

Evolution géologique de la Colombie

Martin Bochud *
Institut de Géologie
Département des Géosciences, Université de Fribourg

3 mars 2004



FIG. 1 – Le volcan Nevado del Ruiz (M. Bochud, 2003)

1 Introduction

La Colombie est un vaste pays situé à la frontière de 4 plaques tectoniques importantes et à l'extrémité nord des Andes. Elle est le résultat de l'accrétion de plusieurs terrains. Elle est touchée tant par la subduction andine que par le déplacement de la plaque Caraïbes. Les Andes ont ici des reliefs imposants qui atteignent 5800m et qui se séparent en 3 cordillères.

Plus de 45 systèmes volcaniques sont connus et 13 d'entre eux ont eu des éruptions lors des 10000 dernières années (fig. 1). Le pays est donc très actif géologiquement.

Nous allons traiter ici de l'évolution géologique de la Colombie depuis le Précambrien jusqu'à nos jours, détailler quelques caractères structuraux importants et finalement nous allons faire le lien avec la subduction andine. Le but principal de ce document est de faire connaître les différentes zones géologiques, l'origine des différentes cordillères, leurs conditions de formation ainsi que l'origine des différentes roches qui les composent.

*Martin Bochud, Rte d'Onnens 32, 1740 Neyruz. E-mail : martin.bochud@unifr.ch

2 Contexte géographique

La Colombie s'étend sur plus de 2'072'348 km^2 . Elle est principalement divisée en 2 grandes zones : la zone marine (928'600 km^2) et la zone continentale (1'143'748 km^3). Au niveau continental, c'est le 4ème pays d'Amérique du Sud après le Brésil, l'Argentine et le Pérou.

Bien que les zones marine et continentale soient identiques, les recherches géologiques se sont faites quasi exclusivement sur la zone continentale.

La figure 2 divise le territoire colombien en plusieurs régions distinctes. Consulter également la carte de Colombie de la fig.3.

2.1 Les Llanos

Les Llanos correspondent à une immense surface de collines irriguées par de grands fleuves. Ils sont divisés en 3 grandes zones :

- la partie septentrionale qui correspond au bassin des Llanos proprement dit et qui est essentiellement forêt amazonienne.
- la partie centrale a une topographie plus vallonnée. Elle fait le lien avec le bouclier guyanais.
- la partie méridionale est plane et recouverte d'une forêt amazonienne.

2.2 Les Andes colombiennes

Les Andes colombiennes sont composées de différentes chaînes de montagne de direction N-S. Ces dernières sont séparées par des vallées où coulent les grands fleuves colombiens : le fleuve Magdalena, le fleuve Cauca, le fleuve Patía, le fleuve San Juan et le fleuve Atrato. Près de la frontière avec l'Equateur, la largeur de la chaîne est d'environ 200 km ; entre 6 et 7° nord sa largeur est de plus de 600 km.

2.2.1 La Cordillère Orientale

La Cordillère Orientale s'élargie progressivement de 30 km à 180 km entre 1 et 6 ° nord avec une direction NNE. Dans la région de Bogota, un

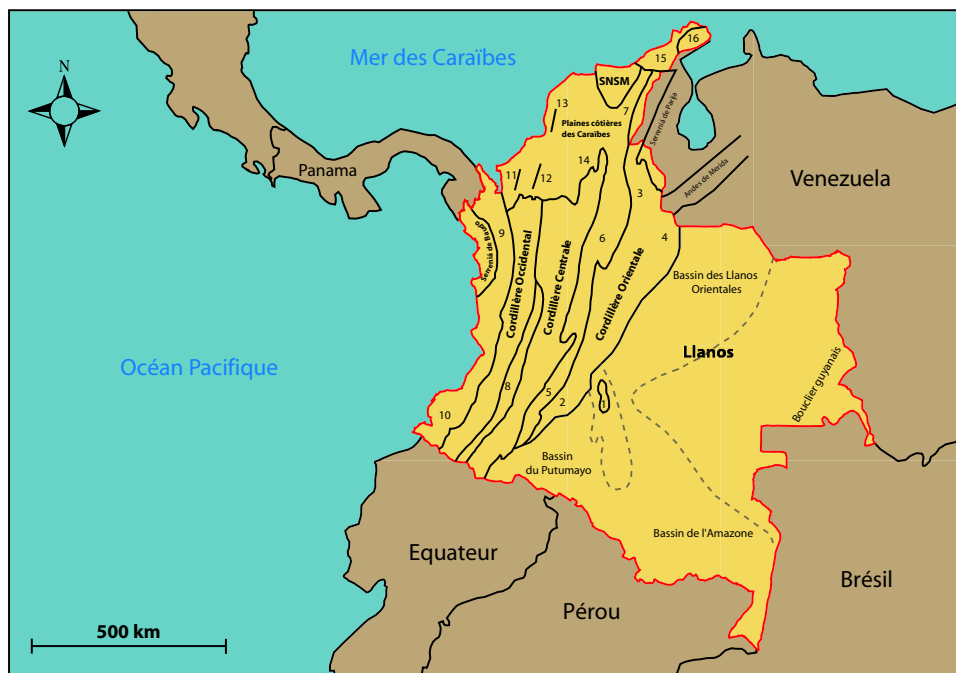


FIG. 2 – Principales régions géographiques de Colombie (modifié d'après Toussaint, J.F 1999) : 1. Serranía de la Macarena, 2. Massif de Garzón, 3. Massif de Santander, 4. Sierra Nevada del Cocuy, 5. Haute vallée du fleuve Magdalena, 6. Moyenne vallée du fleuve Magdalena, 7. Vallée du fleuve César, 8. Vallée du fleuve Cauca, 9. Vallées du fleuve Atrato et du fleuve San Juan, 10. Plaines côtières de l'Océan Pacifique, 11. Serranía de Abibe, 12. Serranía de San Jerónimo, 13. Serranía de San Jacinto, 14. Dépression de Sucre, 15. Bassin de Ranchería de la Péninsule de La Guajira, 16. Serranías de Cocinas, Jararà y Macuirá dans la Péninsule de la Guajira.



FIG. 3 – Carte des reliefs colombiens et des principales villes (modifié d'après Microsoft Encarta).

large altiplano se forme à plus de 2600m d'altitude. A 6° nord, la Cordillère Orientale se divise en 2 branches dont une se dirige vers le Venezuela (Andes de Merida) et l'autre prend une direction NNW jusqu'à 9° nord pour finalement prendre une direction NE dans la Serrania de Perijá.

La hauteur maximale de cette cordillère est de 5495 m dans la Sierra Nevada del Cocuy.

