

# L'avancée du trait de côte de la baie du Marin (Martinique) : conséquence de l'activité anthropique sur les bassins versants alentour

*The progression of the outline of the Marin Bay coastline (Martinique): consequences of anthropogenic activity on surrounding watersheds*

Pascal Saffache<sup>a</sup>, Eric Blanchart<sup>b</sup>, Christian Hartmann<sup>b</sup>, Alain Albrecht<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Université des Antilles et de la Guyane, BP 7207, 97275 Schœlcher cedex, Martinique, France

<sup>b</sup> IRD-Bost, BP 8006, 97259 Fort-De-France cedex, Martinique, France

<sup>c</sup> Icrif, United Nations Avenue, Gigiri, PO Box 30677, Nairobi, Kenya

(Reçu le 9 novembre 1998, accepté après révision le 12 avril 1999)

**Abstract** — After the diachronic cartographic analysis of Marin Bay (Martinique), the conceptors discovered a quick progradation of the shore in the bay. Measurements of erodibility were taken on the square metre scale, in different vegetal covers then extrapolated to the watershed scale. It appears that cultivated areas mostly intensively release the biggest contents of soil particles. But bathymetric and current aspects do not aid the evacuation of these particles when they settle in the bay. One can conclude that the transformations of the natural landscape (accretion of coasts) are linked with the transformations of soil occupation modes. (© Académie des sciences / Elsevier, Paris.)

**Martinique / coastline / progradation / erodibility / watersheds**

**Résumé** — À partir de l'analyse cartographique diachronique de la baie du Marin (Martinique), les auteurs ont mis à jour une accélération de la progradation du rivage de cette baie. Des mesures d'érodibilité ont été effectuées à l'échelle du mètre carré, sous divers couverts végétaux, puis extrapolées à l'échelle du bassin versant. Ce sont essentiellement les surfaces cultivées intensivement qui libèrent les plus grandes quantités de particules terrigènes. Lorsque ces particules arrivent dans la baie, les caractéristiques bathymétriques et courantologiques ne permettent pas leur évacuation. Les transformations du paysage naturel (engraissement des côtes) sont à mettre en relation avec les transformations des modes d'occupation des sols. (© Académie des sciences / Elsevier, Paris.)

**Martinique / littoral / progradation / érodibilité / bassins versants**

## Abridged version

### Introduction

In Martinique, although some scientific research (Desprairies et al., 1980; Assor et al., 1983; Parra, 1985; Pons, 1988) has examined the relationship between land and sea environ-

ments, no research to date has studied the influence that slopes can have on the morphological evolution of the coastline. With respect to the rapid evolution of the coastal landscape, comprehending the mechanisms which govern this activity seems essential. Hence, using the example of the Marin Bay (southern

Note présentée par Georges Pédro.

\* Correspondance et tirés à part.  
Pascal.Saffache@martinique.univ-ag.fr

C. R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la terre et des planètes / Earth & Planetary Sciences  
1999. 328, 739-744

739



Fonds Documentaire ORSTOM

Cote : B \* 19060 Ex : 1

Martinique), we will detail the links existing between the land environment, anthropogenic activity and the evolution of the coastal landscape.

### Evolution of coastal landscapes and mineralogical characteristics of coastal sediment

After having been set on an identical scale (1:25 000), a comparison of the three most recent IGN topographical maps (1955, 1985 and 1994) has been conducted. It reveals that the Marin Bay is the site of substantial accretion (along a 7.5 km stretch) over a surface area of approximately 25 ha, representing an average progradation of 30 m (*figure 1*). It should be noted, however, that in the neighbourhood of Duprey, progradation does not exceed 15 m whereas in the neighbourhoods of Trou Manuel and O'Neil, it exceeds 70 m. Such discrepancies are the result of the influence of rivers and marine hydrodynamic factors.

This accretion is accelerated since, over the past nine years (1985–1994), the rate is the highest it has been for the past thirty years (1955–1985).

Mineralogical testing of the four samples taken from the area of progradation and from the neighbouring watersheds indicates that in general, their composition is similar: 75 % smectite, 20 % kaolinite and 5 % cristobalite. Coastal sediment therefore originates inland, as the mineralogical composition of the clay of marine sediment is different (*table 1*).

