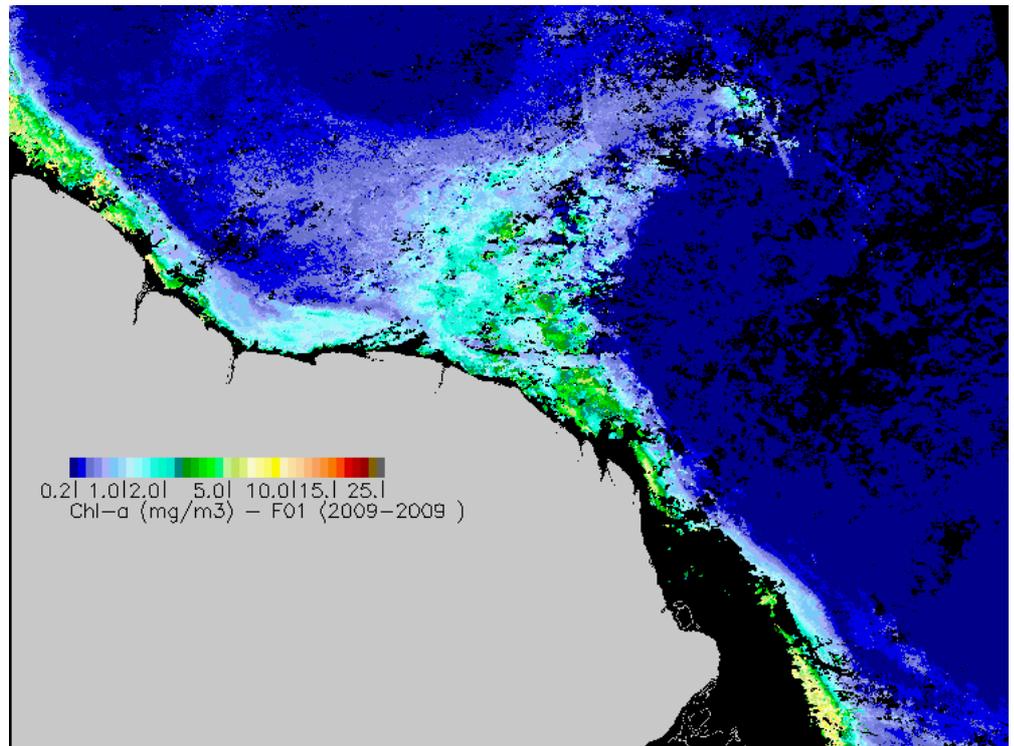


Actualisation de connaissances du domaine marin en Guyane Française



*Image satellite de la chlorophylle des eaux guyanaises 1-15 janvier 2009. IFREMER/OC5
 [MODIS]*

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	1
CLIMATOLOGIE GUYANAISE	2
METEO-OCEANOGRAPHIE	5
La houle	5
Le vent	5
La bathymétrie	9
OCEANOGRAPHIE PHYSIQUE	10
Le courant nord-brésilien (NBC)	10
Création des tourbillons au front de réflexion.....	12
Le devenir de la plume amazonienne	15
Upwelling du plateau continental des Guyanes	17
Campagnes océanographiques sur le plateau	19
GEOMORPHOLOGIE LITTORALE.....	20
Turbidité et bancs de vase	20
Vasières et Mangroves	23
Géomorphologie du plateau continental.....	28
BIOGEOCHIMIE ET PHYTOPLANCTON	29
BENTHOS.....	32
HALIEUTIQUE	36
La pêche à la crevette	36
La pêche au vivaneau.....	39
Le pêche aux poissons côtiers	40
CHANGEMENTS CLIMATIQUES.....	42
BIBLIOGRAPHIE	44

INTRODUCTION

Contrairement aux mers adjacentes européennes, la zone maritime de la Guyane Française n'a été que peu étudiée. L'éloignement, la difficulté de mener des études dans une zone à forte turbidité et avec peu de points d'accès à la mer pour des embarcations, ont conduit à une méconnaissance chronique des cycles biogéochimiques et biologiques dans ces eaux.

Des campagnes ponctuelles, telles que celles du PNOC, le PNEC ou celles menées par l'IFREMER ou l'ORSTOM ont eu lieu depuis les années 1950, mais trop éloignées dans l'espace et dans le temps pour pouvoir rendre compte de la richesse et des cycles saisonniers.

La mise en place de la Directive Cadre sur l'Eau en Guyane, a permis depuis 2009 de reprendre une partie des études liées à la zone littorale, il reste cependant beaucoup de travail à réaliser avant de combler le manque de données et atteindre le même niveau de connaissances dont disposent les départements métropolitains avec une façade maritime.

Un premier travail de synthèse des études marines en Guyane avait été réalisé dans le cadre du PNOC (Frouin, Pujos, et Watremez 1997). Un second travail est venu le compléter (Artigas et al. 2003). Le présent travail permet d'actualiser quelques domaines et connaissances qui ont pu être acquises depuis ces dates.

Un travail de synthèse des connaissances a été également réalisé par l'Agence des Aires Marines Protégées (AAMP) en 2009. L'Analyse Stratégique Régionale Guyane est téléchargeable sur le site web des AAMP (<http://www2.aires-marines.fr/les-analyses-strategiques-regionales.html>).

CLIMATOLOGIE GUYANAISE

Extrait du site Météo France :

http://www.meteo.fr/temps/domtom/antilles/pack-public/meteoPLUS/climat/clim_guy.htm

Située entre 2°N et 6°N (cf. figure 1), la Guyane bénéficie d'un climat de type équatorial humide. Cette position privilégiée proche de l'équateur, ainsi que sa façade océanique, lui confère une bonne stabilité climatique. Ainsi, on observe une grande régularité des vents et des températures, qui varient faiblement au cours de l'année. Seules les précipitations connaissent des variations annuelles conséquentes, et c'est donc principalement ce paramètre météorologique qui détermine le rythme des saisons guyanaises. Le cycle des précipitations est lui-même intimement lié aux mouvements saisonniers de la ZIC ou Zone Intertropicale de Convergence.

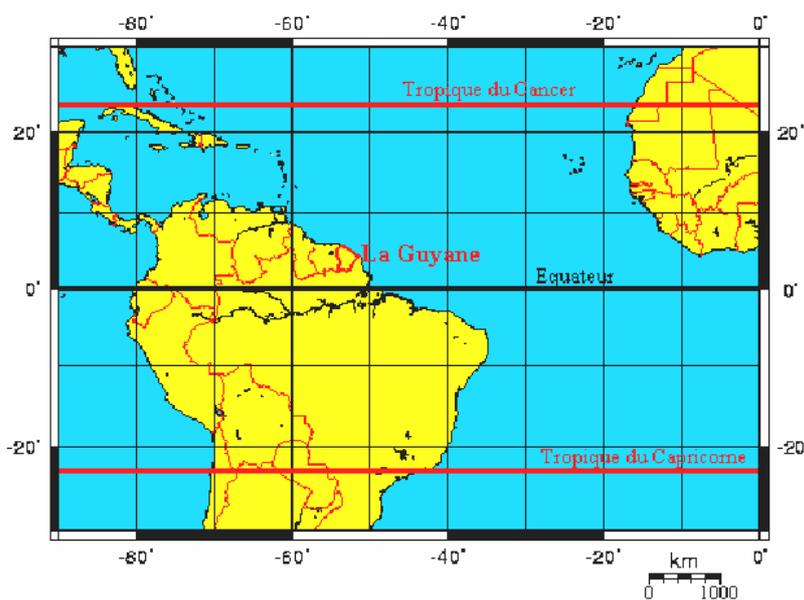


Figure 1 : La Guyane française dans son contexte géographique.

Pour résumer simplement, la Zone Intertropicale de Convergence constitue l'équateur météorologique. En effet, si l'on observe le schéma ci-dessous, on remarque que dans l'hémisphère Nord, l'Anticyclone des Açores dirige des vents de Nord-Est dans la zone équatoriale, alors que dans l'hémisphère Sud, l'Anticyclone de Sainte-Hélène produit des vents de Sud-Est. La rencontre de ces vents s'effectue donc au sein d'une zone dépressionnaire appelée Zone Intertropicale de Convergence (ZIC). Au sein de cette zone, l'atmosphère est très perturbée et on y observe fréquemment des Cumulonimbus, nuages à haut développement vertical, générateur d'orages et de précipitations violentes.

La ZIC n'est pas immobile et ses déplacements suivent la position apparente du soleil. Ainsi, avec un décalage de 6 à 12 semaines, la Zone Intertropicale de Convergence se déplace du Nord au Sud et du Sud au Nord, suivant les cycles astronomiques. Ce sont donc ces mouvements, et le positionnement de la ZIC par rapport au département, qui rythment les saisons guyanaises. On distingue ainsi :

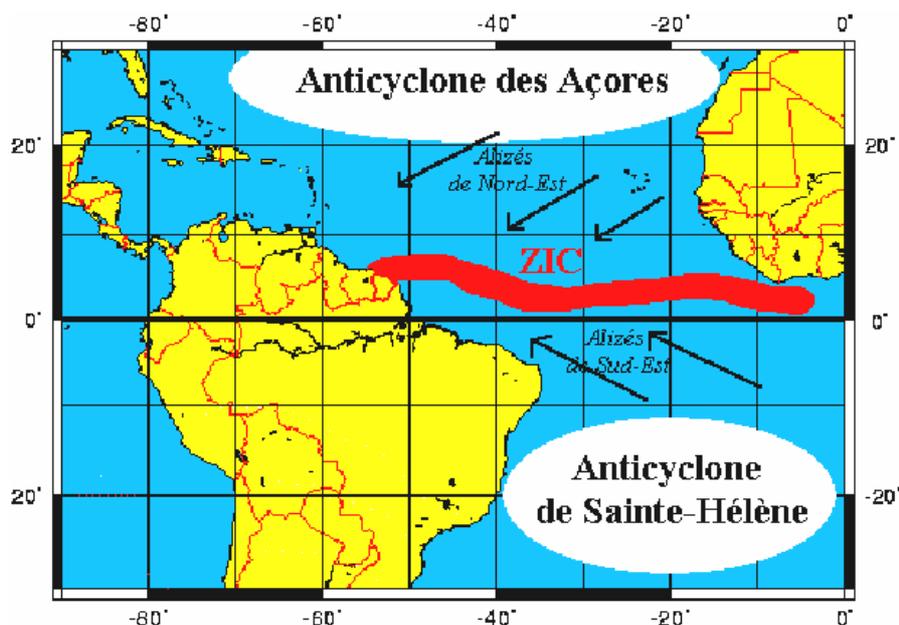


Figure 2 : La Zone Intertropicale de Convergence.

- une saison des pluies de la mi-novembre à fin janvier. Initialement la ZIC se trouvait au Nord, elle entame sa descente, et passe donc une première fois sur la Guyane,
- une petite saison sèche, appelée « le petit été de mars » qui se produit en général entre début février et la mi-mars. Cette saison correspond à la position la plus Sud de la ZIC, qui se positionne au voisinage de l'équateur géographique et parfois même dans l'hémisphère Sud,
- une saison des pluies, de fin mars à début juillet qui correspond à la remontée de la ZIC et qui repasse donc une deuxième fois sur la Guyane,
- une saison sèche, de mi-juillet à mi novembre où la ZIC se positionne au delà du 10°N et épargne donc le département.

Les types de saisons en Guyane :

La petite saison des pluies :

Dans sa descente vers le Sud, la Zic aborde franchement la Guyane vers la mi-décembre. Auparavant, les prémices se font sentir pendant un petit mois, où quelques franges Sud se détachent du corps de la Zic et viennent lécher le littoral, y provoquant des précipitations modérées, parfois fortes, mais qui restent brèves et souvent localisées. Le passage du corps même de la Zic sur le département se traduit avant tout par une couverture nuageuse quasi permanente. Les pluies sont abondantes et soutenues, même pendant les accalmies, le ciel reste souvent couvert et la sensation de mauvais temps persiste. Durant cette saison, l'amplitude des températures est faible, conséquence d'une insolation minimale.

Le petit été de mars :

Cette petite saison sèche constitue une trêve des précipitations sur le département : en effet, la Zone Intertropicale de Convergence se positionne au voisinage de l'équateur et parfois même dans l'hémisphère Sud. Le département bénéficie alors d'un alizé de Nord-Est, issu d'un anticyclone des Açores puissant, ou repoussé au Sud par les dépressions hivernales qui circulent sur l'Atlantique Nord. Ce régime d'alizé se traduit par un ciel en général ensoleillé, quelques averses se produisent principalement en fin de nuit sur la bande côtière et le proche intérieur, et plutôt l'après-midi et en début de soirée dans l'intérieur.

La saison des pluies :

Dès la fin du mois de mars, la Zic remonte vers ses quartiers Nord. Ce déplacement n'est hélas pas régulier et les caprices de la Zic au cours de cette remontée sont souvent imprévisibles. Ainsi, au gré des mouvements et du renforcement des anticyclones de l'Atlantique, la Zic ondule à proximité du département, s'y installant fréquemment. Les précipitations sont alors fréquentes et copieuses dans un ciel très sombre. Ces périodes alternent avec des accalmies de quelques jours, lorsqu'un soubresaut de la zone l'éloigne temporairement du département. Dans ces conditions, le temps devient variable et les timides éclaircies alternent avec des averses brèves mais souvent intenses.

La saison sèche :

Dès le mois de juillet, la Zic est en perte d'activité sur le département : même si elle y effectue toujours quelques incursions, ces dernières sont moins virulentes. Durant cette phase de transition, le ciel guyanais retrouve de franches périodes ensoleillées, qui constituent cependant un élément moteur pour les averses orageuses de l'après-midi. La période vraiment sèche s'établit de la mi-août à fin octobre, la Zic est ainsi repoussée au delà du 10ème parallèle Nord, voire parfois inexistante sur l'Atlantique ; un alizé de Sud-Est sec et stable s'installe alors sur le département. Les journées sont donc bien ensoleillées, seules quelques averses, parfois orageuses, se développent l'après-midi dans l'intérieur. C'est l'époque des cyclones sur l'arc Antillais, qui peuvent parfois générer, à plusieurs milliers de kilomètres de distance, des lignes d'instabilité, provoquant l'espace de quelques heures, de fortes averses orageuses sur la Guyane.

Variabilité interannuelle :

Le rythme des saisons, décrit ci-dessus, est toutefois soumis à une grande variabilité interannuelle : en effet d'une année sur l'autre, le début et la fin des saisons ne se produisent jamais rigoureusement aux mêmes dates et peuvent parfois différer de plusieurs semaines. Cette disparité des échéances, ainsi que la puissance même des saisons, sont bien souvent la conséquence de phénomènes climatiques complexes, que les scientifiques continuent de rechercher et d'étudier. Ainsi, il a été mis en évidence que, dans la ceinture tropicale – et donc particulièrement en Guyane –, le climat était lié à un phénomène océanique du Pacifique Sud : le célèbre El Niño et sa petite sœur La Niña. Pour résumer grossièrement, on peut écrire que lorsqu'il existe un phénomène El Niño, le climat guyanais est plus sec et plus chaud, alors que La Niña entraîne plutôt une aggravation des précipitations accompagnée de températures plus fraîches. Malheureusement, l'état actuel des connaissances face à la grande complexité de la machine Atmosphère ne permet pas encore d'appréhender l'ensemble des phénomènes qui s'y déroulent, et cela restera toujours une des motivations principales des météorologistes de percer un jour tous les secrets du climat de notre planète.

METEO-OCEANOGRAPHIE

La Houle

Les études sur la houle, obtenues à partir de la série ERA-40 de 1960 à 2004 (Gratiot, Gardel, et Anthony 2007), montrent une saisonnalité, avec de plus fortes valeurs de hauteur de houle entre octobre et mai et de plus faibles énergies entre juin et septembre (figure 3). Ces valeurs ont une étendue de 1 à 2.5 m. La période de cette houle, induite par les alizés varie entre 7 à 10 s selon la saison. Sa hauteur augmente de 1.3 cm/an et presque 2 cm/an pour les plus hautes valeurs de houle.

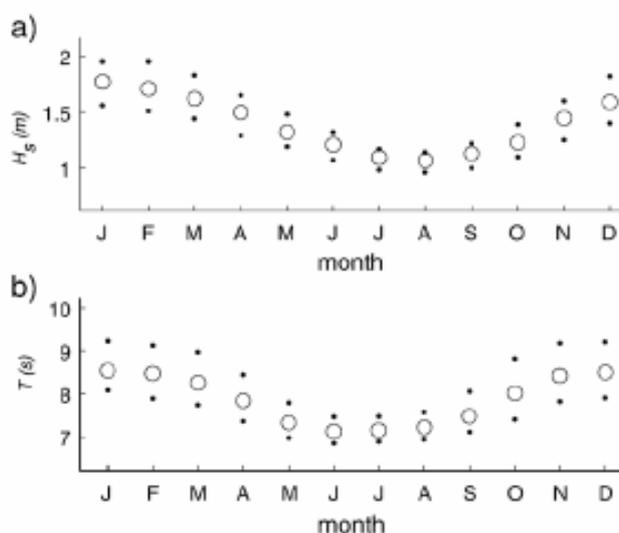


Figure 3 : Moyennes journalières des paramètres de la houle H_s (hauteur) et T (période) obtenus du modèle ERA-40 entre 1960 et 2004 à 5°N et 52°W. Les points représentent le 1er et 3eme inter quartile et le cercle la médiane. (Gratiot, Gardel, et Anthony 2007)

Il est possible d'étudier l'évolution de l'énergie de la houle en suivant les paramètres de hauteur de houle (H_s), période (T), l'indice H^3/T^2 , et l'angle d'incidence de la houle par rapport à la côte. Depuis 1996, il a été observé une augmentation de l'indice H^3/T^2 (figure 4-c). Cette augmentation est principalement due à l'augmentation des fortes valeurs de houle (cercles dans figure 4-c).

L'angle d'incidence de la houle est également affecté avec le temps. Elle présente même des valeurs négatives si l'on considère les plus fortes valeurs (figure 4-d).

Le Vent

A grande échelle sur la zone atlantique (série de données ERA-40), la tendance de la vitesse moyenne des vents sur la zone de fetch (figure 5-i) présente une augmentation de 2.3 cm/s/an (figure 5-ii) pendant la saison de plus forts vents, qui se situent de janvier à mai (Gratiot, Gardel, et Anthony 2007). Cette vitesse moyenne peut atteindre 2.9 cm/s/an. On observe deux périodes de faibles vitesses, entre 1964 et 1970 et entre 1978 et 1984.

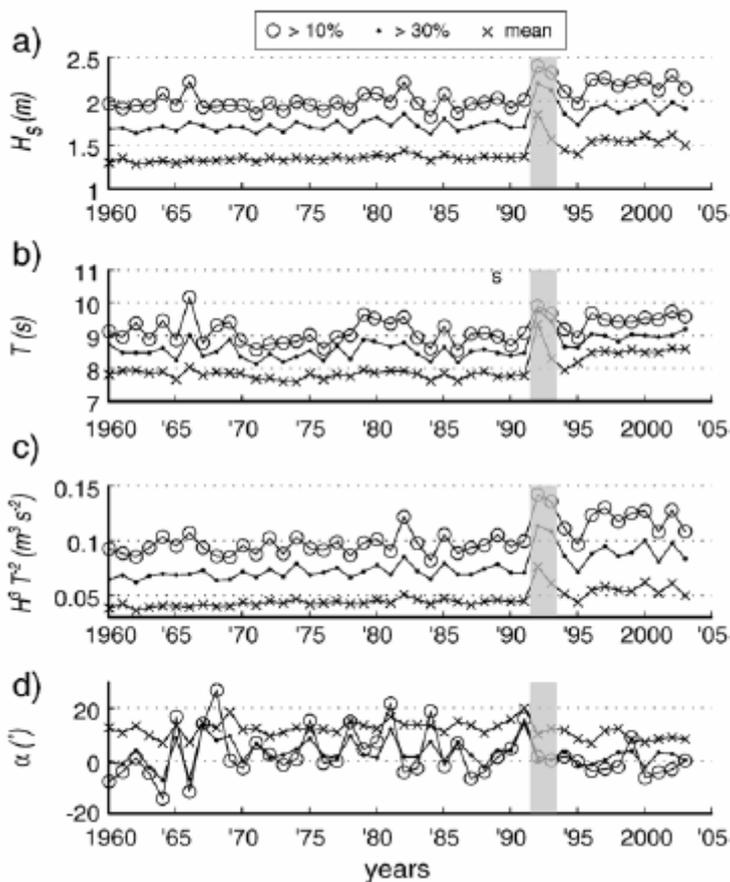


Figure 4 : Fluctuations inter annuelles des paramètres de la houle sur la période 1960-2004. Les barres grises indiquent une période avec mauvaises données. (Gratiot, Gardel, et Anthony 2007)

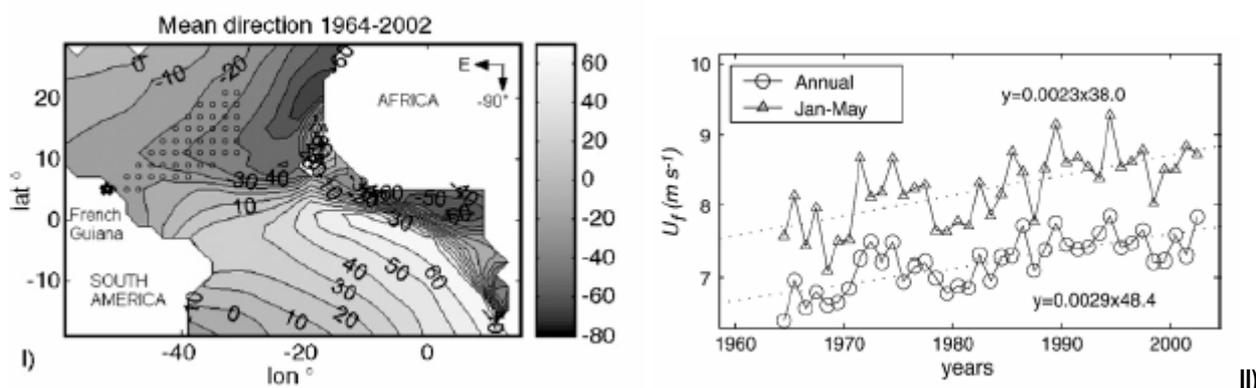


Figure 5 : i) Avec petits cercles, est indiquée la zone de fetch (Gratiot, Gardel, et Anthony 2007), ii) Variations de la vitesse du vent sur la zone de fetch entre 1965 et 2002

A une échelle locale, l'évolution des vents mesurés à 12h00 à 500 m d'altitude sur la station de Rochambeau/Kourou (figure 6), montre une évolution significative (Augustinus 2004). Ces vents ont été enregistrés sur la période janvier-avril, où ils sont plus forts. Une étude plus ancienne présente les mêmes valeurs de fréquences et vitesses de vent (Eisma, Augustinus, et Alexander 1991).

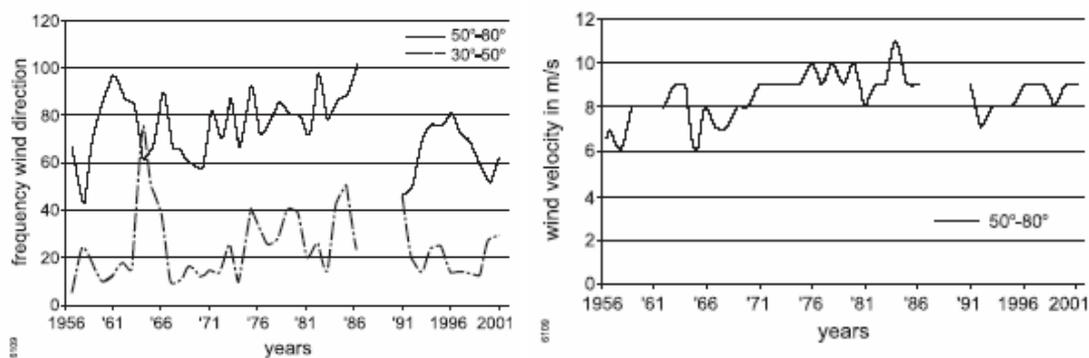


Figure 6 : A gauche, évolution annuelle des fréquences des vents venant des secteurs 30°-50° (NE) et 50°-80° (ENE). A droite, moyennes de vitesses mesurées quotidiennement pour les vents venant du secteur 50°-80°.

