

## GEOLOGIE REGIONALE – III

# GEOLOGIE DE LA BIRMANIE (MYAMAR)

## I. INTRODUCTION

La « République socialiste de l'Union de Birmanie » a été rebaptisée « Union du Myanmar » en 1989 par la junte militaire au pouvoir. Sa superficie de 678.527 Km<sup>2</sup> en fait le plus grand pays de l'Asie du sud-est. La Birmanie est une république fédérale constituée de sept « divisions » proprement birmanes : Sagaing, Mandalay, Maqwe, Pegu, Irrawaddy, Rangoon et Tenasserim qui se situent dans la zone de dépression de la Haute et Basse Birmanie. Elle comprend également sept Etats peuplés de populations non birmanes : Kachin, Chan, Kayah, Karen, Môn, Arakan, Chin, répartis dans le nord-est et l'est du pays et le long de la frontière indienne pour deux d'entre eux (Arakan et Chin) (fig. 1).

Le 7 novembre 2005, l'ancienne capitale Rangoon, instaurée du temps de l'empire britannique, est transférée à Pyinmana. Elle reste cependant la plus grande ville du pays (4 millions d'habitants) et le principal centre commercial et industriel (produits alimentaires, industries mécaniques, bois, construction navale) ainsi que le premier port du Myanmar.



Fig . 1 – Situation de la Birmanie (encart) et divisions politiques

En plus de la majorité birmane de souche, le pays regroupe plusieurs minorités ethniques avec leur langue et leur culture propres. Sept « ethnies nationales » sont reconnues par le gouvernement : Shan, Môn, Karen, Karenni, Chin, Kachin, Rakhine (Arakan). La Birmanie abrite également quelques centaines de milliers de Chinois, d'Indiens et de métis. Le chiffre de la population, en 2003, s'élevait à 48.852.098 habitants.

La Birmanie est entourée par le Bangladesh à l'ouest, l'Inde au nord-est, la Chine au nord et à l'est, le Laos et la Thaïlande à l'est. Le pays s'étend sur près de **2.000 Km de long**, de la péninsule du Tenasserim aux confins de l'Himalaya et sa **largeur n'excède pas 900 Km**. En dehors d'une bande côtière sur le golfe du Bengale, au sud-ouest, et la mer d'Andaman, au sud, le territoire principalement composé d'une zone déprimée comprenant le bassin de Haute Birmanie et le delta de Basse Birmanie, est encerclé par un système montagneux qui semble l'isoler du reste du monde (fig. 2).

## II. GEOGRAPHIE PHYSIQUE DE LA BIRMANIE

### A. La topographie (fig. 2)

#### Les entités géographiques

Le pays peut se subdiviser en **quatre grandes entités géographiques** :

- à l'ouest, s'étirent les **chaînes birmanes** composées de l'Arakan Yoma (**1.000 à 2.000 m d'altitude**) prolongées vers le nord par les Chin Hills, les Naga Hills et les Pakai Hills. Le mont Saramati y culmine à **3.827 m** ;
- s'étirant à l'est, du sud au nord, on rencontre la **péninsule du Tenasserim** et le **plateau Chan** traversé par le Salouen, vallée très encaissée ;
- au centre, entre le rebord du plateau Shan et les premiers contreforts de l'Arakan se trouve une zone déprimée de **1.000 Km de long**, s'étendant du delta de la Basse Birmanie au bassin de Haute Birmanie. Celle-ci est drainée par le Chindwin, le Sittang et l'Irrawaddy. La région de l'intérieur, qui s'ordonne autour du bassin de Mandalay où convergent Irrawaddy et Chindwin et d'où sort le Sittang, est connue sous le nom de **Haute Birmanie**, cœur historique du pays. La région côtière (zone alluvionnaire du delta de l'Irrawaddy et plaine du Sittang), bordée de nombreuses îles, est reprise sous le terme de **Basse Birmanie** ;
- au nord, la zone déprimée est fermée par les **Monts Kachin**, qui s'élèvent jusqu'au plateau tibétain à **6.000 m**.

### B. Le réseau hydrographique (fig. 2)

L'**Irrawaddy** ou **Ayeyarwady**, le plus long fleuve du pays (**2.100 Km dont 1.659 Km** sont navigables) a creusé son lit tout au long de cette zone de dépression en décrivant une large courbe en aval de Mandalay. Les géologues anglais, du temps de la colonisation, pensaient qu'il s'écoulait auparavant par la vallée du Sittang, tandis que l'affluent occidental, le Chindwin, et l'Irrawaddy supérieur servaient de débouché au Brahmapoutre, ce qui semble peu vraisemblable. Ses sources principales, tout au nord du pays, donnent naissance aux deux rivières Nanmai et Malikha qui se rejoignent près de la ville de Myitkyina. Une autre source se situant dans l'extrême sud-est du Tibet est le Taron qui conflue avec le Nanmai. Le long de son parcours, à travers la Haute Birmanie, près de la frontière chinoise, et ensuite la Basse Birmanie, il recueille les eaux de plusieurs affluents (Taping, Myitnge, Sindewa) dont le plus important est le Chindwin. Il se jette finalement dans la mer d'Andaman. Son cours inférieur est le site d'une espèce de cétacé gravement menacée, le dauphin Irrawaddy.

Le réseau hydrographique a découpé les terrains tertiaires en collines disséquées et ravinées, et a laissé des terrasses alluvionnaires anciennes et creusée d'amples vallées d'alluvions récentes. Les alluvions anciennes et récentes constituent la majeure partie de la Basse Birmanie comportant le delta à neuf branches de l'Irrawaddy, dont la principale est l'Eya. Le delta occupe un triangle de 30.000 Km<sup>2</sup>, de 290 Km du nord au sud et de 240 Km de large à la base. Il s'agrandit chaque année d'environ 60 mètres, ce qui traduit la quantité gigantesque d'alluvions que le fleuve charrie depuis son cours supérieur, 1.500 g/m<sup>3</sup>, soit 260 millions de tonnes annuelles à la tête du delta. Un sixième de ce dernier se trouve sous le niveau de la haute marée de printemps, provoquant des crues annuelles importantes. Le Sittang, lui, n'a réussi qu'à construire une plaine alluviale.