### Pedological characteristics and erodibility of neighbouring watersheds

With a surface area of 22 km<sup>2</sup>, the watersheds surrounding Marin Bay are formed into homogeneous soil of the vertisol soil class (Colmet-Daage et al., 1965; Colmet-Daage, 1969).

Mini rainfall simulators (Valentin et al., 1978; Casenave, 1982) measured areas of 1 m<sup>2</sup> on three types of soil utilization: forest land, pasture land and vegetable farming. Three different types of rain intensity were applied: 55, 80 and 150 mm h<sup>-1</sup>. When the organic covering is uniform (forest and pasture), soil loss is minimal; in the absence of an organic covering, (vegetable farming) there is a high rate of soil loss (*figure 2*). When the rainfall intensity rises, the difference between the two cases is amplified (Saffache, 1998).

Analysis of the granulometric spectrum (*figure 3*) reveals that for forest and pasture lands fine particles (< 2 µm) constitute only 8 % of those washed away and particles > 200 µm constitute over 50 %. This particle size distribution is the result of the presence of organic matter, as the magnesium and

sodium ions present in the soil solution decrease the stability of the conglomerate. As an example, when subject to vegetable farming (drop in organic content), fine particles are 65 % of the total mass of the matter carried off.

### Discussion

All the parameters studied (pedological, mineralogical, etc.) reveal that the particles which are accumulating in Marin Bay come essentially from the land environment. However, because these dynamics have existed for quite a long time, it is difficult to understand why the Marin Bay has been subject to such rapid transformation in recent decades.

Installing an irrigation system for a limited area has enabled the development of vegetable farming in the south of Martinique. Hence, in the town of Marin, a total surface area of 2 km<sup>2</sup> has been dedicated to this activity. This bare surface, constantly affected by the kinetic energy of rainfall, releases large quantities of sediment which are then deposited in the coastal regions.

To quantify the phenomenon, we have used an average rainfall intensity value of 20 mm·h<sup>-1</sup> for an average annual duration of 100 h; in forested areas, soil loss is almost nil, on pastures, it is 0.08 t·ha<sup>-1</sup> and for vegetable farming it is approximately 130 t·ha<sup>-1</sup>. With the data on surface areas of natural surfaces (17 km<sup>2</sup>), pastures (3 km<sup>2</sup>) and vegetable farming (2 km<sup>2</sup>), the corresponding annual soil loss is as follows: 13 t, 24 t and 26 000 t.

Although these are only estimates, since it is mostly exceptional phenomena such as hurricane activity which have the strongest impact, these estimates nevertheless enable a comparison of soil erodibility by surface land use. For example, we observe that the 17 km<sup>2</sup> of natural surface releases only 13 t of sediment while on bare surfaces an eighth of the size (2 km<sup>2</sup>) the rate of soil loss is 2 000 times higher.

Even if the intensity used in the calculations were closer to reality, nothing would alter the fact that the major part (over 90 %) of the terrigenous particles are washed away from only 10 % (2 km<sup>2</sup>) of the surface area occupied by the Marin watershed (*table 1*), to be accumulated along the coastline.

Such coastline accumulation is all the more substantial, as it is facilitated by physico-chemical features (sodicity) and the influence of current flow and bathymetry.

### Conclusion

Anthropogenic activity modifies the flow of solid particles so intensely that they irremediably transform the coastline. Measures must be taken quickly before the situation becomes as serious as that of the Fort-De-France Bay (Sandrin, 1984).

## 1. Introduction

Du fait de leur exigüité et des liens étroits qui existent entre les différents compartiments de leurs écosystèmes, les îles ont toujours été considérées comme les révélateurs

de mécanismes se développant à de plus vastes échelles. C'est pourquoi de nombreuses études scientifiques ont été réalisées au cours de ces dernières décennies en Martinique ; cependant, rares sont celles qui ont établi une filia-

tion entre les milieux terrestres et marins. Même quand ce fut le cas (Desprairies et al., 1980 ; Assor et al., 1983 ; Parra, 1985 ; Pons, 1988), l'objectif final était l'analyse des mutations minéralogiques des sédiments terrigènes en milieu marin, et non les transformations physiques du paysage.