2.2.2 La haute vallée du fleuve Magdalena (n°8 sur fig.2)

Cette vallée correspond à un système de petites plaines bordées de collines. Au nord, dans sa partie la plus basse, la vallée s'élargie et devient plus marécageuse. La vallée du fleuve César qui sépare la Serrania de Perijá et la Sierra Nevada de Santa Marta est considérée comme la prolongation septentrionale de l'ancienne vallée du fleuve Magdalena.

2.2.3 La Cordillère Centrale

Cette cordillère naît au sud au niveau de Nudo de los Pastos et disparaît au nord sous les plaines côtières des Caraïbes. Elle est étroite au sud de Manizales mais augmente entre 6 et 8° nord pour atteindre 180 km au niveau du département d'Antioquia (Medellin). Le relief de la Cordillère Centrale est très accidenté avec de nombreuses rivières qui s'écoulent dans des vallées et canyons encaissés. La partie antioquienne fait exception, moins accidentée. La figure 4 montre un paysage de la Cordillère Centrale près de Manizales.

Les sommets les plus élevés sont représentés par le volcan del Huila (5750m), le volcan del Tolima (5620m) et le volcan Nevado del Ruiz (5400m) (Voir fig. 1).



FIG. 4 – La Cordillère Centrale près de Manizales (M.Bochud, 2003)

2.2.4 Le vallée du fleuve Cauca et du fleuve Patia (n°8 sur fig.2)

Cette vallée fait frontière entre la Cordillère Centrale et la Cordillère Occidentale. Entre Pasto et Guachinte, les fleuves Patia et Cauca traversent une région de petites colines puis plus au nord devient plate et atteint une largeur de 30 km (Cali). Cette dernière partie forme une excellente zone agricole. Dès 5° nord, le fleuve Cauca suit un trajet très escarpé avec de nombreux canyons et vallées profondes. A partir de 7°N, le fleuve arrive sur les plaines des Caraïbes jusqu'à ce qu'il se jette dans le fleuve Magdalena.

2.2.5 La Cordillère Occidentale

Cette cordillère est particulièrement étroite avec 30 km de largeur au sud et 50 km au nord. Elle est couverte par une végétation de région humide qui rend difficile les travaux géologiques. Ses plus hauts sommets se situent entre 4400m et 4800m (Farallones de Cali, Cerros de Calima, Farallones de Citará, Paramos de Urrao et Frontino). Plusieurs rivières coulent dans des vallées parallèles à la cordillère. D'autres la traversent perpendiculairement pour rejoindre le fleuve Cauca à l'est et les fleuves Atrato et San Juan à l'ouest.

2.3 Région du Pacifique

Cette région est constituée de la bande côtière de l'océan Pacifique depuis le Golfe de Urabá au nord jusqu'à la frontière de l'Equateur au sud et finalement le piémont de la Cordillère Occidentale forme sa limite à l'est.

2.3.1 Dépression des fleuves Atrato et San Juan (n°9 sur fig.2)

C'est une région plate où les rivières forment de nombreux méandres et laissent des bras morts qui forment des milieux marécageux. Une épaisse végétation tropicale avec un climat humide est présent dans toute cette zone. La vallée du fleuve San Juan s'ouvre jusqu'au sud en direction du Golfe de Buenaventura où finalement il se jette dans l'Océan Pacifique. Au sud de cette ville, la zone côtière de Tumaco est une grande plaine avec une végétation tropicale et marécageuse.

2.3.2 La Serrania de Baudó

Cette région au bord de l'océan pacifique, au nord de 4° nord, se prolonge jusqu'au territoire panaméen avec la Serrania del Sapo. Elle est constituée d'une série de petits reliefs entre 300 et 400m ; son

sommet principal culmine à 1960m (Alto del Buey). Sa végétation est dense et son climat très humide.

2.4 Région des Caraïbes

2.4.1 Les plaines côtières des Caraïbes

La Cordillère Occidentale et Centrale s'enfoncent en dessous de cette zone qui forme une région relativement plate coupée par de petites collines qui s'élargissent vers le NE comme la Serranía de Abibe, de San Jerónimo et de San Jacinto. Dans une région au nord de la Cordillère Centrale et à l'ouest de la jonction entre le fleuve Magdalena, Cauca et San Jorge il y a une importante zone de marécage qui forme la dépression de Sucre.

2.4.2 La Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM)

Ce massif est situé au NE des plaines côtières des Caraïbes. Il a une forme de triangle équilatéral de 120 km de côté. Le Pico Bolivar (5800m) et le Pico Colon (5780m) dominent ce relief d'aspect pyramidal et forment les sommets les plus élevés de Colombie. Voir figure 5.



FIG. 5 – Le granite des plages de la Sierra Nevada de Santa Marta (M.Bochud, 2003)

2.4.3 Péninsule de la Guajira (n°15 et 16 sur fig.2)

Au NE de la Sierra Nevada de Santa Marta, la péninsule de la Guajira est constituée de 2 régions très contrastées. La première, le bassin de la Rancheria, située au pied de la Sierra Nevada de Santa Marta est constituée de plaines désertiques tandis que la seconde, située dans la zone centrale et nord-orientale est formée de petites collines de direction ENE comme les Cerros de Parashi, las Serranías de Jarará, de Macuirá et de Cocinas. Ces dernières atteignent des altitudes entre 500m et 900m.

3 Les domaines géologiques colombiens et leur évolution

Le territoire que l'on connaît actuellement est le résultat d'un long processus d'accrétions successives de terrains continentaux et océaniques. Nous allons les décrire brièvement afin de pouvoir ensuite mieux décrire l'évolution de la Colombie.

La figure 6 représente ces différents terrains géologiques.

3.1 Bouclier guyanais

Il fait partie du Craton amazonien composé de croûte continentale, il correspond essentiellement aux Llanos orientales, à la région du bouclier et à la base des bassins du Putumayo et de l'Amazone. L'événement tectonique qui a permis sa formation est d'âge transamazonien. Le Paléozoïque inférieur y est représenté par des roches sédimentaires marines tandis que le Paléozoïque supérieur est totalement absent.

3.2 Le terrain Andaqui (An)

Ce terrain a un socle continental (Massif de Garzón et la Serranía de la Macarena). Il se différencie du bouclier par le haut degré de métamorphisme qu'il a subi pendant l'évènement Nicke-riense (1000 Ma). Le Bloc Autochtone (BA) s'est également formé durant cet événement par l'accrétion du terrain Andaqui au Bouclier Guyanais.