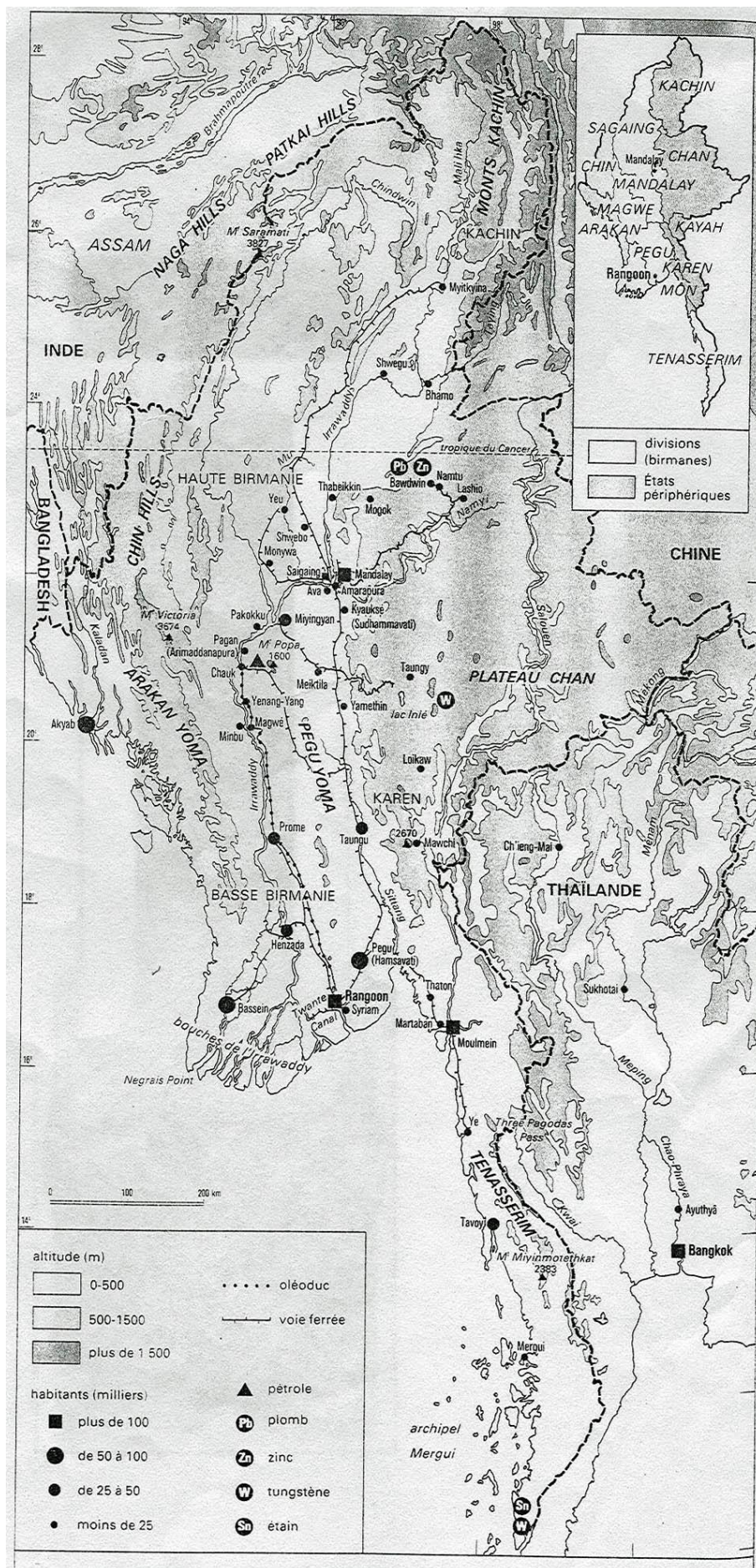


Fig. 2 – Carte hydrographique de la Birmanie. L'encart donne la répartition des divisions politiques. Cette carte reprend également les principales villes et leur population ainsi que les ressources minérales les plus importantes.

## C. Climat et végétation

Comme les autres pays de la région, le **climat** de la Birmanie est de **type tropical à mousson**, c'est-à-dire chaud et humide.

- La saison fraîche s'étend de novembre à février, avec des températures moyennes **de 24°C** ;
- la saison sèche et chaude débute en février et se termine en mai. Les températures moyennes s'élèvent à **34°C** et peuvent atteindre dans la zone déprimée **45°C** ;
- la saison des moussons prend la relève de mai à octobre, avec des températures moyennes de **28°C**. La pluviométrie varie beaucoup selon les régions: pluies très abondantes sur les côtes de l'Arakan et du Tenasserim (**3.000 à 5.000 mm par an**) mais insignifiantes dans la région centrale (de **200 à 1.000 mm**).  
Le degré hygrométrique varie avec les saisons mais atteint 90010 en saison des pluies.

### Les régions (fig. 3)

La géographie et l'histoire sont intimement liées en Birmanie et permettent de distinguer diverses régions :

- les **régions périphériques** qui correspondent aux Etats kachin, chan, kayah, karen, môn, arakan, chin et la Division de Tenasserim sont montagneuses et donc faiblement peuplées. Les forêts y prédominent. Le Tenasserim possède quelques cultures d'hévéas pour l'extraction du latex destiné à la fabrication de caoutchouc (à Tavoy et Mergui) ;
- la **Haute Birmanie**, comportant le bassin de Mandalay, zone de convergence des populations descendant vers le sud, est une région sèche (*Dry Zone*). Les pluies y sont rares, extrêmement irrégulières ou mal distribuées. La végétation naturelle correspond à un « sahel », formation ouverte d'épineux. Les sols variés y sont généralement médiocres : sols légers jaunes et rouges des anciennes alluvions ferruginisées ; ou lourds et noirs, mais riches en calcium et magnésium, à fort pouvoir de rétention d'eau. Les terrasses d'alluvions anciennes sont creusées de larges thalwegs à sec presque toute l'année. Des lacs salés s'étendent au cœur de la *Dry Zone*. Les collines déboisées ont une allure désertique. La Haute Birmanie a moins de rizières que dans le delta. Les paysans y cultivent le millet, le sésame, le coton, les arachides, la canne à sucre ;
- la **Basse Birmanie**, essentiellement dans le delta de l'Irrawaddy et la plaine du Sittang à l'est des dernières rides du Pegu Yoma. Bien que cette région soit régulièrement inondée, son climat est presque idéal : pluies abondantes et régulières favorisent la riziculture. La Birmanie est au 7<sup>ème</sup> rang des producteurs de riz. Les nouvelles terres dues aux dépôts des alluvions apportées par le fleuve sont généralement marécageuses et envahies par les mangroves.



