C: tempestites carbonatées distales (accumulations de bioclastes), Formation de Reun ar Chrank (Emsien), Le Faou, Crozon, Bretagne. D: mamelons en surface d'un banc de grès, Formation de Luxembourg, Fontenoille, Belgique.

4.1.7. Dépôts de bassin

Les sédiments de bassin sont surtout des sédiments boueux. Les principaux sédiments grossiers qu'ils contiennent sont les [turbidites](#) (Fig. III.16). Il faut noter (Shanmugam, 1997) que l'appellation "turbidite" devrait être restreinte à des dépôts dont le mode de transport est un courant de turbidité, c-à-d. un fluide où les particules sont maintenues en suspension par la turbulence seule. On a vu qu'à ceci s'opposent notamment les debris flows, qui sont des écoulements gravitaires où les particules sont supportées par une matrice. Les turbidites vraies sont granoclassées et constituées de sédiments fins, à la différence des debris flows qui peuvent inclure des débris de toute taille.

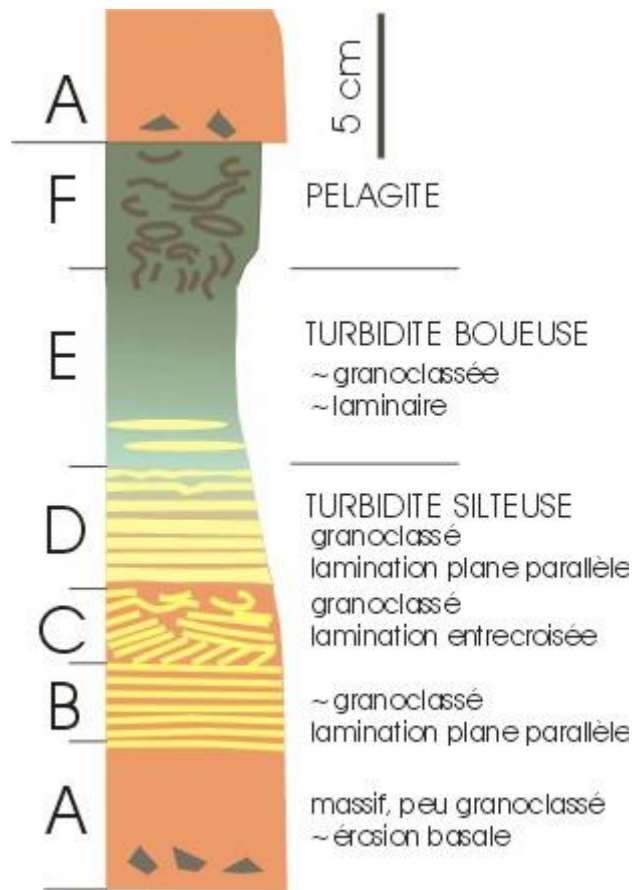


Figure III.16: séquence idéale de turbidite de moyenne densité ("séquence de Bouma").

A proximité des zones sources d'où proviennent les écoulements gravitaires (pieds de talus continentaux), les dépôts s'organisent sous la forme de lobes ou éventails sous-marins. Dans le détail et à partir du canyon sous-marin dont proviennent les sédiments, on peut distinguer (Fig; III.17):

- des dépôts de type debris flow (1) au niveau du chenal principal;
- les bordures des chenaux (levées) sont caractérisées par des faciès de débordement, sous la forme de minces niveaux de turbidites (2);
- plus en aval, les chenaux montrent des unités granoclassées de sable et gravier (3) ou massives de sable (4);
- entre les lobes proximaux et distaux, hors chenaux, s'observent des turbidites de moyenne densité (5) ou de faible densité (6) selon la distance à la source et la nature du matériel.