L'étude Ifremer de la série des vents enregistrée aux Iles du Salut, toutes les trois heures entre 1995 et 2007 par Météo France, présente une évolution dans la force et fréquence des vents. En sectorisant par 30°, nous constatons que les vents les plus fréquents sont de NE à ESE. A eux seuls, ils représentent plus de 80% des vents soufflant sur la côte guyanaise. A partir de 2002, on constate une diminution de la fréquence des vents de ESE et une augmentation concomitante de ceux du secteur NE (figure 7).

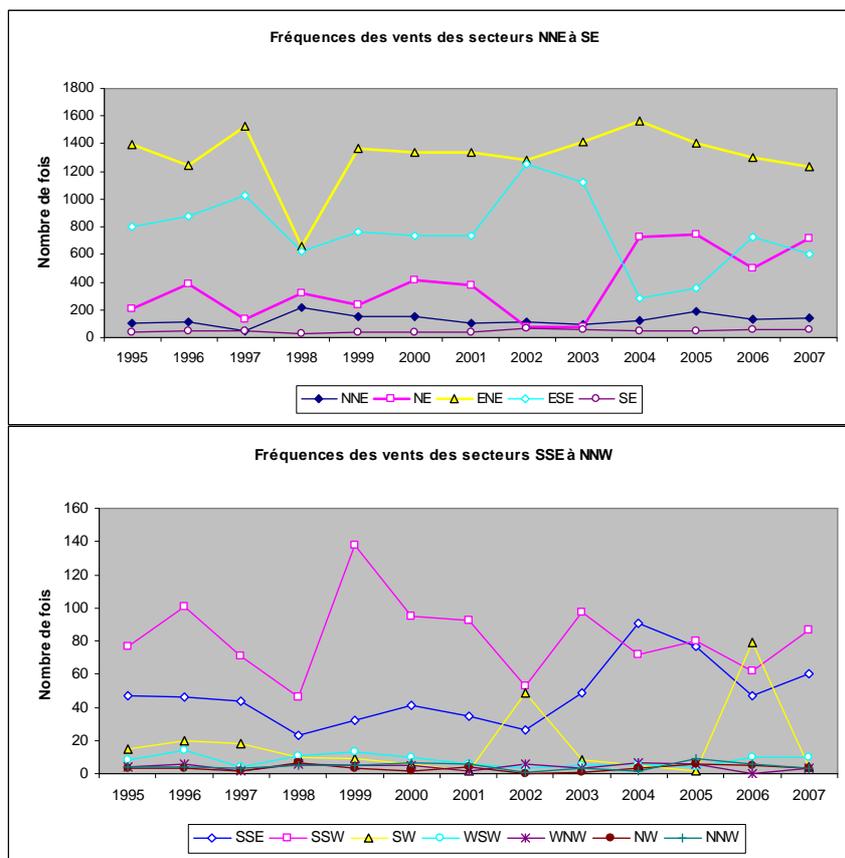


Figure 7 : Fréquences des vents enregistrées à l'île Royale par Météo France, entre 1995 et 2007. A gauche, fréquence des vents des secteurs NNE à SSE, à droite, ceux des secteurs SSE à NNW

En 1998 nous observons une forte chute des fréquences des vents de ce secteur. Pour les vents des secteurs de SSE à NNW, les plus fortes fréquences sont des secteurs SSW, SSE et SW. Ces deux derniers présentent une tendance positive sur les dernières années.

Bien que les vitesses dans leur ensemble soient en diminution entre 1995 et 2007 (figure 8), ceci n'est pas constaté pour tous les secteurs (figure 9). Seules les diminutions observées dans les secteurs ENE et ESE présentent des tendances significatives sur les vents dominants. Pour les secteurs d'ouest, les tendances significatives sont observées pour les secteurs SW à NW. Dans la figure 10 est présentée une synthèse de l'évolution des vents pour les sites de Rochambeau et l'Île Royale entre 1995 et 2007. Bien que les tendances ne soient pas les mêmes, nous observons une diminution de la fréquence des vents des secteurs ENE et ESE, ainsi que de leurs vitesses moyennes.

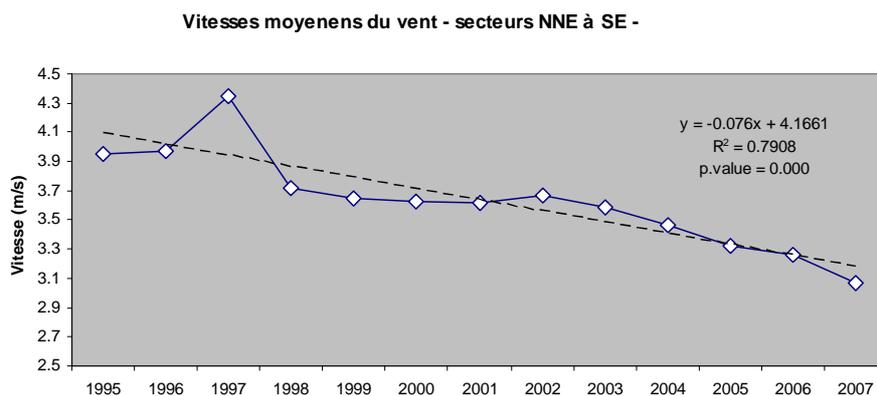


Figure 8 : Vitesses moyennes des vents venant des secteurs NNE à SE entre 1995 et 2007 sur l'Île Royale (données brutes Météo France)

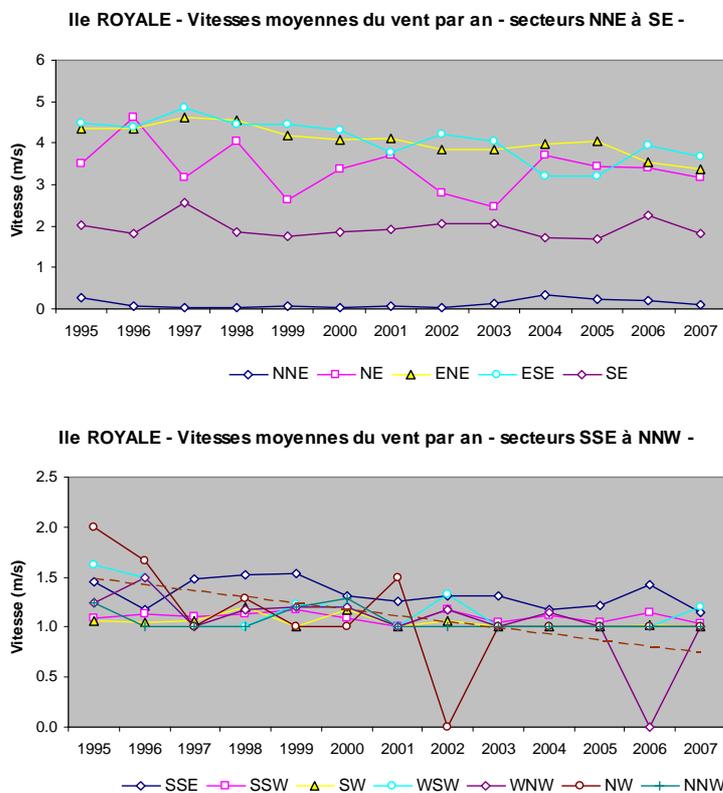


Figure 9 : Vitesses moyennes par secteur et par an obtenues à partir des séries tri-horaires de Météo France sur l'Île Royale

ILE ROYALE 1995-2007			ROCHAMBEAU 1995-2007		
Secteur	Fréquence	Vitesse	Secteur	Fréquence	Vitesse
NNE	---	---	NNE	---	↑
NE	↑	---	NE	↑	---
ENE	---	↓	ENE	↓	↓
ESE	↓	↓	ESE	↓	↓
SE	↑	---	SE	---	↓
SSE	↑	---	SSE	↑	↓
SSW	---	---	SSW	↑	↓
SW	---	↓	SW	↑	---
WSW	---	↓	WSW	---	---
WNW	---	↓	WNW	---	---
NW	---	↓	NW	---	---
NNW	---	---	NNW	---	---

Figure 10 : Synthèse de l'évolution des vents à l'Ile Royale et Rochambeau entre 1995 et 2007 en fréquence et vitesse

Dans le même temps, les vents des secteurs NE, SE, SSE et SSW semblent présenter une augmentation de leur fréquence sur la période 1995-2007, avec une diminution ou stabilité des vitesses. Le seul cas d'augmentation des vitesses a été enregistré à Rochambeau, pour les vents du secteur NNE, qui présentent une augmentation moyenne de leur vitesse de 0.5 à 1.44 m/s entre 2003 et 2007.

La Bathymétrie

Une bathymétrie précise n'est pas seulement nécessaire pour la sécurité de la navigation, mais l'est également pour la mise en place de modèles hydrodynamiques. Plus la bathymétrie est faible, plus les différences par rapport à la réalité seront fortes sur les résultats du modèle. La nature des fonds, essentiellement des vasières, fait qu'une cartographie précise n'est pas aisée. Cependant, plus de cinquante années se sont écoulées depuis les derniers relevés effectués par le SHOM. Les difficultés liées à l'éloignement, l'étendue du plateau continental et la nature turbide et chaude des eaux compliquent notablement cette tâche.

Une mise à jour de sondes du plateau continental devient urgente pour aborder la mise en place des modèles hydrodynamiques. Avec l'évolution de la technologie, aujourd'hui cette tâche serait envisageable par des bureaux d'étude spécialisés et avec des outils de petite taille. Il pourrait alors être également envisagé de cartographier la nature des fonds en même temps. Aucune cartographie précise de celle-ci n'est disponible. Les cartes « G » du SHOM et les relevés de Bouysse lors des campagnes Guyamer en 1975 en sont les seuls à ce jour, à part des travaux récents qui couvrent des zones restreintes et isolés.

OCEANOGRAPHIE PHYSIQUE

En Guyane, les marées sont semi-diurnes avec deux pleines et basses mers d'hauteurs différentes. Elles ont lieu toutes les 25 h 50 minutes. Le marnage est d'environ 2.5 m aux marées de printemps. Les vagues sont d'une hauteur de 1 à 2 m, mais parfois (< 1 % de l'année) elles peuvent dépasser 4 m. Les plus fortes vagues ont lieu en période de forts vents (saison des pluies – février à mai) et les plus faibles en période sèche (juin à novembre). La fréquence moyenne des vagues est de 6 à 8 secondes.

Le Courant Nord-Brésilien (NBC) :

La circulation océanique à méso-échelle a été étudiée et décrite depuis quelques décennies (Madden et Julian 1972), et plus récemment, sa variabilité saisonnière et celle de la plume de l'Amazone. Un consensus scientifique se dégage sur la naissance du Courant Nord du Brésil (NBC) à partir du Courant Sud Equatorial (SEC), puis, sa déviation vers le NW le long des côtes américaines (Mémery et al. 2000 ; Stramma et Schott 1999). En traversant l'équateur, une part du NBC rétrofléchit et alimente le courant sous équatorial (EUC) sur une partie de l'année (figure 11).

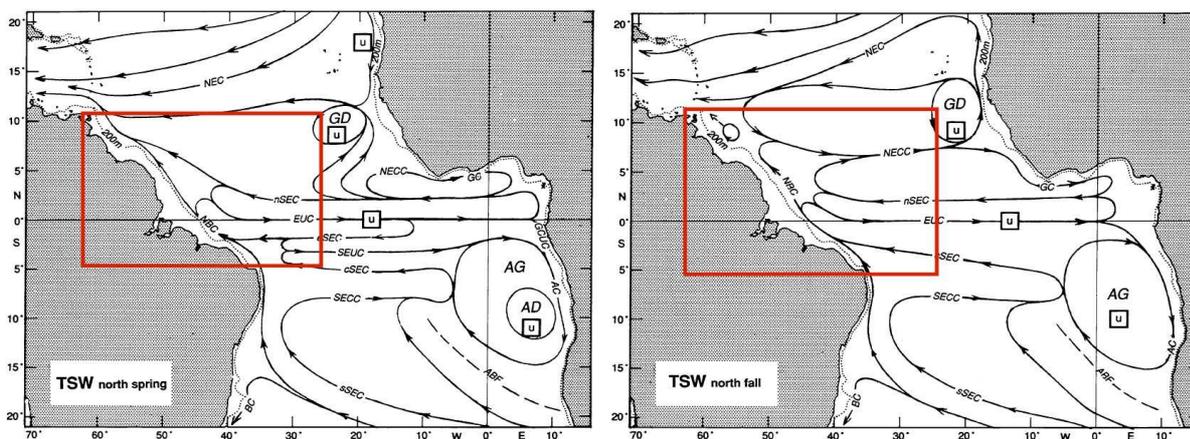


Figure 11 : Circulation dans le bassin atlantique au printemps et en automne (hémisphère nord) selon Stramma et Schott, 1999

Dans la littérature scientifique, le devenir du NBC, à qui l'on accordait un schéma saisonnier, est plus controversé aujourd'hui : au printemps boréal, le NBC était censé circuler vers le NW le long de la pente continentale américaine vers les Caraïbes. Le reste de l'année, une forte proportion du NBC semblait se séparer des côtes américaines et rétrofléchir vers l'Est, vers 6°-8° N dans le Contre-Courant Nord-Equatorial (NECC). Le flux restant du NBC était censé alimenter le « Courant des Guyanes (CG) » circulant vers les Caraïbes.

D'autres travaux avancent que la rétroflexion est permanente sur l'année et que la position du front est fonction de l'intensité du NBC. D'autres auteurs soutiennent la disparition de ce phénomène entre avril et juin. Reste à savoir quels sont les échanges entre le NBC et les courants côtiers au niveau de la pente continentale. Le projet AMASSSED (A Multidisciplinary Amazon Shelf Sediment Study), avec la mise en place des courantomètres entre février et juin 1990 a montré que les courants de surface, et ceux se situant en dessous de la plume de l'Amazone,

avaient une direction NW, parallèle au NBC. Bien qu'aucune relation formelle n'ait été trouvée entre les courants du plateau et ceux de la pente, les principaux événements de la circulation du NBC ont été observés sur le plateau continental (Baklouti et al. 2007).

A partir de mesures de courantmètre et celles acquises lors du projet AMASSED, les études du projet STACS de la NOAA trouvent une transition entre le printemps (faible transport du NBC coincé sur le plateau et près des côtes), vers une plus large extension sur le plateau (de plus faible profondeur et de plus forte intensité). Le cycle annuel du transport du NBC passe par un maximum de 36 Sv en juillet-août et un minimum de 13 Sv en avril-mai. L'essentiel du transport est réalisé dans les premiers 150 m de profondeur et la composante mesurée sur le PCG, relativement constante sur l'année est de 3 à 5 Sv (Johns et al. 1998). Le transport du NBC est bien corrélé avec les forçages météorologiques de grande échelle de l'Atlantique, mais à eux seuls, n'expliquent pas cette advection, ce qui laisse à penser qu'une forte composante thermohaline entre en jeu. Quelques mesures d'ADCP intégré sur la couche d'eau sont présentées dans la figure 12, ainsi que la distribution schématique sur deux couches (figure 13).

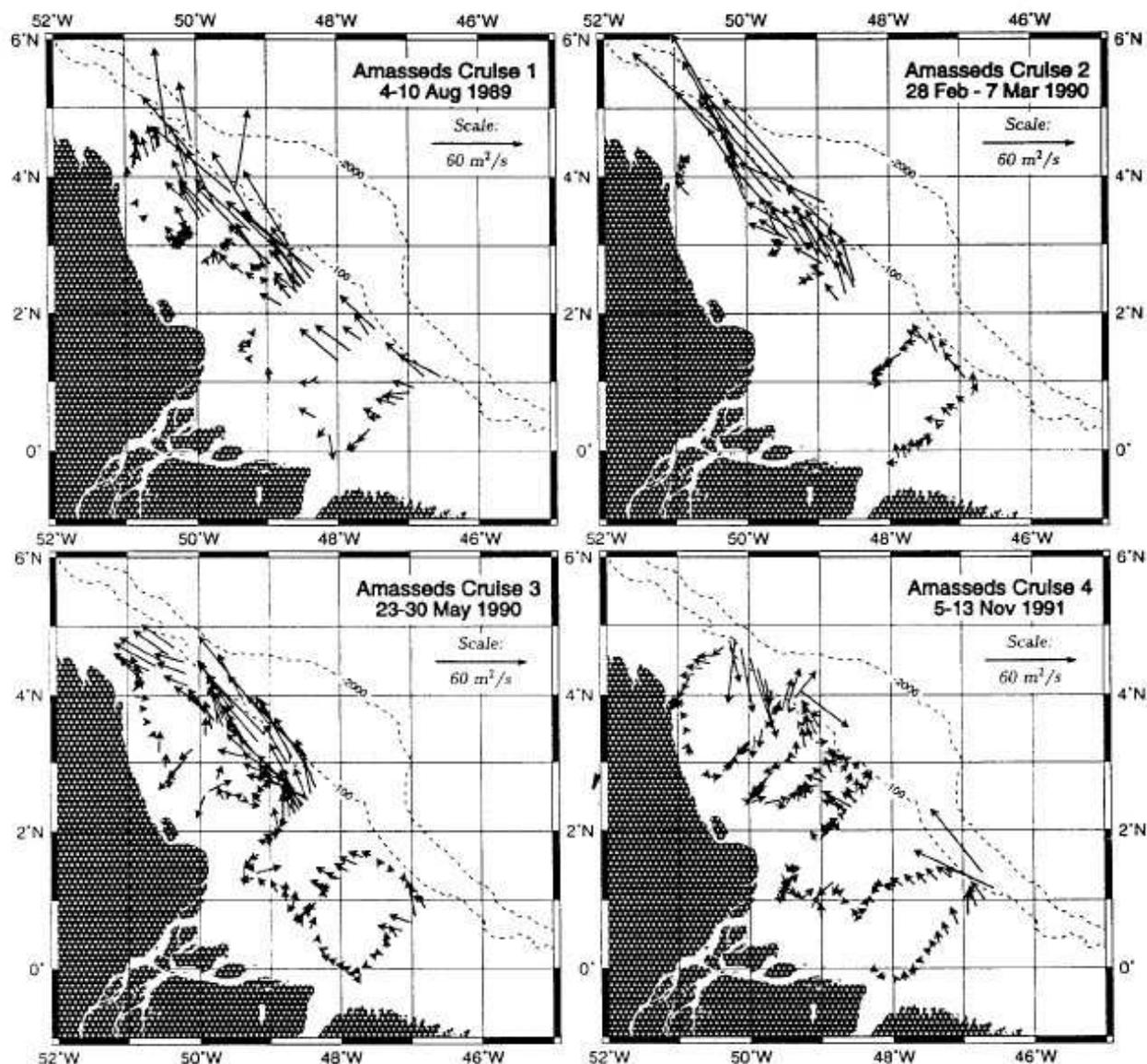


Figure 12 : Transport vertical intégré (m^2/s) du NBC, corrigé de la marée, obtenu des campagnes AMASSED ADCP : a) août 1989, b) février-mars 1990, c) mai 1990 et d) novembre 1991. Extrait de Johns et al, 1998

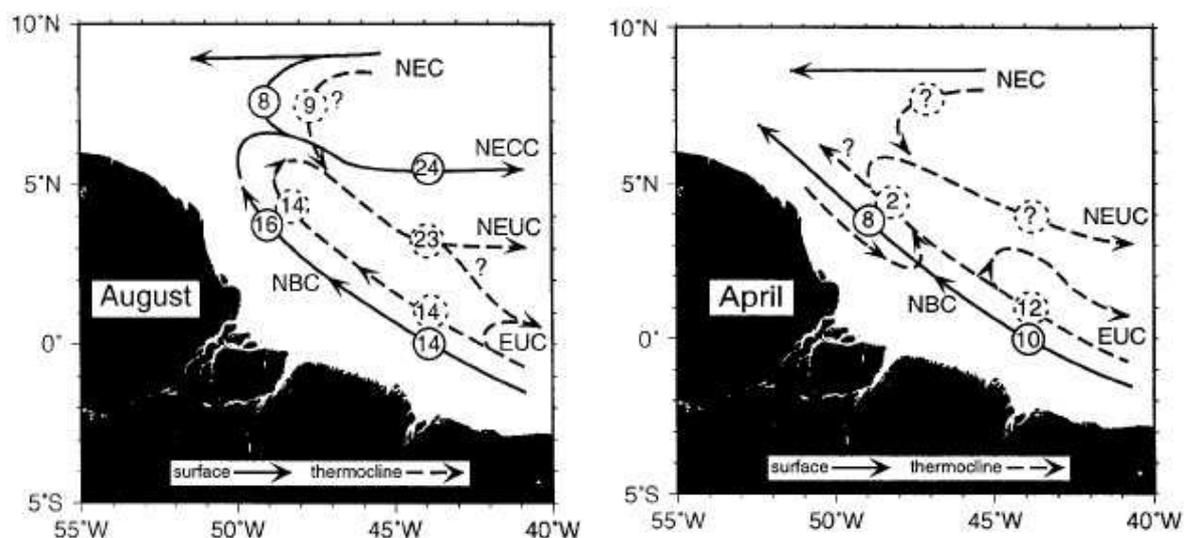


Figure 13 : Distribution schématique du transport en surface (0-100m) et dans la couche de la thermocline (100-300m) pendant le minimum (avril) et maximum (août) du transport du NBC à 4°N. Les valeurs à l'intérieur des cercles correspondent aux débits en Sv obtenus de la littérature et lors du travail de Johns et al, 1998

Création des tourbillons dans le front de réflexion :

L'évolution saisonnière du NBC, bien que confirmée par simulation, a été largement débattue dans la littérature au début des années 2000. Grâce à l'utilisation du satellite (CZCS dès 1978), Muller-Karger, McClain, et Richardson (1988) montrent que la totalité du NBC est réfléchi de juillet à décembre. Richardson et al. (1994) suggèrent que la création de tourbillons (Eddies) et leur trajectoire NW peuvent donner l'impression, à l'automne boréal, d'une circulation continue appelée « Courant des Guyanes », et Fratantoni, Johns, et Townsend (1995) se demandaient si le Courant des Guyanes pourrait exister en l'absence des tourbillons.

Les tourbillons ont été observés par satellite en utilisant l'altimétrie (Field 2005), les micro-ondes et la couleur de l'eau. Les modèles récents montrent le besoin de génération des tourbillons dans le processus de réflexion (Nof et Pichevin 1996). La durée de vie des eddies est d'environ 3 à 4 mois avec une vitesse de translation de 7 à 14 km/jour. Leur diamètre peut atteindre 400 km et avoir une influence jusqu'à 1000 m de profondeur. Ce processus semble fonctionner toute l'année, avec génération de 5 à 8 eddies par an, sans saisonnalité particulière, ainsi qu'avoir une influence sur les eaux du PCG (Fratantoni et Glickson 2002; Baklouti et al. 2007). Cette dynamique des tourbillons contribue de façon significative au transfert des eaux de surface sud atlantiques chaudes vers les Caraïbes (figure 14).

Une étude à partir des images satellites (MODIS) et des données de courantomètres (Baklouti et al. 2007) montre l'évolution du front de réflexion, la génération des tourbillons et la descente de ce front après création du tourbillon (figure 15). Lors du passage du front sont enregistrés des changements dans les directions et vitesses des masses d'eau, ainsi que dans les températures et salinités, qui correspondent à celles de la plume amazonienne (plus dessalée et chaude). Environ 30% de la surface des tourbillons se situent sur le PCG. Les plus forts courants sont enregistrés au moment du passage du front (figure 15d). Nous avons donc des masses d'eau de surface,

influencées par la plume amazonienne, qui sont corrélées avec les vents (Lentz 1995), et des eaux de subsurface, en dessous de la couche amazonienne, qui ne présentent pas de corrélation avec les vents (Baklouti et al. 2007).