### III. GEOLOGIE DU PAYS

#### A. Historique de la recherche géologique en Birmanie

Le premier document qui aborde la géologie du pays est le manuscrit de **M. R FITCH** (1599) relatant son voyage à travers l'Asie à la fin du XVI<sup>e</sup> siècle. Avant l'annexion de la Birmanie à l'empire britannique en 1886, les campagnes d'exploration ont été menées en vue de recenser les ressources du pays, tel le pétrole, le gaz, les pierres précieuses, mais aussi les curiosités géologiques comme les volcans de boue sur les côtes de l'Arakan. Les résultats de ces recherches ont été publiés principalement dans le *Journal of the Asiatic society of Bengal* et dans les annales de la *Geological society of India*.

Avant et juste après l'indépendance de la Birmanie en 1948, plusieurs compilations traitant de différents aspects de la géologie régionale sont parues: **PASCOE**, 1912; **LA TOUCHE**, 1913 ; **STAMP**, 1927; **CHIBBER**, 1934a et 1934b ; **CLEGG**, 1938, 1941 et 1954). D'autres travaux, plus récents (**BRUNNSCHWEILER**, 1966 et 1974 ; **BENDER**, 1983 ; **MITCHELL**, 1981 et 1989), reprennent également des éléments intéressants sur la géologie des différentes séries présentes dans le pays.

En ce qui concerne la cartographie, deux cartes géologiques sont disponibles : celle de **BENDER** (1983) au 1 : 2.000.000 et celle de la *Myanmar Oil and Gas Enterprise* (MAMO) au 1 : 1.000.000 publiée en 1977. Malheureusement, les informations reprises sur cette dernière touchent plus spécialement les secteurs d'intérêt économique.

#### B. Structures géologiques

##### A. Zones de relief

Les zones de relief correspondent à trois entités de structures géologiques entièrement différentes.

- Au nord, les **Monts Kachin** dépassent les 6.000 m d'altitude. Cette portion du plateau tibétain est constituée de terrains archéens et primaires dont les roches comprennent des gneiss, des granites et des calcaires cristallins. De profondes vallées indépendantes de la structure découpent ces reliefs, conséquence des plissements violents dont les principaux remontent à l'ère primaire. Des mouvements tectoniques accompagnés de manifestations éruptives ont joué un rôle important au Tertiaire, lors de la Collision de l'Inde avec l'Eurasie.
- A l'est, les terrains font partie du « socle de la Sonde » et ont été anciennement consolidés.
  - Le **plateau Chan** domine la dépression centrale, birmane par un escarpement de failles de plus de 1.000 m de dénivelé. Il est constitué de deux plates-formes inclinées vers l'est, l'une de 1.400 à 1.200 m d'altitude, l'autre de 850 à 800 m. L'une et l'autre sont surmontées de chaînons longitudinaux NE-SW, culminant à 2.670 m. Le socle cristallin précambrien est surmonté par une couverture de formations primaires. Ces terrains ont été

modelés par des plissements anciens. Ensuite, ces régions ont connu de longues périodes d'érosion et elles n'ont subi que des mouvements verticaux ou à très grand rayon de courbure. Dans ces terrains, primaires et secondaires dominent les calcaires; ceux-ci permo-carbonifères sont simplement faillés et gauchis. Ils ont subi une évolution karstique qui a multiplié les formes de dissolution en bassins fermés. Des vallées larges, peu profondes, aux versants doux, tapissés de *terra rosa* sillonnent le paysage. Le troisième fleuve du pays, le Salouen, y a creusé le plus long canyon du monde.

- Le **Tenasserim**, longue échine nord-sud de faible altitude (point culminant, mont Miyinmotethkat : 2.383 m), constitué de calcaires permien, a été affecté par une orogénèse jurassique avec intrusions de batholithes granitiques. L'érosion différentielle a mis en saillie les noyaux de granite et creusé les schistes plus tendres. Ces granites sont riches en cassitérite et en tungstène. La « *Three Pagodas Pass* » (col des Trois Pagodes) mène à la célèbre vallée de la rivière Kwai en Thaïlande, immortalisée par le film « Le Pont de la Rivière Kwai ».

*Le Pont de la rivière Kwai (The Bridge on the River Kwai)* est un film américano-britannique, réalisé par David LEAN et sorti en 1957. C'est une adaptation du roman éponyme (1952) de Pierre BOULE.