Pourtant, une étude réalisée dans la baie de Fort-De-France (Sandrin, 1984) a montré l'influence que pouvait exercer le milieu terrestre sur l'évolution morphologique du littoral. En fait, cette étude n'a pu servir de référence, car l'environnement pédologique de cette baie est hétérogène et cette dernière trop grande (70 km<sup>2</sup>) pour que soit caractérisé l'ensemble des paramètres qui participent à son évolution. Aussi, pour analyser les mécanismes des transformations physiques du littoral, nous prendrons l'exemple de la baie du Marin, car cette dernière est peu étendue (11 km<sup>2</sup>) et son environnement pédologique est homogène (vertisols). Ainsi seront définis les liens qui existent entre le milieu terrestre, l'activité anthropique et l'évolution du paysage littoral.

## 2. Évolution du paysage littoral

L'évolution de la baie du Marin a été mesurée à partir des trois dernières couvertures topographiques IGN de 1955 (1:20 000), 1985 (1:25 000) et 1994 (1:25 000) ; ces cartes ont préalablement été ramenées à la même échelle (1:25 000).

Le cul-de-sac du Marin est le siège d'une importante accumulation (figure 1) puisque, sur un linéaire de 14 km environ, plus de 7,5 km de côtes (de la pointe Borgnesse à la pointe Marin) sont directement affectés par l'engraissement. Ainsi, au cours des 40 dernières années, c'est une surface de 25 ha qui a été gagnée sur la mer, ce qui représente environ 3 % de la surface totale de la baie et une progradation du rivage d'une largeur moyenne de 30 m environ. Précisons cependant qu'au quartier Duprey, la progradation n'excède pas 15 m, alors qu'aux quartiers Trou Manuel et O'Neil, elle est supérieure à 70 m (figure 1). Ces différences résultent de l'influence des rivières et des facteurs hydrodynamiques marins.

Aux quartiers Trou Manuel et O'Neil, l'engraissement côtier est important, car ces régions sont alimentées par des rivières dont la charge solide est importante en phase de crue. En effet, bien que leurs débits moyens journaliers avoisinent 0,5 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> (Guiscafre et al., 1976) et bien que leur teneur en matières en suspension (MES) n'excède pas 45 mg.L<sup>-1</sup> au cours des phases paroxysmales (tempêtes, ouragans, etc.), ces rivières disposent d'une charge turbide de 500 mg.L<sup>-1</sup> environ, alors que leurs débits avoisinent 100 ou 150 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> (Guiscafre et al., 1976). La couleur ocre de la baie traduit d'ailleurs l'abondance des sédiments en suspension.

En dehors des phases paroxysmales, l'eau de mer prélevée dans le fond de la baie, à proximité des embouchures des rivières Trou Manuel et O'Neil, n'a qu'une faible concentration en MES (50 mg.L<sup>-1</sup> environ) ; cependant, cette concentration est toujours largement supérieure à