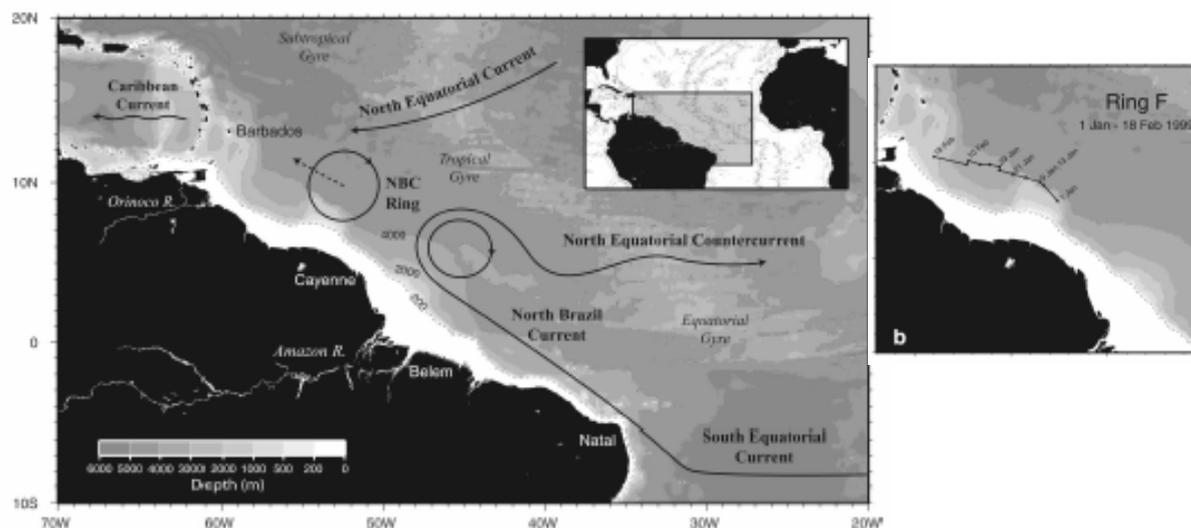


Figure 14 : Génération des tourbillons à méso-échelle au niveau du front de rétroflexion du NBC. b) trajectoire de l'un des tourbillons suivis (extrait de Fratantoni et Glickson 2002)

Les courants et caractéristiques des masses d'eau dans le PCG ne sont pas homogènes ni dans l'espace, ni dans le temps. La couche de surface (environ 5 à 10 m) a une dynamique différente de celle plus profonde. Cette dernière est davantage affectée par le NBC et la génération de tourbillons. Les courants peuvent donc prendre toutes les directions, les plus forts étant supérieurs à 2 m/s vers le NW au moment du passage du front.

L'influence de la plume de l'amazone dépend donc, de la position du front. Quand celui-ci se trouve au sud de la Guyane, la plume est déviée vers l'est et seule la partie SE de la plateforme continentale est affectée par l'Amazonie. Quand le front se trouve au NW de la Guyane, la plume reste confinée dans les eaux côtières et elle n'est déviée vers l'est que plus au nord de la zone (Baklouti et al. 2007).

L'approche par la modélisation a permis de hiérarchiser les facteurs de forçage tels que les vents, les courants côtiers, les débits des fleuves et l'effet de la marée (Chevalier et al. 2004 ; Nikiema Devenon et Baklouti 2007). Ces résultats montrent que les courants côtiers sont à l'origine de la déviation de la plume de l'Amazonie vers le NW, et que les effets du vent contribuent à la renforcer ou la modérer, les forces de marée intervenant pour modifier la position du front de salinité.

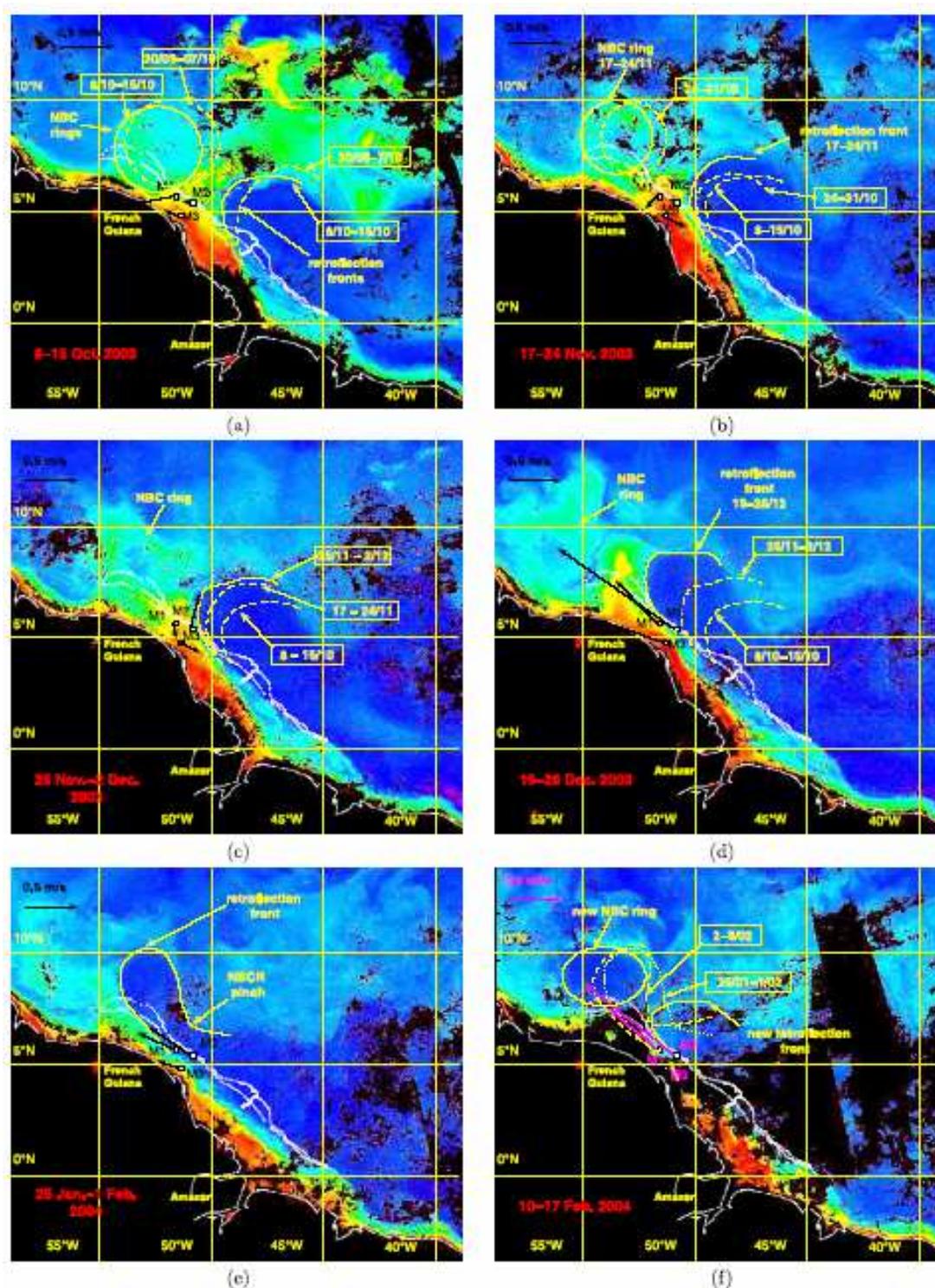


Figure 15 : Images composites moyennées par semaine avec superposition de courants en M1 (26m), M2 (25m) et M3 (22m) ainsi que les contours du front de rétroflexion et des tourbillons. Sont également visibles les isobathes de 200 m et 1000m en pointillé (Baklouti et al. 2007)

Le devenir de la plume amazonienne :

Les débits combinés des fleuves Amazone et Orénoque, représentent environ 20 % des apports mondiaux des eaux fluviales vers la mer. Le débit de l'Amazone étant quatre fois supérieur à celui de l'Orénoque (figure 16). Ces eaux peuvent être observées jusqu'à plus de 3000 km de l'embouchure du fleuve.

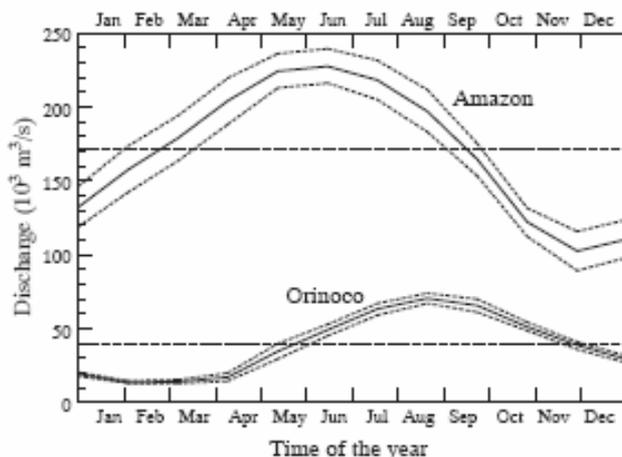


Figure 16 : Moyennes et écarts type des débits des fleuves Amazone (1969 et 1978) et Orénoque (1979-1983). Dans Hu et al. 2004.

Historiquement, les salinités de surface de la région située entre l'Orénoque et l'Amazone montrent deux périodes : une première, de janvier à juin, où les eaux dessalées de l'Amazone restent collées à la côte NW ; puis de juillet à décembre, la plume de l'Amazone enveloppe le NBC et la rétroflexion (figure 17).

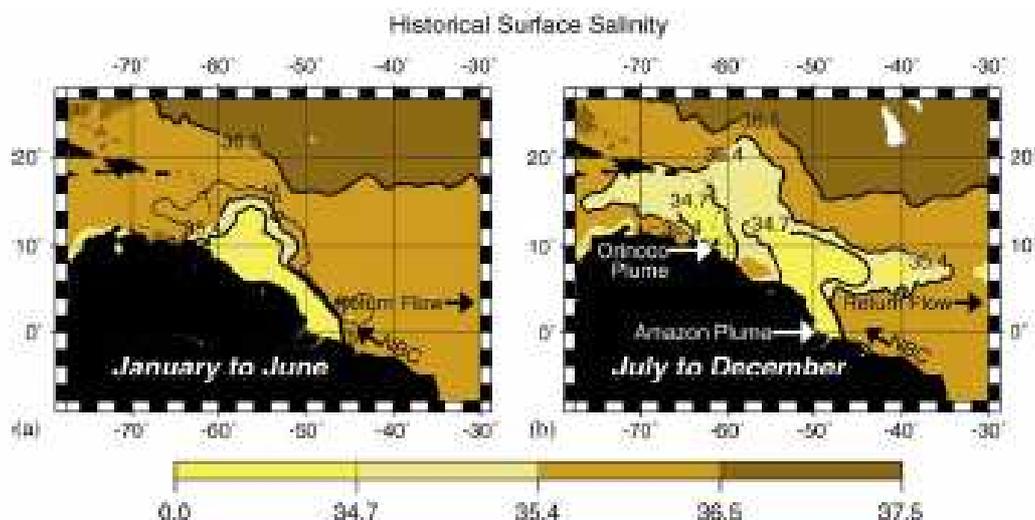


Figure 17 : Salinités de surface historiques entre l'Orénoque et l'Amazone (extrait de Ffield, 2005)

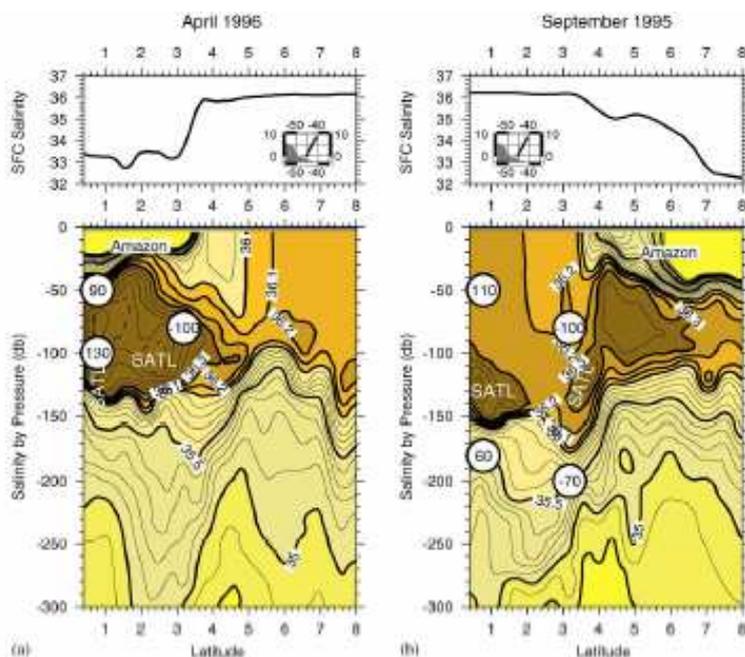


Figure 18 : Profils de salinité en fonction de la latitude extraits de Ffield, 2005

Cette signature est aisément observable dans les profils de salinité (figure 18), où en saison humide (avril), les plus faibles salinités sont près des côtes et confinées sur les premiers 20 m de profondeur. En saison sèche, cette signature des eaux amazoniennes est observée au large (septembre). Le même schéma est décrit avec la température (figure 19).

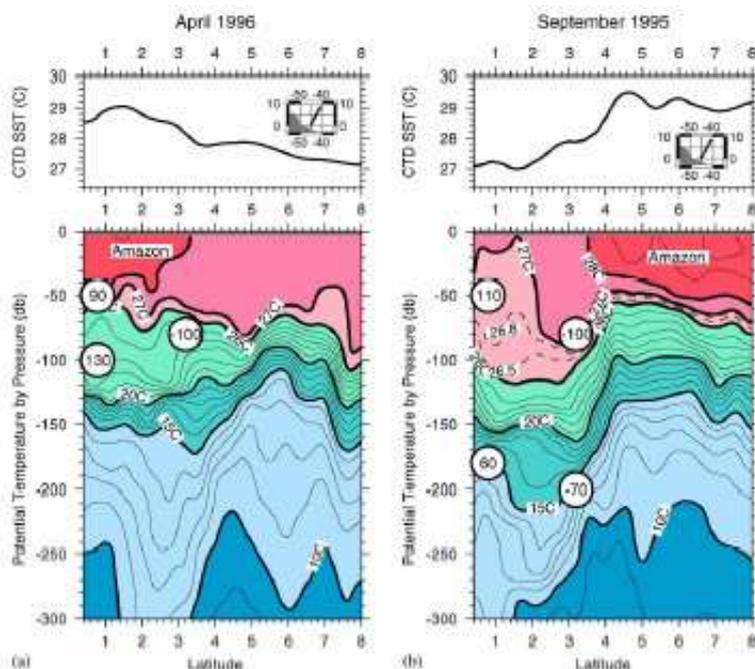


Figure 19 : Profils de température en fonction de la latitude extraits de Ffield, 2005

Cette masse d'eau dessalée amazonienne, qui présente une faible épaisseur (5 à 10 m), glisse sur les eaux plus salées d'origine océanique. Dans la figure 20, elle reste sur le PCG sur une épaisseur de 10 m environ.

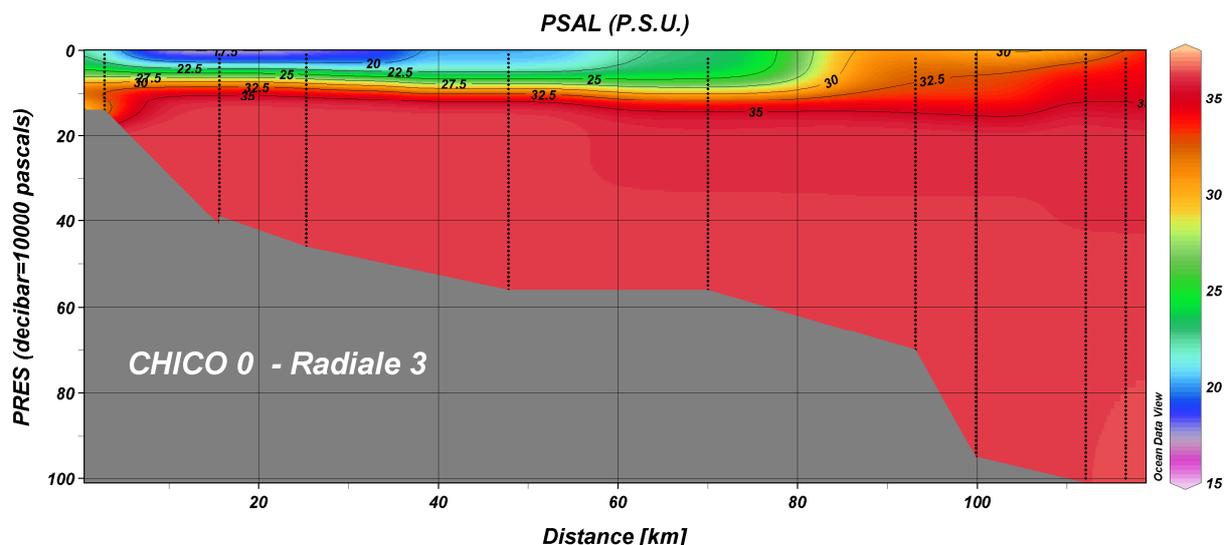


Figure 20 : Profil de température réalisé au droit de l'embouchure du fleuve Oyapock lors de la campagne CHICO 0 en avril 1999

Et l'Upwelling du PCG ?

Les courants à méso-échelle et les régimes des vents du SW rendent les conditions favorables à l'apparition des upwellings sur les côtes guyanaises. La force de Coriolis est cependant très faible du fait de la proximité de l'équateur et peu d'études font constat de ce phénomène. Il va de même pour le downwelling lors des vents de NE en saison humide.

(Cadée 1975), conclut à l'existence d'un upwelling côtier situé au Suriname lors de la réalisation d'une radiale côte-large en 1970. Hu et al. (2004), ne trouve pas le signal des upwellings par les images satellites ou des flotteurs autonomes, mais émet l'hypothèse que les faibles différences de température entre le fond et la surface peuvent masquer leur existence.

Les signaux de faible amplitude thermique qui ont été observés lors des campagnes SABORD 0 et CHICO 0, réalisées respectivement en mai 1996 et avril 1999, ne permettent pas de mettre en évidence l'existence de cet upwelling (figure 21 et 22), mais de la présence d'un bourrelet d'eau froide similaire à celui mis en évidence dans le Golfe de Gascogne.

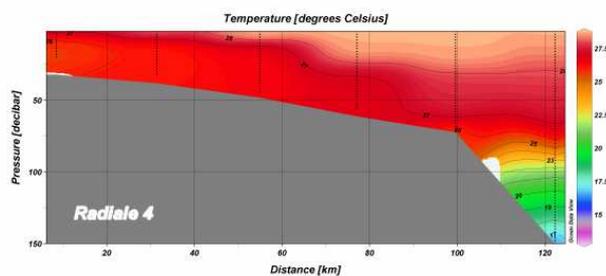
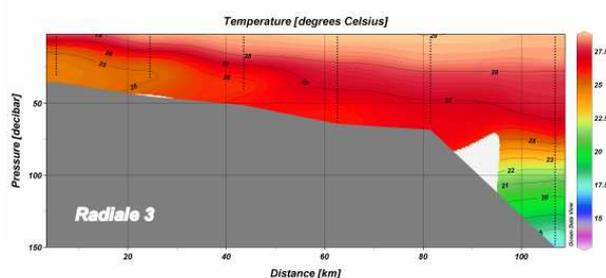
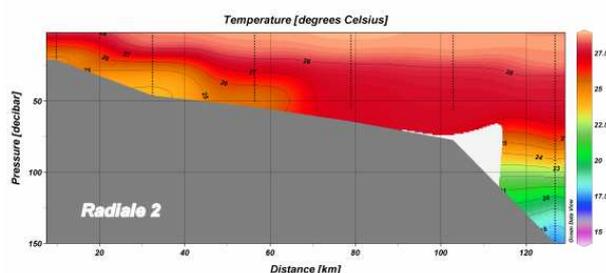
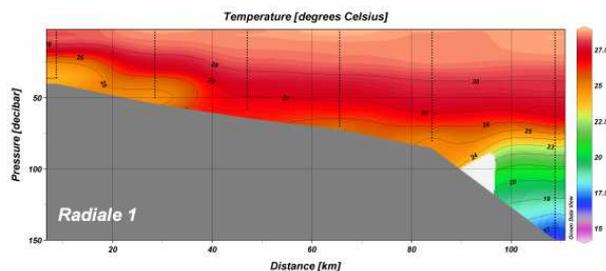
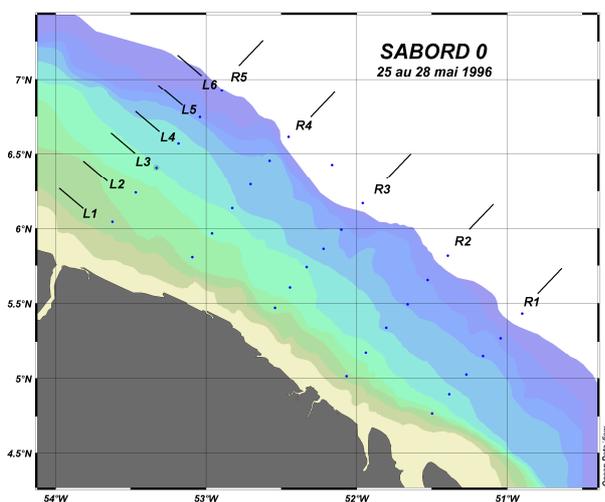


Figure 21 : Profils de température réalisés lors de la campagne SABORD 0 en mai 1996. A gauche des images est perceptible le bourrelet d'eau plus froide.

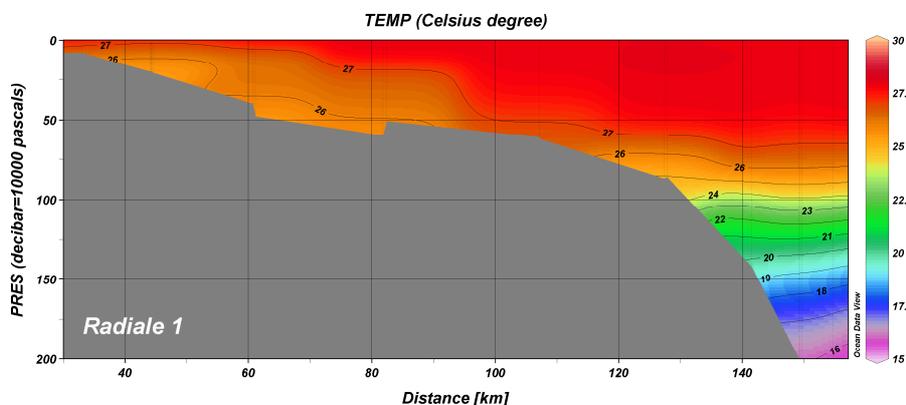


Figure 22 : Profil de température réalisée lors de la campagne CHICO 0 en avril 1999 au droit de l'embouchure du fleuve Oyapock. A gauche des images est perceptible le bourrelet d'eau plus froide.

