

Chapitre 2 : But et objectifs de l'étude

Cette étude se fixe comme but de déterminer, pour l'île de Trinidad, les causes probables de la HNMRM ainsi que sa valeur aussi bien verticale (hausse proprement dite) qu'horizontale (intrusion des eaux marines dans les zones côtières). Trois objectifs principaux sont à atteindre à cette fin : 1) Déterminer la contribution de la dynamique continentale à la HNMRM, 2) Montrer que le facteur dominant de cette dynamique est une subsidence locale due à l'exploitation intensive de la nappe pétrolière et 3) Développer une méthode, basée sur l'utilisation d'un système d'information géographique (SIG), pour élaborer des scénarios concernant l'intrusion des eaux marines dans les zones côtières et faire des recommandations dans le cadre de la gestion intégrée des zones côtières (GIZC).

2.1 Détermination de la contribution de la dynamique continentale

Le chapitre précédent a permis de passer en revue les facteurs qui contribuent à la hausse du niveau de la mer. Il s'agit maintenant d'en isoler ceux qui affectent Trinidad; ce qui va permettre d'évaluer la composante verticale de la HNMRM à Trinidad en même temps que la contribution de la dynamique continentale à cette hausse.

Il est à rappeler que la HNMRM est la somme algébrique de la dynamique continentale et de celle océanique (Figure 8). On va donc (comme il sera discuté en détail dans le chapitre suivant) calculer la HNMRM à partir des observations marégraphiques faites par le seul marégraphe de l'île opérationnel jusqu'en 1999. Pour déterminer la contribution de la dynamique continentale, on va ensuite retrancher, de la HNMRM calculée, la contribution océanique, dont les facteurs seront évalués aussi bien à partir de la littérature qu'à partir des résultats des simulations faites avec deux modèles couplés de circulation générale atmosphère-océan (MCCGA-O) appropriés.

