
L'embouchure de l'Amazone, macro-frontière géomorphologique : enseignements de 30 années de recherches franco-brésiliennes sur les systèmes côtiers amazoniens

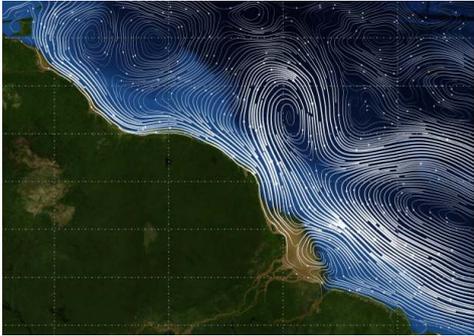
A desembocadura do Rio Amazonas, macro-fronteira geomorfológica : ensinios de 30 anos de pesquisas franco-brasileiras sobre os ecossistemas costeiros amazônicos

The Mouth of the Amazon River, a geomorphological macro-frontier : learnings of 30 years of French and Brazilian Research on the Amazonian Coastal Systems

M. T. R. C. Prost, J-F. Faure, C. Charron, H.V. Vargas, V. F. Santos, A.C. Mendes e A. Gardel

NOTA DO EDITOR

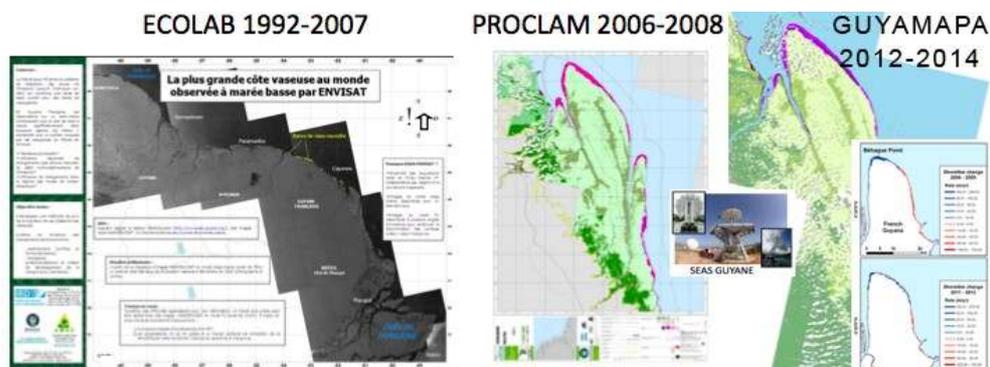
La suite de l'article (seconde partie) sera publiée dans le prochain numéro de *Confins*.

- 1 L'Amazonie, par sa grande richesse en géodiversité, biodiversité et en masse forestière, est un macro domaine remarquable du nord du continent sud-américain. Néanmoins la démesure de cette région a été souvent présentée au monde occidental comme étant uniforme et monotone, même dangereuse ("l'enfer vert") peu compartimentée et dépourvue de diversité physiographique et écologique, donc ayant un intérêt assez limité face à d'autres préoccupations scientifiques. La région a été vue "comme un espace sans habitants et sans histoire, passible de n'importe quelle manipulation utilisant des planifications faites à distance, ou assujettie à des propositions d'ouvrages pharaoniques, liées au faux concept de développement" (AB'SABER, 2004).
 
- 2 À présent cette vision exigüe de l'Amazonie a été dépassée. S'il est vrai que l'immense étendue des eaux et des forêts amazoniennes donne encore à certains l'apparence d'une grande homogénéité, elle masque, au niveau local, des diversités significatives. Pour les approcher, les auteurs de cet essai préconisent une approche méthodologique privilégiant l'étude des paysages côtiers à différentes échelles, car ils sont les reflets d'une l'histoire géomorphologique à la fois commune et spécifique. En d'autres termes, l'ampleur de la gamme dimensionnelle des situations (taxonomie) incorpore toujours des interactions et inégalités qui sont génératrices d'évolution. En conséquence, une macro vision des paysages (au niveau régional) peut cacher épisodiquement des ensembles de taille inférieure, et vice-versa, dont les comportements et résilience conviennent d'être précisés.
- 3 Cette problématique s'applique parfaitement au littoral amazonien, siège de dynamiques marines et fluviales puissantes. Le Ministère des Sciences, Technologie, Innovation et Communication (MCTIC) souligne, dans son plan national que la zone côtière du pays - où vit la majorité de la population et où se trouvent les métropoles, les grands ports et des industries - est fragile et vulnérable face aux changements naturels, notamment en ce qui concerne le réchauffement climatique global. Devant les défis posés pour la gestion territoriale, le MCTIC donne priorité aux travaux sur l'érosion des rivages, les processus naturels (physiques, chimiques, biologiques), la prévision et la prévention des impacts anthropiques et conseille d'inclure, à chaque fois que possible, des recherches sur l'évolution paléogéographique à différentes échelles (régionale, locale), ainsi que sur la dynamique sédimentaire en termes d'énergie du milieu océan/continent. Les directives ministérielles rappellent que les travaux doivent être appuyés par la vision satellitaire et la cartographie de l'occupation et d'utilisation des sols, passible d'actualisation automatique, et doivent considérer les environnements transitionnels qui intègrent l'ensemble littoral : écotones, gradients de succession, seuils de passage.
- 4 Quant au Ministère Brésilien de l'Environnement (Ministério do Meio Ambiente, MMA) il fait écho à ces recommandations en rappelant que "les zones côtières sont des régions de transition écologique essentielles pour la liaison et les échanges génétiques entre les écosystèmes continentaux et marins, ce qui explique leur complexité, diversification et extrême importance pour la vie dans la mer. De plus les zones côtières jouent un important rôle de nurserie, d'abris et de source alimentaire pour une grande partie de la faune qui fréquente ces milieux, ce qui fait de cet

environnement une priorité pour la conservation, la préservation et le maintien de la biodiversité terrestre et marine". Pendant les travaux du séminaire d'évaluation et d'actions prioritaires pour la conservation de la biodiversité des zones côtières et marines brésiliennes, organisé par le MMA à Porto Seguro em 1999 et qui a réuni un très grand nombre de chercheurs de tout le pays, le littoral amazonien a été classé comme zone nationale de priorité absolue, étant donné son importance pour la biodiversité et le peu connaissances disponibles de la zone (MMA, 2002). Cette préoccupation est d'autant plus pressante que le plateau continental Amazonien se présente comme la dernière frontière de l'exploration pétrolière. Plusieurs concessions d'exploration ont été délivrées pour des activités de prospection au niveau de la plateforme continentale et du talus, au large des côtes des États de l'Amapá et du Pará (ANP, 2013) ; des signes positifs pour l'exploration la côte de la Guyane française ont été donnés (Les Echos, 2011). Dans le même temps, le gouvernement brésilien finance des projets d'élaboration de cartes de sensibilité en cas de déversement d'hydrocarbures dans le fleuve Amazone et dans ceux du système Pará-Maranhão

- 5 En France, le Programme National d'Océanographie Côtière (PNOC) s'est penché sur l'étude des rivages sous l'influence amazonienne créant, en 1995, le Programme " *Environnement Côtier*" que la Guyane a intégrée en 1997 en association avec des pays voisins, dont le Brésil. " *Le programme a fédéré des équipes avec des compétences diverses de recherche sur des thématiques communes par leur intérêt scientifique et leur adéquation exprimée par les utilisateurs de la recherche*" (PNOC, 2012).
- 6 Parallèlement, le réseau international Ecosystème Côtiers Amazoniens - *Ecosistemas Costeiros Amazônicos* (ECOLAB), lancé en 1992 par l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) et le Museu Paraense Emilio Goeldi (MPEG, Belém, Pará), a réuni pendant 25 ans des chercheurs bénévoles du Suriname, du Guyana, de la Guyane, du Brésil et de la France métropolitaine, produisant des centaines d'articles, d'actes, de rapports, de mémoires de Master, de Thèses de doctorat et des documents cartographiques originaux dont la plupart ont été obtenus par télédétection orbitale. Il continue aujourd'hui d'alimenter des projets de coopération scientifique et technique, des ouvrages scientifiques ou de vulgarisation, et des collaborations entre équipes de recherche françaises et brésiliennes.
- 7 Par la suite le réseau ECOLAB s'est consolidé et a capitalisé sur les acquis du début des années '90, se distinguant notamment par la promotion de l'usage central de la donnée télédéteectée, qu'elle soit optique ou radar, dans les activités de recherche proposées et entreprises au sein de projets de coopération centrés sur les Guyanes. La production scientifique s'est donc largement appuyée sur les données et les nouveaux outils d'analyse qu'offre l'observation de la Terre, produisant des cartes, des CD's interactifs, des géo-catalogues, des Atlas, comme en témoigne l'illustration suivante. Ces travaux se sont pour une part importante nourrit d'imageries satellitaires issues du dispositif SEAS Guyane de réception directe satellitaire (Figure 1).

Figure 1 Exemples de réalisations du réseau ECOLAB et de ses projets associés, à partir d'imagerie satellitaire



Source : réseau ECOLAB, projets PROCLAM et GUYAMAPA

- 8 Depuis 2014, le Groupement de Recherche LiGA (Littoraux de Guyane sous influence de l'Amazone) fédère une soixantaine de chercheurs français de plusieurs disciplines et issus de nombreux établissements de recherche (CNRS, IFREMER, IRD, BRGM, Universités). Cet outil du CNRS qui est un réseau de recherche s'attache à promouvoir l'interdisciplinarité pour mieux comprendre le fonctionnement des écosystèmes littoraux de Guyane et les effets des changements climatiques.
- 9 Un hommage juste et nécessaire doit être rendu à tous ceux qui nous ont précédés et qui ont fait progresser le thème. Il est important de noter que depuis les années '90 le recours aux données satellitaires s'est généralisé dans cette région peu facile d'accès, pour appuyer la recherche et la formalisation d'indicateurs de l'environnement pour la cartographie thématique des espaces littoraux amazoniens (PROST, LOINTIER, POLIDORI, SILVEIRA, SANTOS, GARDEL, SOUZA FILHO, PROISY, FAURE, CHARRON, DOLIQUE, ANTHONY, VANTREPOTTE, GENSAC...).
- 10 La présente synthèse repose donc sur un historique dense de travaux de recherche communs et partagés de chaque côté de la frontière. Les faits exposés ont, entre autres sources, l'analyse de nombreux travaux multidisciplinaires menés au Brésil, en Guyane et en Europe (Projets ou programmes FUNTEC-SECTAM, PEC, REVIZEE, AmasSeds, JOPs, PIATAM-Mar, Rede N/NE - PETROMAR, Programme GERCO, PROCLAM, OSE GUYAMAPÁ...). Ces travaux sont exécutés par des centres de recherche (MPEG, INPE, IEPA, IRD, ENGREF, CNRS, EMBRAPA, SUDAM, ANA...) et des universités (Universités fédérales brésiliennes, d'Utrecht, d'Amsterdam, de Bordeaux-Talence, de Toulouse-Le Mirail, Université Paul Sabatier, de Paris XI et VII, Université du Littoral Côte d'Opale, Aix-Marseille Université, de Kiel...), dont les références sont compilées en fin de document.
- 11 Les résultats obtenus à ce jour en termes de compréhension des systèmes côtiers, bien que très importants, *ne représentent cependant qu'un ordre de grandeur*. La réflexion gagne à être mûrie et approfondie car les littoraux ne sont que de minces "encadrements" entre l'immense basse plaine continentale et l'immense masse océanique tropicale elle-même extrêmement dynamique, tel un "indivisible et puissant réacteur alimenté par l'énergie solaire, où la matière se transforme continuellement" (ESKINAZI-LEÇA et al., 2004).