Quelques campagnes océanographiques réalisées sur le PCG :

Dans le tableau 1, sont portées quelques campagnes océanographiques réalisées sur la zone située entre l'embouchure de l'Amazone et le Plateau des Guyanes :

CAMPAGNES OCEANOGRAPHIQUES																	
Campagne	organisateur	date debut	date fin	Navire	PHYSIQUE			CHIMIE	PHYTO		ZPK	COURANTS	OPTIC	BENTHOS		POISSONS	
					T	Sal	T-S		CHLA	Abond				Abond	radio	Sedim	Faune
Créocéen	DEAL	2009	2009	crevettier	x	x		x						x	x		
AMANDES 1	IRD	24/10/2007	31/10/2007	ANTEA	x	x	x	x	x			x	x				
CHICO	IRD	06/04/1999	14/04/1999	ANTEA	x	x	x	x	x	x		x	x				
GREEN	IRD	16/04/1999	20/04/1999	ANTEA	x	x	x		x		x			x		x	x
GUYANTE 2	IFREMER	28/11/1990	27/12/1990	LE SUROIT	x	x						x		x			
LOG2006	ULCO-LOG	01/06/2006	01/06/2006	????	x	x		x	x								
NOE 1	IRD	13/05/1989	22/05/1989	A. NIZERY	x	x		x				x					
NOE 2	IRD	02/06/1989	12/06/1989	A. NIZERY	x	x		x				x					
NOE 3	IRD	04/07/1989	13/07/1989	A. NIZERY	x	x		x				x					
NOE 4	IRD	31/01/1990	05/02/1990	A. NIZERY	x	x						x					
NOE 5	IRD	01/03/1990	08/03/1990	A. NIZERY	x	x						x					
NOE 6	IRD	24/03/1990	02/04/1990	A. NIZERY	x	x						x					
NOE 7	IRD	09/10/1990	19/10/1990	A. NIZERY	x	x											
SABORD-0	IRD	25/05/1996	30/05/1996	ANTEA	x	x	x	x	x								

Tableau 1 : Quelques campagnes océanographiques réalisées dans les eaux guyanaises et le type de données obtenues

La plupart des campagnes océanographiques sont enregistrées dans la base de données Simer (Systèmes d'Informations Scientifiques pour la MER), créé en 1990. Depuis 1997 ce service est rattaché au département « Informatique et Données Marines (IDM) » de l'Ifremer. Ses missions concernent la conception et l'exploitation de systèmes d'informations et de bases de données dans le domaine marin. Ses activités comprennent la compilation, la sauvegarde et la diffusion de données conventionnelles collectées lors de programmes nationaux et internationaux. La gestion des données inclut l'information sur les formats et les méthodes (méta-données), et les contrôles de qualité pour assurer la cohérence entre les jeux de données provenant de sources diverses.

Simer est le Centre National de Données Océanographiques (CNDO) désigné par la France et la Commission Océanographique Intergouvernementale (COI) de l'Unesco, dans le cadre du programme « International Oceanographic Data and Information Exchange » (IODE), la suite de l'ancien Bureau National des Données Océaniques (BNDO). L'archivage des données françaises date de 1968 et couvre les domaines de l'océanographie physique et chimique, la géophysique mesurée en route et l'information générale sur les campagnes et les jeux de données collectées.

Adresse web de Simer : http://www.ifremer.fr/simer/index_FR.htm

GEOMORPHOLOGIE LITTORALE

Turbidité et bancs de vase

La côte guyanaise compte environ 320 km entre le Maroni et l'Oyapock. Elle fait partie d'un vaste plateau littoral vaseux de 1600 km, qui s'étend de l'embouchure de l'Amazonie et jusqu'à l'Orénoque. C'est 1.5×10^8 tonnes de sédiments par an qui sont déposées par les apports amazoniens au niveau du Cap d'Orange, entre le Brésil et la Guyane (Figure 23). 20 à 30 % de cet apport est redirigé vers le NW le long des côtes guyanaises, avec création des bancs de vase de 10 à 60 km de long, de 10 à 15 km de large et 1 à 3 m d'épaisseur.

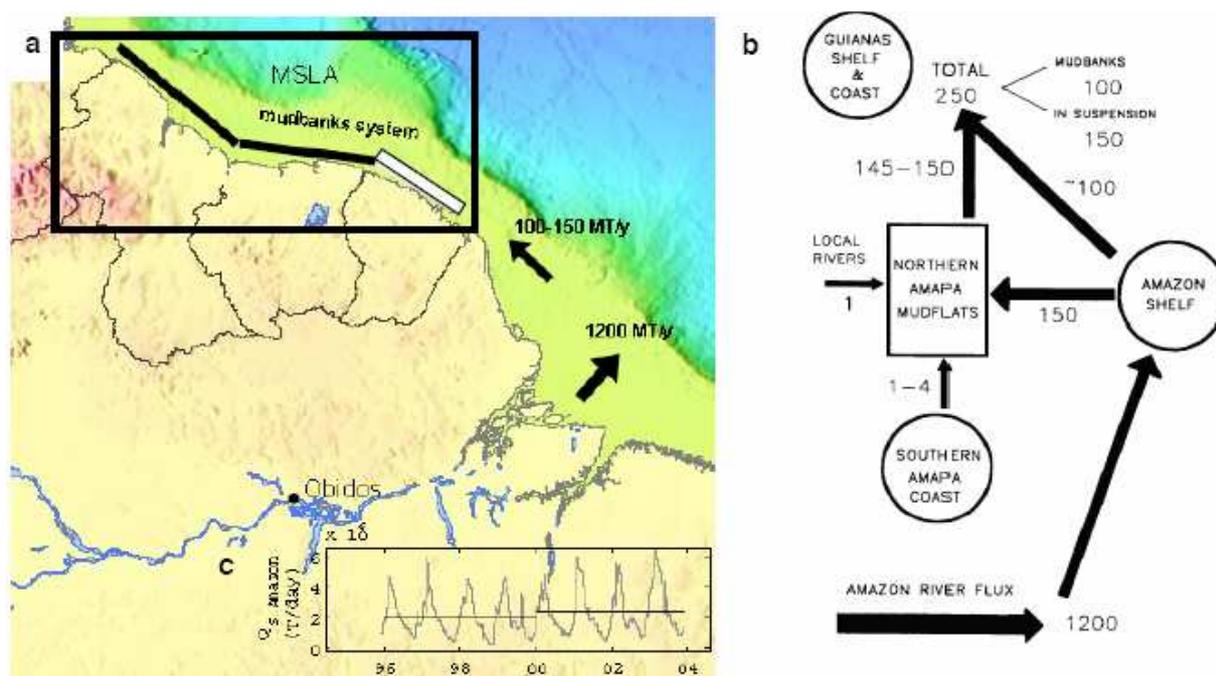


Figure 23 : Dynamique de sédimentation entre l'Amazonie et l'Orénoque. a) Les barres noires et blanches délimitent le plateau des Guyanes et la Guyane française. b) Débit des charges sédimentaires de l'Amazonie vers la Guyane (10^6 t/an). 10 à 15 % du flux sédimentaire de l'Amazonie contribuent au budget du plateau et côtes guyanaises. c) Décharge des sédiments à Obidos. La moyenne de sédiments avant et après 2000 présente une augmentation d'environ 18 % (2.06 à 2.44 T/jour). (Gratiot et al. 2008)

Le déplacement des bancs de vase sur les côtes guyanaises est connu d'avant 1875, comme le mentionnent les rapports hydrographiques des officiers de marine. La vitesse moyenne de déplacement des bancs de vase vers le NW est de 1.5 km/an. Entre 1978 et 1984 la côte guyanaise comptait six vasières de 20 à 40 km de long (Figures 24 et 25) qui migraient vers le NW à une vitesse de 0.32 à 1.22 km/an (J.-M. Froidefond, Pujos, et Andre 1988). La pente des vasières est faible, de l'ordre de 1:3000, mais peut être plus prononcée, comme c'est le cas dans le NW avec 1:500. Les mesures réalisées dans la vase de l'embouchure du Mahury présentent une taille de particules de 1-2 μm d'origine amazonienne.

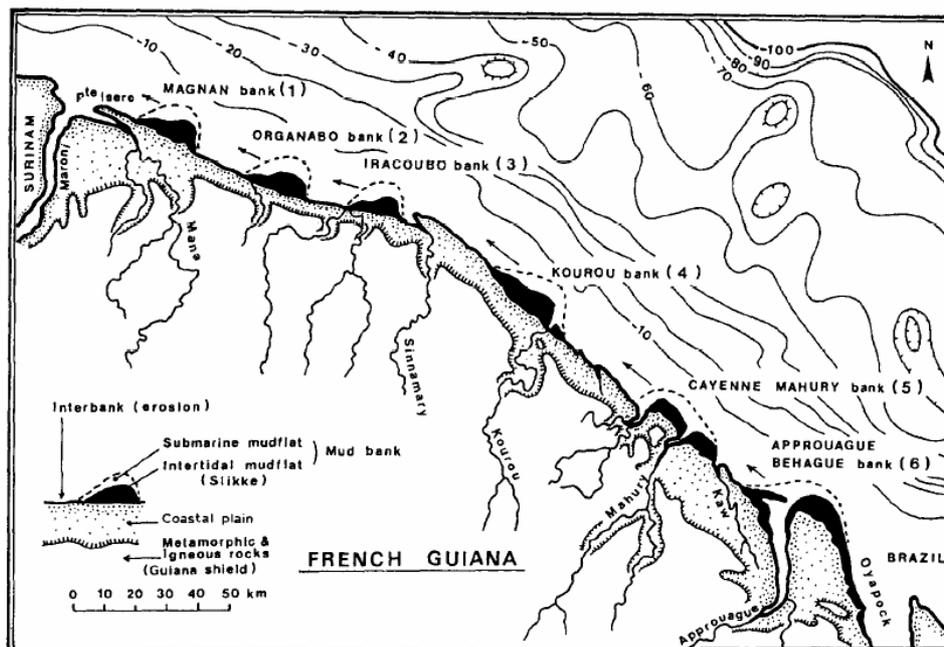


Figure 24 : Les six principales vasières des côtes guyanaises selon Froidefond et al. 1988

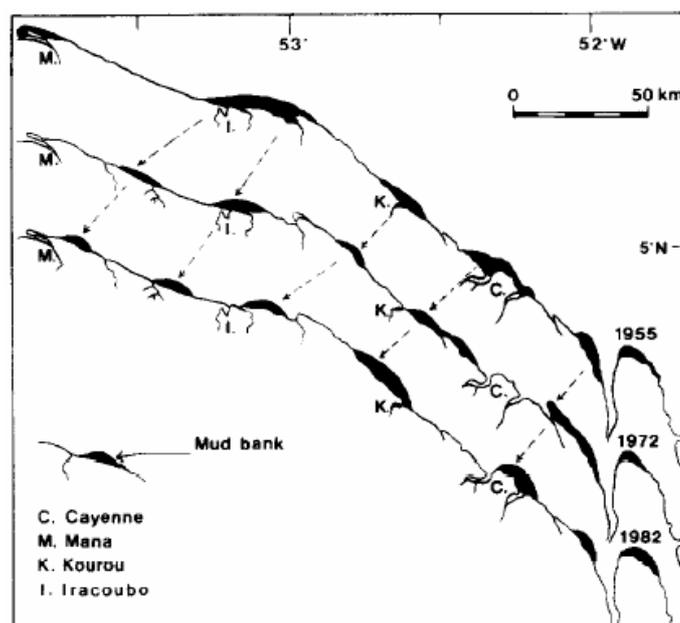


Figure 25 : Evolution des vasières de 1955 à 1982 selon Froidefond et al. 1988

Le contenu en eau dans la vase fluide est d'environ 150 à 200 % avec des concentrations de 400 à 500 g/L. Elle est composée d'Illite (37 %), kaolinite (27 %), smectite (20 %) et chlorite (16 %). Le gradient côte-large présente des concentrations en MES de 100 à 500 mg/L à la côte et 20 à 1 mg/L à 30 km au large. Des variations locales sont observées en fonction des conditions hydrodynamiques particulières. C'est le cas sous le courant des îles, où les turbulences générées par le courant provoquent une plume turbide (Figure 26). En règle générale, la turbidité des rivières est moindre que celle observée dans les estuaires, où l'eau de rivière est mélangée à l'eau de mer, très chargée en MES.

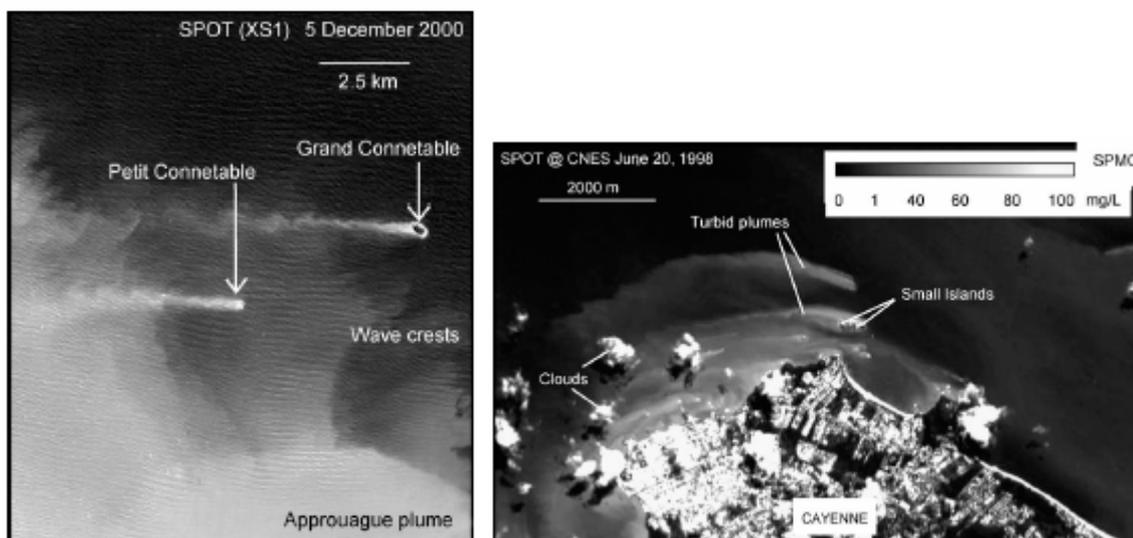


Figure 26 : Plumes turbides derrière des îles au large de Guyane (J. M. Froidefond et al. 2004).

Sur la base de l'analyse spectrale des eaux guyanaises Froidefond et al. (2002) classifient les masses d'eau par couleur (Tableau 2).

- Eaux bleues : Observées au niveau du talus continental à 150 km des côtes, elles présentent des salinités marines d'environ 36. Des faibles charges en particules,
- Eaux marron foncé : Situées sur la plateforme continentale entre 20 et 80 m de profondeur, elles présentent une faible réflectance dans le bleu avec des caractéristiques proches de celles des eaux amazoniennes (forte charge en matière organique),
- Eaux vertes : Proches des côtes, sur des fonds < 20m, elles se caractérisent par des concentrations des matières en suspension > 2 mg/L et en chlorophylle de 2-3 µg/L,
- Eaux beiges : Ce type d'eau avait été identifié lors des campagnes menées dans l'embouchure du Mahury. Elles présentent des fortes concentrations en matières en suspension et des réflectances bien supérieures à celles des autres types d'eau (Figure 27).

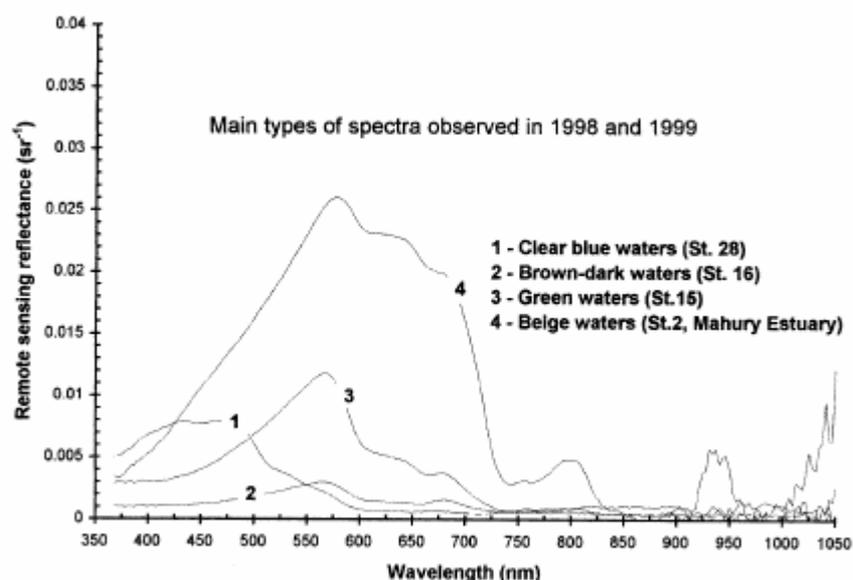


Figure 27 : Quatre types spectraux différents ont été identifiés dans les eaux guyanaises: 1) eaux bleues, 2) eaux marron foncé, 3) eaux vertes, 4) eaux beiges. Dans Froidefond et al. (2002)

Masse d'eau		Satellite		Mesures campagne PRECHICO (surface)				
Type d'eau	Situation	MES (mg/L)	CHLA (µg/L)	Salinité	Si(OH) ₄ (µM)	NO ³ (µM)	MES (mg/L)	CHLA (µg/L)
Bleue	large	0.4	1.4	35.62	1.66	0.35	1.4	0.18
Marron foncé	Z=20-80m	2	4.6-20	18.71	40.35	2.58	3.9	6.84
Verte	Z=> 20m	> 2	2-3	24.61	34.96	4.95	4.4	3.07
Beige	embouchure	115						

Tableau 2 : Moyennes observées des paramètres environnementaux avec le satellite, selon la classification spectrale des masses d'eau et des moyennes des mesures réalisées lors de la campagne PRECHICO (J.-M. Froidefond et al. 2002)

Vasières et Mangroves

La distribution des mangroves dans le monde suit de près celle des eaux chaudes de la zone tropicale, où elle trouve son optimum (Figure 28). Une situation particulière est celle de la mangrove d'*Avicenia marina*, près de Melbourne, où la température de l'eau varie entre 17° C en été et 14° C en hiver.

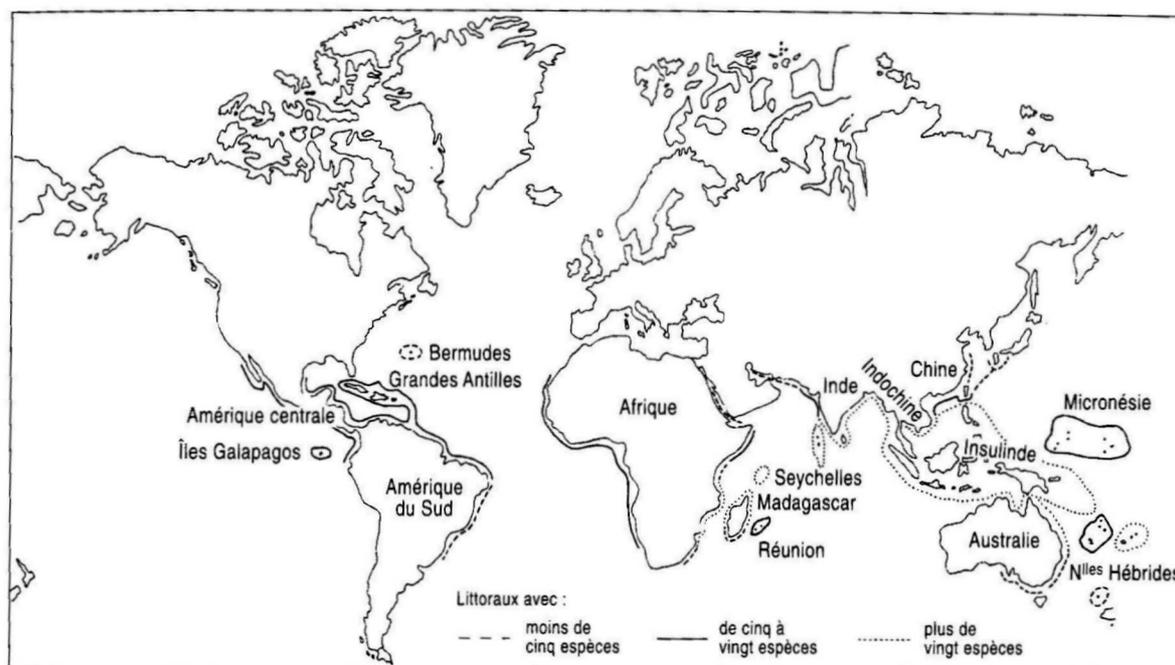


Figure 28 : Distribution des mangroves dans le monde. Dans (Pirazzoli 1993)

Il existe une soixantaine d'espèces de palétuvier dans le monde, avec un gradient biogéographique classique, décroissant du pacifique vers l'Atlantique. En Guyane la mangrove est caractérisée par seulement 4 espèces arborescentes (Cadamuro 2004), ce qui contraste fortement avec la forte diversité végétale de la forêt amazonienne. Contrairement aux mangroves

d'Afrique de l'ouest, où c'est *Rhizophora* qui occupe le front de mer et *Avicenia* reste en retrait, en Guyane la situation est inversée. Cet écosystème, capable de productivités de l'ordre de 6 à 10 T/ha/an, est une zone favorable pour les nurseries de poissons et invertébrés marins et estuariens, qui trouvent refuge et nourriture (Paskoff 1993). Mais leur rôle ne reste pas limité à leur environnement immédiat, car grâce à leur forte productivité, ils exportent via les marées et courants côtiers, de la matière organique dissoute et particulaire sur le plateau continental proche. Leur intérêt n'est plus à démontrer, mais l'activité humaine réduit d'année en année leur surface, et tout particulièrement dans le Sud Est asiatique, où des 450 000 ha de mangrove philippine des années 1920, il ne reste qu'un quart.

La pression anthropique reste restreinte en Guyane à cause de la forte instabilité des bancs de vase pour une installation humaine. Ce type de forêt est en régression partout dans le monde également à cause des phénomènes d'érosion, dus principalement à l'augmentation du nombre de tempêtes et du niveau de la mer. Le tsunami de 2004 en Asie du Sud Est aurait pu avoir un impact plus modeste si les aménagements des fermes aquacoles n'avaient pas détérioré les mangroves primaires.

Quatre espèces caractérisent les mangroves guyanaises : *Avicennia germinans*, *Rhizophora ssp*, *Laguncularia racemosa* et *Conocarpus erectus*, les deux premières étant les espèces dominantes. La dynamique de colonisation d'un banc de vase passe par l'installation rapide des espèces *A. germinans* et *L. racemosa*. Cette dernière reste cependant récessive face au développement rapide d'*Avicenia*, qui restera dans quelques années la seule espèce de la mangrove. Cependant, *Rhizophora* continuera son développement dans les sous-bois en empêchant ainsi la régénération des propagules d'*Avicenia* et modifiant la composition spécifique à long terme (Proisy et al. 2009). La vitesse de croissance des palétuviers en Guyane peut atteindre 2 à 4 m de hauteur par an selon les mesures réalisées.

Les cycles de la mangrove en Guyane pourraient être corrélés au cycle de marée de 18.6 ans (Gratiot et al. 2008). Ce cycle fait varier le niveau de la mer (MHWL) de ± 3 cm, tandis que l'élévation due au réchauffement climatique est de 1 à 2 mm par an (Figure 29).

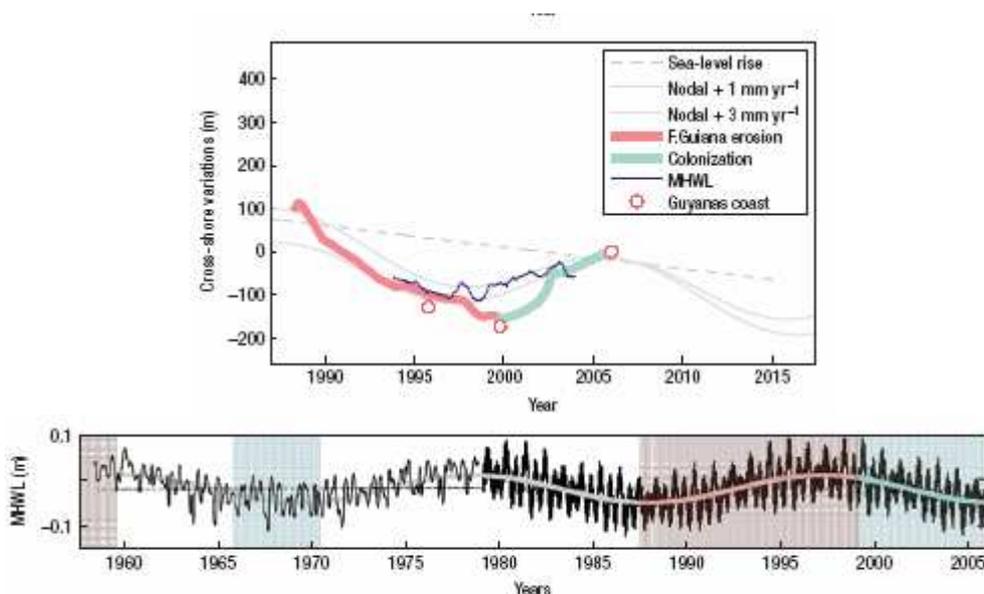


Figure 29 : Estimation et mesure des fluctuations du trait de côte des Guyanes. En haut : phases mesurées d'érosion (en rose) et d'accrétion (en vert), ainsi que les valeurs attendues (gris et bleu) avec l'année 2006 comme référence. Les cercles rouges représentent la tendance régionale en considérant les 1500 km des côtes des Guyanes. Gratiot et al. (2008)

Le processus de remise en suspension de la vase fluide par l'action de la houle semble le processus privilégié dans la migration des bancs de vase en Guyane (Gratiot, Gardel, et Anthony 2007). Les profils des bancs de vase et des inter-bancs sont différents (figure 30). La pente des inter-bancs ont une forme linéaire (1:1000) ou convexe entre 15 m de profondeur et la plage, et un profil concave en dessous. Les sédiments associés ont une densité d'environ 1450 kg/m^3 . Le banc de vase est légèrement différent, avec une pente plus convexe et une densité de sédiments de 1350 kg/m^3 .