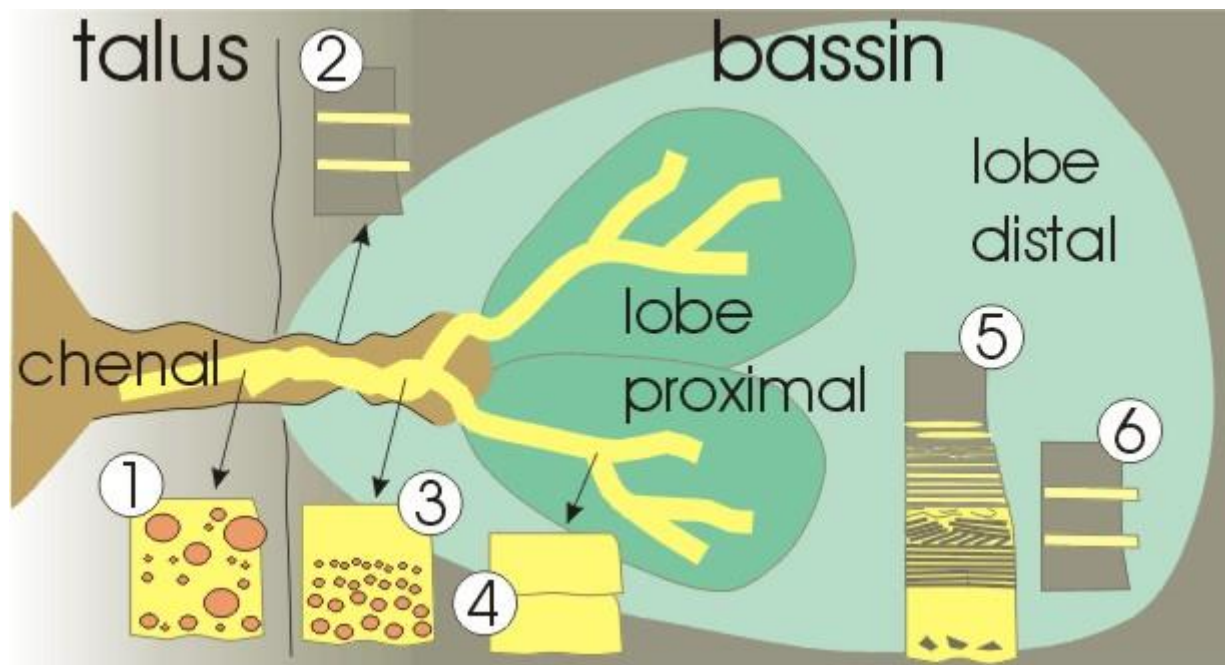


Figure III.17: organisation en plan des dépôts gravitaires au pied d'un talus continental. Explication des chiffres dans le texte. La taille du système est variable et peut atteindre plusieurs dizaines de kilomètres.

4.&8. Tsunamites

Les événements dramatiques des dernières années ont rappelé l'importance des *tsunamis*. Avec une fréquence moyenne dans la nature actuelle d'un tsunami majeur tous les 20 ans, on peut considérer qu'il s'agit de phénomènes susceptibles d'apparaître communément dans l'enregistrement sédimentaire. Or, les mentions de *tsunamites* sont rares. Il s'agit vraisemblablement d'un problème d'identification de ces dépôts, encore mal connus. Une possible source de confusion vient du fait que les énergies libérées par les tsunamis sont colossales et que leur influence peut se marquer dans tous les environnements marins, depuis la zone littorale jusqu'à plusieurs kilomètres de profondeur dans les bassins océaniques. L'enregistrement sédimentaire d'un tsunami peut donc correspondre à un niveau grossier en zone supratidale, à un corps ressemblant à une tempestite sur la plateforme et à une turbidite dans le bassin (Fig. III.18).