Contexte

- 12 L'Amazonie impressionne par son extension, sa biodiversité, ses paysages, la multiplicité et la diversité de ses grands écosystèmes, et, surtout, la puissance et l'immensité de son réseau de drainage (Figure 2).
- 13 Dans l'ensemble la région amazonienne est le domaine de l'eau et des forêts denses, avec de vastes plaines alluviales inondables (les "*várzeas*" et "*pântanos*") et une multitude d'affluents qui serpentent parmi des grands lacs, des archipels et des cuvettes hydromorphes. L'homme s'adapte à cet environnement et au rythme des grandes crues de la vallée, construisant des maisons flottantes ou sur pilotis.
- 14 Ces terres basses sont bordées, ici et là, par des bas plateaux sédimentaires tabulaires ("*tabuleiros*"), « *chapadas* » et "*chapadões*"), des inselbergs des collines arrondies, des mornes ("*morros*"), ou encore des lignes de crêtes ("*serras*", comme celle de Carajás et du Tumucumaque, au sud du Pará). Au Brésil ces domaines structuraux ont été cartographiés, entre autres, par le Ministère des Mines et de l'Énergie (Projet RADAM), par la Société de Recherche en Ressources Minérales (CPRM), par l'Institut Brésilien de Géographie et Statistique (IBGE) (LIMA, 2008 ; IBGE, 2004) et al.. Les approches récentes se nourrissent en général d'images satellitaires de haute résolution avec analyse de variables morphométriques quantitatives, sur des recherches en pédologie, botanique et archéologie dont les données, en connexion avec l'hydrologie et le climat sont essentielles pour la compréhension de l'érosion accélérée créée par la déforestation et l'utilisation des sols dans des conditions de biostasie ou de rhexistasie.
- 15 Dans le détail, les formes, l'énergie des affluents, la morphologie de ses chenaux, les types de régimes, le modelé des vallées, des embouchures et des archipels, ainsi que la nature des eaux (fleuves à eaux "noires", "blanches" et "claires") découlent, entre autres, des conditions géologiques, géomorphologiques, pédologiques et hydrologiques du bassin versant (SIOLI, 1984).

Figure 2. Mosaïque Landsat de la région amazonienne brésilienne.



Source : Google Earth

- 16 L'Amazonie occupe environ 60% du territoire national brésilien mais l'espace reste relativement vide d'hommes en comparaison avec d'autres régions (THÉRY, 2015). Par contre, la région se détache comme source incomparable d'eaux douces mondiales (REBOUÇAS et al. 2006), par sa richesse de leur biodiversité (MMA, 2002) ou de ses ressources halieutiques (ISAAC et BARTHEM, 1995). Le revers de la médaille est leur capacité, toujours discutée, de faire face aux modifications climatiques mondiales prévues par le Groupe d'experts Intergouvernemental sur le Changement du Climat (IPCC, 2014).
- 17 L'Amazonie est donc saisissante...mais faut-il en étudier les littoraux, comme s'interrogent NITTROUER et DeMASTER (1996)? La réponse est affirmative et immédiate car ce grand domaine du nord du continent a des caractéristiques singulières, exprimées par une superbe et complexe mosaïque d'espaces physiques et écologiques de différents ordres taxonomiques (AB'SABER, 1966, 2003, 2004). Ce qu'il faut retenir, en revanche, est que l'immensité de l'ensemble régional ne résulte pas d'une seule dynamique (BERGER et al., 2008) car les mécanismes morphodynamiques dominants, pris comme référence, s'attachent à de multiples causes. Ainsi, selon l'échelle de l'observation un secteur donné du rivage ayant sa "signature" propre en termes d'intensité, vitesse et magnitude, peut être antagonique à celui qui lui est voisin, ce qui pose le problème des espaces de référence.
- 18 L'approche méthodologique de l'essai s'appuie sur la géomorphologie. L'embouchure de l'Amazone se trouve au cœur du système en tant que *seuil singulier de passage et de rencontre* entre les littoraux voisins, celui des Guyanes et celui du Pará-Maranhão. Evidemment, sur le plan taxonomique, ces deux espaces côtiers (« *individus* ») intègrent, à leur tour, des secteurs et des sous-secteurs différenciés par des interactions et des interdépendances, mais qui sont des faces de cet ensemble majeur (*type de littoral*). En

effet, bien qu'ayant des intensités, vitesses et magnitudes propres, leurs fonctionnements ne sont jamais à sens unique. Les modifications qui se produisent résultent de l'inégalité et des particularités de forces motrices complémentaires tant sur les rivages qu'au large de ceux-ci. De plus, la récente confirmation des récifs de corail sous les eaux turbides de l'embouchure (MOURA et al., 2016), reçue avec un enthousiasme pleinement justifié par le monde scientifique, apporte une vision nouvelle et inouïe de cette zone.

Les espaces de référence

"Un paysage résulte de la combinaison dynamique, donc instable, d'éléments physiques, biologiques et anthropiques qui, en réagissant dialectiquement les uns sur les autres, font d'un paysage un ensemble unique et indissociable, en perpétuelle évolution» (BERTRAND, 1968 ; FLORENZANO, 2008). La définition, qui s'applique parfaitement au bassin versant de l'Amazone, à son embouchure et aux littoraux voisins, exige la connaissance de leur histoire géologique à savoir la nature et le degré de permanence des formes analysées (TRICART, 1965).

L'immense bassin versant

- 19 Du point de vue géologique le bassin versant amazonien forme l'unique ensemble de terres basses brésiliennes d'échelle réellement subcontinentale (AB'SABER, 2004) : c'est un énorme bassin sédimentaire qui s'étend entre 5° lat. N et 20° lat. S, dessinant un amphithéâtre sur environ 2.700 km entre la cordillère des Andes et l'océan Atlantique, soulignant, au nord et au sud, les rebords septentrionaux des boucliers des Guyanes et du Brésil (Figure 3).

Figure 3 Image SRTM (2000) du bassin hydrographique de l'Amazone au Brésil



Source http://eoimages.gsfc.nasa.gov/images/imagerecords/7000/7823/amazon_srtm_2000_lrg.jpg

- 20 L'Amazone naît dans les Andes péruviennes (région d'Arequipa) et draine une région de près de 7 millions de km² (NITTROUER et DeMASTER, 1986) soit environ 40% de la taille de l'Amérique du Sud. Transportant près de 600 millions de tonnes de sédiments par an (FILIZOLA, 1999) il traverse le Pérou, la Colombie et une grande partie du Brésil avant de lancer dans l'océan Atlantique environ 20% du volume mondial d'eau douce (NITTROUER et DeMASTER, 1986). Dans son réseau équatorial de dimensions semi-continentales avec plus de 1000 affluents, le régime pluvial est dominant, sauf pour des affluents venant des Andes alimentés en partie par le dégel des glaciers.
- 21 Le débit moyen de plus de 200 000 m³/s, varie au courant de l'année : évalué à 1,8x 10⁵ m³/s (OLTMAN, 1968, NITTROUER et DeMASTER, 1986) il est maximal en mai (300 x 10³ m³/s) et minimal en décembre (120 x 10³ m³/s) (RICHEY et al., 1980). La charge sédimentaire en suspension, (estimée entre 2 à 6 milliards de tonnes/an), représente en moyenne 40 tonnes par seconde, ce qui est phénoménal. De plus, le réseau Araguaia-Tocantins avec environ 750 000 km² de drainage ajoute des eaux à l'ensemble, aidant à nourrir les énormes dépôts sédimentaires de la plateforme continentale. Quoi qu'il en soit, le volume d'eau douce amazonienne chargé de sédiments en suspension (MES) et de matière organique dissoute est si élevé que, en comparaison, la contribution des autres fleuves de l'Amapá et des Guyanes est dérisoire (LOINTIER et PROST, 1986 ; KJERFVE et al., 2002).
- 22 La partie brésilienne du haut cours est pratiquement vide d'hommes, sauf exceptions telle la réserve de Mairauá. Cependant elle est très stratégique au niveau national à cause de l'exploitation des hydrocarbures par l'entreprise Petrobras, qui opère la recherche, l'extraction, le raffinage, le transport et la vente du pétrole. Vers l'aval de l'archipel d'Anavilhanas, les confluences des affluents puissants se multiplient au milieu de bras,

chenaux et îles (Japurá, Juruá, Purús, Madeira...). Les fleuves Solimões et Negro se rejoignent à Manáus, capitale de l'Etat de l'Amazonas produisant la fameuse ligne de partage des eaux foncées et beiges ("*encontro das águas*") qui attire les touristes venus apprécier le spectacle de flots qui coulent côte à côte sur des centaines de mètres sans se mélanger. La ville, située seulement à 44 m d'altitude, est dotée d'un port en eau profonde, point névralgique pour des centaines d'embarcations de toutes tailles qui le fréquentent quotidiennement. Par l'ampleur des activités économiques et industrielles de sa zone franche, Manáus est la plus importante agglomération urbaine du nord du pays avec un peu plus de deux millions d'habitants et qui règne sur l'arrière-pays. La métropole est aussi connue historiquement pour ses richesses et son pouvoir à l'époque du caoutchouc ("*ciclo da borracha*") ainsi que, plus récemment, pour les violents conflits sociaux portés par les travailleurs du caoutchouc ("*seringueiros*") ou ceux liés à l'occupation de terres agricoles.