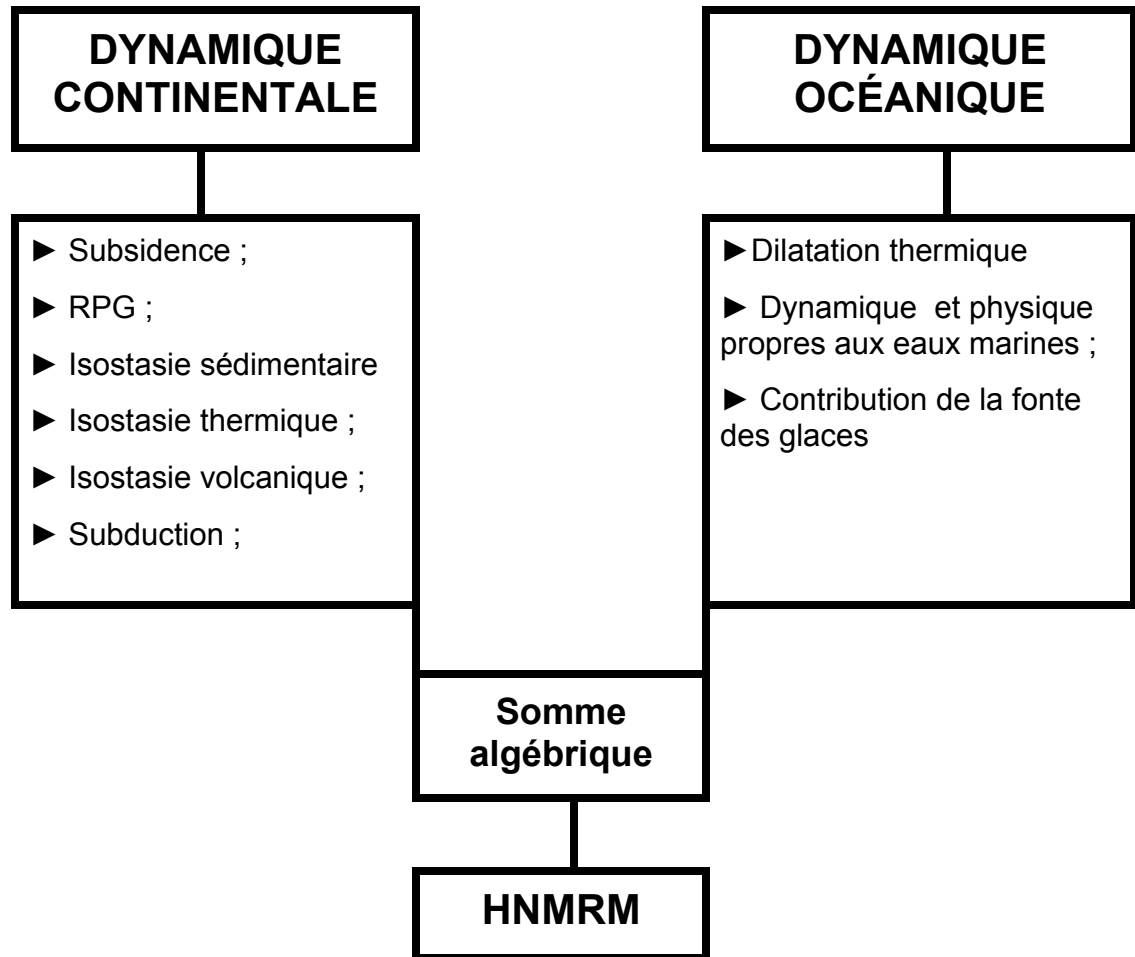


Figure 8 : Modèle conceptuel des causes probables de la HNMRM

On va ensuite montrer que la dynamique continentale n'affecte pas la HNMRM uniformément autour de Trinidad; ce qui sous-entend que le facteur dominant de la HNMRM à Trinidad serait une série de subsidences locales.

2.2 Détermination du facteur dominant de la dynamique continentale

Dans certains endroits spécifiques, la côte trinitadienne semble reculer à vue d'œil, alors que dans d'autres la côte semble plutôt stable. Tout se

passé comme si, à certains endroits, le niveau de la mer chute dramatiquement alors que dans certains endroits, il semble se stabiliser, voire monter. Les facteurs liés à la dynamique océanique ne peuvent expliquer ce phénomène car ils ont tendance à agir globalement et, vu les dimensions restreintes de l'île, la hausse marine engendrée devrait affecter les côtes uniformément, ce qui n'est pas le cas pour Trinidad.

En ce qui concerne les facteurs de la dynamique continentale, l'influence de l'isostasie thermique sur le NMM à Trinidad pourrait être considérée comme négligeable car, comme il a été constaté pour les îles Marshall (Ménard et Ladd, 1963) et Mururoa dans le Pacifique (Labeyrie et al., 1969), une valeur moyenne de quelques dixièmes de millimètres par année, étalée sur des milliers d'années entre l'incandescence de la roche et son état présent, prouverait que la valeur actuelle de ce genre de subsidence est infime.

Par ailleurs, et malgré l'existence de roches volcaniques et de certaines sources thermales dans la région, l'isostasie volcanique ne semble pas affecter Trinidad, car aucun volcan n'a été actif aux alentours dans les récents temps géologiques (Donovan, 1994 ; Jackson et Donovan, 1994).

Quant à la subduction, elle pourrait bien affecter le NMM à Trinidad : Plusieurs études, notamment sur la sismicité dans la région des Caraïbes, ont montré, en effet, que cette île se trouve dans une zone de subduction complexe, résultante du glissement de la lithosphère océanique, attachée à l'Amérique du Sud, sous la plaque des Caraïbes (Lachman, 1998, Russo, 1990, Shepherd et Aspinall, 1983, Jordan, 1975, Hess et Maxwell, 1953). Cependant sa valeur ne serait que d'environ un dixième de millimètre par an (Piromallo *et al.*, 1997).

De son côté, le RPG agit globalement, à la manière des facteurs de la dynamique océanique. Il ne reste donc que la subsidence locale pouvant

découler de l'isostasie sédimentaire pour expliquer la manifestation sporadique de la HNMRM dans certains endroits de la côte trinitadienne. Il est à remarquer que le golfe de Paria, qui sépare Trinidad du Venezuela, est affecté par une énorme quantité de sédiments drainés par l'Orinoco. L'exploitation intensive du pétrole dans ce golfe ainsi que ces sédiments, qui comblent les profondeurs en ajoutant leur poids, pourraient faire admettre que les côtes occidentales trinitadiennes seraient affectées par une isostasie sédimentaire ; laquelle expliquerait, en grande partie, la HNMRM annuelle (de 8 à 10 mm/an) observée par Singh (1997a).