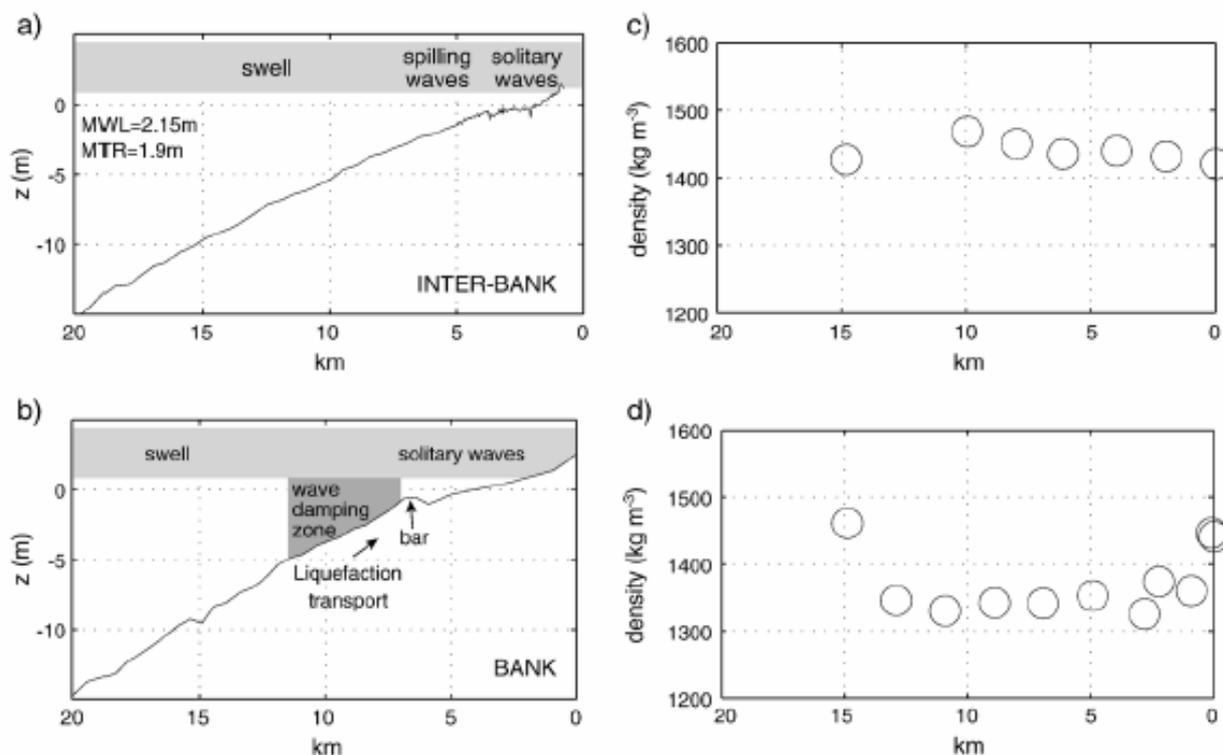


Figure 30 : a) et b) Profils des inter banc et banc de vase ainsi que schéma de la zone d'atténuation de la houle. MWL = niveau moyen de la mer, MTR= étendue moyenne de marée (SHOM). C) et d) Densités associées des sédiments. Le diamètre du cercle représente l'erreur de mesure (Gratiot, Gardel, et Anthony 2007)

A 6 ou 7 km au large, le banc de vase présente une barre, comme cela avait été déjà décrit dans des expériences en laboratoire. La position de celle-ci correspond à l'endroit où la houle est amortie par le fond de vase, ce qui est en accord avec les images satellites à haute résolution. C'est l'endroit où la dissipation d'énergie est transférée vers la vase qui devient fluide puis, est remise en suspension (figure 31).

Au-delà de 13-15 km de la côte, la vase présente des densités de 1450 kg/m^3 ce qui correspond à la vase consolidée. La mobilisation des vases par la houle est améliorée après des longues périodes de houle à basse énergie, et tout particulièrement à la fin de la période de faibles vents (octobre-novembre). Bien que la forte houle augmente le taux de liquéfaction et mobilisation des vases, elles ne sont pas nécessairement synonymes de destruction des mangroves. Durant la période 1995-2000, les mangroves dans l'inter-banc régressaient considérablement (150-200 m/an), et dans le même temps, elles continuaient la colonisation dans les bancs.

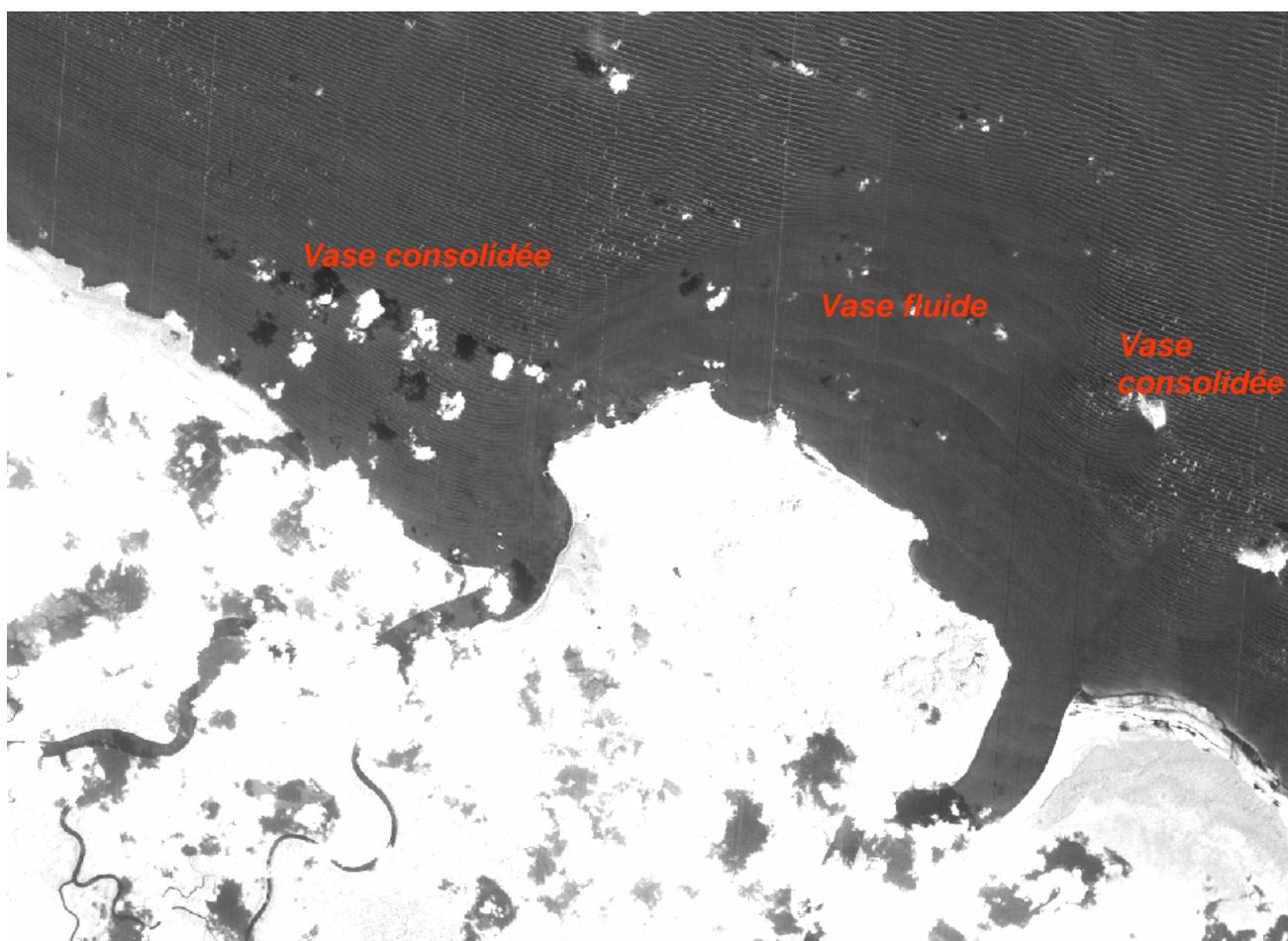


Figure 31 : Image Cnes, 2001 (14/12/2001) où l'on distingue la zone où la houle est amortie par les fonds de vase fluide (Gardel, 2011)

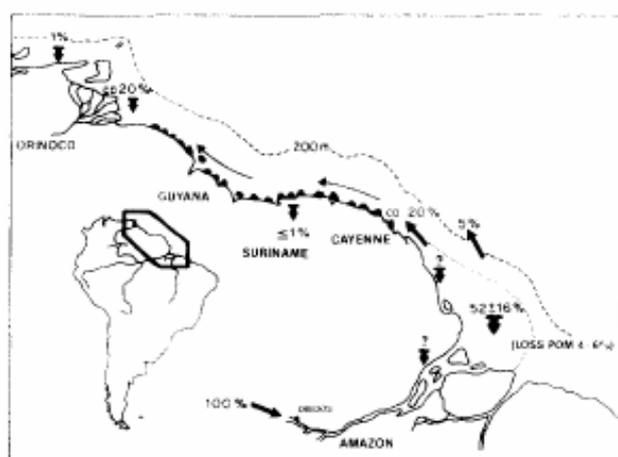


TABLE 1
Fate of Amazon-supplied suspended matter. For the origin of the data, see the text

Deposition Amazon shelf	36-68%
Transport to NW:	
near-shore in suspension	12-14 %
in mudbanks	7-8.5%
offshore	< 5 %
Deposition Cayenne-Surinam-Guyana coast	≤ 1 %
Loss of POM	4-6 %
	65-103%
	[av. 84%]

Figure 32 : Les pourcentages indiquent les quantités de vase transportées par l'Amazonie (longues flèches) ou les dépôts (flèches vers le bas), ou le matériel organique particulaire (POM). Les bancs de vase le long des côtes sont indiqués par des cercles noirs (Eisma, Augustinus, et Alexander 1991)

Sur tout le Plateau guyanais des bancs de vase se forment et se déplacent vers le NW (figure 32). Des études réalisées sur les côtes du Surinam et du Guyana, montrent que l'augmentation des dépôts de vase est concomitante avec les périodes d'augmentation de la force des vents et de la fréquence des vents ESE, les périodes avec affaiblissement des vents étant en relation avec des phénomènes d'érosion sur les bancs côtiers (Eisma, Augustinus, et Alexander 1991). Il y a bien donc une relation entre les changements de régime des alizés et les dépôts des vases sur le plateau des Guyanes. Cet effet des vents s'exprime par la force de la houle qui va remettre en suspension les vases fluides.

Cet auteur conclut que les dépôts de vase sur le Plateau guyanais sont essentiellement en relation avec les régimes des Alizés et non avec l'intensité du débit du fleuve Amazone. A une plus longue échelle, des périodes de dépôts plus ou moins intenses ont été observées dans les embouchures de l'Amazone et de l'Orénoque. Ils sont en corrélation avec les périodes de sécheresse et périodes humides dans le bassin amazonien et dans les Andes colombiennes (figure 33).

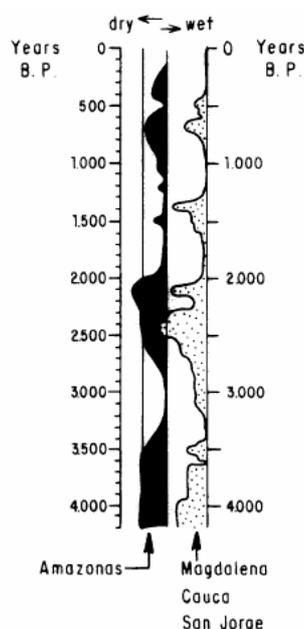


Figure 33 : Alternance des périodes humides et sèches dans les derniers 4000 ans dans l'arrière bassin amazonien et dans les Andes colombiennes (dans Eisma et al. 1991, repris de Van Der Hammen, 1986)

Une étude de la variabilité des matières en suspension (MES) a été menée à partir des images satellite MODIS entre 2002 et 2010 (Vantrepotte, 2011). Cette étude n'observe pas de variation interannuelle significative sur cette période des MES. Cependant, des variations significatives ont été observées sur les 8 années d'étude sur des zones près des côtes correspondant aux migrations des bancs de vase.

Une excellente synthèse de connaissances, incontournable dans le domaine de la géomorphologie littorale et l'évolution des mangroves guyanaises, est à chercher dans Gardel (2011).

Géomorphologie du plateau continental

Peu de travaux existent à ce sujet, cependant on trouve souvent la référence aux campagnes Guyamer 1975 du BRGM et aux cartes réalisées par Bouysse (Bouysse, Kudrass, et Le Lann 1977). La distribution observée par Bouysse présente une forte part des sédiments de faible taille situés près du littoral (figure 34).

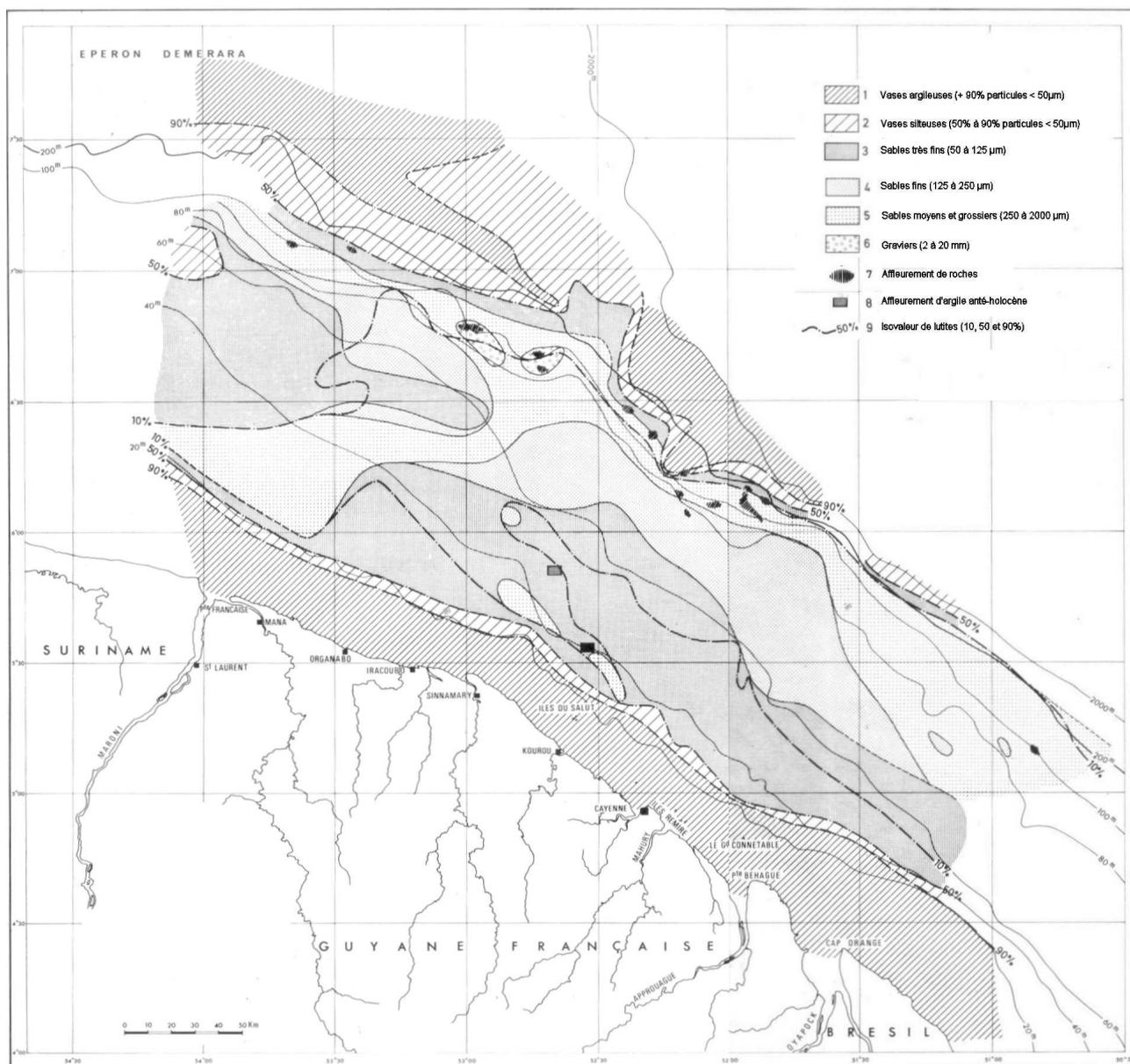


Figure 34 : Distribution des sédiments sur le plateau guyanais lors des campagnes Guyamer en 1975 (d'après Bouysse, 1977)

BIOGEOCHIMIE - PHYTOPLANCTON

Les plus fortes concentrations en chlorophylle ont été observées dans la moitié extérieure du plateau (Cadée 1975; Rockwell Geyer et al. 1996; Paulmier 1993), bien que dans le travail de Gonzalez-Silvera et al. (2004) soit déduit le contraire à partir des images satellites ; ceci en raison de la forte charge en particules et en CDOM (colored dissolved organic matter) qui interfère avec la chlorophylle (chl_a).

Les tourbillons océaniques de méso échelle observés depuis l'espace par les images satellites, montrent une concentration accrue en chlorophylle. Cependant, la présence des eaux amazoniennes avec du CDOM (eaux dites 'du cas II') peut également être à l'origine de ce signal (Hu et al. 2004). Selon Longhurst (Longhurst 1993), le signal de couleur autour des tourbillons est associé aux efflorescences phytoplanctoniques induites par l'upwelling qu'il crée. On constate que CDOM et Chl_a ne sont pas corrélés dans les eaux du cas II (Hu et al. 2004).

Une estimation précise de l'impact de la plume de l'Amazone sur la production primaire du PCG reste un travail de première importance à réaliser (Hu et al. 2004).

La division des masses d'eau atlantiques tropicales en régions biogéographiques (Gonzalez-Silvera et al. 2004) a montré que les phénomènes générés par la création de tourbillons par le NBC sont de nature à perturber le classement de ces zones en unités homogènes, soulignant ainsi le fort signal en chlorophylle qui engendre ces structures à méso échelle.

La thèse d'Ivaneide Jaussaud (Jaussaud 2007) apporte des données plus récentes sur l'étude de la dynamique phytoplanctonique en Guyane avec les conclusions suivantes :

- Confirmation d'un gradient côte-large prononcé, avec trois zones. Une zone côtière très influencée par les apports continentaux, une zone intermédiaire sous influence des fleuves, de la marée et des apports amazoniens, et finalement une zone du large sous influence océanique,
- La biomasse phytoplanctonique est étroitement liée aux variations saisonnières plus ou moins fortes des paramètres hydrochimiques,
- La distribution spatio-temporelle bactérienne n'est pas liée à celle du phytoplancton ni aux paramètres hydrochimiques,
- La distribution des communautés phytoplanctoniques présente une plus forte variabilité spatiale que temporelle,
- Forte dominance des diatomées, puis des dinoflagellés représentatifs des zones littorales tropicales sous influence amazonienne,
- Forte diversité d'espèces des zones côtières sous influence des fleuves,
- Variabilité des communautés phytoplanctoniques en fonction de la composition en nutriments apportés par chaque fleuve.

Les principaux taxons de diatomées rencontrés sont : *Skeletonema tropicum*, *Coscinodiscus* sp., *Thalassionema* sp., *Lauderia anulata*, *Odontella* sp., *Chaetoceros* sp.

Les principaux taxons de dinophycées : *Protoperidinium* sp. et *Ceratium* sp.

Dans la figure 35 et les tableaux 3 et 4 (Jaussaud, 2007) sont portées les associations phytoplanctoniques trouvées dans la littérature et celles issues de Jaussaud (2007).

Localité	Période	Associations d'espèces	(%)	Référence
NE Venezuela (Est de l'île Margarita)	1969	<i>Skeletonema</i> + <i>Ditylum</i> + <i>Coccolodiscus</i>	48	Margalef and Gonzalez-Bernaldez (1969)
NE Venezuela (tour de l'île Margarita)	1969	<i>Lauderia</i> + <i>Eucampia</i> + <i>Stephanopyxis</i>	82	Margalef and Gonzalez-Bernaldez (1969)
NE Venezuela (Nord de l'île Margarita)	1969	<i>Chaetoceros</i> + <i>Rhizosolenia</i> + <i>Nitzschia</i>	58	Margalef and Gonzalez-Bernaldez (1969)
NE Venezuela (Ouest de l'île Margarita)	1969	<i>Nitzschia</i> + <i>Rhizosolenia</i> + <i>Asterionella</i>	14	Margalef and Gonzalez-Bernaldez (1969)
NE Venezuela (région plus océanique)	1969	<i>Ceratium</i> + <i>Phyrophacus</i> + <i>Peridinium</i> + <i>Oscillatoria</i>	77	Margalef and Gonzalez-Bernaldez (1969)
Zone côtière	Déc.-Juil. 1976	<i>Skeletonema tropicum</i> végétation	83	Paulmier (1993)
Zone côtière	Août-Nov. 1976	<i>Coccolodiscus</i> végétation	-	Paulmier (1993)
Région côtière (NE Venezuela)	Avril-Mai 1990	<i>Navicula</i> + <i>Coccolodiscus</i> + <i>Chaetoceros</i> + <i>Rhizosolenia</i> + <i>Skeletonema</i>	95,8	Agard et al. (1996)
Région océanique (NE Venezuela)	Avril-Mai 1990	<i>Trichodesmium</i> sp <i>Exuviaella</i> + <i>Dinophysis</i> + <i>Ceratium</i>	2,5	Agard et al. (1996)
Zone de mélange côte-large (G1)	Fin 2002, 2003 Juin 2004	<i>Ardissonia</i> + <i>Diploneis</i> + <i>Leptocylindrus</i> + <i>Odontella</i> + <i>Lauderia</i> + <i>Skeletonema</i> + <i>nanoflagellé</i>	90	Cette étude
Zone intermédiaire (G2)	Fin 2002, 2003 Juin 2004	<i>Ceratium</i> + <i>Thalassionema</i> + <i>Chaetoceros</i> + <i>Rhizosolenia</i> + <i>Skeletonema</i> + <i>Hemiaulus</i> + <i>Lauderia</i>	17	Cette étude
Zone plus océanique (G3)	Fin 2002, 2003 Juin 2004	<i>Protoperidinium</i> + <i>Hemiaulus</i> + <i>Cylindrotheca</i> + <i>Skeletonema</i> + <i>Odontella</i> + <i>Guinardia</i>	71	Cette étude
Zone plus côtière (G4)	Fin 2002, 2003 Juin 2004	<i>Skeletonema</i> + <i>Lauderia</i> + <i>Thalassionema</i> + <i>Ceratium</i>	18	Cette étude
Zone plus côtière (G5)	Fin 2002, 2003 Juin 2004	<i>Coccolodiscus</i> + <i>Protoperidinium</i> + <i>Chaetoceros</i> + <i>Cyclotella</i> + <i>Thalassiosira</i> + <i>Chaetoceros</i>	44	Cette étude

Tableau 3 : Associations de taxons phytoplanctoniques sur le plateau des Guyanes (Jaussaud, 2007)