- 23 Les grandes plaines d'inondation du cours moyen (les "*várzeas*") constituent une *marque indélébile* de l'Amazonie (projet HYBAM ; JUNK et al., 2013). Elles subissent un régime annuel d'énormes crues qui inondent la forêt jusqu'à la canopée : la lame d'eau peut atteindre 40 mètres de hauteur et une largeur de 40 km au gros de la saison des pluies, imposant des adaptations rigoureuses aux populations locales et causant des modifications de la biodiversité (Projets HYBAM, PIATAM; MAMIRAUÁ; JUNK et al., 2013). Les phases de ce notable cycle hydrologique ont été enregistrées par télédétection orbitale, ce qui a permis aussi d'aboutir à la chronologie des dépôts sédimentaires dans la vallée du fleuve Japurá, à sa confluence avec le Solimões, à l'amont de Manaus.
- 24 L'utilisation de capteurs actifs (radar) apporte des données nouvelles à l'étude de ces plaines, à exemple du SMMR embarqué par les satellites NIMBUS-7 et SEASAT ; l'analyse de ces mesures s'est avérée très utile à la compréhension du fonctionnement des "*varzeas*" , avec intégration des données orbitales interférométriques et altimétriques (ALSDORF et al., 2000 ; SANTOS da SILVA, SEYLER, CALMANT et al., 2012). En outre, la fusion de scènes satellitaires optiques et radar appliquée entre les fleuves Madeira et Tapajós est très utile à l'analyse de la morphologie lacustre. Au total, le potentiel de la télédétection est réellement indispensable en l'Amazonie qui a encore beaucoup de zones d'accès très difficile et peu de stations fluviométriques.
- 25 C'est dans la méso-région du bas-Amazone, près de la ville d'Óbidos, à 45 m d'altitude et à environ 850 km de l'océan, port d'entrée du bas cours, qu'un grand changement se produit: les mesures du débit annuel, systématiquement prises pendant environ 70 ans indiquent que le fleuve (avec 60 m de profondeur) se rétrécit, se précipite vers l'aval avec une vitesse de 6 à 8 km/heure et s'encaisse dans une gorge de 1900 mètres de largeur (a "*garganta*").
- 26 Pour ALLISON (1993) c'est à Óbidos que commence la zone estuarienne. Ce secteur est encore atteint par les marées mécaniques, ce qui est colossal, avec une décharge qui représente près de 90% de celle lancée dans l'Atlantique. Comme la pente est toujours très faible dans le cours brésilien, les hydrologues soutiennent que c'est l'écoulement des fortes masses d'eau de l'amont qui "poussent", les eaux vers l'embouchure.
- 27 Les principaux affluents de l'Amazone à l'aval de Óbidos, les fleuves Tapajós et Xingú, même s'ils ne contribuent qu'à 10% des masses d'eau (MEADE et al. 1979), ont été choisis par le gouvernement fédéral pour l'implantation de barrages hydroélectriques pharaoniques. Un exemple est le Xingú où, à 40 km de la ville d'Altamira et à 300 km au sud de Belém, le cours a été fortement transformé depuis 2011 par la

construction du barrage de Belo Monte (inauguration prévue en 2020), très contesté par les écologistes et les populations traditionnelles à cause des déviations prévues de son cours qui causeront, selon eux, de sérieux impacts aux territoires amérindiens. De la même façon, dans le cours moyen du fleuve Tocantins, à 300 km au sud de Belém, un autre grand barrage a été construit et inauguré en 1984, Tucuruí, qui a soulevé beaucoup d'espoir auprès des instances gouvernementales mais aussi des fortes controverses sociétales.

- 28 Au total, l'exploitation du potentiel hydroélectrique du bassin versant - en plus de l'extraction du pétrole, du déboisement de la forêt dense pour l'industrie du bois, de l'élevage extensif pour la production de la viande, ainsi que des grandes plantations de soja et l'ouverture des routes - est devenue une des actions clés de la gestion fédérale pour l'utilisation des ressources naturelles de l'Amazonie.

L'embouchure, macro-frontière géomorphologique

- 29 L'embouchure de l'Amazone, avec 300 km d'extension (incluant le fleuve Pará), sépare les capitales du Pará (Belém) et de l'Amapá (Macapá). Elle est le cœur d'un étonnant système naturel qui commande les rythmes, les battements et les échanges entre les veines et les artères des littoraux voisins représentant *"le destin final de millions de tonnes de sédiments, nutriments et eaux provenant d'une zone de la taille de l'Australie"* (MEADE et al., 1979, 1985 ; DeMASTER et POPE, 1996 ; GEYER et al., 1996).
- 30 Un immense archipel se dresse à l'embouchure, avec des dizaines d'îles dont la plus vaste et connue est celle de Marajó, d'une superficie équivalente à celle de la Suisse. Quand le voyageur franchit la zone par air ou par la mer et qu'il se trouve face à la turbidité des eaux, à la puissance des vagues, des courants et des marées, ainsi qu'à la profusion des chenaux (*"furos"*, *"estreitos"* et *"igarapés"*) et à des mosaïques de végétation, il a la bouleversante sensation d'être devant un paysage à la fois unique, instable et saisissant, supposé immuable mais en constante évolution.
- 31 Soumise à la tectonique régionale à différentes échelles de temps (SILVA, MACIEL, SEVERINO 1999) l'embouchure présente un delta sub-aquatique (WRIGHT, 1985; NITTROUER et al., 1986; NITTROUER et al., 1996), et un estuaire typique et très complexe (NICHOLLS, 2010; GIBBS, 1982; FLORENZANO, 2008). Cependant ROSSETI (2008) estime qu'il s'agit *"d'un cas singulier sans similitude dans le monde et dont le modèle n'a pas été bien compris"*. L'approche géomorphologique la plus ample et complète est celle d'AB'SABER (2006) pour qui la zone d'embouchure inclut l'intérieur des terres formant *"un gigantesque complexe deltaïque-estuarien"* (Breves/Boiaçu) le plus significatif du pays.
- 32 Quoiqu'il en soit, l'embouchure constitue donc à la fois l'aboutissement d'un vaste et unique système fluviomarín et estuarien, et le site de la naissance, nouvelle et insolite, d'un puissant système de dispersion sédimentaire dans l'océan, à l'origine de dynamiques côtières fondatrices de nombre des spécificités du littoral des Guyanes et zone de passage vers les côtes brésiliennes du Pará/Maranhão (figure 4).

Figure 4. L'embouchure, "frontière" (en rouge) entre 2 grands macro-systèmes côtiers du littoral amazonien.



Source : Projet PROCLAM, fond NOAA 1998

Les forçages régionaux

- 33 L'Amazonie subit l'influence directe de grands forçages régionaux ("driving-forces") eux-mêmes soumis aux contraintes globales. Il s'agit du Front Intertropical de Convergence (FIT), du Courant des Guyanes et du Système de Dispersion de l'Amazone en mer (SDA). Les interférences taxonomiques, l'intensité, la vitesse et la magnitude de leurs réactions sont à la fois uniques et complémentaires, constituant la "marque indélébile" de l'ensemble.

Le Front Intertropical de Convergence

- 34 Le FIT (ou ZIC - Zone Intertropicale de Convergence figure 5) est une bande qui atteint la ceinture équatoriale de l'océan Atlantique, reliant les régions méridionales de convection entre l'Amérique centrale à l'Ouest et l'Afrique à l'Est (MELO et al., 2009). Les masses d'air se déplacent pendant l'année entre environ 6° lat. S et 12° lat. N, provoquant non seulement des pluies intenses sur le bassin amazonien mais aussi conditionnant le régime annuel des alizés de Nord-est (anticyclone des Açores) et du Sud-est (anticyclone de Sainte Hélène).
- 35 Figure 5. Image satellite GOES montrant l'emplacement de la FIT, dans la région équatoriale de la planète.



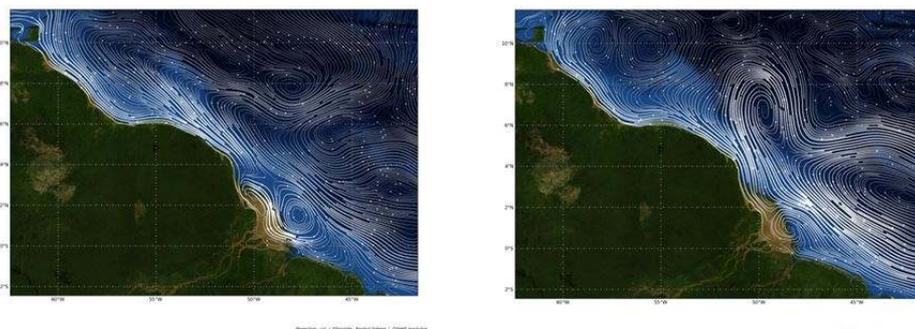
Source : http://eoimages.gsfc.nasa.gov/images/imagerecords/0/703/itcz_goes11_lrg.jpg

- 36 Les précipitations annuelles très abondantes en Amazonie (plus de 2 000 à 2 500 mm/an), dites “normales”, sont modifiées au niveau local par le relief, et au niveau régional, par la puissante dynamique du système océan - atmosphère, à savoir : (a) El Niño/Oscillation du Sud (ENOS) qui interagit avec la FIT et qui affecte le débit annuel du fleuve navigable (AMARASEKERA et al., 1997) ; (b) la Niña/Oscillation du Sud (LNOS) et (c) le Dipôle de l'Atlantique (NAO), processus global qui provoque, sous certaines conditions, une augmentation de la température des eaux océaniques, en surface et en profondeur. À l'échelle globale, la NAO est le mode dominant de variabilité climatique dans l'Atlantique Nord caractérisé par différents types de pressions océaniques anormales entre les Açores et la Groenland.
- 37 Evidemment ces forçages, très complexes, affectent l'Atlantique et, en conséquence, les écosystèmes marins ainsi que les métiers de nos sociétés liés à la mer. De ce fait, malgré son immensité et son apparente stabilité, l'Atlantique et les zones côtières sont touchés de plein fouet par ces phénomènes (BOFF et al., 2015). Des doutes persistent sur les rythmes, les fréquences, les intensités et les magnitudes de ces événements dont les causes sont multiples, ainsi que sur la résilience des milieux, ce qui pèse sur l'identification de politiques à adopter dans le cadre des réflexions internationales sur le climat (COP 21).

Les courants océaniques de surface

- 38 “L'intensité et la direction des courants océaniques de surface, à différentes échelles de temps (horaire, journalière, saisonnière...) ont un rôle majeur, non seulement dans le transport et la distribution spatiales de substances nutritives dissoutes et des particules minérales en suspension, mais aussi sur l'écologie et la productivité des eaux” (BAKLOUTI, 2012).
- 39 Le courant des Guyanes qui s'exerce sur la plateforme continentale (Figure 6) est localement modulé par les déplacements du FIT (ALLER, 1996 ; NITTROUER et al., 1986 ; BALTZER et al., 2004). Leur rythme est annuel, avec des effets de réflexion vers l'Atlantic Tropical de l'Ouest pendant une partie de l'année, au cours de la saison sèche, quand une fraction de la charge sédimentaire est exportée vers le large; les eaux des rivages guyanais sont alors plus claires, moins chargées en sédiments et moins douces.

Figure 6. Exemples de courants de surface au large des Guyanes.



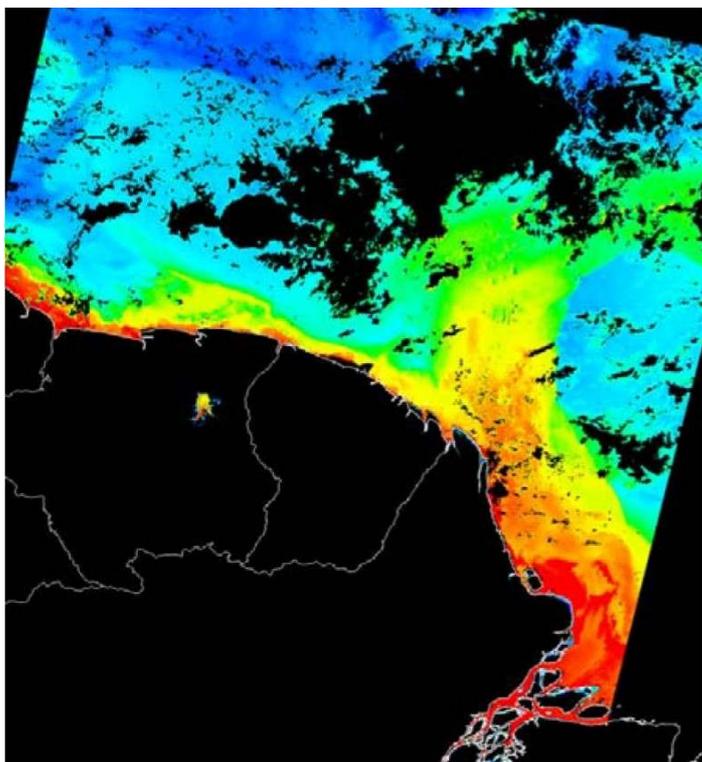
A gauche saison des pluies (mars 2004) ; à droite saisons sèche (septembre 2004). L'influence de ce courant de méso-échelle (rétroflexions mineures et tourbillons d'une centaine de km d'extension spatiale) diminue en Guyane française à mesure que l'on s'approche des rivages (BAKLOUVI, 2012 ; ALLER, 1996). Dans ce cas, les marées semi-diurnes et les courants côtiers et de dérive deviennent les moteurs prépondérants de la circulation horizontale à l'échelle du plateau continental.