Il est cependant difficile de conclure en ce sens car l'île ne dispose pas de systèmes de monitoring adéquats qui pourraient permettre de faire une vérification à travers une série de mesures géodésiques temporelles. De telles mesures pourraient permettre de détecter les mouvements de la croûte terrestre ainsi que la HNMRM à plusieurs points repères sur la côte.

Cependant, les seuls outils de monitoring dont dispose l'île sont deux marégraphes. Le premier est situé dans une zone très affectée par les signes de subsidence et qui ne fonctionne plus depuis plus de dix ans. Tandis que l'autre, situé à Port of Spain, était opérationnel jusqu'à la fin du siècle dernier mais sa stabilité horizontale et verticale n'était contrôlée par aucun système de mesures géodésiques.

Faute de telles mesures, on va passer par les causes ainsi que par les conséquences de la subsidence pour prouver son existence. On va en particulier montrer l'existence de relations spatio-temporelles entre l'exploitation pétrolière, la recrudescence des séismes et la manifestation des conséquences de la subsidence telles que l'érosion ponctuelle des plages, l'intrusion des eaux marines dans certains sites côtiers ainsi que dans les aquifères.

On va par ailleurs développer un modèle mathématique pour le calcul des quantités de matériaux érodés ou déposés sur les côtes, en se basant sur des mesures de profils des plages. Ce modèle, conjointement avec l'analyse de la concentration du sel marin dans les aquifères, de l'exploitation pétrolière ainsi que de la fréquence des séismes montrera indirectement que la subsidence est la principale explication aux impacts de la HNMRM observés sur certaines parties de la côte de Trinidad.

2.3 Évaluation de l'intrusion de la mer dans les zones côtières

Cette évaluation trouve sa justification dans la nécessité de conclure cette étude avec des recommandations concernant l'impact de la HNMRM sur les principaux systèmes côtiers.

En effet, vu le caractère insulaire de Trinidad, les systèmes côtiers revêtent une importance toute particulière de par leur rôle économique et écologique. Ce sont ces systèmes qui sont les plus menacés par la HNMRM. Cette dernière se traduirait, sur ces systèmes, par une érosion des côtes, par l'augmentation de la salinité des estuaires et des aquifères, par le changement de l'amplitude des marées dans les embouchures des rivières et dans les baies, par la modification des transports des sédiments et des nutriments, par la modification de l'action des contaminants dans les zones côtières et par l'augmentation des inondations côtières (Huang et al., 2004 ; Watson et al., 1996; Gallecos et al., 1993).

De son côté, Singh (1997) avait utilisé des mesures et des observations *in situ* en vue d'étudier la relation entre le réchauffement global de la planète et les différents changements environnementaux qui affectent actuellement les Caraïbes du sud et spécialement Trinidad et Tobago. Il a pu constater un recul du relief côtier allant de 2 à plus de 4m par année, une contamination appréciable des aquifères côtiers et des estuaires avec les

sels marins et une détérioration évidente des coraux, surtout dans le Culloden Reef, à Tobago.

Par ailleurs, il est à ajouter que les changements physiques, écologiques et socio-économiques produits par une HNMRM ne sont pas indépendants les uns des autres mais qu'ils interagissent en permanence et pourraient s'aggraver mutuellement (Figure 9).

La HNMRM modifie en effet la dynamique des marées, des vagues, des courants et des vents, lesquels vont contribuer à polluer les eaux côtières par lessivage des dépotoirs côtiers, inonder le littoral, modifier la morphologie de la côte et éroder les plages (Figure 9).