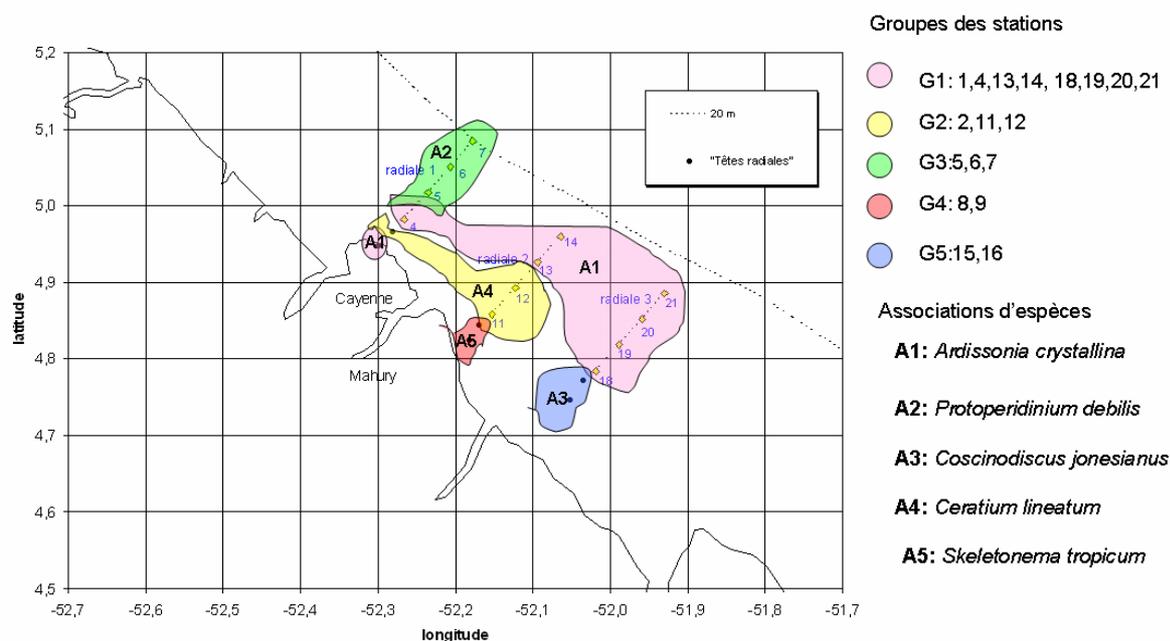


Figure 35 : Distribution spatiale des cinq associations d'espèces identifiées par la procédure « indval » à proximité de Cayenne (Jaussaud, 2007)

Groupe A1	Groupe A2	Groupe A3
<i>Ardissonia crystallina</i> (90)	<i>Protoperidinium debilis</i> (71)	<i>Coscinodiscus jonesianus</i> (44)
<i>Diploneis</i> sp (80)	<i>Protoperidinium diabolus</i> (48)	<i>Protoperidinium</i> (40)
<i>Leptocylindrus minimus</i> (78)	<i>Hemiaulus sinensis</i> (4 3)	<i>Chaetoceros compressus</i> (50)
<i>Protoperidinium conicum</i> (76)	<i>Cylindrotheca closterium</i> (31)	<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i> var. <i>borealis</i> (36)
<i>Odontella reticulata</i> (66)	<i>Skeletonema tropicum</i> (23)	<i>Cyclotella stylum</i> (36)
<i>Protoperidinium divergens</i> (61)	<i>Odontella mobiliensis</i> (21)	<i>Chaetoceros</i> sp (31)
<i>Chaetoceros decipiens</i> (55)	<i>Guinardia flaccida</i> (16)	<i>Coscinodiscus kurzii</i> (26)
<i>Coscinodiscus</i> (51)	<i>Ceratium lineatum</i> (15)	<i>Thalassiosira</i> sp (26)
<i>Dithylum brighwellii</i> (46)	<i>Thalassiosira</i> sp (15)	<i>Lauderia annulata</i> (21)
<i>Guinardia flaccida</i> (47)	<i>Rhizosolenia setigera hebetata</i> (13)	<i>Thalassionema nitzschioides</i> (19)
<i>Prorocentrum micans</i> (44)	<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (13)	<i>Odontella mobiliensis</i> (17)
<i>Chaetoceros subtilis</i> (42)	<i>Lauderia annulata</i> (10)	<i>Ceratium lineatum</i> (16)
<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (42)	<i>Thalassionema nitzschioides</i> (10)	<i>Skeletonema tropicum</i> (13)
<i>Nanoflagellé</i> sp (41)	<i>Coscinodiscus asteromphalus</i> (9)	<i>Coscinodiscus asteromphalus</i> (12)
<i>Coscinodiscus asteromphalus</i> (39)	<i>Chaetoceros subtilis</i> (9)	<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (71)
<i>Rhizosolenia setigera hebetata</i> (39)	<i>Odontella reticulata</i> (8)	
<i>Odontella mobiliensis</i> (32)	<i>Coscinodiscus</i> (6)	
<i>Lauderia annulata</i> (30)		
<i>Thalassionema nitzschioides</i> (30)		
<i>Ceratium lineatum</i> (29)		
<i>Skeletonema tropicum</i> (27)		

Groupe A4	Groupe A5
<i>Ceratium lineatum</i> (17)	<i>Skeletonema tropicum</i> (18)
<i>Thalassionema nitzschioides</i> (17)	<i>Lauderia annulata</i> (17)
<i>Chaetoceros subtilis</i> (16)	<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (13)
<i>Rhizosolenia setigera hebetata</i> (9)	<i>Thalassionema nitzschioides</i> (12)
<i>Skeletonema tropicum</i> (13)	<i>Ceratium lineatum</i> (12)
<i>Hemiaulus sinensis</i> (11)	<i>Hemiaulus sinensis</i> (11)
<i>Lauderia annulata</i> (10)	<i>Chaetoceros decipiens</i> (11)
<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (10)	<i>Protoperidinium divergens</i> (10)
<i>Odontella mobiliensis</i> (8)	<i>Dithylum brighwellii</i> (9)
<i>Cylindrotheca closterium</i> (8)	<i>Rhizosolenia setigera hebetata</i> (9)
<i>Prorocentrum micans</i> (8)	<i>Coscinodiscus asteromphalus</i> (8)
<i>Guinardia flaccida</i> (8)	<i>Chaetoceros subtilis</i> (7)
	<i>Odontella mobiliensis</i> (6)
	<i>Protoperidinium</i> sp (6)
	<i>Thalassiosira</i> sp (6)

Tableau 4 : Composition des associations de taxons phytoplanctoniques sur le plateau des Guyanes (Jaussaud, 2007)

Les travaux entrepris pour la mise en œuvre du réseau répondant à la Directive cadre sur l'eau (DCE) en Guyane fourniront à partir de 2012 une importante quantité d'informations qui pourra combler les connaissances sur les zones littorales dans ce domaine.

BENTHOS

Peu de travaux ont été réalisés sur le PCG à ce sujet (Durand 1959; Le Loeuff et Cosel 2000). Tout récemment à l'initiative de la DEAL, ainsi que grâce à la mise en place en Guyane de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE), des travaux ont été entrepris par l'université de Perpignan (J-M Amouroux), et la société Créocéan depuis 2009. Des travaux menés plus récemment (Créocéan 2011), concluent à l'existence d'un gradient de richesse et abondance croissante côtes-large, essentiellement dépendante de l'évolution du substrat. Les fortes contraintes imposées aux peuplements près des côtes à cause des fortes quantités de vases meubles et fluides sont la probable cause de cette distribution.

Lors de la campagne Green 0, Le Loeuff et Cosel concluent à une forte dominance des échinodermes dans la zone est guyanaise (tableau 5) et tout principalement de l'espèce *Astropecten richardi*. Ceci avait été déjà signalé par Durand (1959) lors des campagnes menées sur le plateau entre 1954 et 1958. Ils trouvent également une forte différence entre les résultats obtenus lors des chalutages de jour et de nuit, ainsi qu'une structuration des peuplements benthiques en fonction de la nature des sédiments, liée à la bathymétrie (figure 36). Leurs résultats sur l'est guyanais mettent en évidence trois types de peuplements en fonction de la bathymétrie (tableau 6).

Groupe	Espèces	Spécimens
cnidaires	3	31
polychètes	4	6
crustacés	57	9058
mollusques	27	670
échinodermes	15	39085

Tableau 5 : Groupes zoologiques, nombre d'espèces et effectifs (selon Le Loeuff et Cosel, 2000)

fonds de vase molle (20 m)	fonds vaseux plus compacts (30-50 m)	fonds sableux (60-80 m)	
<i>Xyphopenaeus kroyeri</i>	<i>Penaeus subtilis</i>	<i>Penaeus brasiliensis</i>	<i>Fusinus closter</i>
<i>Exhippolysmata oplophoroides</i>	<i>Renilla reniformis</i>	<i>Solenocera geijskesi</i>	<i>Olioa reticularis</i>
<i>Nematopalaemon schmitti*</i>	<i>Squilla lijdingi</i>	<i>Petrochirus diogenes</i>	<i>Turbinella laevigata</i>
	<i>Sicyonia dorsalis</i>	<i>Paguristes depressus</i>	<i>Conus austini</i>
	<i>Parapenaeus politus</i>	<i>Dardanus fucosus</i>	<i>Polystira vipex</i>
	<i>Persephona lichteinsteini</i>	<i>Iliacantha intermedia</i>	<i>Amusium papyraceum</i>
	<i>Calappa sulcata</i>	<i>Iliacantha liodactylus</i>	<i>Tropiometra carinata</i>
	<i>Callinectes ornatus</i>	<i>Calappa nitida</i>	<i>Astrophyton muricatum</i>
	<i>Callinectes bocourti</i>	<i>Hepatus scaber</i>	<i>Ophiolepis elegans</i>
	<i>Paradasygius tuberculatus</i>	<i>Portunus spinicarpus</i>	<i>Astropecten brasiliensis</i>
	<i>Tonna galea</i>	<i>Portunus anceps</i>	<i>Tethyaster vestitus</i>
	<i>Astropecten richardi</i>	<i>Anasimus latus</i>	<i>Luidia senegalensis</i>
		<i>Parthenope agonus</i>	<i>Luidia clathrata</i>
		<i>Distorsio clathrata</i>	<i>Eucidaris tribuloides</i>
		<i>Bursa bufo</i>	

Tableau 6 : Principales espèces des trois peuplements mis en évidence sur le plateau continental guyanais dans la région est (selon Le Loeuff et Cosel, 2000)

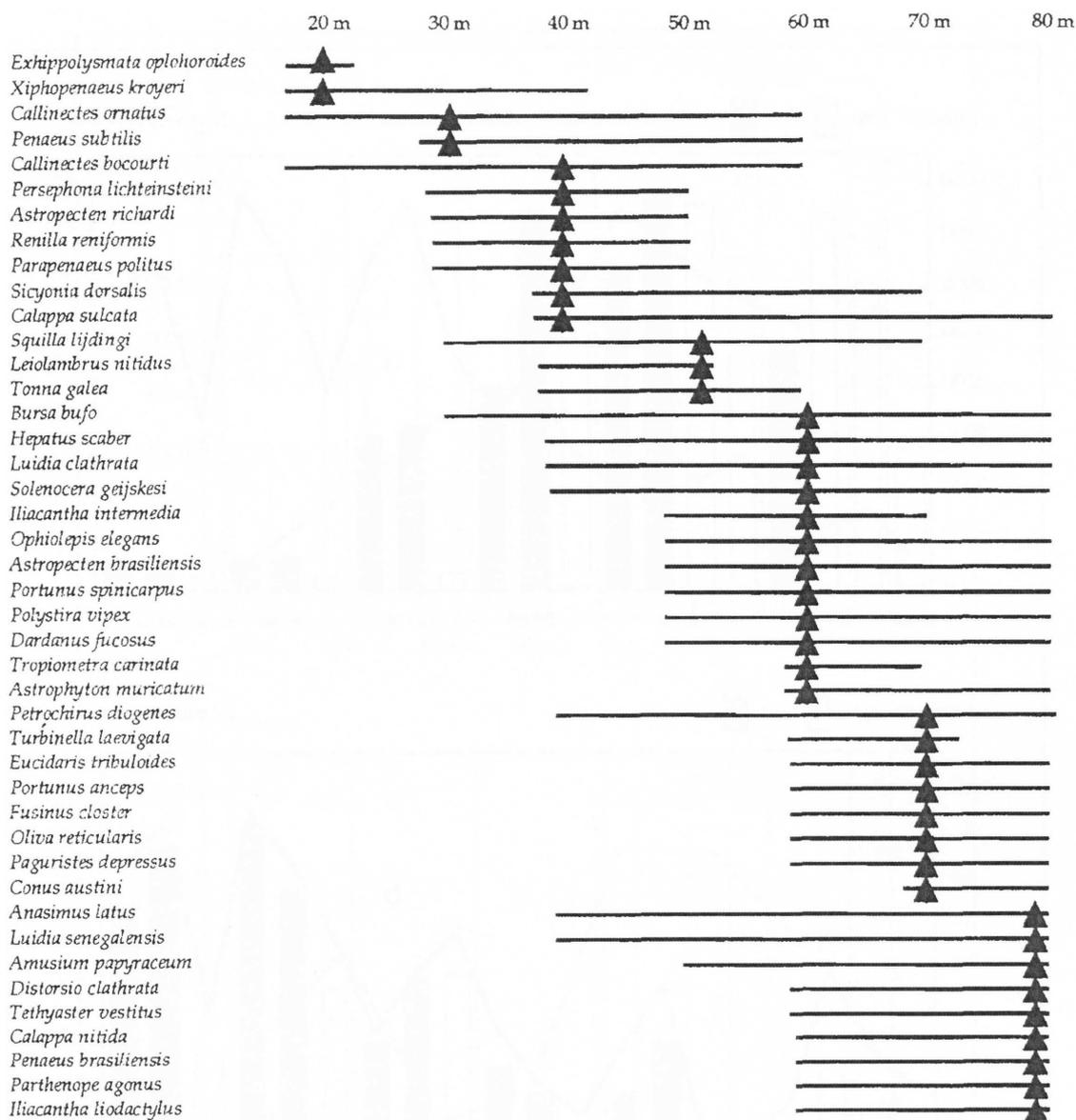


Figure 36 : Répartition des espèces les plus fréquemment rencontrées en fonction de la bathymétrie lors de la campagne Green 0. Les triangles noirs indiquent le maximum d'abondance (selon Le Loeuff et Cosel, 2000)

La campagne menée par Créocéan en 2009 (Créocéan 2011) à la demande de la DEAL de Guyane, a été conduite sur tout le plateau continental guyanais, entre 20 et 100 m de profondeur en saison sèche (octobre 2009). Son principal but était de recenser la biodiversité dans le compartiment benthique. 45 stations ont été réalisées, avec 135 prélèvements à la benne, ainsi que des analyses chimiques des sédiments et de la masse d'eau. Ce travail conclut à un échantillonnage de près de 80 % des espèces présentes dans le plateau (figure 37).

Sur presque 600 taxons, seulement 88 ont été identifiés jusqu'à l'espèce, mettant en évidence la forte richesse et la difficulté pour leur identification. Des nombreuses espèces nouvelles devraient être mises en lumière suite à cette campagne.

Les plus faibles richesses et biomasses se trouvent près des côtes, là où les apports vaseux sont plus forts, cette richesse augmente et devient plus stable, vers le large (figures 38 et 39). Les plus fortes valeurs sont observées entre 80 et 100 m de profondeur.

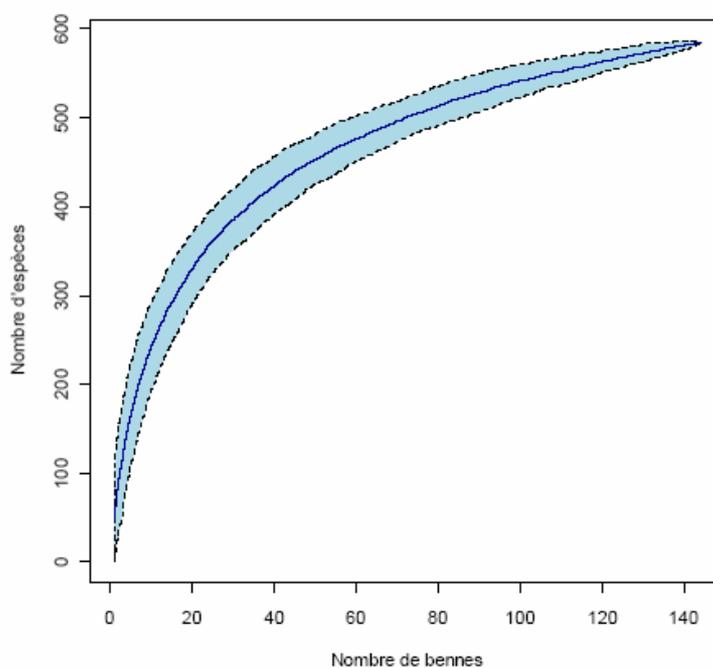


Figure 37 : Courbe d'accumulation des espèces prélevées (courbe d'accumulation et leur intervalle de confiance). Dans Créocéan, 2011

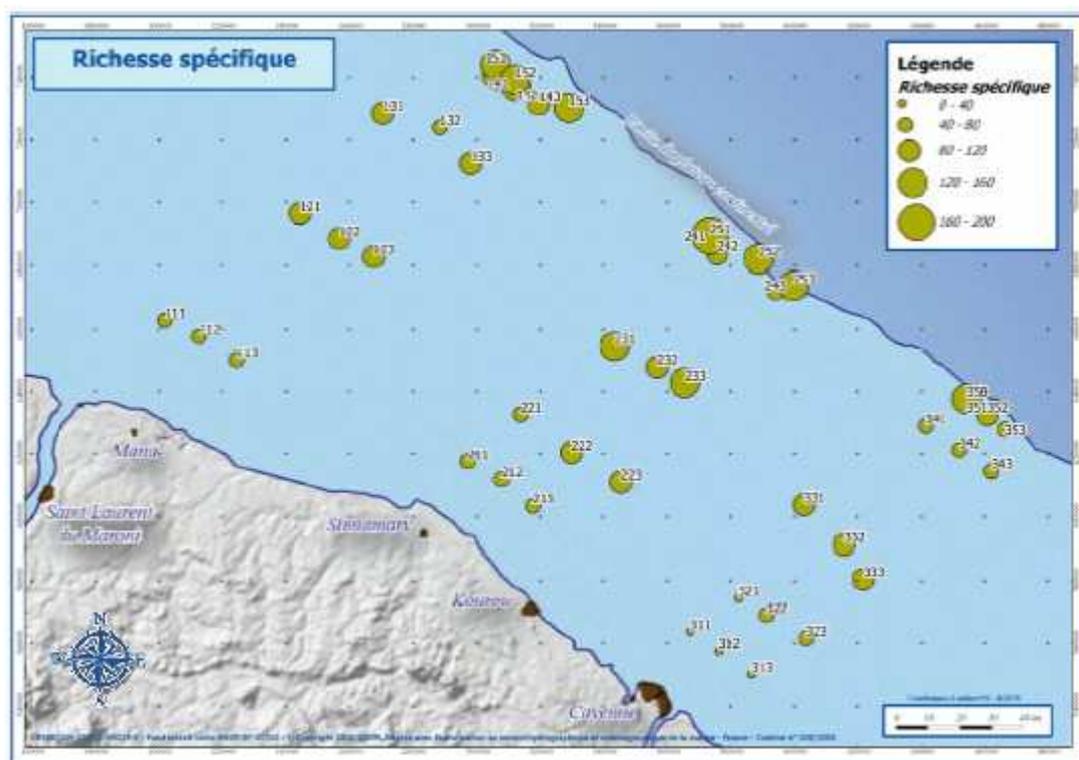


Figure 38 : Distribution de la richesse spécifique lors de la campagne d'octobre 2009 (Créocéan, 2011)

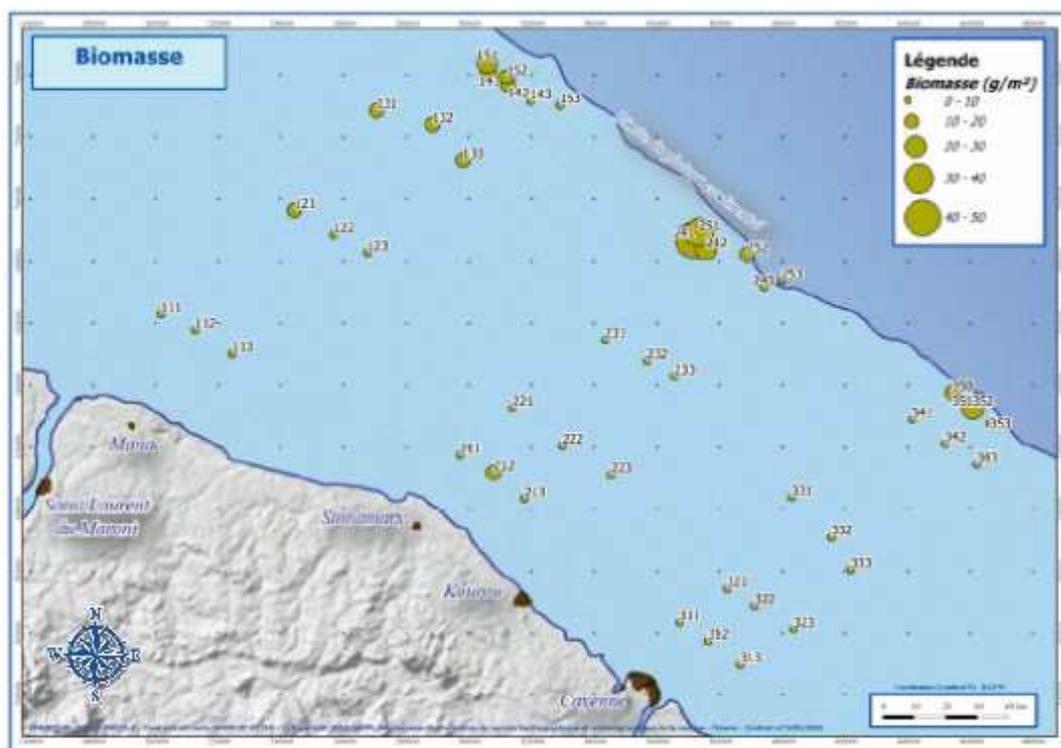


Figure 39 : Distribution de la biomasse benthique lors de la campagne d'octobre 2009 (Créocéan, 2011)

HALIEUTIQUE

Trois pêcheries se partagent l'essentiel des débarquements en Guyane. Les pêches industrielles à la crevette et au vivaneau et la pêche côtière (sur le littoral et jusqu'à 12 milles nautiques de la côte) représentent la troisième force économique de la Guyane, avec près de 6000 t débarquées chaque année (figure 40).

La ZEE de la Guyane française représente une superficie de 130 000 km² (la ZEE de la France métropolitaine couvre 340 400 km²). Elle s'étend sur un rectangle délimité par deux lignes perpendiculaires à la côte, au nord ouest au niveau du fleuve Maroni et au sud est au niveau du fleuve Oyapock, jusqu'à une distance à la côte de 200 milles nautiques soit environ 370 km. Elle comprend un plateau continental de très faible pente (environ 1%) sur une largeur moyenne de 150 km qui représente une surface d'environ 50 000 km², puis un talus continental plus abrupt qui débute à une profondeur de 90 m .

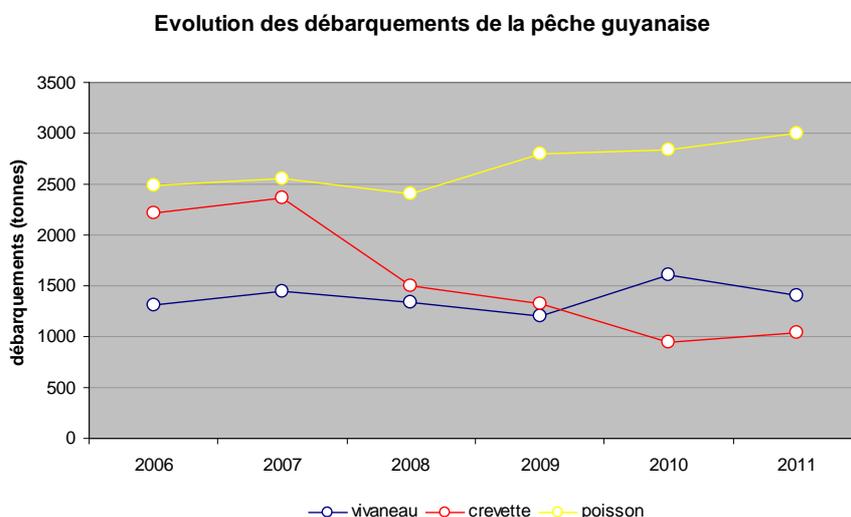


Figure 40 : Evolution des débarquements des pêcheries guyanaises entre 2006 et 2011

Pêche à la crevette

Depuis les débuts de la pêche à la crevette en Guyane par les flottilles des Etats-Unis et du Japon dans les années 60', le laboratoire halieutique de l'Ifremer (ancien ISTPM avant 1984) a suivi cette exploitation. La production débarquée, ainsi que l'échantillonnage des captures ont été suivis mensuellement et des synthèses de production et évaluations du stock ont été mises en place pour répondre aux besoins de gestion.