Source : Projet GUYAMAPA, CLS (2014)

Le système de dispersion de l'Amazone en mer

- 40 Le système de dispersion de l'Amazone en mer est le facteur majeur de l'évolution actuelle du littoral des Guyanes. Vue de l'espace (Figure 7), près de l'embouchure, la charge dessine une remarquable plume superficielle d'eau turbide (de 5 à 25 m de profondeur, *offshore plume*) plus au moins dessalée en surface, qui migre le long du littoral de l'Amapá et des Guyanes avec des variations saisonnières marquées (NITTROUER et DeMASTER, 1996). Une autre partie de la charge sédimentaire est soit stockée dans des dépôts côtiers, soit déposée sur le plateau continental (MOURA et al., 2016 ; FROIDEFOND, 2012 ; CURTIN et LEHECKIST, 1986 ; GIBBS, 1970, 1976 ; MILIMAN et al., 1979 ; BOURLES B., 1998 ; COLIN et BOURLES, 1998).
- 41 La direction, la vitesse et l'intensité des alizés jouent un rôle sur la largeur de la plume turbide, sur sa concentration sédimentaire et sur son comportement (PALUSZKIEWICZ et al., 1995). Les taux sédimentaires de la colonne d'eau varient de 1 à 5g/l en surface, à proximité de la côte et jusqu'à des profondeurs de moins de 12m. Par contre, en eau plus profonde (isobathe de 30 m) la concentration augmente, pouvant atteindre plus de 100g/l. Enfin au large, on relève moins de 10mg/l en surface et 3g/l au fond, selon les marées et les vagues (Programme AmasSeds, 1992).
- 42 La connaissance du comportement de la plume turbide et de ses évolutions est fondamentale pour comprendre les mécanismes de production primaire dans les eaux de la plateforme continentale et ses effets sur la biologie des espèces, ou sur d'autres processus globaux d'intérêt majeur (piégeage de carbone, recyclage d'éléments nutritifs...). Dans ces domaines, même si les recherches ont avancé dans la période récente notamment grâce à l'analyse des données satellitaires, les interactions entre la plume, la sous plume et la biologie de la plateforme interne ont été souvent ignorées (MOURA et al., 2016).

Figure 7. Visualisation du panache de dispersion amazonien (couleur de l'eau obtenue par satellites NOAA)



Source : European Space Agency MERCI (on-line data archive)

- 43 Il est admis que 10 à 15 % des sédiments déchargés dans l'Atlantique contribuent à 97% du budget sédimentaire des littoraux guyanais, même tenant compte des fluctuations dans le temps. À ce propos, Martinez et al. (2009) ont constaté actuellement une claire augmentation de la charge sédimentaire (près de 18%) par rapport aux périodes 1996-2000 et 2000-2004. Cette augmentation de l'apport sédimentaire, significative, est à mettre en perspective avec la masse moyenne d'un banc de vase, qui est de l'ordre de 2 milliards de m³. Ils considèrent que *“si la dynamique sédimentaire s'adapte à ce changement, l'Amazone devrait amener de 15 à 20 millions de tonnes de sédiments en plus, chaque année, aux bancs de vase guyanais”*.

Dynamiques et diversité des systèmes côtiers amazoniens

- 44 De part et d'autre de la macro-frontière représentée par l'embouchure de l'Amazone, l'aspect commun du littoral est donné, au premier abord, par la ceinture dense et presque ininterrompue de mangroves qui tapisse les vasières exondées du rebord Atlantique, du Brésil à la Colombie, en passant par les Guyanes et le Venezuela. Derrière ce trait commun se cache une hétérogénéité géomorphologique de types de littoraux.

Le système Pará–Maranhão

- 45 Les rias du Pará et du Maranhão (Figure 8) forment les "*reentrâncias paraenses-maranhenses*", ou ("ré-entrées paraenses et maranhenses"). Elles se caractérisent au Pará par une remarquable alternance entre des péninsules sablo-argileuses couvertes par la mangrove et des chenaux estuariens allongés et sableux, comme dans les localités de São Caetano de Odivelas, de Marapanim, de Itarana, ou de Caeté. Les formes dominantes sont des barres tidales sous-aquatiques, des plages et des dunes de front de mer, les "*restingas*" (BASTOS, 1996 ; AMARAL D. et al., 2008 ; COSTA NETO S., 2007 ; MENDES A. 1994 ; FAURE J.F., 2011 ; SOUZA FILHO, P.W. 2000 ; PROST M.T. et al., 2001).

Figure 8. Rias du Pará et du Maranhão (côte du Pará).



Source : Landsat 1988

- 46 Ces morphologies sont modifiées en permanence par des marées de plus 4 m d'amplitude (ROSSETI D., 2008), comme par exemple dans les localités de Salinas et d'Itarana sur le littoral atlantique du Pará. Des falaises actives et/ou fossiles, peu allongées, se dressent parfois sur la façade maritime, entaillées dans les sédiments des Formations Barreiras (Tertiaire) et Post-Barreiras (Quaternaire) en bordure des bas plateaux, (les "*tabuleiros*"). Du point de vue géologique l'assemblage est soutenu au nord du Pará et du Maranhão par des roches précambriennes du craton amazonien (TASSINARI et MACAMBIRA, 1999). Selon SILVA (2009), le modèle d'évolution qui correspond à ce secteur est caractérisé par une surface inférieure qui limite les dépôts quaternaires et tertiaires, couverts par le sable de la rivière.
- 47 L'influence amazonienne s'atténue vers São Luis du Maranhão. Des vasières sont encore présentes, occupées par la forêt mixte de mangroves (*Avicennia nitida*, *Rhizophora mangle*, *Achrosticum aureum*, *Spartina brasiliensis*, *Anona glabra*...) plus espacée et diversifiée que dans les Guyanes. Ensuite, la côte devient sableuse et irrégulière, avec dunes, péninsules et estuaires peu profonds (les "*baies*"). Au-delà de la baie de São Marcos, vers 4° lat. S et 45° long W, les paysages changent radicalement: on passe au "*Meio Norte*" (Nord Moyen) avec son climat tropical à deux saisons bien définies (humide et sèche) et ses vastes forêts natives d'*Arecaceae* ("*Mata de Cocais*") avec les palmiers "*babaçu*" (*Orbignya spp.* et *Attalea speciosa*) et "*carnauba*" (*Copernicia prunifera*) qui constituent une ressource naturelle essentielle pour les communautés locales. Enfin encore plus à l'Est, les sables s'imposent nettement dans la grande étendue de dunes et des lacs des "*Lençois Maranhenses*" ainsi que dans le delta du fleuve Parnaíba.

Le système des Guyanes

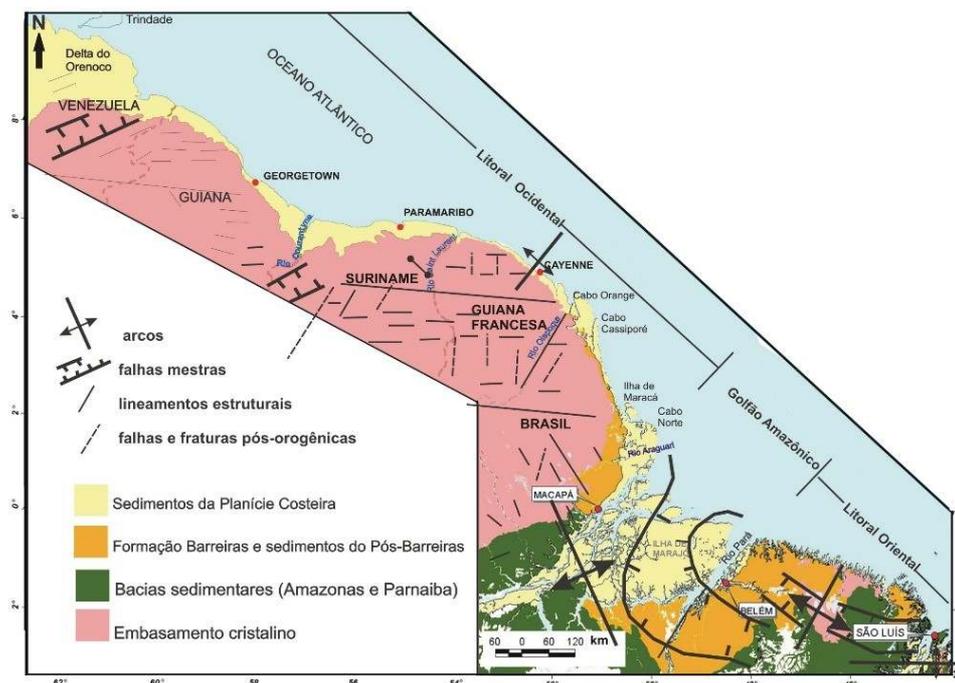
Le cadre majeur

- 48 Les grandes unités du relief de la région des Guyanes résultent d'une longue évolution géologique et tectonique (phases continentales et marines) qui a dessiné les traits majeurs du paysage et a orienté la genèse et les caractéristiques du réseau hydrographique. Cette évolution a une résonance, dans les temps modernes, sur la morphogénèse des paysages tropicaux, la nature et l'épaisseur des sédiments, l'érosion différentielle, la dissection des versants et la diversité des couvertures végétales (BIGARELLA J.J. et al., 1996). Connaître cette histoire, sous la conduite des géologues et des géomorphologues, est fondamentale pour comprendre le cadre majeur où s'insère le littoral amazonien.

Le bouclier guyanais

- 49 Au plan régional le relief s'ordonne sur deux formations du boucliers: le Plateau des Guyanes et du Brésil Central, séparées par le bassin hydrographique de l'Amazone (AB'SABER A., 2003). La combinaison des bassins sédimentaires, des blocs soulevés et basculés, des "horsts" et des "grabens", des réseaux des failles et de fractures, ainsi que la lithologie des roches (cristallophylliennes et métamorphiques) ont donné naissance à des unités de grande extension entre le nord du Brésil (Maranhão) et le Venezuela (Figure 9). Elles sont recouvertes partiellement, dans les basses et moyennes altitudes, par des séquences sédimentaires plus récentes. Le tout forme des provinces géochronologiques diversifiées (Carte géologique du Brésil, 1984).