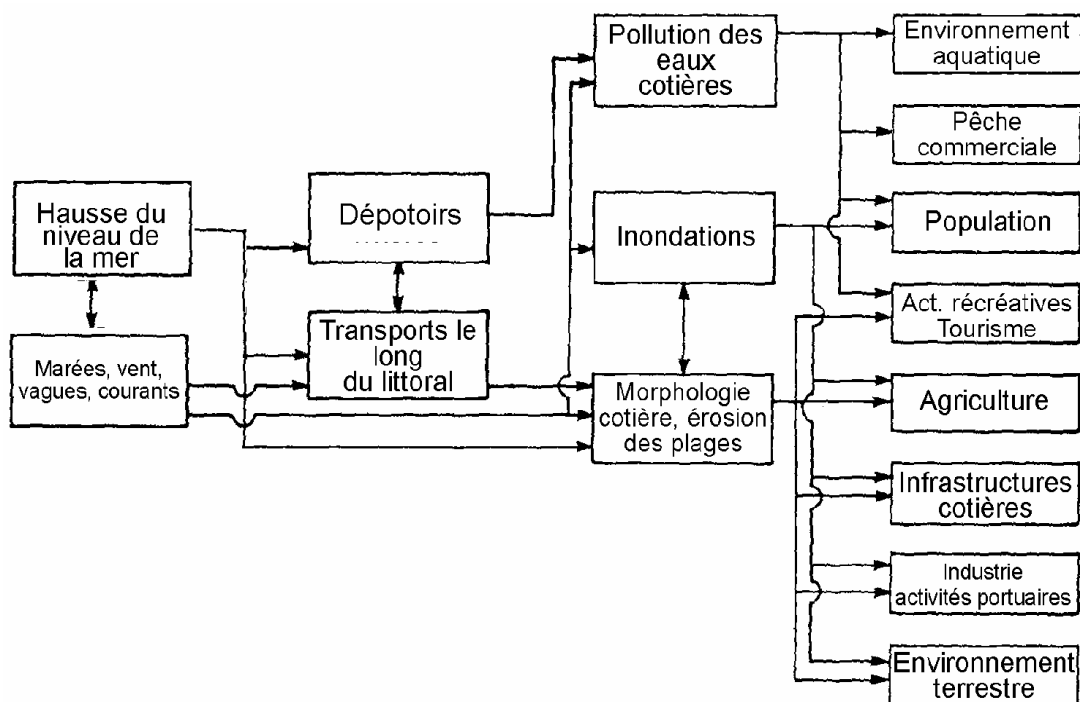


Figure 9: Effet domino de la hausse du niveau de la mer sur les côtes
(D'après Alm et al., 1993, modifié)

D'où des retombées négatives sur l'environnement aquatique et terrestre, la pêche commerciale, la population, l'agriculture, les infrastructures côtières, l'industrie et les activités portuaires et les activités récréatives et

touristiques. Dans le cas spécifique des Caraïbes, les écosystèmes côtiers (mangroves, lagunes côtières, deltas et estuaires, étangs et végétation marine) subissent déjà une forte pression de la part d'une population côtière dont la densité est comprise entre 100 habitants et 550 habitants au kilomètre carré (Vicente et al., 1993).

En particulier, les zones affectées seront:

- 1) les mangroves, qui fournissent un habitat naturel à divers poissons et crustacés, atténuent l'énergie des vagues, emprisonnent les sédiments et contrôlent l'effet des courants et des marées;
- 2) les lagunes côtières qui contrôlent le ruissellement, facilitent le dépôt des sédiments et assurent la survie de nombreuses espèces d'oiseaux, de poissons et de crustacés;
- 3) les deltas et les estuaires qui contribuent à l'expansion des mangroves et qui servent d'habitat aux espèces nécessitant des changements de concentration de sel dans l'eau;
- 4) la végétation marine qui protège les coraux en retenant les sédiments et sert de frayère pour plusieurs espèces de poissons.

Les besoins pressants d'une population de plus en plus nombreuse sur un espace de plus en plus restreint par l'urbanisation et qui risque de l'être plus par une hausse du niveau de la mer ont amené les décideurs insulaires à opter de plus en plus pour un système de gestion intégrée des zones côtières (GIZC) (Coccosis, 2004 ; Dahdouh-Guebas, 2002 ; Zeidler, 1997).

Ce concept permet d'assurer la gestion des zones côtières en tenant simultanément compte de l'aspect économique, écologique, social et culturel en vue d'assurer un développement durable des ressources côtières.