L'évolution des débarquements a connu une première diminution significative en 1999, puis, en 2006. Cette situation a conduit à étudier plus précisément les causes de cette chute dans les débarquements, qui semble être d'ordre climatique (Lampert 2011).

En parallèle, l'augmentation des apports de crevettes d'aquaculture en provenance notamment de l'Asie, sur les marchés mondialisés des produits de la mer, a provoqué une baisse du prix de vente, réduisant la rentabilité des armateurs guyanais.

Cette situation a conduit à l'arrêt de l'activité pour plusieurs compagnies qui exploitaient cette ressource. En 2011, Unifipêche finit par arrêter également cette activité et il ne reste que les sociétés Abchée, avec 6 navires, et Florus, avec 2 navires qui n'opèrent actuellement pas de façon régulière pour des raisons techniques. Dès 2012, quelques bateaux d'Unifipêche ont été rachetés par des sociétés locales telles que Cogumer ou Crustamer, ou surinamiennes.

La pêcherie à la crevette en Guyane exploite essentiellement les espèces *Farfantepenaeus subtilis* et *F.brasiliensis*. Occasionnellement, des débarquements d'autres espèces peuvent avoir lieu, mais elles restent très marginales. L'espèce *F.subtilis* est majoritaire avec environ 95 % des débarquements. Les années quatre-vingt-dix ont connu une pêcherie de crevettes profondes sur le talus continental, mais avec l'augmentation du prix des carburants, elle a été délaissée par les exploitants. La zone de pêche a été divisée en secteurs administratifs depuis la francisation de la flotte (figure 41). Une zone d'interdiction de pêche en dessous de 30 m de profondeur a également été mise en place par les autorités maritimes afin de sauvegarder les stades juvéniles et prévenir les conflits d'usage.

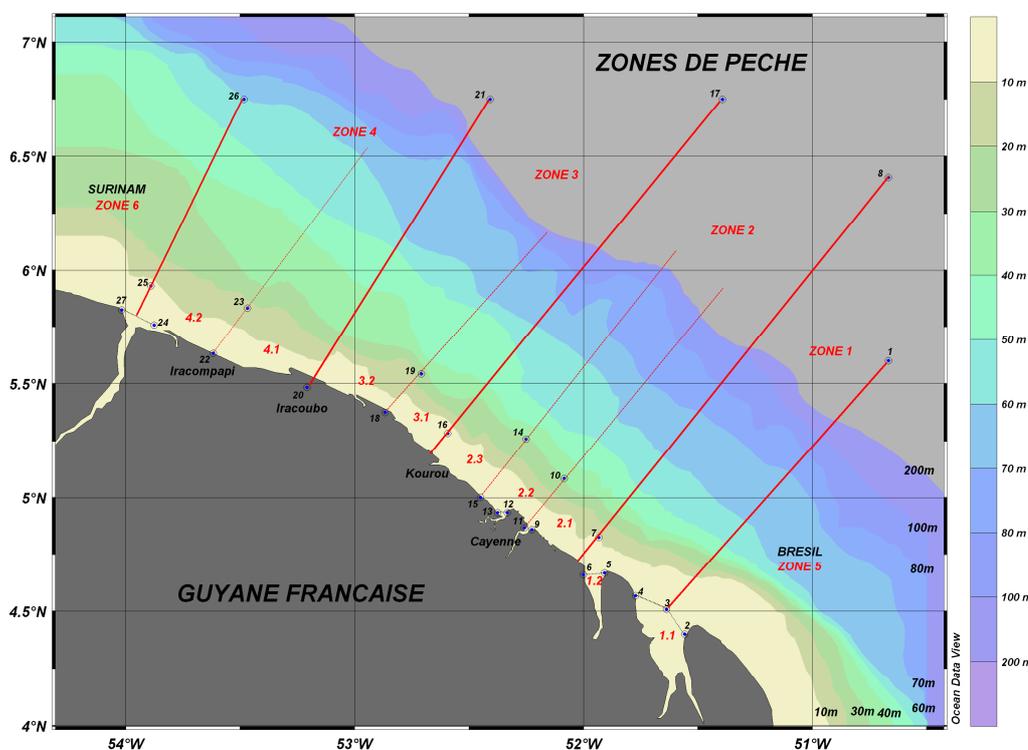


Figure 41 : Zones de pêche sur le plateau guyanais

La flottille de navires opérant en Guyane est restée homogène. Tous les bateaux sont de type floridien avec des longueurs de 20 m environ et des puissances de 300 à 450 CV, pêchant avec deux tangons et des chaluts de fond de mêmes dimensions. La maille des chaluts qui était de 40 mm étirée au début de l'exploitation, a été réglementée à 45 mm.

Avec la définition de la zone économique exclusive (ZEE) de nations riveraines, peu à peu, la flottille des Etats-Unis et du Japon a laissé place aux armateurs français. Ce processus, qui s'est fini en 1990 et qui a duré 7 ans, est connu comme « processus de francisation » (figures 42 et 43). Ce changement a eu une répercussion dans la commercialisation. Le marché européen s'est ouvert à la crevette de Guyane, avec les contraintes de calibre, présentation et qualité que nous connaissons actuellement.

Evolution de la pêche de crevettes de 1968 à 2011

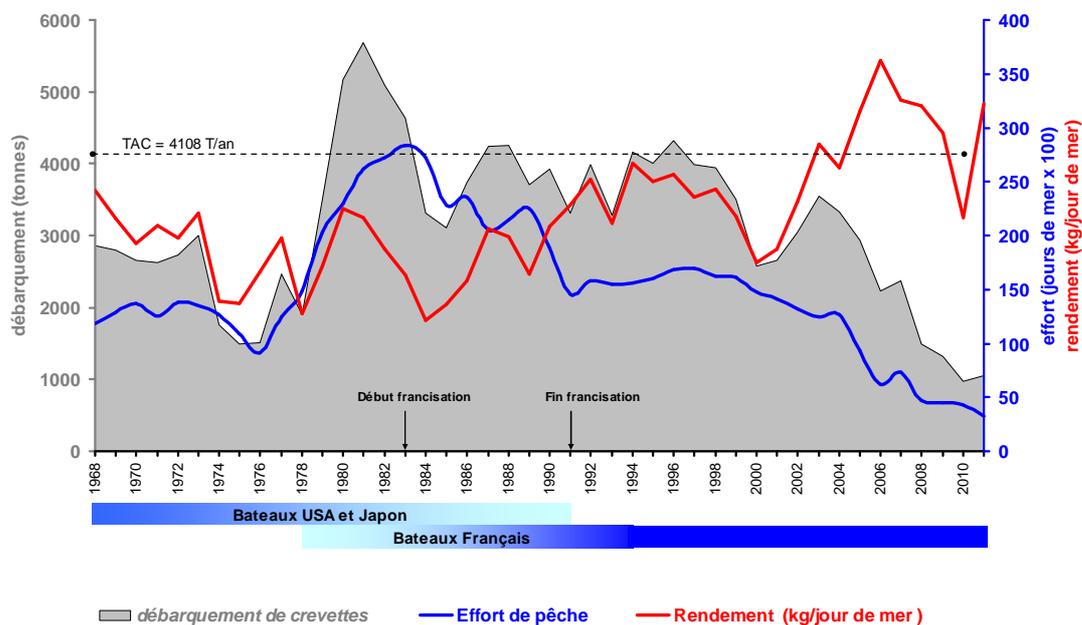


Figure 42 : Evolution des débarquements, effort de pêche et rendements de la pêche crevettière en Guyane, entre 1968 et 2011

Nombre moyen de crevettiers en Guyane

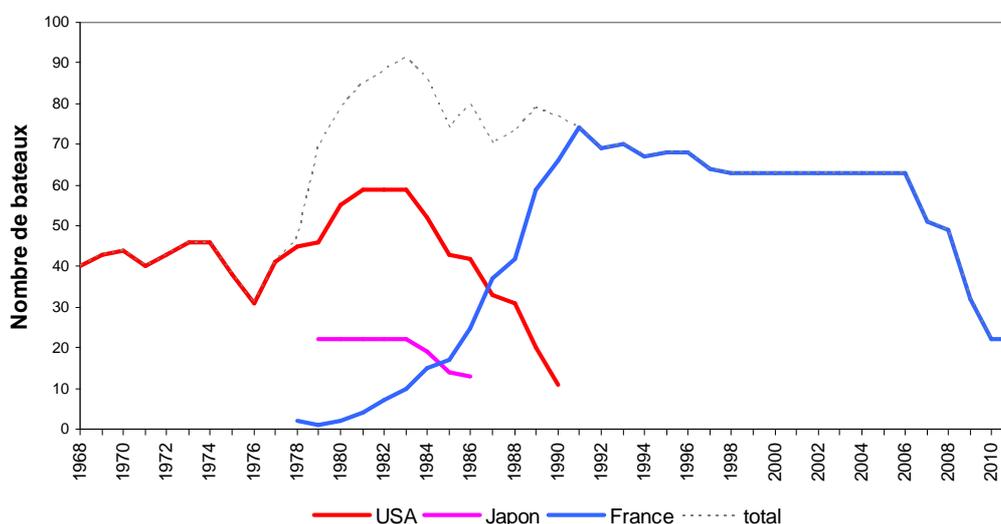


Figure 43 : Evolution du nombre moyen de bateaux en activité en Guyane, entre 1968 et 2010

Depuis 2010, les crevettiers sont obligés d'installer un dispositif de séparation à l'entrée du filet afin de filtrer poissons, gros objets et animaux. Une trappe sur cette grille permet alors que tout ce qui dépasse la taille du pas de grille soit rejeté vers le haut, en dehors du filet. Ce dispositif (TED, pour Turtle Exclude Device), déjà utilisé dans de nombreux pays, permet de limiter les captures accessoires, qui dans le cas de la pêche à la crevette peuvent atteindre plus de 7 fois le poids de crevettes. Suite à sa mise au point par l'Ifremer, le WWF, le CRPMEM de Guyane et en

collaboration avec les scientifiques de l'agence américaine NOAA, des campagnes ont pu mettre en évidence le bien-fondé de cette démarche (Vendeville et al. 2008).

Pêche au vivaneau

Extrait en partie de Caro (2010) ; Caro, Lampert, et Thomas (2011)

La pêche aux vivaneaux est en grande majorité pratiquée par une flottille de ligneurs d'origine vénézuélienne évoluant sous un quota de 41 licences européennes attribuées par la Commission Européenne et avec obligation de débarquer 75 % de leurs captures en Guyane (45 licences à partir de 2012).

Les résultats provenant du suivi réalisé par l'Ifremer montrent que la pêcherie, en terme de production est à son plus haut niveau jamais enregistré (figure 44). Néanmoins, la hausse de l'effort de pêche ainsi que la baisse de la taille moyenne des captures en vivaneau rouge sont préoccupantes même si cette dernière se ralentit : - 10 cm entre 1988 et 1998 et - 2 cm entre 1998 et 2008. Elle reste en 2010 très légèrement supérieure à la taille de maturité sexuelle (32 cm) et incite toujours à la prudence quant au diagnostic sur l'évolution de la pêcherie et du stock.

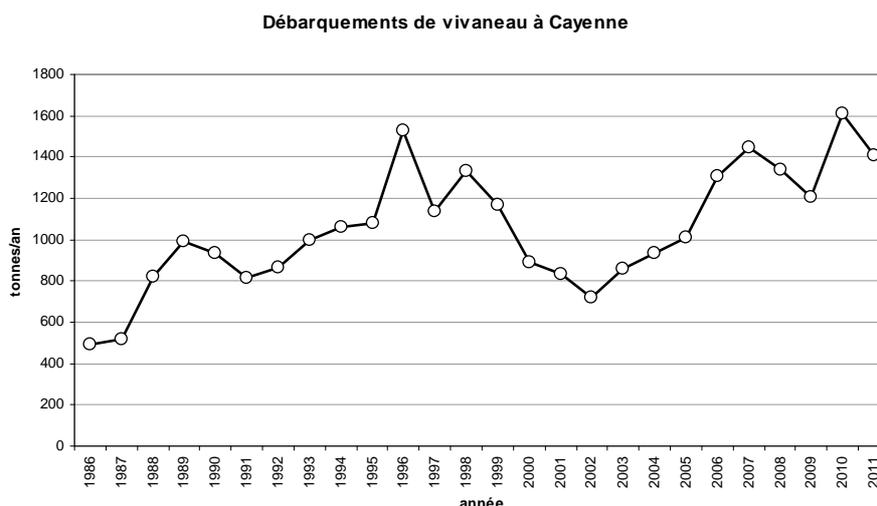


Figure 44: Evolution des débarquements de vivaneau en Guyane entre 1985 et 2011

La pêcherie de vivaneaux par les ligneurs vénézuéliens s'est spatialement concentrée au cours des années sur les fonds entre 30 et 60 m au large de Cayenne (zone 2). Elle représente en 2010, près des 2/3 de l'effort total. Cette concentration pourrait traduire l'adaptation de la stratégie de pêche des ligneurs à l'augmentation des coûts de carburant.

Les zones où se concentre l'effort de pêche ne correspondent pas à des zones de concentration de la biomasse en vivaneau, qui elle, est bien répartie sur l'ensemble du plateau de la Guyane.

L'évaluation sur la ressource en *L. purpureus* dans les eaux de Guyane française rend compte d'une amélioration de l'état du stock grâce à plusieurs indicateurs. Le recrutement annuel est depuis 2007 à son plus haut niveau, avec 6 millions de recrues en moyenne. Depuis la diminution de l'effort de pêche observée dans les années 2000, la biomasse totale du stock, ainsi que la biomasse féconde, augmentent de manière constante, ce qui à l'heure actuelle est l'indicateur principal de la bonne santé du stock.

Il demeure certaines incertitudes sur l'état réel du stock qui ont pour origine le manque d'informations :

- Sur le volume et la composition en taille des captures débarquées au Venezuela ou d'autres pays par les ligneurs en fin de campagne
- Sur les captures de navires antillais qui pêchent à la nasse et débarquent aux Antilles
- Sur les captures d'une flotte illégale
- Sur les captures de juvéniles liées à la pêche crevette.

Pêche côtière aux poissons blancs

Alors que la pêche industrielle de crevettes et vivaneaux est étudiée en Guyane depuis plusieurs décennies, la pêche côtière n'a connu de réseau de collecte de données qu'à partir de la fin 2005 grâce à la mise en place du Système d'Information halieutique (SIH) géré au niveau national par l'Ifremer (<http://sih.ifremer.fr/>).

Cette pêche, qui est essentiellement pratiquée par environ 200 petits navires côtiers et qui emploie le plus fort nombre de marins, s'étale depuis le Maroni et jusqu'à l'Oyapock, ce qui rend la tâche des enquêteurs plus difficile.

Les arts de pêche couramment utilisés sont les arts dormants du type filet droit. Les navires sont classés en : canot-pirogue, canot créole, canot créole amélioré et tapouille. Les sorties en mer dépassent rarement les 24h pour les canots-pirogues et peuvent durer une semaine pour les tapouilles, leur produit de pêche étant vendu dans les circuits locaux.

Les espèces les plus pêchées sur cette bande côtière de 12 milles nautiques sont sans conteste les Acoupas (tableau 7). Dans la famille des Acoupas, c'est l'Acoupa rouge (*Cynoscion acoupa*) qui représente à lui seul 50 % des Acoupas pêchés. Nous trouvons également l'Acoupa rivière (*Plagioscion squamosissimus*), l'Acoupa chasseur (*Macrodon ancylodon*) et l'Acoupa aiguille (*Cynoscion virescens*) entre autres.

Les siluridés sont très pêchés dans les eaux côtières également. Ils vivent dans les fonds vaseux du proche plateau et leurs débarquements oscillent autour de 500 t/an. Toutes les autres espèces se situent bien en dessous de ces deux principaux taxons, avec des valeurs qui atteignent un maximum de 200 t/an pour les plus pêchés.

Le mérou géant (*Ephinephelus itajara*), considéré comme espèce menacée d'extinction selon le classement CITES, est toujours pêché en Guyane. Quelques bateaux côtiers en font leur cible. La pêche de plaisance est réglementée et n'autorise qu'une prise par bateau et par sortie. Une étude sur la bio-écologie de cette espèce est commencée en 2010 sous l'égide de la DEAL et l'ONCFS et avec la collaboration de l'Ifremer et la Réserve du Grand Connétable.

L'augmentation de la population guyanaise, l'une des plus dynamiques d'Europe, présente le défi de l'accompagnement de cette pêcherie dans son développement économique. A l'horizon 2030 la population aura doublé par rapport à celle de 2010, et les ressources halieutiques devront suivre ce développement si l'on ne veut pas être importateur de poissons. Pour tenir compte de tous les liens existants entre le milieu et les êtres vivants de l'écosystème, une approche dite « écosystémique » est mise en place, étude qui tient compte des facteurs écologiques, avec les

liens entre les espèces présentes dans le milieu, mais également économiques, où des facteurs tels que le prix du gasoil, les aides financières, la rentabilité, le prix du poisson et les charges sociales sont intégrés. Cette approche a été menée pour la crevette également (Chaboud et Thébaud 2009 ; Lampert 2011).

Poissons débarqués (t/an)					
	2006	2007	2008	2009	2010
Acoupas	1366	1413	1542	1805	1802
Croupias	129	131	93	110	102
Loubines	119	123	96	96	96
Silures	458	463	390	421	456
Requins	128	133	109	76	102
Raies	25	25	25	18	26
Carangues	23	24	20	13	10
Mérouds	41	41	17	31	33
Thazards	20	21	22	14	20
Palikas	45	45	30	25	53
Mulets	81	82	22	82	35
Jamais Gouté	19	19	14	44	34
Poissons plats	2	2	3	3	0
Crapauds	1	1	1	1	1
Sardines	22	22	16	35	25
Divers	3	5	5	20	36
TOTAL ==>	2483	2551	2404	2796	2834

Tableau 7 : Evolution des débarquements de poissons en Guyane entre 2006 et 2011 (avec une probable sous-estimation jusqu'en 2008 due à la montée en puissance du système de collecte de données)

Quelques campagnes halieutiques réalisées sur le PCG

L'essentiel des campagnes halieutiques menées sur le PCG ont été entreprises par l'ISTPM (Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes) avant 1984, puis par l'Ifremer (qui est né de la fusion de l'ISTPM et du CNEXO en 1984). Un certain nombre de ces campagnes ont fait l'objet des rapports dont la synthèse est exposée dans le tableau 8.

CAMPAGNES HALIEUTIQUES																			
Campagne	organisateur	date debut	date fin	Navire	T°	Sal	visi	sed.	B°	Abond	zone	Z	crev	pois	rejet	trait	OBS	Références	
PLATEAU	ORSTOM	1954	1958	Orsorn II				x		x	tts	15-110	x			30'	benthos	Durand, 1959	
THALASSA	ISTPM	15/06/1971	01/09/1971	Thalassa	x	x	x	x			tts	20-1000	x	x				Abbes et al, 1972	
KAIYO-MARU	ISTPM	04/12/1973	11/12/1973	crevettier	x						tts	37-1000	x	x		30'-60'	Guyana+Suriname	Bonnet, 1974	
OREGON II	ISTPM	mai 1975	mai 1975	Oregon	x	x		x				guyane-Brésil	18-77	x	x		30'-60'	inventaire faune	Farrugio, 1975
GUYANE	ISTPM	07/12/1976	16/12/1976	crevettier									50	x	x		3-12h	crevettier	Laniasse, 1977
RIO PARANA	ISTPM	19/09/1978	04/10/1978	Ligneur							tts	10-15		x				filet dérivant	Dintheer, 1978
GUYAPECHE	ISTPM	20/11/1978	10/12/1978	crevettier							tts	30-60	x	x				1h-6h	ISTPM, 1979
PEGUY	ISTPM	dec 1980	août 1981	Nishin Maru							tts	20-100	x	x	x	60'		Landurelle, 1982	
GUYAVIV 2	IFREMER	juillet 1987	août 1987	A. Nizery							tts	20-100	x	x		35'	chalutage vivaneaux	Prevost et Tous, 1989	
PENJU	IFREMER	1986	1988	crevettier							tts	15-50	x				30'-60'	convention 30m	Oliveira, 1991
POLCA	ORSTOM	15/05/1988	15/07/1988	La Polca							1 à 3	5-15	x			15'-30'	convention 30m	Oliveira, 1991	
NIZERY	ORSTOM	mai 1989	mai 1989	A. Nizery							2	10-40	x			30'	convention 30m	Oliveira, 1991	
PROFONDE 1	IFREMER	18/08/1990	29/08/1990	crevettier							4	200-900	x	x		30-		Guéguen, 1991	
PROFONDE 2	IFREMER	10/11/1990	16/11/1990	crevettier							4	200-900	x	x		30'-60'		Guéguen, 1991	
PROFONDE 3	IFREMER	16/03/1991	23/03/1991	crevettier							4	200-900	x	x		30'-60'		Guéguen, 2000	
PROFONDE 4	IFREMER	17/07/1991	22/07/1991	crevettier							4	200-900	x	x		30'-60'		Guéguen, 2000	
RESUBGUY 1	IFREMER	?	01/10/1992	crevettier															
RESUBGUY 2	IFREMER	21/05/1993	31/05/1993	crevettier					x	x	tts	20-60	x	x	x	30'		Guéguen, 1993	
RESUBGUY 3	IFREMER	19/10/1993	31/10/1993	crevettier					x	x	tts	0-60	x	x	x	30'		Guéguen, 1993	
RESUBGUY 4	IFREMER	17/05/1994	30/05/1994	crevettier					x	x	tts	0-60	x	x	x	30'		Rosé, 1994	
RESUBGUY 5	IFREMER	17/10/1994	30/10/1994	crevettier					x	x	tts	0-60	x	x	x	30'		Rosé, 1995	
EPAULARD	ORSTOM	21/05/1994	10/06/1994	chalut 11 m	x	x			x	x	tts	0-15	x	x	x	10' à 15'		Vendeville, 1995	
CROUPIA	IFREMER	25/07/2005	03/08/2005	Le Croupia	x	x	x	x	x	x	tts	0-20	x	x		15'			
DUHAL	IFREMER	20/11/2005	01/12/2005	caseyeur	x						4	90		x	x		vivaneau	Drogou et al, 2007	
DUHAL V2	IFREMER	15/08/2006	19/08/2006	Ligneur							1	40-70		x	x		vivaneau	Vendeville et Viera, 2007	
CHALOUPPE	IFREMER	07/10/2006	15/10/2006	crevettier					x	x	tts	0-60	x	x	x	30'		Rivière et al, 2007	
DUHAL	IFREMER	18/04/2007	11/05/2007	caseyeur							4	90		x	x		vivaneau	Delamare et Viera, 2007	
CLEYFIMAR	IFREMER	12/05/2007	25/05/2007	Ligneur							1 et 2	50-80		x	x		vivaneau	Viera et Vendeville, 2007	
CHALOUPPE	IFREMER	12/05/2007	19/05/2007	crevettier					x	x	tts	0-60	x	x	x	30'		Bagot et Blanchard, 2007	
CHALOUPPE	IFREMER	17/11/2007	23/11/2007	crevettier					x	x	tts	0-60	x	x	x	30'		Bagot et Blanchard, 2007	
OYANA 7	PNRG	01/06/2011	03/06/2011	Innov+Guyavoile							1	2-7	x	x		2-3h	filet+chalut expérim.	Lampert, 2011	

Tableau 8 : Synthèse des quelques campagnes halieutiques menées dans le PCG

CHANGEMENTS CLIMATIQUES EN GUYANE

Dans la dernière décennie, de nombreux travaux internationaux abordent le problème du réchauffement de la planète ainsi que les changements globaux du climat (Global Climate Change). Ces changements annoncés sont de nature à affecter tous les milieux, naturels et anthropiques dans les prochaines décennies, avec quelques effets bien réels dès à présent. Tout particulièrement l'augmentation de la fréquence de cyclones en Atlantique ou l'élévation du niveau des mers dans le Pacifique, créant des problèmes de migrations de populations entre les îles.