Figure 9. Unités géomorphologiques - Maranhão, Pará, embouchure de l'Amazone, Amapá, Guyanes, delta de l'Orenoque



Source : Santos V.F. (2006)

- 50 En Guyane, des structures majeures traversent le territoire plus au moins parallèlement à la ligne actuelle du trait de côte (Carte géologique de la Guyane au 1:500000). Les chaînes appartiennent à un ensemble d'environ 1 500 000 km², le Bouclier Guyanais, qui s'étend du nord du Brésil à la Colombie et au Venezuela, incluant les trois Guyanes (GUIRAL et LE GUEN, 2012). L'ensemble est constitué par des roches volcaniques, sédimentaires et métamorphiques, coupées par des filons et datées de 2 300 à 1 900 millions d'années. La chaîne septentrionale, avec près de 10 km de largeur dans les montagnes de Kaw, est constituée par les roches de trois séries géologiques : PARAMACA, avec des éruptives et basiques, ARMINA, avec grés et schistes, et ORAPU avec schistes, quartzites et conglomérats (GUIRAL et LE GUEN, 2012). Les produits d'altération de ces roches, transportés par les cours d'eau, atteignent partiellement le littoral, mais leur apport à la sédimentation côtière est faible par rapport aux sédiments amazoniens (LOINTIER et PROST, 1988).

La marge équatoriale

- 51 La marge équatoriale des Guyanes est très large et constitue, avec la plateforme, un environnement physique de haute énergie : décharge de l'Amazone en mer, courants océaniques de surface, action des forces majeures régionales et des alizés provenant des anticyclones des Açores et de Saint Héléne (GABIOUX et al, 2005 - projet PIATAM-Mar).
- 52 Deux grands projets de recherche ont apporté des données importantes sur ce sujet: AmasSeds (BR/USA, années 90) et PIATAM-Mar (années 2000), coordonné par l'Université Fédérale du Pará (UFPA), PETROBRAS, CENPES-CEAP. Ils ont été complétés entre 2007 et 2009, côté terrestre, par la cartographie des unités du paysage entre la Guyane française et le nord du Brésil, faite à partir de données satellitaires SPOT 5 reçues par le dispositif de réception directe SEAS Guyane (Surveillance de l'Environnement Amazonien assisté par Satellite) dans le cadre du PROjet de Cartographie des Littoraux Amazoniens (PROCLAM, coordination IRD en coopération avec le MPEG).
- 53 Au Brésil la plateforme s'étend sur 162 000 km² entre le fleuve Pará (Belém) et le Cap Orange et sur environ 87 000 km² jusqu'au Maranhão. La plateforme continentale est large et plane, avec une largeur maximale au niveau de l'embouchure, la présence marquante du Cône amazonien et celle de variations quaternaires du niveau marin (MILLIMAN, SUMMERHAYES, BARRETO, 1975; MILLIMAN, 1979 ; MARTINS, COUTINHO 1981). En Guyane française le plateau continental atteint 300 km d'extension et de 100 à 250 km de largeur. Il est couvert par des bandes sédimentaires parallèles à la côte, avec des gradients doux à modérés, séparés par des discontinuités. Dans sa partie interne existe en effet un *prisme de vase amazonienne* (jusqu'à 20/25 m de fond) formé par des smectites, illites, kaolinites, chlorites et de sable très fin. Ensuite, vers le large, s'étendent des *dépôts sableux hétérométriques à faciès fluvial à fluvio marin* jusqu'à 100 m de profondeur accumulés par un paléo-delta du fleuve Maroni, retravaillés par les fleuves. Enfin sur la bordure du talus, vers 200 m de fond, s'étendent des restes d'une *barrière récifale* (PUJOS et ODIN, 1986).
- 54 Les dépôts sédimentaires et les formations biologiques sont des indicateurs des variations eustatiques du niveau marin depuis 20000 ans environ (PUJOS et ODIN 1986 ; EL-ROBRINI et al., 1992). L'étude des sédiments marins a permis d'obtenir des données (*proxy paléo-océanographiques*) de différentes natures qui attestent l'évolution complexe du littoral amazonien et fournissent des "pistes" pour une meilleure compréhension des paysages

actuels. La longue évolution côtière, ici extrêmement simplifiée, a été décrite, entre autres, par des géomorphologues, des géographes géomaticiens, des géologues et des archéologues. Les recherches ont inclus des études isotopiques (O^{16}/O^{18} de foraminifères) et ont été fortifiées par des missions méta-océanographiques et géologiques menées en Guyane française, au Suriname, au Brésil et au Venezuela, ainsi qu'au Pays-Bas, en France et aux USA.

BIBLIOGRAFIA

- AB'SABER A.N. 1966a.** O dominio morfoclimatico amazônico. *Geomorfologia, IGEOG (1)*. São Paulo. USP.
- AB'SABER A.N., 1966b.** Superfícies aplainadas e terraços na Amazônia. *Geomorfologia, IGEOG (4)*. São Paulo. USP.
- AB'SABER A.N. 2003.** Os domínios de natureza no Brasil, potencialidades paisagísticas. Atelier Editorial. São Paulo. 159 pp.
- AB'SABER A.N. 2004.** Amazônia, do discurso à praxis (nouvelle édition). *Ed. originale 1996. EDUSP*. São Paulo. 319 pp
- AB'SABER A.N. 2006.** Brasil : paisagens de exceção: o litoral e o Pantanal matogrossense, patrimônios básicos. *Atelier Editorial. São Paulo ; 182 pp.*
- ALLER J.Y., STUPAKOFF I. 1996.** The distribution of seasonal characteristics of benthic communities on the Amazon shelf as indicators of physical processes. *Continental Shelf Research (16) n° 5-6 : 717-751.*
- ALLISON M.A., 1993** – Mechanisms of coastal progradation and muddy strata formation adjacent to the Amazon River. *Stony Brooks. Tesis PhD, 322 pp.*
- ALSDORF et al. 2000.** Interferometric radar measurements of water level changes on the Amazon floodplain, *Nature, 404, 174–177.*
- AMARAL D.D., PROST M.T., BASTOS M.N.C., COSTA-NETO S.V., SANTOS J.U.M. 2008.** Restingas do litoral amazônico, estados do Pará e Amapá, Brasil. *Boletim MPEG, série Ciências Naturais (3) : 35-67*
- AMARASEKERA K. N., LEE R. F. WILLIAMS E. R., ELTAHIR E. A. B. 1997.** ENSO and the natural variability in the flow of tropical rivers. *J. Hydrol., 200 : 24-39.*
- ANP. 2013.** Exploratory blocks Foz do Amazonas Basin. Brasil, 11a. Rodada Licitações, de Petróleo e Gas, 1 Map.
- ANTHONY E.J. 1989.** Chenier development in northern Sierra Leone, West Africa. In AUGUSTINUS P.G.E.F. (Ed.) *Cheniers and Cheniers Plains, Marine Geology, 90 :297-309*
- ANTHONY E.J., DOLIQUE E.F., GARDEL A., GUIRAL D. 2003.** Notes sur le contexte environnemental et l'érosion actuelle du littoral de Mana (Guyane française). *Rapport de pré-expertise rédigé pour l'association syndicale d'irrigation des rizières de Mana. Cayenne*

- ANTHONY E.J., DOLIQUE F. 2004.** The influence of the Amazon derived mud banks on the morphology of sandy headland-bound beaches in Cayenne, French Guiana. *Marine Geology*, 209. The Netherlands.
- ANTHONY E.J. et al. 2008.** Nearshore intertidal topography and topographic-forcing mechanisms of an Amazon-derived mudbank in French Guiana. *Cont. Shelf Research* 289 (6): 813-822
- ANTHONY E.J. et al.** The Amazon-influenced muddy coast of South America: a review of mudbank shoreline interactions. *Earth Sc. Reviews*, 103: 99-121
- ANTHONY E.J., DOLIQUE F., GARDEL A. 2012.** Evolution des plages. In *Guyane Océane: 130-137*. Guiral et Le Guen (Org.). Ed. Le Guen/IRD
- ANTHONY E.J. et al. 2013.** The role of fluvial sediment supply and river-mouth hydrology in the dynamics of the muddy, Amazon-dominated Amapá-Guianas coast, South America: A three-point research agenda. *J South Amer Earth Sci* 44:18-24. DOI: 10.1016/j.jsames.2012.06.005
- BALTZER F., ALLISON M., FROMARD F. 2004.** Material exchange between the continental shelf and mangrove-fringed coasts with special reference to the Amazon-Guianas coast. *Marine Geology*, (208):115-126.
- BAKLOUTY M. 2012.** Circulation des masses d'eau (physique et chimie du milieu marin). :22-37 In *Guyane océane*. Ed. GUIRAL D. ; LE GUEN R. Org./ IRD.
- BASTOS M.N.C., 1996.** Caracterização das formações vegetais da restinga da Princesa, ilha de Algodão, Parà. *Tèse PhD em Biologia. Univ. Fed. Parà.*
- BERGER U. et al. 2008.** Advances and limitations based models to analyse and predict dynamics of mangrove forest, a review, In *Aquatic Botany*, 89 (2) :260-274.
- BERTRAND G. 1968.** Paysage et géographie physique globale. Esquisse méthodologique. *Revue de géographie des Pyrénées et du Sud-Ouest* (49) :16-26
- BIGARELLA J.J., BECKER R.D., PASSOS E. 1996.** Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais. Ed. UFSC (1) Florianópolis, Santa Catarina. Brasil.
- BOFF L., MAGNAM A., GATTUSO J.P. 2015.** Océans et climat: un duo inséparable. In *Climat, relever le défi du réchauffement*. Rev. « Dossiers pour la Science », 89 : 34-40. Paris.
- BORBA T.A.C. and ROLLNIC M., 2016.** Runoff quantification on Amazonian Estuary based on hydrodynamic model. In: Vila-Concejo, A.; Bruce, E.; Kennedy, D.M., and McCarroll, R.J. (eds.), *Proceedings of the 14th International Coastal Symposium* (Sydney, Australia). *Journal of Coastal Research*, Special Issue, No. 75, pp. 43-47. Coconut Creek (Florida), ISSN 0749-0208.
- BOURLES B. 1998.** Variabilité de la hauteur dynamique dans l'Atlantique Tropical vue par altimétrie. In *Evolution des littoraux de la Guyane et de la Zone Caraïbe Méridionale pendant le Quaternaire*. PICG 274/ORSTOM. Coll. Colloques et Séminaires, IRD. Paris.
- CHARRON C., LOINTIER M., PROST M.T.R.C., RUDANT J.P. 1992.** Etude multitemporelle du littoral et des estuaires guyanais utilisant l'imagerie SPOT et LANDSAT. In : **PROST M.T.R.C.** *Evolution des littoraux de la Guyane et de la Zone Caraïbe Méridionale pendant le Quaternaire*. Paris. ORSTOM. *Collection Colloques et Séminaires, 1992*, : 133-149
- CHARRON C., PROST M.T.R.C. 1993.** Monitoramento e inventário de recursos naturais renováveis : integração dos dados LANDSAT TM e ERS-1 na análise das modificações costeiras tropicais : exemplo de Kourou, Guiana francesa. *VII Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. INPE/ Curitiba. Parana. Anais, volume IV :105-118. Brasil.