Les phénomènes susceptibles de déclencher un tsunami sont de quatre types:

- tremblement de terre sous l'océan: un mouvement vertical le long d'une faille déplace toute la colonne d'eau de la valeur du rejet; c'est ce qui s'est produit en décembre 2004 dans l'Océan Indien. Les tsunamis générés par les tremblements de terre se propagent très loin mais l'amplitude des vagues reste relativement faible, à peu près égale au rejet de la faille (jusqu'à 13 m pour le tsunami de 2004);
- un glissement de terrain ou une avalanche: dans ce cas, une masse importante de roche ou de sédiment déplace un même volume d'eau. L'amplitude du tsunami est grossièrement proportionnelle à la hauteur de la masse déplacée. Ces phénomènes génèrent des vagues

très hautes, mais dont la propagation est faible (en 1958, une avalanche de rochers dans la Baie de Lituya en Alaska a généré une vague de 500 m de haut);

- une explosion volcanique: un des exemples les plus célèbres est l'explosion du Santorin en Crète (vers 1500 av. JC). Le tsunami généré par l'explosion a ravagé tous les rivages de Méditerranée et provoqué la formation d'une méga-turbidite;

- un impact de météore ou de comète dans l'océan: dans le cas de météores de diamètre kilométrique, la hauteur du tsunami est égale à la profondeur de l'océan et sa propagation est mondiale. Outre la vague générée par le déplacement de la masse d'eau lors de l'impact, d'autres tsunamis secondaires se forment par des processus de rebond lors du remplissage de la cavité transitoire, par des glissements de terrains et des tremblements de terre.

Une fois généré, le tsunami se déplace dans l'océan, parfois sur des milliers de kilomètres, à des vitesses de l'ordre de 600 à 800 km/h. Son amplitude est faible, de l'ordre de quelques dm à quelques m, mais sa longueur d'onde peut atteindre des centaines de kilomètres.

Comme l'ensemble de la colonne d'eau est affectée, il semble que des sédiments de bassin de la gamme des silts puissent être déplacés. Lorsque le tsunami pénètre sur la plate-forme, sa vitesse diminue par frottement jusqu'à des valeurs de 30 à 60 km/h et sa hauteur augmente. Enfin, lorsqu'il arrive sur la plage, il ralentit jusqu'à une vingtaine de km/h et sa hauteur atteint un maximum. C'est à ce moment que sa force érosive est maximale. Des sillons profonds peuvent être creusés et du matériel venant de l'ensemble de la plate-forme peut être érodé et transporté. Une unité basale est formée, très grossière, comprenant localement des blocs de taille plurimétrique, des organismes de milieu marin ouvert et quelques stratifications indiquant un courant orienté du large vers le continent. Cette unité peut se mettre en place jusqu'à plusieurs km à l'intérieur des terres.

Après le passage de la vague, l'eau qui a envahi le continent commence à se retirer; une partie des sédiments déposés peut être remise en suspension et redéposée, mêlée à des débris venant du continent (plantes, artefacts,...) et avec des stratifications indiquant un courant de retour. Les vitesses de courant atteintes peuvent être très grandes, d'autant que cet écoulement de retour est généralement chenalisé. Lors du calme relatif qui suit, des sédiments plus fins peuvent commencer à s'accumuler, avant le passage éventuel d'une seconde vague, puisque la fréquence des tsunamis est de l'ordre de plusieurs dizaines de minutes, voire d'une heure. Comme dans le cas des tempestites, la mise en place de tsunamites amalgamées est donc possible.

En bordure de plate-forme et dans les bassins, le passage d'un grand tsunami peut s'accompagner du déclenchement d'écoulements gravitaires (debris flows et turbidites). Des dépôts de type debris flows peuvent s'observer également sur la plate-forme et même en zone littorale si la mise en suspension de sédiments conduit à la formation d'un écoulement visqueux.

Eléments diagnostiques des tsunamites

granulométrie plus grossière que les sédiments encaissants;

association avec des sédiments déformés (seismite);

érosion basale profonde;

sédiments mal classés; présence de blocs de grande taille, d'éléments remaniés de la plate-forme;

changement de sens des stratifications entrecroisées (flux et reflux);

stratifications entrecroisées de grande longueur d'onde (de l'ordre de la dizaine de m);

présence de débris (végétaux, artefacts) venant du continent;

avancée importante du niveau sédimentaire sur le continent.