Que faut-il alors faire pour éviter les impacts de la HNMRM tout en assurant un développement économique rationnel et en préservant l'équilibre écologique? Agir au cas par cas? Le système côtier est si complexe qu'agir sur un facteur risque de provoquer des réactions en chaîne sur les autres.

Les études montrent que non seulement les défenses marines (murs, obstacles) ne sont pas économiquement rentables pour protéger l'agriculture de la HNMRM (Engelen et al., 1993), mais, en plus, elles favorisent le transport latéral des sédiments et exportent l'effet de l'érosion vers les côtes adjacentes non protégées (Kraus et McDougal, 1996; McDougal et al, 1996; Nicholls et Leatherman, 1995).

On pourrait également citer le cas de délocalisation des industries et des commerces, une réponse économiquement rentable en cas de HNMRM (Engelen et al., 1993). Cependant, comme la relocalisation des industries se fait dans les voisinages immédiats, et ce, en vue de continuer de profiter de la proximité de la mer, il y aurait par conséquent des impacts sur les terres agricoles, sur les forêts, sur les zones humides, etc., conséquences qui déboucheraient sur des impacts économiques et sociaux négatifs pour les classes défavorisées.

La GIZC doit donc tenir compte de l'interaction de toutes les composantes de l'environnement et des problèmes complexes posés par les différents intervenants pour élaborer des politiques en vue d'assurer un développement durable des ressources côtières (Zeidler, 1997). A cette fin la GIZC fait appel à des outils aussi variées que complexes (comme des SIG, des modèles quantitatifs, qualitatifs et/ou mathématiques) pour évaluer les impacts et élaborer des stratégies d'adaptation. Ces modèles sont groupés sous le vocable de "Systèmes d'Aide à la Décision" (Engelen, 1993).

Pour augmenter l'efficacité de tels systèmes, il conviendrait de connaître les causes, la tendance, l'amplitude et le *modus operandi* (concernant l'érosion des plages ainsi que la modification de la morphologie côtière) des possibles changements du HNMRM qui seraient « la règle et non l'exception » selon certains chercheurs (Warrick, 1993).

L'un des outils le plus utilisé au niveau de la GIZC pour étudier la vulnérabilité des systèmes côtiers est le SIG (Shui-sen et al., 2005 ; Zeidler, 1997 ; Kitsiou et al., 2002 ; Renyi and Nan, 2002). Certains chercheurs le considèrent comme un parfait système d'aide à la décision (Czeranka et Ehlers, 1997), et ce, pour ses capacités de générer 4 actions primordiales en vue du traitement et de l'analyse des données géoréférencées multi-sources et multi-échelles. Ces actions sont (Berry, 1993; Aronoff, 1989): (1) l'entrée des données; (2) leur gestion, (3) leur manipulation et leur analyse et (4) leur sortie sous différentes formes (visualisation sur écran et impression sur papier, sous forme graphique ou tabulaire). En outre, les S.I.G. ont l'avantage de présenter les données sous un format compact: ce qui évite l'étalement de l'information géographique sur plusieurs cartes et permet ainsi une exploitation rapide et intégrée des résultats, à des coûts plus bas que n'importe quel système de conception assisté par ordinateur ou de traitement conventionnel des données.

Les résultats de cette étude ainsi que ceux des études antérieures (IMA, 1997 ; ALNG, 2002, Singh, 1997, Deane, 1971) vont être utilisés, conjointement avec des couches thématiques des principales composantes du système côtier, dans un SIG pour circonscrire l'intrusion des eaux marines dans les zones côtières. Deux sites situés dans la zone où la récession des côtes est palpable sont ciblés : L'un où Trinidad projette de construire un terminal pour l'exportation du gaz naturel et

l'autre situé dans une zone de terres agricoles et de mangroves réputées être l'habitat de plusieurs espèces sauvages.

Grâce à ce SIG, on va développer des scénarios d'intrusion de la mer dans les zones côtières pour 2031, 2051 et 2071 et évaluer les impacts de la HNMRM, dans les deux sites ciblés, selon une méthode qui va être expliquée en détails dans le chapitre suivant.