3.3 Le terrain Chibcha (Ch)

Ce terrain, avec un substratum continental précambrien, comprend la Cordillère Orientale, le massif de Santander, le flanc E de la Cordillère Centrale et la partie SE de la SNSM. Son dernier événement orogénique est calédonien. Des roches sédimentaires marines du Paléozoïque supérieur recouvrent en discordance les unités métamorphiques du Paléozoïque inférieur. Après s'être unie au Bloc Autochtone, une importante ceinture magmatique a affecté son côté occidental et une importante couverture sédimentaire méso-cénozoïque s'est déposée dans des bassins en distension. Les sédiments marins du Crétacé atteignent plus de 10'000m d'épaisseur dans la région de Bogota.

3.4 Le terrain Tahami (Ta)

Avec une croûte continentale de 45 km d'épaisseur, il comprend essentiellement la partie septentrionale de la Cordillère Centrale. Il a subi plusieurs événements orogéniques d'âge précambrien,

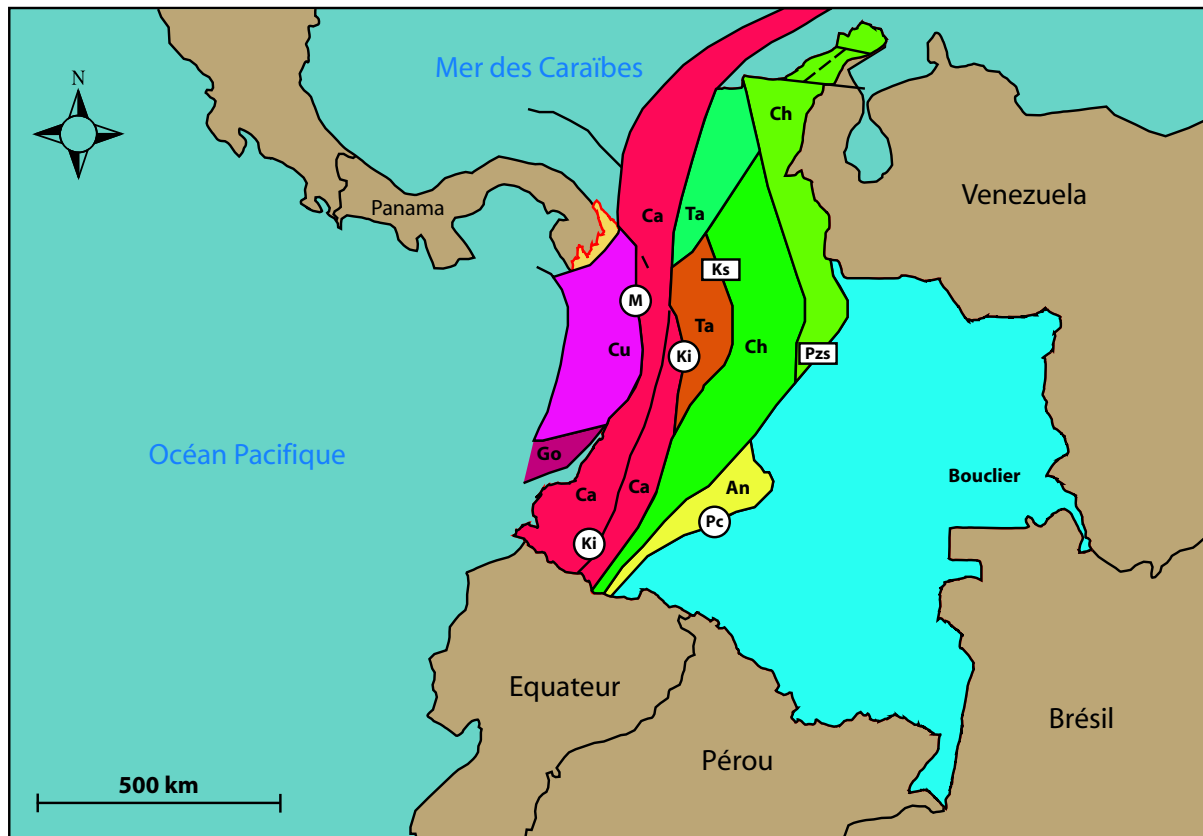


FIG. 6 – Carte des principales zones de Colombie (Modifiée de Toussaint et Restrepo, 1989 et 1994) : An : zone de Andaguí, Ch : zone de Chibcha, Ta : zone Tahamí, Ca : zone de Calima, Go : zone de Gorgona, Cu : zone de Cuna, PC : suture précambrienne, Pzs : Limite Paléozoïque supérieur, Ki : suture crétacé inférieur, Ks : Limite crétacé supérieur, M : suture miocène.

acadien, hercynien et crétacé. La fine couverture sédimentaire marine est limitée au Crétacé inférieur et l'immense batolithe antioquien (région de Medellín) a intrudé son complexe polymétamorphique durant le Crétacé tardif. Il est très probable que le terrain Tahami soit en réalité composé de nombreux terrains plus petits qu'il est difficile de délimiter.

3.5 Le terrain Calima (Ca)

Son substratum est formé de croûte océanique atteignant 35 km d'épaisseur. Il comprend une grande partie de la Cordillère Occidentale mais il est également présent sur les flancs W de la Cordillère Centrale. Il est formé d'unités exclusivement crétacées qui représentent une ride océanique, un arc insulaire et/ou des milieux de plateaux océaniques. Il est très probable que le terrain Calima soit aussi composé de nombreux terrains qu'il est encore difficile de différencier.

3.6 Le terrain Gorgona(Go)

Le terrain Gorgona est un petit terrain avec un socle océanique crétacé et qui s'est accrétioné durant le Miocène.

3.7 Le terrain Cuna(Cu)

Egalement composé d'un socle océanique crétacé, il comprend la Serranía del Baudo, le bassin des fleuves Atrato et San Juan et le bord NW de la Cordillère occidentale. Il est constitué de matière venant d'une ride océanique et d'un arc insulaire pour lesquels les âges vont du Crétacé supérieur au début du Miocène. Le batolithe de Mandé, associé à des roches porphyriques avec du cuivre, représente la magmatisme paléo-éocène de l'arc insulaire.

4 Evolution géologique de la Colombie

Les variations paléogéographiques principales correspondent aux principaux changements paléotectoniques. Les 3 cordillères sont géologiquement distinctes et leurs roches se sont formées pendant 3 périodes différentes :

1. la Cordillère Centrale durant le Paléozoïque supérieur.
2. La Cordillère Occidentale à la fin du Mésozoïque (Maastrichtien - Paléocène)
3. La Cordillère Orientale pendant le Cénozoïque supérieur (Miocène - Pleistocène)

La subduction et les mouvements dextres sont à l'origine de l'accrétion des différents terrains (voir chapitre précédent) qui sont parfois très allochtones. L'architecture actuelle des Andes date du Cénozoïque et est représentative de ces mouvements.