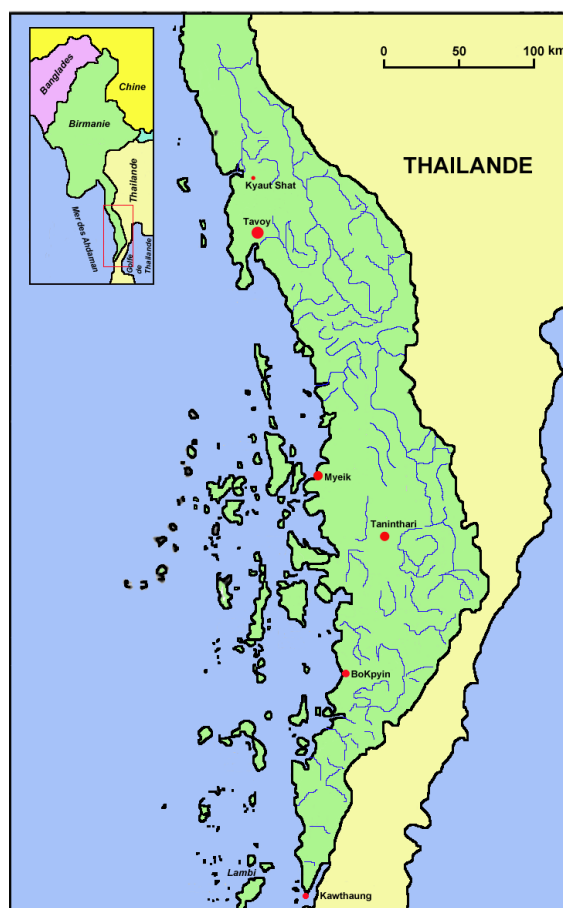


Fig. 4 – Situation de l'archipel de Meyik

Face à l'extrême sud de cette région se trouve l'archipel de Meyik (ou Mergui), constitué d'une multitude d'îles (800) et considéré encore à l'heure actuelle comme « *terra incognita* » (fig. 4). Les Anglais y ont fait des recherches géologiques, ainsi l'ingénieur des mines F. N. CHOLMELEY est venu dans l'archipel en 1946 pour établir une carte du potentiel géologique de la région. Les lettres qu'il nous a laissées (J. IVANOFF, 1997) rapportent ses contacts amicaux avec les populations locales les Moken. Durant la Seconde Guerre mondiale, les Japonais ont emprisonné les Moken près des mines pour les forcer à extraire les minerais dont ils avaient besoin. Après l'indépendance de la Birmanie, certains géologues des "pays frères" à l'époque de "la voie birmane vers le socialisme" se sont rendus dans l'archipel pour évaluer son potentiel.

- A l'ouest, les chaînes birmanes, dont seuls quelques sommets dépassent les 2.000 m (3.274 m pour le mont Victoria), sont parallèles entre elles et orientées nord-sud en épousant une allure arquée. Larges au nord, elles deviennent de plus en plus étroites vers le sud, jusqu'au cap de Negrais Point. L'Arakan Yoma se compose d'un axe triasique et de plaines sédimentaires de la fin du Secondaire.

Après un premier plissement au Crétacé, ces chaînes ont de nouveau été affectées par des plissements tertiaires (Miocène moyen) et quaternaires qui prolongent l'arc<sup>a</sup> externe de l'Insulinde. Ces plis sont simples et réguliers formant une succession d'anticlinaux et de synclinaux, donnant au paysage une allure de monts et vallées. Les cours d'eau, par érosion, s'écoulent par vals et cluses. Dans la région du bas Chindwin, une évolution plus poussée fait apparaître, par érosion différentielle, des synclinaux perchés. Ces chaînes plissées sont parallèles au littoral, donnant une côte de type « dalmate », rectiligne avec de nombreuses îles allongées.

Les roches représentées sont en majeure partie des grès, des argiles et des marnes. Les terrains rencontrés sont :

- des terrains d'âge secondaire, notamment triasiques, qui constituent principalement l'axe de la chaîne. Celui-ci correspond peut-être à un élément du socle pris dans le plissement tertiaire ;
- des terrains tertiaires, notamment des flyschs ; le contact de flysch et des zones triasiques sont marqués par des fractures et des veines éruptives.

## B. La dépression centrale

Cette zone, de la Basse et Haute Birmanie correspond au comblement d'une dépression par d'épaisses séries de terrains sédimentaires tertiaires, généralement tendres, constituées principalement d'argiles, de schistes et de grès. A la fin de l'ère tertiaire (Pliocène moyen), elles ont subi de légers plissements de direction nord-sud accompagnés de phénomènes volcaniques qui l'apparente à l'arc interne de l'Insulinde. Cette série de reliefs volcaniques alignés du nord au sud, le Pegu Yoma, au sud de Mandalay, divise la dépression en deux larges vallées alluviales, longées de terrasses. Le mont Popa, qui culmine à 1.520 m, est un ancien volcan récemment éteint, situé près de Pagan. La vallée à l'ouest du Pegu Yoma est drainée par l'Irrawaddy, l'autre à l'est est parcourue par le Sittang. La vallée de ce dernier cours d'eau et le bassin de Haute Birmanie sont des zones encore instables (séismes de 1955 et 1975).

## C. Stratigraphie

### 1. Précambrien

Le Précambrien est représenté par des roches métamorphiques non différenciées et par des calcaires cristallins. On y distingue les **séries de Mogok**, composées principalement de biotites, cordiérites et gneiss à scapolite-pyroxène, schistes à biotite-grenat, calcaires cristallins et quartzites.

### 2. Cambrien

En Birmanie, les géologues n'ont pas encore découvert de roches fossilifères du Cambrien. Une partie cependant de la **série de Cbaung Magyi**, dans le plateau Chan, la **série de Mergui** (quartzites, calcaires, schistes, argilites) et quelques roches volcaniques de la région de Bawdwin à la limite du plateau Chan datent vraisemblablement du Cambrien.

### 3. Ordovicien

Les strates ordoviciennes du nord de l'Etat Chan comportent, dans l'ordre ascendant :

- le **grès de Ngwetaung** qui contient des représentants de l'espèce *Orthis* (brachiopodes) et des tiges de crinoïdes ;
- la **série de Naungkangyi**, constituée de calcaires, marnes et shales, et contenant également *Orthis*, et d'autres fossiles de trilobites dont *Calymene*, *Agnostus*, de brachiopodes (*Plectambonites*), etc. ;
- le **calcaire de Naungshaw** qui est caractérisé par le remarquable crinoïde *Camarocrinus asiaticus* (échinoderme).

Dans la région méridionale de l'Etat Chan, l'Ordovicien est représenté par :

- la **série de Mawson** composée de shales et de calcaires à ammonites (*Orthoceras*, *Actinoceras*) et contenant également le trilobite *Oxygites*, etc ;
- les **étages d'Orthoceras** et de **Pidaya**, constitués de calcaires argileux pourpres et de shales contenant des tiges de crinoïdes et les espèces *Orthis*, *Monograptus* (graptolite) etc.

### 4. Silurien

Cette période, en Birmanie, comporte trois subdivisions dans l'ordre ascendant :

- l'**étage à Graptolites de Pangha Pye** qui contient les graptolites suivants, *Diplograptus* et *Monograptus*, ainsi que *Orthis* et le trilobite *Phacops*, etc. ;

- l'**étage de Namshin**, constitué de grès et marnes, comporte *Calymene*, *Encrinurus* (trilobites), *Phacops*, *Fenestella* (bryozoaire), etc ;
- l'**étage de Zebingyi** (calcaires et shales) possède une faune riche en graptolites, brachiopodes et céphalopodes.