- COLIN C., BOURLES B. 1998.** Western Boundary currents in front of French Guiana. In Evolution des littoraux de la Guyane et de la Zone Caraïbe Méridionale pendant le Quaternaire ; PICG-274/ORSTOM. Coll. Colloques et Séminaires ; IRD. Paris : 73-91
- COSTA NETO S.V., SILVA S.R.M. 2007.** Análise fitossociológica dos manguezais do Parque Nacional do Cabo Orange, Amapá, Brasil. In: 58^o Congresso Nacional de Botânica, 2007, São Paulo. 58^o Congresso Nacional de Botânica. São Paulo: SBB/IB, 2007. v. 1.
- CURTIN T.B., LEHECKIS R.V. 1986.** Physical observations in the plume region of the Amazon River during peak discharge – 1, surface variability. *Continental Shelf Research*, vol 6, 12 :36-51. Pergamon Presse.
- DEMASTER D.J., POPE R.H. 1996.** Nutrient dynamics in Amazon shelf waters: results from AMASSEDS. *Cont. Shelf Res.* 16 (3): 263-289. DOI: 10.1016/0278-4343(95)00008-0
- DOLIQUE F., LEFEBVRE J.P., GRATIOT N. 2002.** Evolution morphodynamique de la flèche vaseuse estuarienne de Kaw, Guyane française. *Geomorphology : from expert opinion to modeling. Tribute to Professeur Flageollet, CERG, ed. 2002 :316-316*
- DOLIQUE F. 2004.** Le risque littoral en Guyane. In Espaces tropicaux et risques, du local au global. G. David (organisateur). Coll. CEDETE. Presses Univ. Orléans /IRD. Orléans.
- EL-ROBRINI M. et al. 1992.** Registros das oscilações do nível do mar na plataforma continental brasileira. Anais. Simposio Intern. do Quaternário da Amazonia. Univ. Fed. da Amazônia. Manaus. Amazonas : 83-86. Brasil.
- ESKINAZI-LEÇA E., KOENING M.L., SILVA-CUNHA M.G.G. 2004.** Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica. :353-373. In: E. Eskinazi-Leça ; S. Newmann-Leitão & M.F. Costa (org.). *Oceanografia um cenário tropical. Recife, Edições Bagaço.*
- FAURE J.F. 2001.** Multi-temporal Analysis of Mangrove Spatial Dynamics in São Caetano de Odivelas, Pará, Brazil. In Prost M. T., Mendes A. C. (Coord.) *Ecosystemas Costeiros: Impactos e Gestão Ambiental*. 1^a. ed, pp. 39-49. Belém : MCT - Museu Paraense Emílio Goeldi Editions.
- FAURE J.F., PROST M.T.R.C., MENDES A. 2010.** Cartografia por sensoriamento remoto dos recursos naturais da costa nordeste do Para : indicadores para um uso sustentável do litoral amazonico. In *Ecosystemas Amazônicos: Dinâmicas, impactos e valorização de recursos naturais, 1ère Edition, MCT. Musée Paraense Emilio Goeldi, Brésil, pp. 279-292.*
- FAURE J.F., FOTSING J-M., GOEURY R., GIRRES J-F. 2011.** Dynamique des espaces littoraux : cartographie par télédétection des écosystèmes amazoniens, pp. 49-52. In *Carne B. et al., 2011, De la recherche en Guyane. La science par l'exemple, Clamecy, Ibis rouge éditions, 119 p.*
- FAURE J.F. et al. 2012.** Regional monitoring of Amazonia's coastal ecosystems : landcover dynamics analysis using extensive high resolution optical data sets. *1st Workshop on Temporal Analysis of Satellite Images, EARSeL, Mykonos (Grèce), 23-25 mai.*
- FILIZOLA N. 1999.** O fluxo de sedimentos em suspensão nos rios da Bacia Amazônica, brasileira. Agência Nacional de Energia Elétrica, Brasília, 63 p.
- FLORENZANO T. G. 2008.** Geomorfologia, conceitos e tecnologias atuais. Ed. *Oficina de Textos. São Paulo, Brasil. 318 pp*
- FROIDFOND J.M. 2012.** Couleurs des eaux. In *Guyane Océane (Guiral et Le Guen). 28-37. Ed. Roger Le Guen . IRD.*
- GABIOUX M., SUSANA B., VINZON S. B., PAIVA A. P. 2005.** Tidal propagation over fluid mud layers on the Amazon shelf. *Continental Shelf Research*, 25 (1), p.113-125.

- GARDEL A., PROISY C., GRATIOT N., POLIDORI L., COLIGNY F. 2002.** Du banc de vase à la mangrove: apport d'une série d'images SPOT 1986-2001 pour le suivi de la dynamique du littoral guyanais. *Proceedings IV Workshop ECOLAB, Belém. Brasil.*
- GARDEL A. & GRATIOT N. 2005.** A satellite image-based method for estimating rates of mud bank migration, French Guiana, South America. *Journal of Coastal Research*, 21, 720-728.
- GARDEL A. & GRATIOT N. 2006.** Monitoring of coastal dynamics in French Guiana from 16 years of SPOT images. *Journal of Coastal Research, Special Issue*, 39, 1502-1505.
- GARDEL A. et al. 2011.** Wave-formed mud bars: their morphodynamics and role in opportunistic mangrove colonization. *Journal of Coastal Research, Special Issue*, 64, 384-387.
- GARDEL A. et al. 2009.** A better understanding of mud cracking processes gained from in situ measurements on an intertidal mudflat in French Guiana. *Journal of Coastal Research, Special Issue*, 56, 424-428.
- GARDEL A. 2011.** Géomorphologie et aménagement des littoraux à sédiments hétérogènes. Approche combinant télédétection et mesures in situ. Le cas du littoral de la Guyane française. Vol 1. *Position et projet scientifique. Mémoire de HRD. Université du Littoral et Côte d'Opale. UMR CNRS 8187.*
- GARDEL A., GRATIOT N. 2012.** L'érosion des plages, état des connaissances. In *Guyane Océane : 142-147. Guiral et Le Guen (org.) Ed. Le Guen/IRD*
- GENSAC et al. 2011.** Short-term prediction of the evolution of mangrove surface areas: The example of the mud banks of Kourou and Sinnamary, French Guiana. *Journal of Coastal Research, Special Issue*, 64, 388-392.
- GENSAC E., GARDEL A., LESOURD S., BRUTIER L. 2015.** Morphodynamic evolution of an intertidal mudflat under the influence of Amazon supply - Kourou mud bank, French Guiana, South America. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 158, 53-62.
- GENSAC E., MARTINEZ J.M., VANTREPOTTE V., ANTHONY E.J. 2016.** Seasonal and inter-annual dynamics of suspended sediment at the mouth of the Amazon River: The role of continental and oceanic forcing, and implications for coastal geomorphology and mud bank formation. *Continental Shelf Research*, 118, 49-62.
- GEYER W.R. et al. 1996.** Physical oceanography of the Amazon shelf. *Cont Shelf Res* 16: 575-616. DOI: 10.1016/0278-4343(95)00051-8
- GIBBS R.J. 1970.** Circulation in the Amazon River estuary and adjacent Atlantic Ocean. *J. Marine Res.*, 28:113-123
- GIBBS R.J. 1982.** Currents on the shelf of north-eastern South America. *Estuarine, Coastal and Shelf Sc.* (14) :283-299
- GUIRAL D., LE GUEN R. 2012.** *Guyane Océane. Ed. Roger Le Guen ; IRD Ed. 472 pp.*
- IPCC. 2014.** *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Cambridge: Cambridge University Press)*
- IBGE. 2004.** *Mapa Geológico do Estado do Amapá. Escala 1:750.000. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Rio de Janeiro, RJ.*
- ISAAC V., BARTHEM R. B. 1995.** Os recursos pesqueiros da Amazônia. *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Ser. Antropol.* 11(2): 295-339.

JUNK W.J. et al. 2013. Brazilian wetlands: their definition, delineation, and classification for research, sustainable management, and protection. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 24(1): 5-22.

KJERFVE B. et al. 2002. Morphodynamics of muddy environments along the Atlantic coasts of North and South America. In: T. R. Healy, Y. Wang, & J-A. Healy (Eds.), *Muddy Coasts of the World: Processes, Deposits and Functions*. Amsterdam. Elsevier Science. p. 479-532. 2002.

Les échos. 2011. Du pétrole en Guyane pour Shell et Total. *LesEchos.fr*. Disponível em https://www.lesechos.fr/09/09/2011/lesechos.fr/0201622340230_du-petrole-en-guyane-pour-shell-et-total.htm. Acesso em 11 de novembro de 2017.

LIMA, M. I. C. 2008. Projeto RADAM: Uma saga Amazônica. Belém: Paka Tatu. 132p.

LOINTIER M. 1986. Hydrodynamique et morphologie de l'estuaire du fleuve Sinnamary (Guyane française). *Le littoral guyanais : fragilité de l'environnement. Nature Guyanaise ; SEPANRIT/SEPANGUY. Cayenne, Guyane.* : 37-44

LOINTIER M., PROST M.T.R.C. 1986. Morphology and hydrology of an equatorial swamp : example of the Sarcelle swamp in French Guiana. *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula* (4) : 59-77. J. RABASSA Ed. AA Balkema Publ. Rotterdam, The Netherlands.

LOINTIER M., PROST M.T.R.C. 1988a. Coastal sedimentation and local rivers supply in French Guiana : comparisons with the Amazon. *Abstracts of the Chapman Conference on the fate of particulate and dissolved components within the Amazon Dispersal System : river and ocean*. NITTROUER e DeMASTER Ed. Charleston, Wild Dunes. USA.

LOINTIER M., PROST M.T.R.C. 1988b. L'environnement côtier des Guyanes. *Convention Centre ORSTOM et Conseil Régional de la Guyane*. 46 pp. Cayenne.

LOINTIER M., PROST M.T.R.C., CHARRON C. 1990. Quantification des changements côtiers actuels en Guyane par télédétection. In *Annales du Symp. Intern. sur l'Evolution des littoraux de la Guyane et de la zone Caraïbe Méridionale pendant le Quaternaire*. PICG 274/Orstom. Cayenne, Guyane : 121-127.

Martinez J.M. et al. 2009. Increase in suspended sediment discharge of the Amazon River assessed by monitoring network and satellite data. *CATENA*, 79 (3) : 257-264.

MARTINS L. R., COUTINHO, P. N. 1981. The Brazilian continental margin. *Earth Science Reviews*. Amsterdam: Elsevier, v. 17. p. 87-107, 1981.

MEADE R.H. et al. 1979. Sediment loads in the Amazon River. *Nature* 278: 161-163.

MEADE R.H., DUNNE T., RICHEY J.E., SANTOS U.de M., SALATI E. 1985. Storage and remobilization of suspended sediment in the lower Amazon River, Brazil. *Science* 228: 488-490. DOI: 10.1126/Science.228.:488-490.