Pour plus de détails, consulter la "Carte géologique simplifiée de Colombie" et la "Coupe géologique simplifiée de Colombie" en annexe.

4.1 Le Précambrien

Durant le Précambrien, on assiste à plusieurs orogénèses sur les différents territoires colombiens. Les roches les plus anciennes datent de 1780 Ma et sont situées à l'est du pays dans le complexe de Mitú (gneiss migmatitique, gneiss granitique et grainitoïde). Elles sont liées à l'événement métamorphique transamazonien (2200Ma - 1800Ma). Le terrain Andaqui s'accrétionne au Bouclier Guyanais durant l'événement métamorphique Nickérien (1000 Ma) et ils forment ensemble le Bloc Autochtone.

Les roches précambriennes sont connues seulement dans l'Orient colombien.

4.2 Le Paléozoïque

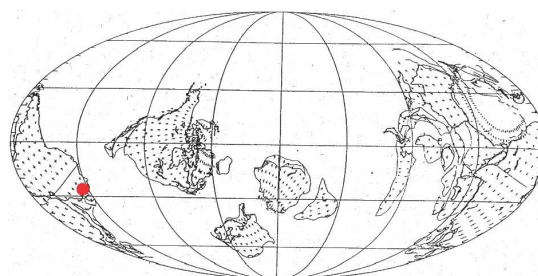


FIG. 7 – Le monde au début du Cambrien (Smith et al., 1994)

Le Paléozoïque correspond à la désagrégation du supercontinent Rhodinia et se finit par la création du nouveau supercontinent Pangée.

Durant cette période un océan s'est formé (présence d'ophiolites) le long de la marge NW de l'ancien Bouclier Guyanais. A la fin du Paléozoïque s'est produite une orogénèse avec la présence de roches hautement métamorphisées et des intrusions granitiques. Les roches de la Cordillère Centrale datent principalement de cette période. La figure 7 représente la paléogéographie au début du Cambrien.

4.2.1 Cambrien-Ordovicien-Silurien

On assiste à la dislocation du supercontinent Rhodinia en Gondwana, Laurentia, Baltica, Chine et Sibérie. Les plutons d'Amérique du Sud se trouvent sur Gondwana. Durant cette période a lieu l'orogénèse calédonienne qui correspond à la collision entre Laurentia et Baltica.

En Colombie, la phase calédonienne a eu quelques influences.

Sur le terrain Chibcha, on observe une sédimentation de type plateforme dans un corridor de direction N-S. Cette dépression était probablement limitée par des hauts fonds. Les séquences de sédiments furent ensuite affectées par la phase calédonienne. L'intensité de cette phase semble diminuer lorsque l'on se dirige vers la partie méridionale du terrain. Le terrain Chibcha n'était pas à l'endroit actuel, c'est à dire en face du Bloc Autochtone. En effet le faible niveau de déformation des sédiments de ce dernier contraste fortement avec ceux du terrain de Chibcha. Il est donc probable que le terrain Chibcha était localisé dans une région affectée par la phase calédonienne tandis que le Bloc Autochtone se trouvait relativement loin du centre de formation de la chaîne.

Rien ne permet de détecter une orogénèse sur le terrain Tahami, mais il est probable que des protolithes de roches métamorphiques des phases acadiennes et hercyniennes se soient formés à cette époque.

4.2.2 Dévonien

A cette époque, l'océan Iapetus séparait Gondwana de la plaque Nord américaine. Cette océan explique la similitude des faunes marines entre les 2 régions. L'orogénèse acadienne correspond à la fermeture de cet océan.

Le Dévonien fut une période durant laquelle les phénomènes géologiques qui ont eu lieu sur les terrains Chibcha et Tahami furent très différents. Les terrains ont chacun eu une évolution géologique très indépendante et ils devaient probablement être très éloignés les uns des autres.

Sur le terrain Chibcha, on observe en premier lieu une intense érosion des massifs créés par la phase calédonienne qui nivela pratiquement tous les reliefs. Ensuite une transgression marine est venue recouvrir le tout depuis le N.

Sur le terrain Tahami, on observe de nombreux complexes métamorphiques qui sont liés à la phase acadienne.

Finalement sur le Bloc Autochtone, on observe un grand hiatus probablement dû à une surélévation de ce terrain.

4.2.3 Carbonifère et Permien

La phase hercynienne a lieu durant cette période. Elle est considérée comme le rapprochement entre la plaque Nord-Américaine, la plaque Eurasie à l'E et la plaque Gondwana au S. Ce rapprochement a finalement créé le supercontinent Pangée. Les reconstructions paléogéographiques de la région des Caraïbes durant cette période posent toujours des problèmes.

Sur le Bloc Autochtone, aucune unité lithologique d'âge carbonifère ou permien n'a été trouvée. Cette région était d'une grande stabilité durant cette période et elle devait être surélevée. Cela explique le prolongement du hiatus commencé au Dévonien.

Sur le terrain Chibcha, une sédimentation marine recouvre tout le terrain. Dans certaines régions, les sédiments sont en discordance avec le soubassement Dévonien (Serranía de Perijá, massif de Santander et Quetamé) tandis que dans d'autres ils sont en concordance (Massif de la Floresta et de la Jagua). La phase hercynienne n'a que très peu touché ce terrain (plissements).

Le terrain Tahami est marqué par une importante orogénèse qui forme l'ancienne Cordillère Centrale. Les structures permettent de supposer que le terrain devait se trouver relativement proche du coeur de l'orogénèse hercynienne. L'histoire de ce terrain ne semble pas avoir de lien direct avec celle du terrain Chibcha mais plutôt avec celle des Andes de Merida (Venezuela). L'ancienne Cordillère Centrale va fournir une partie des sédiments d'érosion du Mésozoïque.

4.3 Mésozoïque

A l'échelle régionale, la partie NW de l'Amérique du Sud est placée dans la partie la plus occidentale du supercontinent de la Pangée. Ce dernier commence à se désagréger au début du Mésozoïque. On trouve un assemblage formé de divers terrains qui s'assemblent au bouclier précambrien. C'est durant cette période que la distinction entre l'Orient colombien et l'Occident colombien se fait.

La figure 8 représente la paléogéographie au début du Trias. Pour plus de détails sur le mouvement de la plaque Caraïbe, voir la figure "Evolution des Caraïbes depuis le Jurassique jusqu'à aujourd'hui" en annexe.