## 5. Dévonien-Carbonifère-Permien

Cette entité est représentée par :

- le **calcaire du Plateau** (Chan). Le **calcaire du Plateau inférieur**, composé surtout de la dolomite et des calcaires dolomitiques, contient une faune de l'Eifélien et du Dévonien supérieur à *Calceola sandalina* (madréporaire tétracoralliaire), *Favosites* (madréporaire tabulé), *Chonetes* et *Douvilleina* (brachiopodes), etc. Le **calcaire du Plateau supérieur**, un calcaire foncé, à *Fusulina elongata* (foraminifère), *Spirifer fasciger*, *Productus cora* (brachiopodes), etc., est plus récent (Carbonifère-Permien) ;
- le **calcaire de Moulmein** dans le Tenasserim est également du Carbonifère-Permien. Il renferme des grès et des shales, et leurs équivalents.  
Les formations du Paléozoïque supérieur, avec une prédominance du Carbonifère-Permien, sont représentées par des roches sédimentaires, métamorphiques et volcaniques. Elles comprennent des cherts à radiolaires et des ophiolites, et contiennent les foraminifères *Fusulina*, *Endothyra* et *Trochammina* ainsi que *Radiolaria* (radiolaire), etc.

## 6. Trias

Le Trias est représenté par :

- les **formations de Napeng** à shales, marnes sableuses, grès et calcaires qui contiennent des pélécy-podes (ou bivalves, ou lamellibranches) du Rhétien (Trias supérieur) ;
- le **calcaire de Kanawkala**, du Norien (Trias supérieur) ;
- les **calcaires sombres de Karennia** à bivalves *Halobia* et *Monotis*.

## 7. Jurassique

En Birmanie, le Jurassique comprend :

- la **série de Namyan**, composée de grès rouges, conglomérats, shales et parfois bancs de calcaire à brachiopodes et lamellibranches du Bathonien (*Burmihynchia*, *Terabratula*, *Pecten*, etc.) ;
- la **série de Loi-an** avec ses shales, grès et filons de charbon ;
- les **grès rouges de Tenasserim et Kalaw** ("Red Beds" de Kalaw). La flore de ces formations est représentée par les espèces *Ginkgoites*, *Cladophlebis*, *Pagiophyllum*, *Brachyphyllum* et *Podozamites*.

## 8. Crétacé

On retrouve le Crétacé sur la côte de l'Arakan en sédiments géosynclinaux, probablement du type flysch, et dans les chaînes indo-birmanes de l'ouest.

Dans le bassin supérieur de l'Irrawaddy, les roches crétacées sont principalement des calcaires et des shales calcaires à *Orbitolina* et autres foraminifères et mollusques.

## 9. Tertiaire

- A l'ouest, les **couches de l'Arakan Yoma** sont des dépôts du type flysch constitués surtout de grès, calcaires et shales. Elles forment une vaste ceinture qui s'étend vers le nord et contiennent les ammonites *Acanthoceras*, *Placenticeras* et *Mortonoceras*, le bivalve *Cardita beaumonti*, le foraminifère *Orbitoides*, etc. Leur âge est compris entre le Crétacé et l'Eocène.

L'**Eocène** est bien développé dans l'Arakan Yoma et comprend :

- l'**étage de Yaw** (shales) ;
- les **grès de Pondaung** ;
- les **argiles de Tabyin** ;
- les **shales de Tilin** ;
- les **shales de Launghe** ;
- les **conglomérats de Paunggi**.
- Dans le bassin central, les roches tertiaires présentent une alternance de faciès marins et de faciès continentaux, ces derniers prenant de plus en plus d'importance quand on s'élève dans la colonne stratigraphique et que l'on remonte vers le nord.

Le **système non différencié de Pegu**, dans la zone centrale, comprend des dépôts oligo- miocènes.

L'**Oligocène** est représenté par :

- le **système inférieur de Pegu** composé de grès et d'argiles.

Le **Miocène** est représenté par :

- le **système du Pegu supérieur** (grès et shales) dans la partie inférieure du bassin de l'Irrawaddy ;
- la **série de Tipam** dans le bassin supérieur du Chinwin.

Le **système de l'Irrawaddy (Mio-Pliocène)** consiste en une succession fluviale de grès imbriqués et de roches à gros grain avec des galets, des blocs erratiques. Il comprend des fossiles de mammifères et des bois pétrifiés.

## 10. Quaternaire

Sur le plateau Shan, les dépôts du Pléistocène sont représentés par :

- des graviers, constitués en majorité de sables ferrugineux à galets ;
- les blocs erratiques de Uru, associés à la terre rouge (*terra rosa*) ;
- quelques latérites et alluvions plus anciennes.

Le Quaternaire récent comprend les alluvions superficielles et les dépôts côtiers.

## D. Volcanisme et intrusions

### 1. Précambrien

Au Précambrien, des intrusions acides sont surtout représentées par des granites associés à des pegmatites et autres syénites plus anciennes.

### 2. Mésozoïque

Une activité éruptive se manifeste au Crétacé le long de la ceinture Arakan-Andaman, avec des intrusions de roches basiques et ultrabasiques représentées principalement par des péridotites et serpentines contenant localement de la chromite. Dans le nord, on retrouve plus particulièrement des péridotites serpentinisées, dunites, pyroxénites et amphibolites.

### 3. Cénozoïque

Les coulées basaltiques et acides ainsi que les dépôts pyroclastiques des appareils volcaniques de Chinwin, Popa et Mergui sont en général datés de cette époque.

### 4. Roches non datées

Des intrusions basiques non datées comprennent des gabbros et d'autres roches cristallines basiques, généralement associées à des roches métamorphiques précambriennes.