MELO A.B.C., CAVALCANTI I.F.A., SOUZA P.P. 2009. Zona de Convergência Intertropical do Atlântico. In: Cavalcanti, I.F.A. ; Ferreira, N.J. ; Silva, M.G.A.J. ; Silva Dias, M.A.F. (eds). *Tempo e Clima no Brasil. Oficina de Textos* : 25-41

MILLIMAN J.D. 1979. Morphology and structure of Amazon upper continental margin. *Am. Assoc Petrol Geol Bull.* 63(6): 934-950.

MILLIMAN J.D., SUMMERHAYES C.P., BARRETTO H.T. 1975. Quaternary sedimentation on the Amazon Continental Margem: A model. *GSA Bull.* 86(5): 610-614.

MMA. 2002. Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade das zonas costeiras e marinhas. Brasília: MMA/SBF. Brasília. 72p.

- MOURA R.L. et al. 2016.** An extensive reef system at the Amazon River mouth. *Sci. Adv.* 2016 ; 2. 11p.
- NICHOLLS R., CAZENAVE A. 2010.** Sea-Level Rise and its Impact on Coastal Zones. *In Sciencemag.org*, vol. 328, pp. 1517-1520.
- NITTROUER C.A., KUEHL S.A., DeMASTER D.J., KOWSMANN R.O. 1986.** The deltaic nature of Amazon shelf sedimentation. *Geological Society of America Bulletin* 97 :444-458.
- NITTROUER C.A., DeMASTER D.J., FIGUEIREDO Jr A.G., RINE J.M. 1991.** Amassed, an interdisciplinary investigation of a complex coast environment. *Oceanography*, 4: 3-7
- NITTROUER C.A., KUEHL S.A., FIGUEIREDO A.G., ALLISON M.A., SOMMERFIELD C.K., RINE J.M., FARIA L.E.C., SILVEIRA O.M. 1996.** The geological record preserved by Amazon shelf sedimentation. *Continental Shelf Research* 16 (5-6):817-841.
- NITTROUER C.A., KUEHL S.A., DeMASTER D.R., KOWSMANN R.O. 1986.** The deltaic nature of Amazon shelf sedimentation. *GSA Bulletin* 97(4):444-458.
- NITTROUER C.A., DeMASTER D.J. 1996.** The Amazon shelf setting: tropical, energetic, and influenced by a large river. *Continental Shelf Research*. 16 (5/6): 553-573,
- OLTMAN R.E. 1968.** Investigations of the discharge and water quality of the Amazon River. *U.S. Geological Survey, Circular 552, Washington, DC, 16 pp.*
- PALUSZKIEWICZ T., CURTIN T.B., CHAO S.C. 1995.** Wind-driven variability of the Amazon River plume on the continental shelf during the peak outflow season. *Geo-Marine Letters* 15(3):179-184
- PIATAM MAR. 2004.** Potenciais Impactos Ambientais do Transporte de Petróleo e derivados na Zona Costeira Amazônica. *Coordenação e execução:UFPA/ MPEG/UFRA/IEPA/IEC/UFMA/UEMA/COOPE-UFRJ/CENSIPAM. Brasil*
- PIATAM (Projeto). 2005.** Anais do primeiro Congresso Internacional: Ambiente, Homem, Gas e Petróleo. *Manaus ; Amazonas, FINEP/PETROBRAS. 325 pp.*
- PIATAM OCEANO. 2005.** Síntese do Conhecimento sobre a Margem Equatorial Amazônica. *Coll. CD-ROM.UFPA/MPEG/COPPE Petrobras. Brasil*
- POLIDORI L. 2008.** Remote sensing and coastal ecosystem monitoring in French Guiana: research and achievements over a decade. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. V. XXXVII. Part B8. Beijing. Disponível em : http://www.isprs.org/proceedings/XXXVII/congress/8_pdf/4_WG-VIII-4/01.pdf.
- POLIDORI L. 2012.** L'apport des satellites pour le suivi de la dynamique des espaces littoraux. *In Guyane Océane. :138-141. Guiral et Le Guen (org). Ed. Roger Le Guen/IRD*
- PROJET REMAC-CENPES PETROBRAS. 1977.** *Rio de Janeiro*
- PROISY C., COUTERON P., FROMARD F. 2007.** Predicting and mapping mangrove biomass from canopy grain analysis using Fourier-Based textural ordination of IKONOS images. *Remote Sensing of Environment*, 109 : 379-392.
- PROISY C. et al. 2009.** Mudbank colonization by opportunistic mangrove: a case study from French Guiana using LIDAR data. *Continental Shelf Research*, 29 (3) : 632-641.
- PROISY C. et al. 2003.** Monitoring the dynamic of the Amazon coast (Parà, Brazil, and French Guiana) using a common methodology based on a spatial analysis coupled to a simulation tool. *In Proceeding of the Mangrove 2003 Conference, 20-24 May 2003, Salvador, Bahia, Brazil.*

- PROISY C. et al. 2016.** A multiscale simulation approach for linking mangrove dynamics to coastal processes using remote sensing observations. *Journal of Coastal Research, Special Issue, No. 75*, pp. 810-814.
- PROST M.T.R.C. 1985.** Quelques problèmes relatives à l'évolution côtière en Guyane. In Etude de l'évolution morphosédimentaire des littoraux argileux sous climat équatorial: l'exemple du littoral guyanais. Rapport CORDET, 189 pp. Inst. Geol. du Bassin d'Aquitaine (IGBA). Univ. de Bordeaux I. Ministère de la Recherche et de la Technologie. Paris.
- PROST M.T.R.C. 1986a.** Morphologie et dynamique côtières dans la région de Mana. In *Nature Guyanaise: 31-36* ; SEPANRIT-SEPANGUY Ed. Cayenne.
- PROST M.T.R.C. 1986b.** Aspects of the morphosedimentary evolution of the French Guiana coastline. Selected papers of the international symposium on sea-level changes and Quaternary shorelines, São Paulo, Brazil. In *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula (4)*: 191-218. J. Rabassa Ed. AA BAKKEMA Publ. Rotterdam. The Netherlands.
- PROST M.T.R.C. 1988a.** Shoreline changes in French Guiana. Selected papers of the international symposium on sea-level changes and Quaternary shorelines, São Paulo, Brazil. *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula (4)*: 191-218. J. Rabassa Ed. AA BAKKEMA Publ. Rotterdam. The Netherlands.
- PROST M.T.R.C. 1988b.-** Beaches and cheniers in French Guiana. Selected papers of the final meeting of the International Geological Correlation Program (IGCP), Project 201: Quaternary of South America. Ushuaia, 2-6 Décembre 1987. In *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula (6)*: 189-220. J. Rabassa Ed. AA BAKKEMA Publ. Rotterdam. The Netherlands.
- PROST M.T.R.C. 1989.** Coastal Dynamics and Chenier Sands in French Guiana. *Marine Geology 90*: 259-267. DOI: 10.1016/0025-3227(89)90128-X
- PROST M.T.R.C., LOINTIER M., PANNETIER G., 1989.** L'envasement des côtes des Guyanes. In *Nature Guyanaise (1)* :23-32. SEPANGUY Ed. Cayenne.
- PROST M.T.R.C. 1990a.** Les côtes des Guyanes. Rapport interne IRD Cayenne. Environnement Côtier: Géomorphologie/Sédimentologie :1-213.
- PROST M.T.R.C. 1990b.** Sédimentation côtière et formation des cheniers en Guyane: la zone de Cayenne. In PROST M.T. ; CHARRON C. (Org.). Evolution des littoraux de la Guyane et de la zone Caraïbe Méridionale pendant le Quaternaire: 397-414. Coll. Colloques et Séminaires. Ed. ORSTOM. Cayenne, Guyane.
- PROST M.T.R.C., RABELO B. 1996.** Variabilidade fito-espacial de manguezais litorâneos e dinâmica costeira: exemplos da Guiana francesa, Amapá e Pará. *Bul. MPEG. Ciências da Terra* :101-121
- PROST M.T.R.C., CHARRON C. 1992 (Org.).** Evolution des littoraux de la Guyane et de la zone Caraïbe Méridionale pendant le Quaternaire. *Coll. Colloques et Séminaires. Ed. ORSTOM. Paris 578 pp.*
- PROST M.T.R.C., BALTZER F., RUDANT J.C., DECHAMBRE M. 1993.** Using SAREX and ERASME imagery for coastal studies in French Guiana: example of the Kaw Swamp. SAREX 92. *South American Radar Experiment/ESA. Final Results. Travaux workshop SAREXDDE- Direction Départementale de l'Équipement. Paris.*
- PROST M.T.R.C., CHARRON C., CAILLE O. 2001.** Dynamique côtière locale: impacts sur le littoral guyanais. In BARRET J. (dir.) *Atlas illustré de la Guyane. Cayenne. CNES, IESG, IRD, Région Guyane. 2001:* 60-61

- PROST M.T.R.C., MENDES A.C. 2001.** Manguezais et estuários da costa paraense: exemplo de estudo multidisciplinar integrado (Marapanim e São Caetano de Odivelas). In: *PROST M.T. et MENDES A.C.(Eds.): Ecossistemas costeiros: Impactos e gestão ambiental. Museu Paraense Emílio Goeldi. 2001 : 71-87*
- PUJOS M., ODIN G.S. 1986.** La sédimentation au Quaternaire Terminal sur la plateforme continentale de la Guyane française. *Oceanologica Acta, (9), 4, :363-382*
- PUJOS M., ODIN G.S. 1986.** Similitudes et différences morpho-sédimentaires sur les plateaux continentaux et insulaires en milieu tropical (Guyane française, Colombie, Martinique). *Le littoral guyanais, fragilité de l'environnement. Nature Guyanaise, SEPANRIT/SEPANGUY. Cayenne. Guyane: 7-18.*
- RADAM BRASIL. 1974.** Levantamento de Recursos Naturais. Fôlha NA-NB 22, Macapá. Vol 6 (anexo). Ministério de Minas e Energia. Rio de Janeiro, Brasil.
- REBOUÇAS A.C., BRAGA B., TUNDISI G. (orgs.) 2006.** Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. 3 ed. São Paulo: Escrituras Editora. 732p.
- REMAC 1 Projeto PETROBRAS. 1977.** Coletanea de trabalhos do projeto (1971-1975). *Petrobras/CENPES, 5097 pp. Rio de Janeiro. Brasil*
- RICHEY J.E., BROCK J.T., NAIMAN R.J., WISSMAR R.C., STALLARD R.F. 1980.** Organic carbon: oxidation and transport in the Amazon River. *Science, v. 207, : 1348-1351*
- ROSSETI D.F. 2008.** Ambientescosteiros. In Florenzano T.G., 2008 Geomorfologia conceitos e tecnologias atuais. Oficina de Textos: 247-283. São Paulo. Brasil.
- SANTOS V.F. 2006.** Ambientes costeiros amazônicos : avaliação de modificações por sensoriamento remoto. *Tese de doutorado, Universidade fluminense, Niterói, rio de Janeiro, 306p.*
- SANTOS V. F., POLIDORI L., FIGUEIREDO A.G., SILVEIRA O.F.M. 2009.** "Aplicação de Dados Multisensor (SAR e ETM+) no Reconhecimento de Padrões de Uso e Ocupação do Solo em Costas Tropicais-Costa Amazônica, Amapá, Brasil." *Revista Brasileira de Geofísica 26(Supl.1): 1-16.*
- SANTOS V.F., SHORT A.D., MENDES A.C. 2016.** Beaches of the Amazon Coast: Amapá and West Pará. In: Short A., Klein A. (eds) *Brazilian Beach Systems. Coastal Research Library, vol 17. Springer, Cham*
- SANTOS da SILVA J., SEYLER F., CALMANT S., CORREA R. F. O., ROUX E., MAGALHAES A. A., GUYOT J-L. 2012.** *Water level dynamics of Amazon wetlands at the watershed scale by satellite altimetry. International Journal of Remote Sensing, 2012, 33 (11), p. 200-206. ISSN 0143-1161.*
- SILVA C.A. 2009.** Morfologia e análise da sucessão deposicional do vale inciso Quaternário de Marapanim, Norte do Brasil. Tese (Doutorado em Geologia) – Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará 157 f.
- SILVEIRA O.F.M. 1998.** A Planície Costeira do Amapá: dinâmica de ambiente Influenciado por grandes fontes fluviais quaternárias. *Tese Doutorado Ph., Universidade Federal do Pará/Centro de Geociências, Belém. 215p.*
- SIOLI, H (ed.). 1984.** The Amazon: Limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin. *Monographiae Biologicae . Vol. 56. Springer Netherlands. 800p.*
- SILVA S.R.P., MACIEL R.R., SEVERINO M.C.G. 1999.** Cenozoic tectonics of Amazon Mouth Basin. *GeoMarine Letters. 18:256-262.*