4.3.1 Trias et Jurassique

A cette période, la Pangée va commencer à se séparer à l'Est par l'ouverture de la Paléo-Téthys. La Colombie se trouve à l'Est de l'immense océan Panthalassa. Finalement à la fin du Jurassique va commencer l'ouverture de l'océan Paléo-Caraïbes

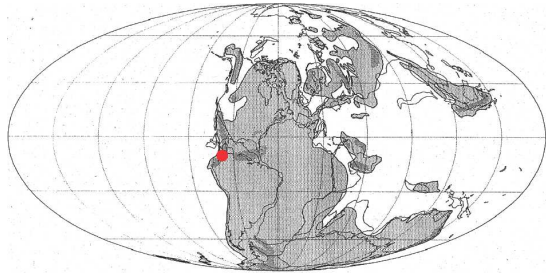


FIG. 8 – Le monde au début du Trias (245 Ma) (Smith et al., 1994)

qui va séparer l'Amérique du Nord de l'Amérique du Sud (séparation des plaques Chortis et Maya).

Le terrain Chibcha et le Bloc Autoctone vont se souder et former l'"Orient colombien". L'Orient colombien subit un important régime de distension lié à la désagrégation de la Pangée et qui aura comme conséquence l'ouverture de l'Océan Paléo-Caraïbes. Un important ceinturon magmatique de type calca-alcalin qui s'étend de la SNSM jusqu'en Equateur prouve très certainement la présence d'une zone de subduction. Ce régime de distension et le bassin arrière-arc de la subduction provoque la formation de grabens dans l'Orient colombien (ex : vallée du fleuve Magdalena) ainsi qu'un amincissement de la lithosphère. Dans ces bassins se sont déposées d'importantes séquences sédimentaires de type continental ou marin (ancienne Cordillère Centrale, invasions marines).

La remontée de magmas de compositions variables était facilitée par les nombreuses failles normales liées aux grabens. Cela explique les batolites et le volcanisme actif de cette période.

L'Occident colombien est représenté par le terrain Tahami. Ce terrain est assez stable tectoniquement à cette période, mais beaucoup de questions persistent sur son emplacement et sur le passage des différentes invasions marines.

4.3.2 Crétacé

Le Crétacé est une période complexe de l'évolution des Andes colombiennes. Il s'est produit de multiples et complexes phénomènes sédimentologiques, magmatiques, métamorphiques et tectoniques dont la chronologie n'a pas encore pu être totalement résolue. Au Crétacé a commencé l'ultime étape tectonique qui a donné au domaine oriental et occidental leur individualité. Les phénomènes (distension, phénomènes liés à la subduction, ...) commencés à la période précédente continuent. La création d'une ancienne Cordillère Occidentale est l'événement important de la fin du Crétacé.

Sur l'Orient colombien, on observe une subsi-

dence importante qui a permis de déposer uniformément jusqu'à 10000 m de sédiments marins épicontinentaux (région de Bogota).

L'Occident colombien subit d'importants événements. Le terrain Calima (socle de type océanique) est venu s'accréter au terrain Tahami (socle continental). Les substratums du terrain Gorgona et Cuna datent du Crétacé mais ils s'accréteront à l'Occident colombien durant le Cénozoïque. Ces deux terrains sont allochtones. On pense que le terrain Gorgona a fait plus de 3000 km avant de s'accréter à la Colombie.

A la fin du Crétacé, le terrain Tahami fut plissé et intrudé par le grand batholite antioquien (région de Medellin) et ses satellites. Cette orogénèse n'a eu que peu d'influence sur la partie orientale. On y observe seulement un retrait de la mer qui changea le bassin marin en une aire de déposition de sédiments molassiques non-marins. De plus c'est à cette période que le terrain Tahami assemblé au terrain Calima vient s'accréter à l'Orient colombien.

La présence de roches basiques et ultrabasiques de milieu océanique et d'âge crétacé est une caractéristique essentielle des Andes septentrionales. C'est ce qui la distingue clairement des Andes Centrales. En Colombie, ces roches affleurent sur le flanc W de la Cordillère Centrale, dans la Cordillère Occidentale, dans la Serrania de Baudo et forment le socle des terrains Calima, Gorgona et Cuna. Une partie de ces roches pourrait venir de l'ancien océan Proto-Caraïbe.

C'est à cette période qu'un point chaud est né dans l'Océan Pacifique. Il a déposé d'énorme quantité de matériel sur la croûte océanique en mouvement. Ce matériel a rejoint ensuite la subduction. Certaines théories émettent l'hypothèse que les transgressions marines mondiales et sur la Colombie sont liées à ce point chaud (élévation de 250m de niveau actuel de la mer).

4.4 Cénozoïque

D'un point de vue orogénique, cette période est la plus importante parce que les mouvements et les déformations qui ont eu lieu, sont les principaux responsables de l'architecture des cordillères actuelles. Elle résulte de la collision des terrains Gorgona et Cuna.

Durant le Cénozoïque, la sédimentation marine est limitée aux côtes. A l'intérieur du pays, les dépôts sont continentaux et molassiques.

Pour plus de détails sur le mouvement de la plaque Caraïbe, voir la figure "Evolution des Caraïbes depuis le Jurassique jusqu'à aujourd'hui" en annexe. La figure 9 représente la plaque des Caraïbes au début du Cénozoïque.

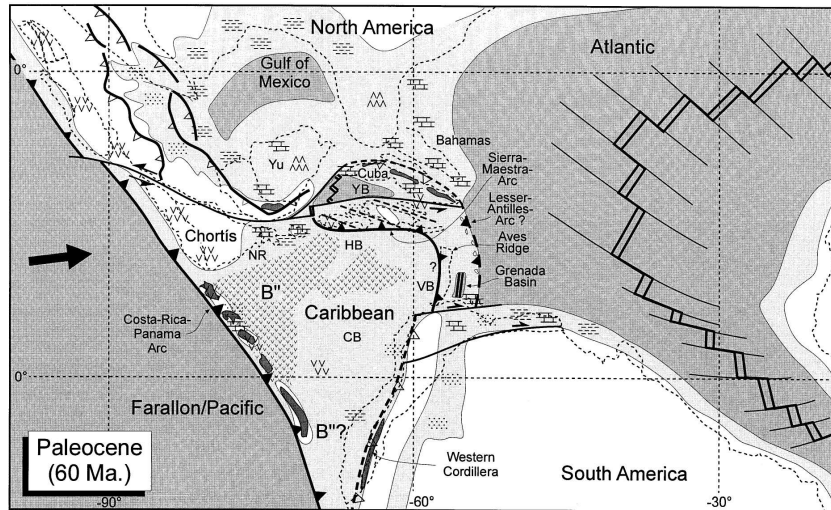


FIG. 9 – La Colombie au début du Cénozoïque (Meschede M., Frisch W. 1998)

4.4.1 Paléocène

Suite à l'orogénèse de la fin du Crétacé sur le terrain Tahami, un grand bassin molassique non marin s'est formé au Maastrichtien et au Paléocène dans la partie orientale. Les sédiments sont fournis par l'érosion de la Cordillère Occidentale et du Bouclier Guyanais.