## IV. TECTONIQUE DE LA REGION DU SUD-EST ASIATIQUE

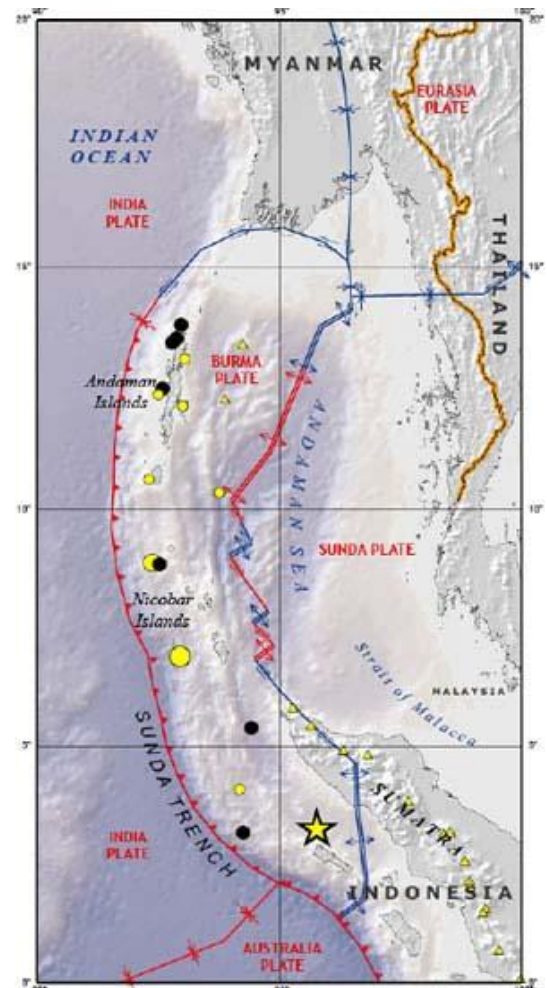
La Birmanie fait partie d'une microplaque tectonique, la **plaque birmane ou plaque d'Andaman**. Mais, généralement, on l'associe à la plaque eurasiennne. Elle se situe à l'est du golfe du Bengale et à l'ouest de la mer d'Andaman et elle couvre l'est de la mer d'Andaman, les îles Andaman et Nicobar et l'ouest de la pointe nord de l'île de Sumatra. Elle est en contact avec les plaques indienne, eurasiennne, de la Sonde et australienne.

Ses frontières avec celles-ci sont d'une part des **fosses de subduction** (côte occidentale des îles Andaman et Nicobar), des **rifts**, des **dorsales** et des **failles transformantes** (île de Sumatra et mer d'Andaman, et d'autre part des zones de **collisions continentales** (delta de l'Irrawaddy) (fig. 5).

L'étude approfondie de la tectonique régionale n'a réellement démarré que **depuis 1999**, avec la mise en place d'un réseau GPS d'une cinquantaine de stations couvrant tous les pays du Sud-Est asiatique, dans le cadre du **programme GEODYSSSEA**. Si la collision entre l'Inde et l'Eurasie a fait l'objet de nombreuses études, les effets de la convergence oblique de la plaque indienne et des plaques birmane, de la Sonde et eurasiennne étaient encore très mal connus il y a peu.

Les principales structures tectoniques de cette région sont la conséquence directe de la pénétration de l'Inde dans l'Asie qui a débuté il y a plus de **40 millions d'années**.

L'histoire est bien connue pour y revenir en détail<sup>1</sup>. Retenons cependant que la **subduction** de la plaque indienne sous la plaque birmane est à l'origine de la **formation de l'arc insulaire volcanique d'Andaman et Nicobar** ou arc insulaire de la Sonde.



**Fig. 5 – Les différentes plaques tectoniques aux alentours de la Birmanie**

Ce même phénomène de subduction produit l'expansion active du petit bassin marginal de la mer d'Andaman créé au Néogène, puis le mouvement transformant qui relie cet arc aux grandes failles transformantes de Birmanie. La **dorsale** qui traverse la mer d'Andaman résulte de l'**éloignement de l'arc insulaire** de la péninsule malaisienne **depuis près de quatre millions d'années** (fig. 6).

Dans cette région du Sud-Est asiatique, **deux mouvements** coexistent, d'une part la **subduction de la plaque océanique** et d'autre part la **translation de l'Inde vers le nord**. Il en résulte un **mouvement oblique** qui se répartit sur **deux types de structures** : la **zone de subduction** où la plaque s'enfonce perpendiculairement et les **failles transformantes** où les plaques coulissent l'une par rapport à l'autre. Les mesures ont mis en évidence un mouvement d'ensemble du bloc de la Sonde, bloc particulièrement rigide, différent de celui du reste de la plaque eurasiennne et qui semble amorcer une rotation par rapport à un pôle eulérien situé au sud-ouest de l'Australie, avec une vitesse plus élevée que celle des autres plaques avoisinantes.

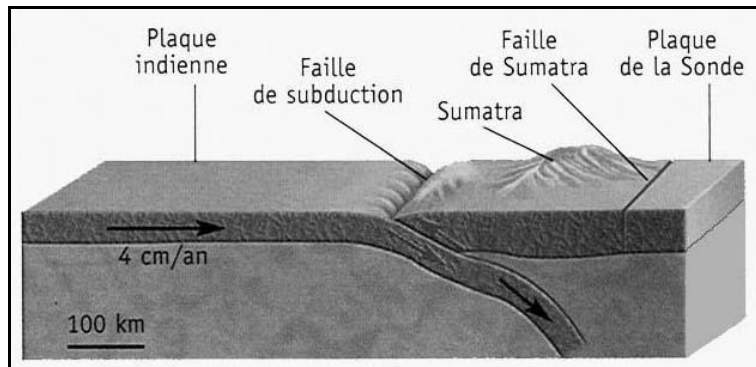


Fig. 6 - Subduction de la plaque indienne sous l'ensemble des plaques eurasiennes

L'établissement de la **plaque birmane** est dû, quand à elle, à la **progression**, à une vitesse relativement rapide ( $\pm 16$  cm/an), **vers le nord de la plaque indienne**, progression accompagné également d'un **mouvement rotatif horaire**. La combinaison de ces deux mouvements a provoqué un **système de failles** en arrière de la fosse de subduction de la Sonde où la plaque indienne disparaît sous la plaque eurasienne. Ce système de failles a ainsi désolidarisé la plaque birmane de l'eurasienne et donc de la microplaque de la Sonde. Le déplacement **de la plaque birmane** se fait vers le nord à une **vitesse de rotation de  $2,667^\circ$  par million d'années** selon un pôle eulérien situé à  **$08^\circ 89'$  de latitude Nord et  $75^\circ 51'$  de longitude Ouest** en prenant comme référentiel la plaque pacifique.