- SOUZA-FILHO P.W.M. 2000.** Tectonic control on the coastal zone geomorphology of the northeastern Pará state. *Revista Brasileira de Geociências*. V. 30 :523-526
- SOUZA-FILHO P.W.M., PARADELLA W.R. 2003.** Use of synthetic aperture radar for recognition of coastal geomorphological features, land-use assessment and shoreline changes in Bragança coast, Pará, Northern Brazil. *An Acad Bras Ciênc* 75(3): 341-356 . DOI: 10.1590/S0001-37652003000300007.
- SOUZA-FILHO P.W.M., PARADELLA W.R. 2005.** Use of Radarsat -1 Fine and Landsat-5 TM selective principal component analysis for geomorphological mapping in a macrotidal mangrove coast, Amazon region. *Canadian Journal of Remote Sensing* 31 :214-224
- SOUZA-FILHO P.W.M., CUNHA E.R.S.E., SALES M.E.C.S., SOUZA L.F.M.O., COSTA F.R. (Org.). 2005a. Zona Costeira Amazônica (bibliografia). 400 pp. Ed. MPEG. Caiena. Guiana
- SOUZA-FILHO P.W.M., SALES M.E.C.S., PROST M.T.R.C., SOUZA L.F.M.O., COSTA F.R. (Org.). 2005b.** Zona Costeira Amazônica: o cenário regional e os indicadores bibliométricos em Ciência e Tecnologia. In *Zona Costeira Amazônica (bibliografia): 9-20*. Livre: 400 pp. Ed. MPEG. Caiena. Guiana
- SOUZA FILHO P.W.M., LESSA G.C., COHEN M.C.L., COSTA F.R., LARA R. 2008.** The subsiding macrotidal barrier estuarine system of the eastern Amazon coast, Northern Brazil. In *DILLENBURG S. F., HESP P. (Ed.) Geology of Brazilian Coast barrier ; N.Y. Spring Verlag. Lecture Notes in Earth Sciences, vol. 107. 200 pp.*
- SOUZA FILHO P.W.M. et al. 2009.** Using environmental Index (ESI) for mapping oil spill in the Amazon Coastal Zone. *Rev. Bras. Geofísica. Suppl 1 : 7-22*
- TASSINARI C.C., MACAMBIRA M. 1999.** Geochronological provinces of the Amazonian Craton. *News Mag Inter Union Geol Sci*, 22(3), 174-182.
- THÉRY H. 2105.** Les populations du Brésil, disparités et dynamiques. Espace populations sociétés. *Populations et territoires du Brésil. 2014/2-3. 16p.*
- TRICART J. 1965.** Précis et Méthodes de Géomorphologie. *Masson et Cie. Ed., 496 pp. Paris.*
- VANTREPOTTE V., GENSAC E., LOISEL H., GARDEL A., DESSAILLY D. AND MÉRIAUX X. 2013.** Satellite assessment of the coupling between in water suspended particulate matter and mud banks dynamics over the French Guiana coastal domain. *Journal of South American Earth Sciences*, 44, 25-34.
- WRIGHT L.D. 1985.** River deltas. In Davis R.A. Jr (Ed). *Coastal Sedimentary Environments*. 2^{ème} ed. Spring-Verlag, N.Y. :1-75

ANEXOS

SIGLES

Brésil

ANA – Agencia Nacional das Águas

ANP - Agência Nacional de Petróleo

AMASSEDS – Amazon Shelf Sedimentary Studies (projeto de cooperação Brasil/USA na margem equatorial amazônica).

CNPq – Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento

CENPES - Centro de Pesquisa e Desenvolvimento Leopoldo Americo Miguez de Melo

ECOLAB - Rede para o Estudo dos Litorais Amazônicos

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

IEPA - Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

MMA - Ministério do Meio Ambiente

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

OSE GUYAMAPA - Observação por satélite do Meio Ambiente Natural Guiana/Amapá

PETROBRAS - Petroleo Brasileiro S.A.

PIATAM - Potenciais Impactos Ambientais do Transporte de Petroleo e Derivados

PIATAM Mar - Projeto da “Gestão da Costa Amazonica” financiado pela Petrobras (*carteira PROAMB8*)

RADAM - Operação Radar aerotransportado para a Amazonia

REMAC-CENPES - projeto Petrobras (Rio de Janeiro, 1977)

REVIZEE - Programa de Avaliação do Potencial Sustentavel de Recursos Vivos

SECTAM - Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente. Pará

UFBA - Universidade Federal da Bahia

UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro

UNB - Universidade Federal de Brasilia

UFPA - Universidade Federal do Pará

UFF - Universidade Federal Fluminense

UFAM - Universidade Federal da Amazonia

USP - Universidade de São Paulo

ZEE - Zona Econômica Exclusiva (*fait partie du REVIZEE*)

Guyanes

CNRS - Centre National de Recherche Scientifique

ECOLAB - Réseau Scientifique pour l'Etude du Littoral Amazonien

ENGREF - Ecole Nationale du Génie Rural des Eaux et des Forêts

GUYAMAPA (OSE GUYAMAPA) - Observation spatiale de l'environnement transfrontalier Guyane - Amapa

IRD - Institut de Recherche pour le Développement. Centre IRD Guyane. *Collaboration très forte avec le Brésil.*

PNEC - Programme National “Environnement Côtier” (*du PNOC*)

PNOC - Programme National d'Océanographie Côtière

PROCLAM - Projet de Cartographie du Littoral Amazonien

SEAS Guyane - Surveillance de l'Environnement Amazonien assistée par Satellites

RESUMOS

A desembocadura do rio Amazonas, considerado como um dos maiores rios do mundo em extensão e em volume de água, é uma macro-fronteira geomorfológica singular separando dois grandes e significativos compartimentos costeiros : o das Guianas (entre o Amapá e a Venezuela) e o do Pará/Maranhão (norte do Brasil). O estuário do grande rio é também um importante domínio geológico entre a plataforma do Amapá, a bacia de Marajó e a plataforma Pará/Maranhão. A síntese aqui apresentada refere-se a numerosos trabalhos multidisciplinares passados e atuais, assim como aos avanços das ferramentas satelitais de monitoramento ambiental. O objetivo principal é analisar o papel da desembocadura como limiar de passagem e de encontro aos níveis regionais e locais. A abordagem metodológica e geomorfológica é fundada sobre a taxonomia dos fatos e sobre a noção dialéctica entre tipo e indivíduos. As considerações finais passam em revista alguns indicadores ambientais em conjunção com tendências evolutivas do litoral amazônico.

Aviso : este texto constitui a primeira parte do artigo. Sua segunda parte será publicada no próximo volume da CONFINS.

L'embouchure du fleuve Amazone, considéré comme le plus grand fleuve du monde en étendue et en volume d'eau, est une macro frontière géomorphologique entre deux grands ensembles côtiers amazoniens, celui des Guyanes (entre l'Amapá et le Venezuela) et celui du Pará/Maranhão (nord du Brésil). L'embouchure du grand fleuve est aussi un domaine géologique remarquable entre la plateforme de l'Amapá, le bassin de Marajó et la plateforme Pará-Maranhão. L'essai ici présenté fait référence à de très nombreux travaux multidisciplinaires passés et actuels et aux avancées des outils satellitaires de suivi environnemental. Son objectif principal est d'analyser le rôle de l'embouchure en tant que seuil de passage et de rencontre aux niveaux régional et local. L'approche méthodologique et géomorphologique est fondée sur la taxonomie des faits et sur la notion dialectique de type et d'individu. Les considérations finales traitent des indicateurs environnementaux et examinent quelques tendances évolutives du littoral amazonien.

Avertissement : ce texte constitue la première partie de l'Article. La seconde partie de la Synthèse sera publiée au prochain numéro de CONFINS.

The Mouth of the Amazon River, considered to be the largest river on Earth, is a geomorphological macro-frontier between two coastal blocks : the Guiana Shield coastal fringe (from Amapa to Venezuela) and the Para/Maranhao block (North Brazil). It also constitutes a vast geological domain that links the Amapa Platform, the Marajo Basin and the Para/Maranhao Platform. This Paper brings a synthetic view on this coastal compartment. It refers to a large number of multidisciplinary scientific results, and to remote sensing breakthroughs in environmental monitoring. The main purpose of the Paper is to enlight the role of the Mouth as a threshold in regional and local dynamics and processes. The geomorphological analysis relies on a taxonomy of facts and on dialectics between types and individuals. Final considerations are focused on environmental indicators and on current trends in coastal evolution in the Amazon.

Warning : this text constitutes the first Part of the Paper. The second Part of the Paper will be published in the next volume of CONFINS.

ÍNDICE

Mots-clés: géomorphologie, littoral amazonien, quaternaire, tendances, télédétection.

Palavras-chave: geomorfologia, litoral amazônico, Quaternário, tendências, sensoriamento remoto.

Keywords: geomorphology, amazonian coastal fringe, quaternary trends, remote sensing.

Índice geográfico: Amazônia

AUTORES

M. T. R. C. PROST

Directrice de recherche émérite, retraitée du Musée Paraense Emílio Goeldi,
prost.maria@orange.fr

J-F. FAURE

IRD, UMR Espace-DEV, jean-francois.faure@ird.fr

C. CHARRON

Musée Paraense Emílio Goeldi, Christophe.Charron@ird.fr

H.V. VARGAS

Musée Paraense Emílio Goeldi, vargas.heloisa@gmail.com>

V. F. SANTOS

Institut de Recherche Scientifiques et Technologiques de l'État de l'Amapá (IEPA,
valdeniraferrreira@gmail.com

A.C. MENDES

Musée Paraense Emílio Goeldi, amendes@museu-goeldi.br

A. GARDEL

Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), UMSR LEEISA, antoine.gardel@cnrs.fr