4.4.2 Eocène

A l'Eocène moyen, une crise orogénique aigue a lieu dans la région de la Sierra Nevada de Santa Marta et dans la Cordillère Centrale. Les roches crétacées sont métamorphisées et il y a également l'intrusion de différents plutons.

4.4.3 Oligocène

Pendant cette époque (et le Miocène) plusieurs plutons intrudèrent le large de l'actuelle Cordillère Occidentale.

On note que les sédiments de la fin de l'Oligocène sont plus gros que ceux de l'Oligocène, cela indique que les agents de transport ont augmenté leur capacité.

4.4.4 Oligocène-Miocène

Les mouvements tectoniques de cette période furent très importants. En effet, ils sont directement responsables de la construction des grandes unités tectoniques des Andes colombiennes actuelles : pré-cordillère Occidentale, demi graben de la vallée du Cauca, pré-cordillère Centrale, demi graben de la vallée de Magdalena, pré-cordillère Orientale et plateforme basse de l'est colombien.

Avant cela, il n'existait pas encore de grosses différences de relief entre ces différentes unités.

La Cordillère Orientale prit forme à cette période. Dans les zones avec d'épaisses couvertures sédimentaires se forment des plis importants (ex. près de Bogota) et dans les zones à couverture fine, on assiste à des mouvements verticaux entre les différents blocs du socle.

4.4.5 Miocène

L'orogénèse du Miocène Moyen est caractérisée par des plissements modérés à forts et des failles inverses. Cela indique une compression accompagnée par des chevauchements. Elle est due à l'accrétion des terrains Cuna et Gorgona au territoire colombien.

Durant la formation de la Cordillère Orientale et l'élévation des anciennes Cordillères Centrale et Occidentale, les bassins situés entre les différentes chaînes se transformèrent en demi-graben. L'érosion des chaînes avoisinantes les remplit d'une grande quantité de dépôts molassiques. La majeure partie de la sédimentation Miocène et Pliocène est constituée de conglomérat, de sable et de pierre ponce.

La subsidence des bassins fut intermittente et variable sur toute la superficie, les roches sédimentaires du Miocène et du Pliocène sont ainsi caractérisées par des changements rapides en lithologie et en épaisseur.

Dans la partie centrale, le volcanisme apporte une grande quantité de matériel effusif aux sédiments du Tertiaire supérieur et du Pleistocène dans les vallées de Magdalena, Cauca et Atrato-San Juan.

Il semble que depuis le Paléocène jusqu'à l'Oligocène supérieur les Llanos et la partie supérieure de la vallée Magdalena ne faisaient qu'un seul grand bassin et que le réseau hydrographique était différent de l'actuel (il se dirigeait vers l'E alors qu'actuellement il va vers le N). Le plissement principal a eu comme résultat principal la formation de la Cordillère Orientale et l'élévation des deux autres cordillères.

C'est également durant cette période que la Sierra Nevada de Santa Marta commence à se séparer de la Cordillère Centrale. Deux failles décrochantes principales la délimitent : la faille de Santa-Marta-Bucaramanga à l'W et la faille de Oca à l'E.

4.4.6 Pliocène

La région andine continue à être instable tectoniquement. Le grand soulèvement final a commencé durant le Pliocène moyen à supérieur et s'est probablement terminé avant le Pleistocène moyen. L'amplitude du soulèvement a été d'environ 2600 à 2800 mètres en 2 à 3 Ma dans la région de Bogota (1-3mm /an dans la région de Bogota et peut-être le double dans la Sierra Nevada del Cocuy). Ce grand soulèvement a formé de nombreuses failles et chevauchements sur les bords des différentes cordillères.

4.4.7 Quaternaire

Les sédiments de cette période sont constitués principalement de remplissage molassique dans les parties centrales des vallées, de cônes et de terrasses alluviales peu ou non déformés sur les flancs de ces dernières (Magdalena, Cauca,...).

Durant le Pleistocène, le volcanisme important dans la partie sud de la Cordillère Centrale a apporté des quantités importantes de matériel. La subsidence de certaines régions a permis parfois des accumulations allant jusqu'à 1500m d'épaisseur (Vallée de Magdalena). Durant l'Holocène, le volcanisme a passablement diminué. Malgré cela, les séquences de cendres (voir fig. 10) présentes dans quelques séquences stratigraphiques actuelles montrent que la volcanisme a continué jusque dans des époques historiques et continue encore actuellement.

Pour finir, on observe dans les régions de plus de 3000m d'altitude des preuves de glaciations durant le Pleistocène moyen et récent (moraines). La limite des forêts est descendu entre 1200 et 1500 m durant la dernière grande période glaciaire (entre 40 kA et 14 kA).

Depuis le Miocène, la répartition des unités structurales ne s'est pas modifiée.



FIG. 10 – Dépôts volcaniques quaternaire près du volcan Nevado del Ruiz (M.Bochud, 2003)

5 Les caractères structuraux de la Colombie

Dans ce chapitre, nous allons décrire les systèmes de failles importants ainsi que les caractéristiques structurales de l'Orient et de l'Occident colombien. La figure 11 représente les éléments importants de la tectonique qui affectent la Colombie.

Les principales variations paléogéographiques coïncident avec des variations paléotectoniques. Depuis le Miocène, il n'y a plus de variations structurales mais géomorphologiques. Donc même si les mouvements tectoniques postérieurs au Miocène sont presque entièrement responsables de l'aspect orographique actuel, ils n'ont pas apporté de modifications dans la répartition des unités structurales.

5.1 Les failles importantes de Colombie

Les failles importantes de Colombie sont directement liées à la subduction et aux mouvements dextres qui affectent la Colombie.