Nous aborderons ici très succinctement quelques-uns de ces nombreux phénomènes, et plus particulièrement ceux qui pourraient être de nature à toucher la Guyane.

Élévation du niveau de la mer

Une simulation récente avec le modèle HadCM3LC qui tient compte des émissions en CO₂, mais également des aérosols (NO₂), montre qu'il existe une relation étroite entre l'index ANSG (Atlantic North-Sud Gradient, construit avec la SST au nord et au sud de l'équateur) et les sécheresses amazoniennes, comme celle qui a eu lieu en 2005 sur l'ouest amazonien (Cox 2008). A l'horizon 2100, le niveau de précipitations à la période juillet-octobre, pourrait ainsi passer de 4 mm/jour, qui est le niveau actuel, à environ 1 mm/jour. Les sécheresses devraient donc être plus fréquentes et 80 % de la forêt humide amazonienne pourrait devenir une savane si la température moyenne augmente au-delà de 4°C (Cook et Vizy 2008; Kriegler et al. 2009; Jones et al. 2009). Ce changement devrait affecter moins la Guyane que le Surinam et le Guyana.

L'augmentation de la fonte des glaces, conjuguée avec l'élévation des températures pourrait conduire à une augmentation du niveau moyen des mers de 1m à l'horizon 2100 (Allison et al. 2009). Cette augmentation d'un mètre aura des fortes conséquences sur le milieu littoral et plus particulièrement sur les marécages et marais côtiers (figure 45).

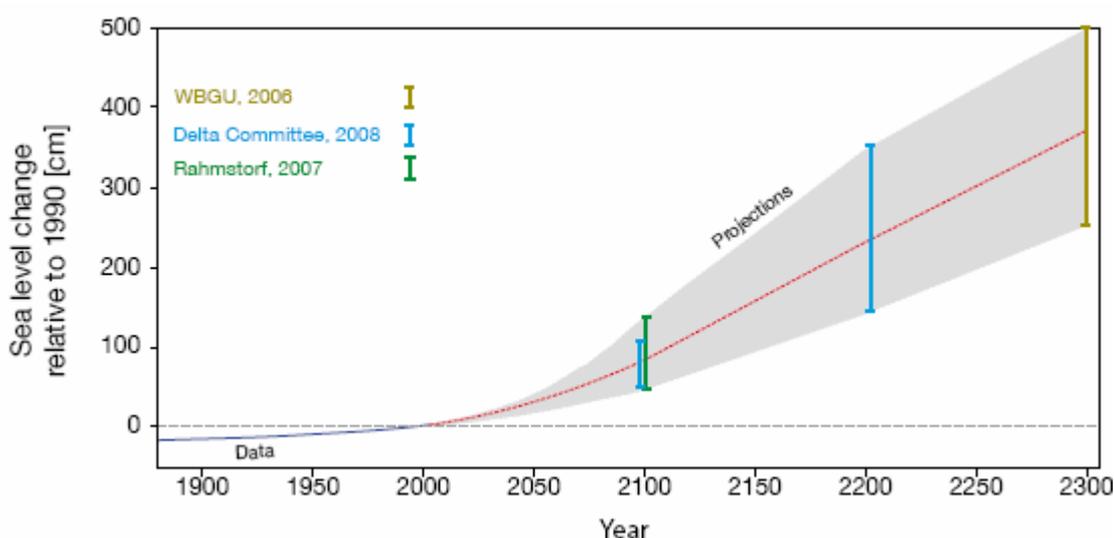


Figure 45: Quelques récentes estimations de la montée du niveau de la mer.

Diminution de la productivité et perturbations océaniques

Une diminution de près de la moitié de la biomasse phytoplanctonique (concentration en chlorophylle) des océans a pu être évaluée entre 1950 et 2000 (figure 46) sur la région atlantique équatoriale (Boyce, Lewis, et Worm 2010). Cette diminution régionale semble être la conséquence d'une tendance générale au réchauffement des eaux du globe, accompagné des changements locaux, où les influences côtières sont essentiellement l'activité anthropique, les décharges des fleuves et les échanges terre-mer. Huit des dix régions étudiées présentent des diminutions dans leurs concentrations en chlorophylle, les régions tropicales étant les plus affectées. L'effet négatif de l'augmentation de la température dans les eaux tropicales est expliqué par l'augmentation dans la stratification des eaux de surface, plus pauvres en nutriments nécessaires au phytoplancton.

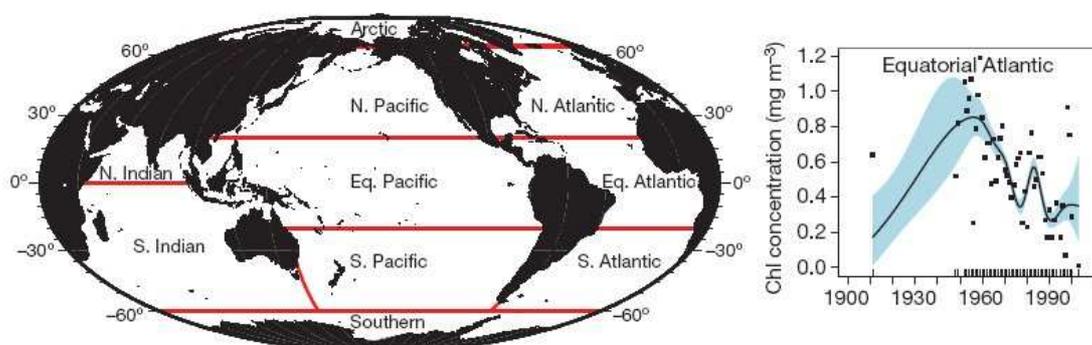


Figure 46 : Découpage des régions et évolution des concentrations en chlorophylle constatées en 100 ans (Boyce et al, 2010)

Les changements observés dans la biomasse phytoplanctonique se traduisent également sur la production primaire des océans (Behrenfeld et al. 2006), celle-ci étant directement liée au niveau de ressources halieutiques. Il existe de fortes interactions entre les effets des pêcheries et les effets des changements climatiques, car la pêche réduit les âges, taille et diversité géographique des populations, ainsi que la biodiversité des écosystèmes marins, les rendant plus sensibles à un stress supplémentaire, tel que les changements climatiques (Brander 2007).

Ce stress climatique peut provenir de l'augmentation de la température moyenne des eaux guyanaises, qui est d'environ 0.65°C sur un peu plus de 30 ans en Guyane (Blanchard et Thébaud 2006 ; Vendeville et al. 2008), mais également :

- des conséquences des changements de la salinité, avec une plus forte variation dans les basses latitudes et tout particulièrement dans l'Atlantique (Stott, Sutton, et Smith 2008),
- de la pluviométrie, avec des changements très significatifs sur la forêt amazonienne (Cook et Vizy 2008; Cox 2008; Marengo et al. 2008),
- de l'acidification des océans, conduisant à des problèmes de calcification pour des nombreux taxons (Fabry et al. 2008; Hofmann et Schellnhuber 2009),
- des changements des concentrations en oxygène dissous des eaux en synergie avec d'autres perturbations (Rosa et Seibel 2008).

BIBLIOGRAPHIE

- Abbes, R., Y. Aldebert, D. Dorel, C. Leroy, R. Lemen, J. Prado, et C. Saint-Felix. 1972. « Reconnaissance des fonds de pêche de la Guyane Française - Campagne de la "Thalassa" dans la région des Antilles-Guyane 15 juin-1er septembre 1971 ». *Sciences et Pêche* (210). Bulletin d'information et de documentation de l'Institut scientifique et technique des pêches maritimes: 25.
- Allison, I., N.L. Bindoff, R.A. Bindoff, RA. Bindschadler, P.M. Cox, N. de Noblet, M.H. England, et al. 2009. *The Copenhagen Diagnosis, 2009: Updating the world on the Latest Climate Science*. The University of New South Wales Climate Change Research Centre (CCRC), Sydney, Australia, 60 pp.
- Artigas, Luis Felipe, Philippe Vendeville, Marc Leopold, Daniel Guiral, et Jean-François Ternon. 2003. « MARINE BIODIVERSITY IN FRENCH GUIANA: ESTUARINE, COASTAL, AND SHELF ECOSYSTEMS UNDER THE INFLUENCE OF AMAZONIAN WATERS ».
- Augustinus, Pieter G. E. F. 2004. « The influence of the trade winds on the coastal development of the Guianas at various scale levels: a synthesis ». *Marine Geology* 208 (2-4) (août 15): 145–151. doi:10.1016/j.margeo.2004.04.007.
- Baklouti, M., J.-L. Devenon, A. Bourret, J.-M. Froidefond, J.-F. Ternon, et J.-L. Fuda. 2007. « New insights in the French Guiana continental shelf circulation and its relation to the North Brazil Current retroflexion » 112 (C020023) (février 24): 1–18.
- Behrenfeld, Michael J., Robert T. O'Malley, David A. Siegel, Charles R. McClain, Jorge L. Sarmiento, Gene C. Feldman, Allen J. Milligan, Paul G. Falkowski, Ricardo M. Letelier, et Emmanuel S. Boss. 2006. « Climate-driven Trends in Contemporary Ocean Productivity ». *Nature* 444 (7120) (décembre 7): 752–755. doi:10.1038/nature05317.
- Blanchard, Fabian, et Olivier Thébaud. 2006. « The CHALOUPÉ project: global change, dynamics of exploited marine biodiversity, and viability of fisheries. » Dans , 161–162. Guadeloupe: Caribbean Academy of Sciences.
- Bouysse, P., R.R. Kudrass, et F. Le Lann. 1977. « Reconnaissance sédimentologique du plateau continental de la Guyane française (Mission Guyamer 1975) ». Bulletin du B.R.G.M.
- Boyce, Daniel G., Marlon R. Lewis, et Boris Worm. 2010. « Global phytoplankton decline over the past century ». *Nature* 466 (7306) (juillet 29): 591–596. doi:10.1038/nature09268.
- Brander, K. M. 2007. « Global fish production and climate change ». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104 (50) (décembre 11): 19709–19714. doi:10.1073/pnas.0702059104.
- Cadamuro, Laurent. 2004. « Structure et Dynamique des écosystèmes inondables (forêt marécageuse, mangrove) du bassin du Sinnamary (Guyane Française). » UNIVERSITE PAUL SABATIER – TOULOUSE III.
- Cadée, G.C. 1975. « Primary production off the Guyana coast ». *Netherlands Journal of Sea Research* 9 (1) (mai): 128–143. doi:10.1016/0077-7579(75)90027-7.
- Caro, Anthony. 2010. *Description de la pêcherie vénézuélienne de Vivaneaux rouges (Lutjanus purpureus) dans la ZEE de Guyane française de 1986 à 2008*. Rapport interne. Cayenne: Ifremer.
- Caro, Anthony, Luis Lampert, et Maryvonne Thomas. 2011. *Description de la pêcherie vénézuélienne de vivaneaux dans la ZEE de Guyane et évaluation du stock de vivaneau rouge (L.purpureus) en 2010*. Rapport interne. Cayenne: Ifremer.
- Chaboud, C., et O. Thébaud. 2009. « Bioeconomic model of the dynamics of fisheries facing global economic and environment changes: the French Guyana shrimp fishery ». 18th World IMACS / MODSIM Congress, Cairns, Australia.

- Chevalier, C., M. Baklouti, A. Ramamonjirisoa. 2004. Modeling the Influence of Wind and Rivers on Current, Salinity and Temperature over the French Guiana Continental Shelf during the Rainy Season. *Journal of Coastal Research* 20 (4), 1183-1197.
- Cook, Kerry H., et Edward K. Vizy. 2008. « Effects of Twenty-First-Century Climate Change on the Amazon Rain Forest ». *Journal of Climate* 21 (3) (février 1): 542–560.
- Cox, P.M. et al. 2008. « Increasing risk of Amazonian drought due to decreasing aerosol pollution ». *Nature* 453: 212–216.
- Créocéan. 2011. *Appel à projets - Biodiversité marine en Guyane Française (année 2009). Réalisation d'une campagne d'inventaire de la faune benthique (endogée et épigée) et démersale, sur les fonds marins du plateau continental guyanais*. Scientifique et technique. Cayenne: Créocéan.
- Durand, Jean. 1959. *Notes sur le plateau continental guyanais : les éléments principaux de la faune et leurs relations avec le fond*. Cahiers de l'ORSTOM 3. ORSTOM.
<http://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:12568>.
- Eisma, D., P.G.E.F. Augustinus, et C. Alexander. 1991. « Recent and subrecent changes in the dispersal of amazon mud ». *Netherlands Journal of Sea Research* 28 (3) (décembre): 181–192.
doi:0.1016/0077-7579(91)90016-T.
- Fabry, Victoria J., Brad A. Seibel, Richard A. Feely, et James C. Orr. 2008. « Impacts of ocean acidification on marine fauna and ecosystem processes ». *ICES J. Mar. Sci.* 65 (3) (avril 1): 414–432. doi:10.1093/icesjms/fsn048.
- Ffield, Amy. 2005. « North Brazil current rings viewed by TRMM Microwave Imager SST and the influence of the Amazon Plume ». *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers* 52 (1) (janvier): 137–160. doi:10.1016/j.dsr.2004.05.013.
- Fratantoni, David M., et Deborah A. Glickson. 2002. « North Brazil Current Ring Generation and Evolution Observed with SeaWiFS* ». *Journal of Physical Oceanography* 32 (3) (mars 1): 1058–1074.
- Fratantoni, David M., William E. Johns, et Tamara L. Townsend. 1995. « Rings of the North Brazil Current: Their structure and behavior inferred from observations and a numerical simulation ». *Journal of Geophysical Research* 100(C6): 10,633–10,654.
- Froidefond, J. M., F. Lahet, C. Hu, D. Doxaran, D. Guiral, M. T. Prost, et J. -F. Ternon. 2004. « Mudflats and mud suspension observed from satellite data in French Guiana ». *Marine Geology* 208 (2-4) (août 15): 153–168. doi:10.1016/j.margeo.2004.04.025.
- Froidefond, J.M, M Pujos, et X Andre. 1988. « Migration of mud banks and changing coastline in French Guiana ». *Marine Geology* 84 (1-2) (octobre): 19–30. doi:10.1016/0025-3227(88)90122-3.
- Froidefond, Jean-Marie, Laure Gardel, Daniel Guiral, Mario Parra, et Jean-François Ternon. 2002. « Spectral remote sensing reflectances of coastal waters in French Guiana under the Amazon influence ». *Remote Sensing of Environment* 80 (2) (mai): 225–232. doi:10.1016/S0034-4257(01)00301-7.
- Frouin, Patrick, Michel Pujos, et Pierre Watremez. 1997. « REVUE DES CONNAISSANCES SUR LA ZONE CÔTIÈRE DE GUYANE FRANÇAISE ». PNOC.
- Gardel, Antoine. 2011. *Géomorphologie et aménagement des littoraux à sédiments hétérogènes. Approche combinant télédétection et mesure in situ. Le cas du littoral de la Guyane française. - Volume 1 : Position et projet scientifique. Mémoire de HDR. Université du Littoral et Côte d'Opale, UMR CNRS 8187.*
- Gardel, Antoine. 2011. *Géomorphologie et aménagement des littoraux à sédiments hétérogènes. Approche combinant télédétection et mesure in situ. Le cas du littoral de la Guyane française. - Volume 2 : Annexes. Mémoire de HDR. Université du Littoral et Côte d'Opale, UMR CNRS 8187.*
- Gonzalez-Silvera, Adriana, Eduardo Santamaria-del-Angel, Virginia M. T. Garcia, C.A.E. Carlos A. E. Garcia, Roberto Millán-Nuñez, et Frank Muller-Karger. 2004. « Biogeographical regions of the tropical and subtropical Atlantic Ocean off South America: classification based on pigment (CZCS) and chlorophyll-a (SeaWiFS) variability ». *Continental Shelf Research* 24 (9) (juin): 983–1000. doi:10.1016/j.csr.2004.03.002.

- Gratiot, Nicolas, Edward J. Anthony, Antoine Gardel, C. Gaucherel, Christophe Proisy, et J.T. Wells. 2008. « Significant contribution of the 18.6 year tidal cycle to regional coastal changes ». *Nature Geoscience* (1): 169–172.
- Gratiot, Nicolas, Antoine Gardel, et Edward J. Anthony. 2007. « Trade-wind waves and mud dynamics on the French Guiana coast, South America: Input from ERA-40 wave data and field investigations ». *Marine Geology* 236 (1-2) (janvier 15): 15–26. doi:10.1016/j.margeo.2006.09.013.
- Hofmann, Matthias, et Hans-Joachim Schellnhuber. 2009. « Oceanic acidification affects marine carbon pump and triggers extended marine oxygen holes ». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106 (9) (mars 3): 3017–3022. doi:10.1073/pnas.0813384106.
- Hu, Chuanmin, Ellyn T. Montgomery, Raymond W. Schmitt, et Frank E. Muller-Karger. 2004. « The dispersal of the Amazon and Orinoco River water in the tropical Atlantic and Caribbean Sea: Observation from space and S-PALACE floats ». *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 51 (10-11) (mai): 1151–1171. doi:10.1016/j.dsr2.2004.04.001.
- Jaussaud, Ivaneide. 2007. « Caractérisation et dynamique comparée du Phytoplancton et du Bactérioplancton en Eaux Côtières Ecuatoriales (Guyane Française) ». Wimereux: Université du Littoral Côte d'Opale.
- Johns, W. E., T. N. Lee, R. C. Beardsley, J. Candela, R. Limeburner, et B. Castro. 1998. « Annual Cycle and Variability of the North Brazil Current ». *Journal of Physical Oceanography* 28 (1) (janvier 1): 103–128.
- Jones, Chris, Jason Lowe, Spencer Liddicoat, et Richard Betts. 2009. « Committed terrestrial ecosystem changes due to climate change ». *Nature Geosci* 2 (7) (juillet): 484–487. doi:10.1038/ngeo555.
- Kriegler, Elmar, Jim W. Hall, Hermann Held, Richard Dawson, et Hans Joachim Schellnhuber. 2009. « Imprecise probability assessment of tipping points in the climate system ». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106 (13) (mars 31): 5041–5046. doi:10.1073/pnas.0809117106.
- Lampert, Luis. 2011. *Etude de la crise de la pêche de la crevette en Guyane - Volume 1 : Effets de la pêche - hypothèses des causes*. RST. Cayenne: Ifremer.
- Lentz, Steven J. 1995. « The Amazon River Plume during AMASSEDS: Subtidal current variability and the importance of wind forcing » 100(C2): 2377–2390.
- Le Loeuff, Pierre, et R. von Cosel. 2000. *Aperçus sur la macrofaune benthique du plateau continental de la Guyane française (résultats de la campagne GREEN 0, 16 au 20 avril 1999)*. IRD. IRD Bondy. <http://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:010023543>.
- Longhurst, Alan. 1993. « Seasonal cooling and blooming in tropical oceans ». *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers* 40 (11-12) (novembre): 2145–2165. doi:10.1016/0967-0637(93)90095-K.
- Madden, Roland A., et Paul R. Julian. 1972. « Description of Global-Scale Circulation Cells in the Tropics with a 40–50 Day Period ». *Journal of the Atmospheric Sciences* 29 (6) (septembre 1): 1109–1123.
- Marengo, José A., Carlos A. Nobre, Javier Tomasella, Marcos D. Oyama, Gilvan Sampaio de Oliveira, Rafael de Oliveira, Helio Camargo, Lincoln M. Alves, et I. Foster Brown. 2008. « The Drought of Amazonia in 2005 ». *Journal of Climate* 21 (3) (février 1): 495–516.
- Mémery, L., M. Arhan, X. A. Alvarez-Salgado, M. -J. Messias, H. Mercier, C. G. Castro, et A. F. Rios. 2000. « The water masses along the western boundary of the south and equatorial Atlantic ». *Progress In Oceanography* 47 (1) (octobre): 69–98. doi:10.1016/S0079-6611(00)00032-X.
- Muller-Karger, Frank E., Charles R. McClain, et Philip L. Richardson. 1988. « The dispersal of the Amazon's water ». *Nature* (333) (mai 5): 56–59.
- Nikiema, Oumarou, Jean-Luc Devenon, et Malika Baklouti. 2007. « Numerical modeling of the Amazon River plume ». *Continental Shelf Research* 27 (7) (avril 1): 873–899. doi:10.1016/j.csr.2006.12.004.

-
- Nof, Doron, et Thierry Pichevin. 1996. « The Retroflection Paradox ». *Journal of Physical Oceanography* 26 (11) (novembre 1): 2344–2358.
- Paskoff, Roland. 1993. *Côtes en danger*. 1 vol. Pratiques de la Géographie. Paris: Masson.
- Paulmier, Gérard. 1993. « Ecologie du microplancton des eaux marines et saumâtres guyanaises ». Dans *Microplancton des eaux marines et saumâtres de la Guyane et des Antilles Françaises*. Orstom. Paris.
- Pirazzoli, Antonio. 1993. *Les Littoraux*. Nathan université. 1 vol. Géographie d'aujourd'hui. France.
- Prévost, E., et Ph. Tous. 1989. *Evaluation de la ressource de vivaneaux du plateau de la Guyane française. Campagne GUYAVIV2*. Scientifique et technique. Campagnes Océanographiques Françaises. Cayenne: IFREMER.
- Proisy, Christophe, Nicolas Gratiot, Edward J. Anthony, Antoine Gardel, François Fromard, et Patrick Heuret. 2009. « Mud bank colonization by opportunistic mangroves: A case study from French Guiana using lidar data ». *Continental Shelf Research* 29 (3) (mars 1): 632–641. doi:10.1016/j.csr.2008.09.017.
- Richardson, P. L., G. E. Hufford, R. Limeburner, et W. S. Brown. 1994. « North Brazil Current retroflection eddies ». *J. Geophys. Res.* 99(C3): 5081–5093.
- Rockwell Geyer, W., Robert C. Beardsley, Steven J. Lentz, Julio Candela, Richard Limeburner, William E. Johns, Belmiro M. Castro, et Ivan Dias Soares. 1996. « Physical oceanography of the Amazon shelf ». *Continental Shelf Research* 16 (5-6): 575–616. doi:10.1016/0278-4343(95)00051-8.
- Rosa, Rui, et Brad A. Seibel. 2008. « Synergistic effects of climate-related variables suggest future physiological impairment in a top oceanic predator ». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105 (52) (décembre 30): 20776–20780. doi:10.1073/pnas.0806886105.
- Stott, Peter A., Rowan T. Sutton, et Doug M. Smith. 2008. « Detection and attribution of Atlantic salinity changes ». *GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS* 35 (L21702) (novembre 8): 1–5.
- Stramma, Lothar, et Friedrich Schott. 1999. « The mean flow field of the tropical Atlantic Ocean ». *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 46 (1-2) (janvier): 279–303. doi:10.1016/S0967-0645(98)00109-X.
- Vantrepotte, V., H. Loisel, X. Mérieux, G. Neurkermans, D. Dessailly, C. Jamet, E. Gensac, et A. Gardel. 2011. « Seasonal and inter-annual (2002-2010) variability of the suspended particulate matter as retrieved from satellite ocean color sensor over the French Guiana coastal waters. » *Journal of Coastal Research Special Issue* (64): 1750-1754.
- Vendeville, Philippe, Joel Rosé, Antony Viera, et Fabian Blanchard. 2008. *Durabilité des activités halieutiques et maintien de la biodiversité marine en Guyane*. Rapport IFOP-CPER. Cayenne: Ifremer, 316 p.