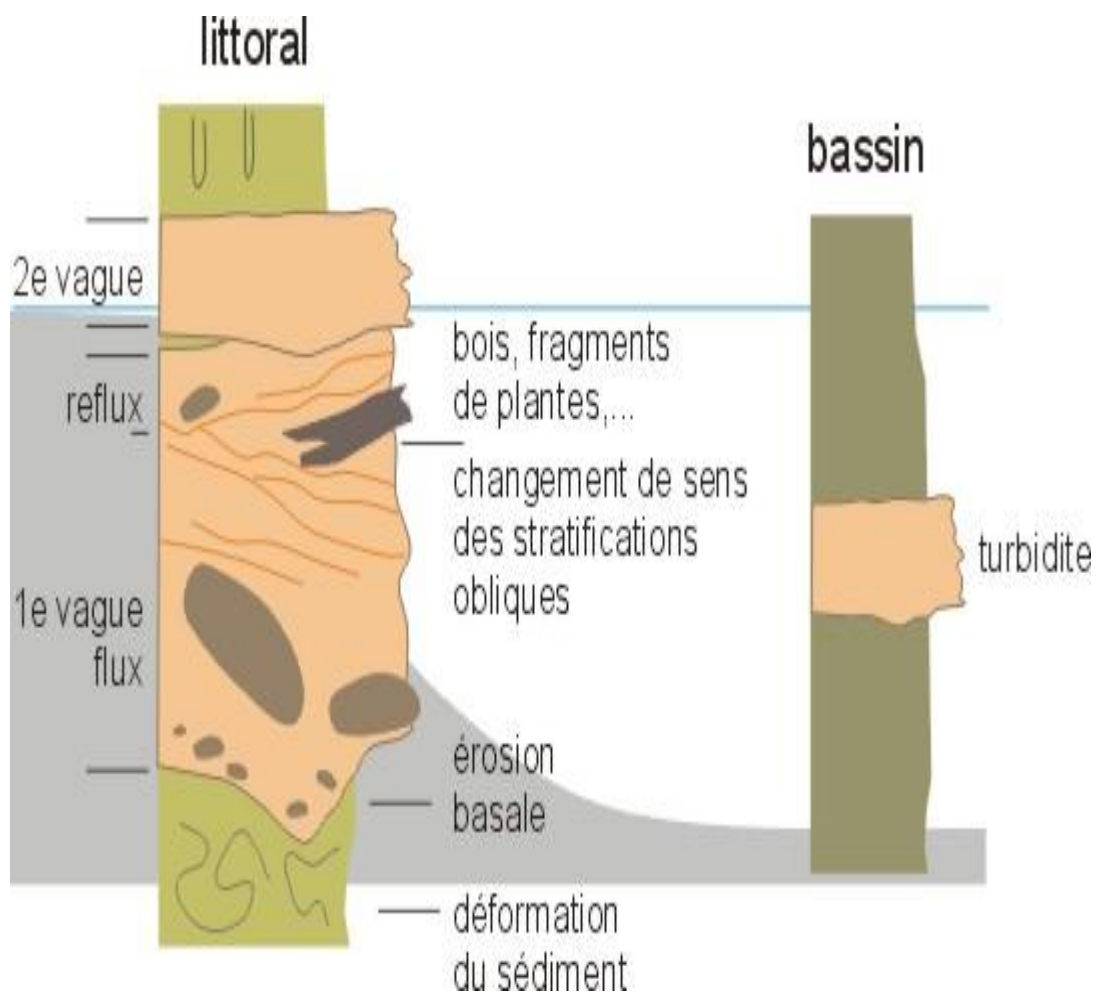


Figure III.18: modèles de tsunamites.



Bloc de calcaire récifal transporté par un tsunami. Lifou (Drehu), archipel des Loyauté.