Le système de décrochement dextre Oca - Romeral - Guyaquil était lié directement aux mouvements de la plaque Caraïbes. Le déplacement de la faille de Oca atteint 65 km. Son activité a commencé au Crétacé avec ensuite différentes périodes d'activité. La faille de Santa-Marta - Bucaramanga a ensuite séparé en deux ce système au Miocène supérieur. Ce décrochement de 550 km de long avec un déplacement senestre de 110 km a séparé la Sierra Nevada de Santa Marta de la Cordillère Cen-

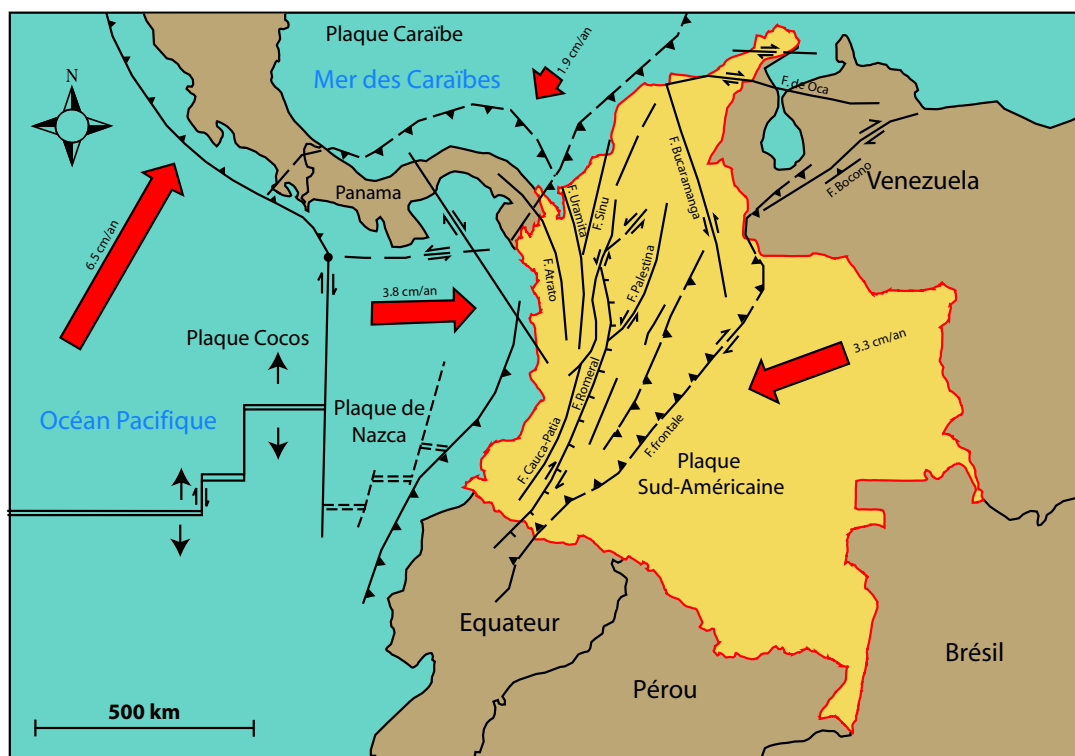


FIG. 11 – Carte tectonique de la Colombie

trale. Sur la fig. 3, la relation entre les 2 massifs est bien visible.

La faille frontale de la Cordillère Orientale transmet actuellement le mouvement de la plaque Caraïbe avec la faille de Bocono au Venezuela. Ces dernières forment la limite NW de la plaque sud-américaine. Elle sont très active et actuellement le déplacement dextre atteint 0.3 à 1.4 cm/an. Elle s'est mise en place au Miocène tardif.

5.2 Orient andin

Cette partie est caractérisée par une tectonique de couverture décollée du socle et/ou de couverture adhérente au socle en fonction des relations entre les deux. La couverture et le socle sont en effet plus ou moins solidaires selon le type de jointure (sédimentaire ou tectonique). On peut y distinguer 3 types de tectoniques dans l'Orient colombien :

- tectonique qui inclue le socle
- tectonique de décollement
- tectonique impliquant en partie le socle

Les déformations tectoniques de type compression ont généré de nombreuses failles inverses, chevauchements et failles décrochantes. Ce sont ces nombreuses déformations qui donnent à la Cordillère Orientale sa structure en éventail (voir coupe en annexe et fig. 12).

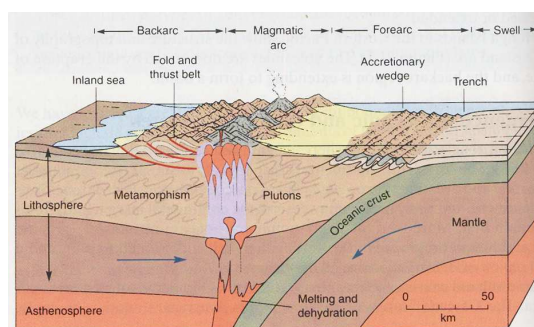


FIG. 12 – Coupe d'une subduction plaque océanique-continent

5.3 Occident andin

Dans cette partie aucun substratum anté-Crétacé n'est connu. En conséquence, la tectonique de recouvrement et de couverture du socle n'apparaissent pas dans les séries volcaniques, métamorphiques et ultra-basiques du Mésozoïque. Les coupes géologiques montrent :

- de grandes failles inverses sur les bords de la Cordillère Occidentale.
- des plaquements de grandes amplitudes, quasi symétriques dans les séries volcano-sédimentaires du Crétacé.

- des secteurs très disloqués durant l'orogénèse Maastrichto-Paléocène et les intrusions des batholites du Tertiaire moyen.

A l'ouest, la cordillère côtière est constituée d'un substrat magmatique basique couvert par des terrains tertiaires marins et volcaniques. Elle semble être la continuation de l'Isthme de Panama et semble également continuer à se soulever actuellement.

La sédimentation post-orogénique est représentée par le tertiaire marin qui se rencontre uniquement sur les plaines côtières du Pacifique et des Caraïbes. Le Tertiaire du Pacifique forme une zone plus ou moins parallèle à la Cordillère Occidentale. Des accidents tectoniques dans le Tertiaire de la zone des Caraïbes recoupent les directions de la Cordillère Centrale et Occidentale, ils pourraient traduire une tectonique de distention.

5.4 La limite entre les 2 grands domaines colombiens et le problème de la Cordillère Centrale

Du point de vue structural, la Cordillère Centrale sépare l'E et l'W colombien. Elle fait office de seuil entre les 2 domaines andins depuis le Mésozoïque.

Le plutonisme et le volcanisme de la Cordillère Centrale sont d'un grand intérêt, car ils ont contribué à l'intégration de cette ancienne plateforme Paléozoïque à la chaîne de plissement des Andes colombiennes.

L'altitude élevée de la Cordillère Centrale est en partie due à des soulèvements isostatiques de la fin du tertiaire et ils ont pu atteindre jusqu'à 2500m de déplacement.

6 Le volcanisme actuel et la subduction andine

Les volcans colombiens sont situés sur la ceinture de feu du Pacifique. En Colombie, ils sont principalement situés sur la partie centrale et sud de la Cordillère Centrale et à l'extrême sud de la Cordillère Occidentale. Les différentes études ont permis de trouver plus de 45 centres volcaniques dont 13 volcans qui ont été actifs durant les derniers 10'000 ans.

Ce sont les preuves d'un volcanisme d'âge Néogène et Quaternaire le long des sommets de la Cordillère Centrale entre Manizales au Nord et la frontière équatorienne. Ces volcans doivent être localisés sur une zone de failles qui s'enfonce profondément dans la croûte. Cela correspond aux caractéristiques structurales d'un volcanisme andésique de marge continentale.