Dans ce contexte, la **Birmanie occupe une position importante**. En effet, elle est traversée de part en part (du nord au sud) par la **faille décrochante de Sagaing** qui se prolonge en mer par la **grande faille de Sumatra** où pris naissance le tsunami du **26 décembre 2004**. Ces deux failles, de directions différentes, sont reliées par une zone de relais, dit extensif. La présence de ce relais a entraîné la création d'une mer : le petit bassin expansif de la mer d'Andaman.

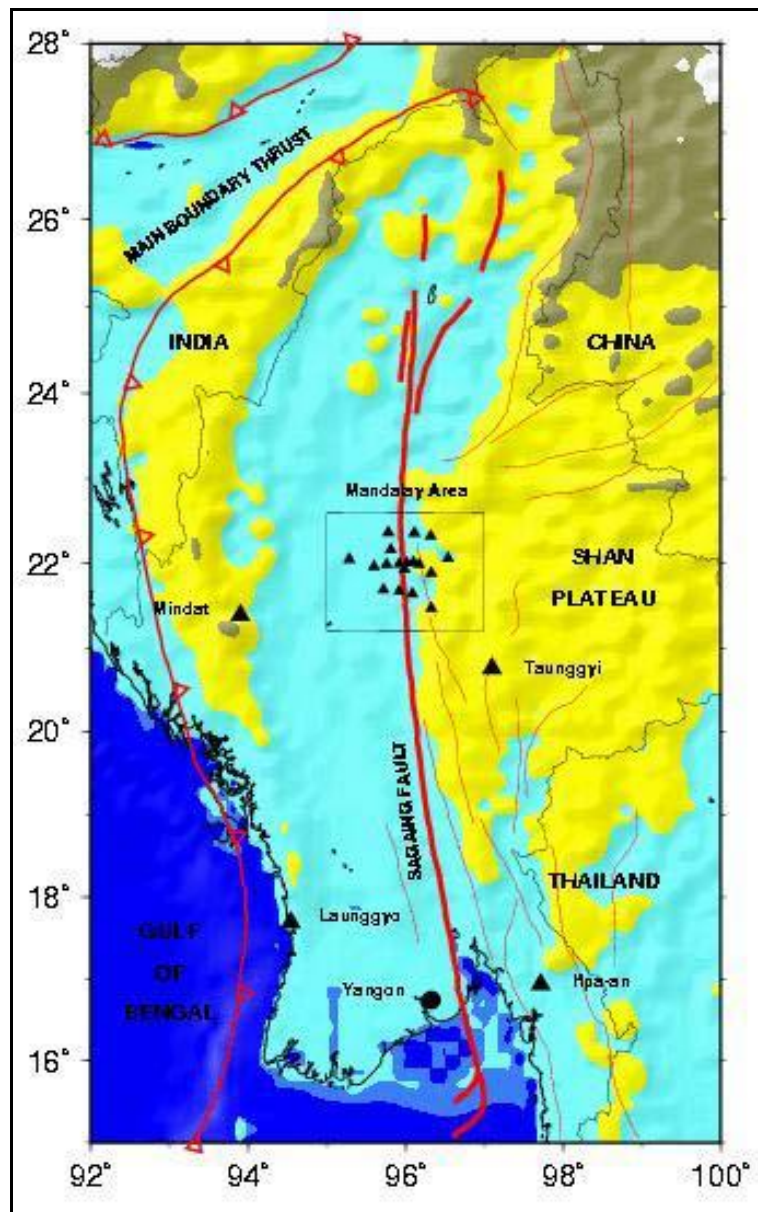
Une thèse de doctorat de l'Université Pierre et Marie Curie, soutenue le **17 juin 1999** par **Guillaume BERTRAND** a permis de mettre en évidence **deux étapes majeures** dans l'histoire cénozoïque (Tertiaire) de la Birmanie :

- la première est marquée par un fort **étirement ductile de direction NNW-SSE** à la hauteur de la ceinture métamorphique de Mogok. Elle a été active entre **30 et 17 millions d'années** ; le long de l'escarpement Shan et dans la région de Mogok ;
- la deuxième, qui a débuté au Miocène moyen ou supérieur et qui est encore active de nos jours, se traduit par une tectonique cassante, se manifestant sous forme :
  - de failles N-S dextres décrochantes, comme la faille de Sagaing ;
  - de failles N 160 dextres transpressives (escarpement Shan) ;
  - de plis et chevauchements associés ;
  - et de failles N070 senestres.

La **sismicité** en Birmanie est due principalement à **deux structures actives** : d'une part, le **chevauchement à l'ouest avec l'Inde** (*Main Boundary Thrust* ou MBT), d'autre

part, la **faille de Sagaing** (fig. 6). Le pays a connu dans le passé un certain nombre de séismes majeurs : au moins **13 tremblements de terre de magnitude 7 depuis 1908**, le plus récent, de **magnitude 7,3**, s'étant produit **en 1991** sur la faille de Sagaing à **150 Km** au nord de Mandalay.

La **faille de Sagaing** court sur plus de **mille kilomètres** du nord au sud de la Birmanie et ajuste le mouvement, tout ou en partie, entre l'Inde à l'ouest et l'Eurasie à l'est, plus précisément le bloc de la Sonde. Les taux de déplacement attendus sur cette faille varient de **1,5 cm/an au sud, à 3,5 cm/an au nord**. Des mesures géodésiques ont permis d'affiner ces taux et d'apporter des informations sur la déformation actuelle de tout le Sud-Est asiatique.