La Colombie se situe dans la "Northern Volcanic Zone" (NVZ) des Andes. C'est une des 3 zones de volcanismes actifs des Andes, il y a encore la "Central Volcanic Zone" (CVZ) et la "Southern Volcanic Zone" (SVZ) qui se trouvent respectivement sur la zone N du Chili - S du Pérou et sur la zone S du Chili. La figure 13 représente ces différentes zones.

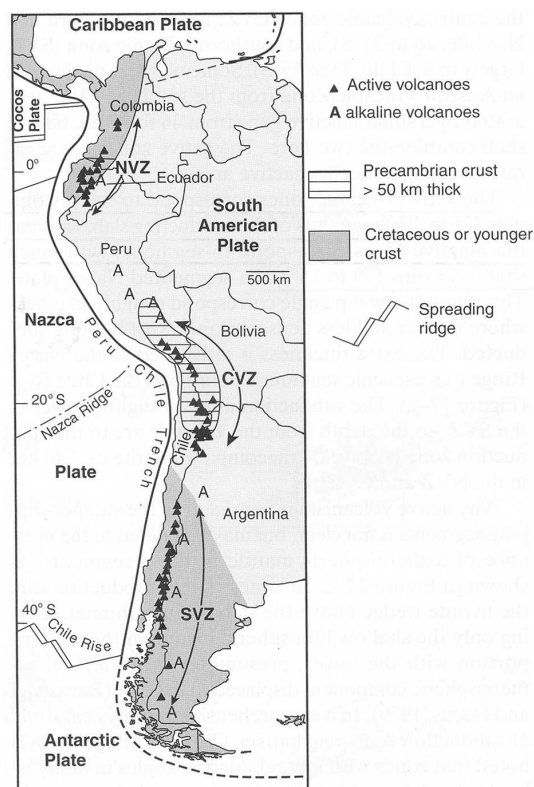


FIG. 13 - Carte de la côte W de l'Amérique du Sud qui montre les plaques tectoniques et la distribution des zones volcaniques. NVZ, CVZ et SVZ correspondent respectivement à la zone volcanique du nord, du centre et du sud. (Winter, j. 2001)

Les zones de volcanisme actif correspondent aux parties plus inclinées (25 à 30°) du plan de subduction de la plaque de Nasca tandis que les zones inactives correspondent aux segments les moins inclinés (10 à 15°). L'angle de subduction est légèrement inférieur dans la SVZ, la profondeur entre l'arc volcanique et la zone de subduction est de seulement 90 km tandis que dans la NVZ et CVZ elle peut atteindre 140 km.

La cause de la restriction du volcanisme aux zones de subduction plus inclinées n'est pas claire, mais elle peut être mise en relation avec la présence ou non du manteau asthénosphérique. En fait la pente de la subduction influe sur la distance entre la fosse et l'arc volcanique.

Les 3 zones des Andes diffèrent en épaisseur et

dans le type de croûte impliquée. Dans la NVZ et la SVZ la croûte est principalement Mésozoïque et Cénozoïque. L'épaisseur crustale est de l'ordre de 35 à 45 km. La croûte de la CVZ est plus épaisse et la présence de roche métamorphique précambrienne le long de la CVZ a fait conclure à la plupart des auteurs la présence de l'épais substratum du Bouclier Brésilien sous les Andes Centrales. L'épaisseur de la croûte de la CVZ de plus de 75 km en fait la croûte subductée la plus épaisse au monde.

Il faut également souligner qu'au niveau Colombien, uniquement une partie est concernée : le nord semble-t-il n'est pas actif à cause d'un plan de Benioff moins incliné que celui du sud.

7 Conclusion

Le territoire colombien s'est créé pendant plus de 2000 Ma d'histoire complexe et agitée. La Colombie que nous connaissons actuellement est sans aucun doute le résultat d'un long processus d'accrétion de terrains continentaux et océaniques. Ces derniers ont subi parfois de grands déplacements.

La grande diversité d'orogénèses qui ont eu lieu durant cette histoire est une caractéristique essentielle de cette partie des Andes. Elle est probablement une conséquence de l'emplacement de la Colombie au coin NW du Craton amazonien et ensuite de la plaque Sud-Américaine.

Au niveau géodynamique, La Colombie se situe actuellement à la croisée de 3 plaques. Elle est touchée par la subduction andine qui est connue dans le monde entier et citée comme exemple. Elle est également concernée par les mouvements de la plaque Caraïbes qui ont joué un grand rôle dans la formation de la Colombie. A cause de sa position, elle aura subi plus de 700 Ma de déplacements dextres.

On peut donc se poser la question de l'origine de ces mouvements globaux et constants qui touchent également toute la planète. Les réponses se situent probablement dans les mécanismes des mouvements de convection du manteau. Elles apporteraient énormément d'informations aux géologues pour comprendre la géologie de la Colombie ainsi que celles des nombreuses orogénèses du monde entier.

Références

[1] TOUSSAIN, J.F. 1993-1999 : *Evolución geológica de Colombia*. Universidad Nacional de Colombia.



FIG. 14 – Port de Santa Marta (M. Bochud, 2003)

- [2] THOURET J.C. 1981 : *Mapa geomorphoestructural de los Andes Colombianos*. Instituto Geografico "Augustin Codazzi".
- [3] PARIS, G., ROMERO L., J.A. 1994 : *Fallas Activas en Colombia*. B. Geologico Ingeominas, Vol. 34, N°2-3, p.3-25.
- [4] ALARCÓN G., A., RODRIGUEZ, E.E., ESCALLÓN S., J. 2000 : *Atlas de Amenaza Volcánica en Colombia*. INGEOMINAS.
- [5] SMITH, A.G., SMITH, D.G, FUNNELL, B.M. 1994 : *Atlas of Mesozoic and Cenozoic Coastline*. Cambridge Univ. Press.
- [6] MESCHEDE, M., FRISCH, W. 1998 : *A plate-tectonic model for Mesozoic and Early Cenozoic history of the Caribbean plate*. Tectonophysics 296, 269-291.
- [7] VILLAMIL, T. 1998 : *Chronology, relative sea-level history and a new sequence stratigraphic model for basinal cretaceous facies of Colombia*. Paleogeographic Evolution and Non-glacial Eustasy, Northern South America, SEPM Special Publication No 58, p.161-216.
- [8] WINTER, J.D 2001 : *An Introduction to igneous and metamorphic petrology*. Prentice-Hall.
- [9] Radelli, L. 1967 : *Géologie des Andes colombiennes*. Faculté des Sciences de l'Université de Grenoble.