**Fig. 6 - Les deux structures actives en Birmanie : MBT et faille de Sagaing. Les triangles représentent les stations GPS installées dans le pays, dans le cadre GEODYSSSEA.**

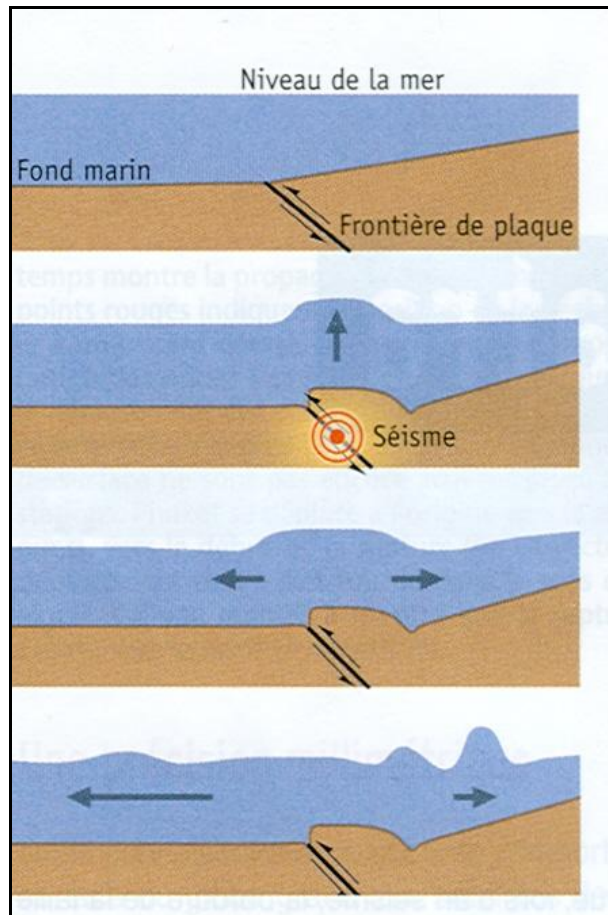
## V. SEISME DU 26 DECEMBRE 2004

Le **tsunami** qui s'est produit le **26 décembre 2004** et qui a provoqué la mort de plus de **200.000 personnes** dans les pays limitrophes de l'océan Indien, est dû à un **séisme de magnitude 9** sur l'échelle de Richter. Dans un premier temps, le tremblement de terre a été estimé à une **magnitude de 8,5, révisée à 8,9, pour finir à 9,3** par l'Institut géologique américain (USGS). L'**hypocentre** fut localisé **à 3,3° N, 96° E**, soit à **160 kilomètres à l'ouest de Sumatra**, à une **profondeur de 30 kilomètres**.

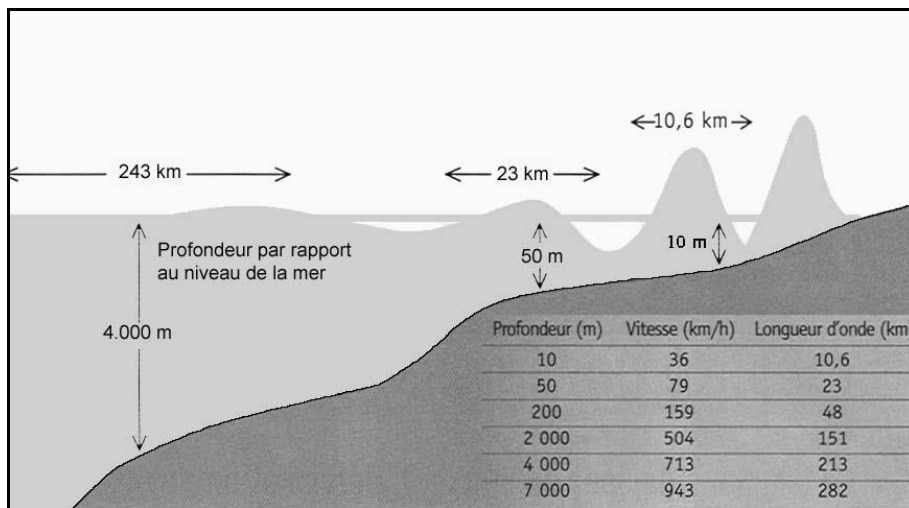
L'origine du séisme est liée à la **rupture brutale de la zone de subduction entre la plaque indienne et la microplaque birmane**, sur une longueur d'environ **1.200 kilomètres**. En effet, **depuis 1998-1999**, la région n'avait plus subi de séisme important, car la plaque indienne se trouvait bloquée sous la plaque birmane. Une pression de plus en plus grande s'accumulait à l'endroit de la rencontre, à la suite de la poussée constante de l'Inde, et engendrait une **énergie équivalente à plusieurs milliers de fois celle de la bombe atomique d'Hiroshima**. Lorsque le point de rupture fut atteint, tel un ressort comprimé, le verrou lâcha et permit le réajustement des plaques tectoniques, entraînant une **dénivellation**, entre les deux bords de la faille, **de plus de 15 mètres sur plus de 1.300 Km de longueur**. Ce phénomène se produisant le long de la dorsale océanique de la mer d'Andaman donna à la colonne d'eau située au-dessus une impulsion génératrice d'une série d'ondes géantes d'une longueur d'onde de plusieurs dizaines de kilomètres et animée d'une grande vitesse, **entre 500 et 800 Km/h** (fig. 7). Les vagues, de relativement faible amplitude en pleine mer, s'accroissent lors de leur approche des côtes car le fond de la mer s'élève, favorisant leur amplitude. Cette masse d'eau, se déplaçant à grande vitesse, contient une énergie énorme qui explique les dégâts très importants sur plusieurs centaines de mètres à l'intérieur des terres (fig. 8).

Le séisme proprement dit a été ressenti dans plusieurs pays de la région, dont les îles Maldives, le Sri Lanka, l'Inde, le Bangladesh, le Myanmar, la Thaïlande, la Malaisie et Singapour. En fait, c'est le tsunami résultant qui a suivi qui est à l'origine des victimes au-delà des pays touchés par le tremblement de terre. Dans les heures suivantes, le raz-de-marée a atteint les côtes est-africaines de Somalie et l'île de la Réunion et les côtes nord-ouest de l'Australie.

Durant les mois qui ont suivi le séisme du **26 décembre**, de **nombreuses répliques** ont été enregistrées. Deux séismes d'une **magnitude de 7** se sont produits au large des îles Nicobar ; le premier à peine 4 heures après celui de **magnitude 9**, le second environ 7 mois plus tard (**24 juillet 2005**). Une quarantaine de ces répliques ont dépassé la **magnitude de 6**. **En mars 2005**, un **tremblement de terre de 8,7** s'est produit près de l'île de Nias, tandis qu'en **mai 2006**, une violente secousse de **magnitude 6,8** a de nouveau ébranlé l'île de Sumatra et l'île de Nias. Tous ces phénomènes correspondent en gros à la zone de la faille responsable du tsunami du **26 décembre 2004**.



**Fig. 7 - Schématisation du séisme qui provoqua le tsunami du 26 décembre 2004.**



**Fig. 8 – Formation d'un tsunami**