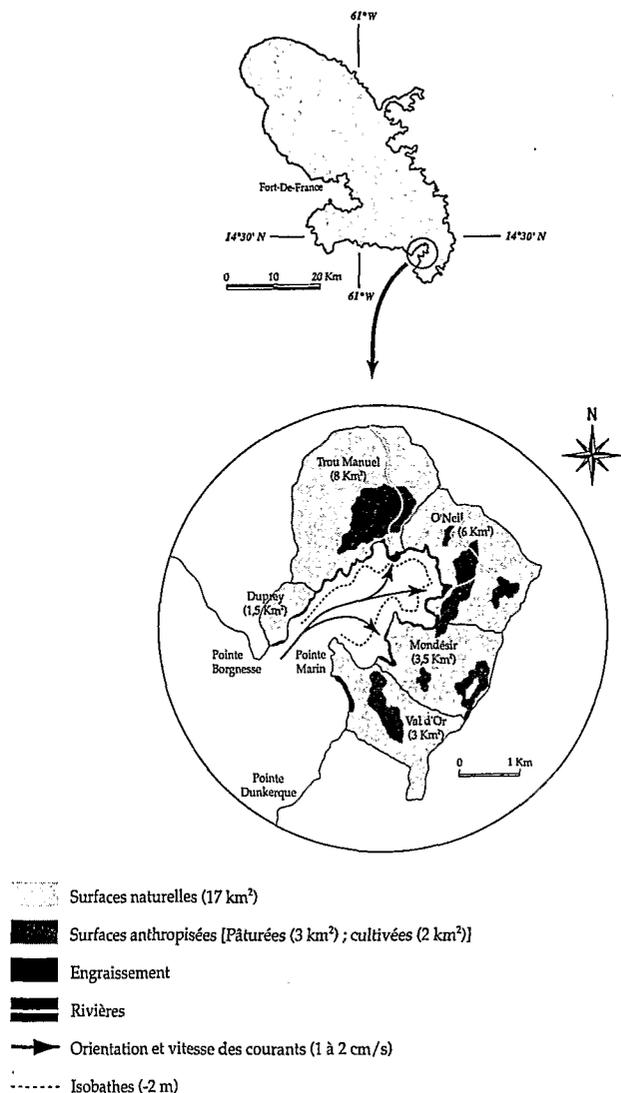


Figure 1. Localisation du cul-de-sac du Marin et évolution diachronique du trait de côte (1955-1994).

Location map of the Marin cul-de-sac and diachronic evolution of the coastline (1955-1994). 'Surfaces naturelles' = natural surfaces, 'Surfaces anthropisées' = anthropogenic surfaces, 'Engraissement' = accretion, 'orientation et vitesse des courants' = direction and speed of currents (1 to 2 cm.s<sup>-1</sup>), 'isobathe' = isobath.

celle mesurée en dehors de la baie (7 à 10 mg.L<sup>-1</sup>). Les matières en suspension proviennent donc bien du milieu terrestre.

Quand on sait que les courants qui pénètrent dans la baie sont orientés sud-ouest - nord-est et circulent à la vitesse moyenne de 1 à 2 cm.s<sup>-1</sup> (BCEOM, 1994), on comprend pourquoi les MES (présentes au fond de la baie) sont peu redistribuées et s'accumulent prioritairement le long du trait de côte, à proximité des embouchures des rivières. La progradation du rivage est donc moins importante au niveau des portions côtières (quartier Duprey, par exemple) qui ne jouxtent pas directement l'embouchure d'une rivière.

En fait, cette progradation n'est pas régulière, puisqu'au cours des 9 dernières années (1985-1994), elle a été aussi importante qu'au cours des 30 précédentes (1955-1985). Il semble donc y avoir une accélération du phénomène.

### 3. Caractéristiques minéralogiques des sédiments côtiers

Quatre échantillons ont été prélevés : deux dans la zone côtière engraisée et les deux autres sur les bassins versants alentour. Ces quatre échantillons renferment environ 75 % de smectite, 20 % de kaolinite et 5 % de cristobalite. Ces résultats indiquent que les sédiments côtiers proviennent du milieu terrestre, car la composition minéralogique des argiles des sédiments marins est différente (tableau I).

Tableau I. Caractéristiques minéralogiques des sédiments d'origine terrestre, littorale et marine.

Mineralogical characteristics of sediment originating from land, coast and sea. 'Sédiments terrestres' = land sediment, 'Sédiments côtiers' = coastal sediment, 'Sédiments marins' = marine sediment.

	Smectite (%)	kaolinite (%)	cristobalite (%)
Sédiments terrestres	75	20	5
Sédiments côtiers	75	20	5
Sédiments marins	55	45	

### 4. Caractéristiques pédologiques et érodibilité des bassins versants alentour

La baie du Marin résulte de la convergence de plusieurs bassins versants élémentaires (inclinés de 15 % en moyenne), qui couvrent une surface totale de 22 km<sup>2</sup> (figure 1). Sur l'ensemble de cette surface, les sols sont homogènes et appartiennent à la classe des vertisols (Colmet-Daage et al., 1965 ; Colmet-Daage, 1969). Des mesures au mini-simulateur de pluie (Valentin et al., 1978 ; Casenave, 1982) ont été effectuées sur des parcelles de 1 m<sup>2</sup>, sous trois modes d'occupation du sol : forêt, pâturage et maraîchage. Trois intensités de pluie différentes ont été utilisées : récurrence annuelle (55 mm·h<sup>-1</sup>), décennale (80 mm·h<sup>-1</sup>) et centennale (150 mm·h<sup>-1</sup>).

Lorsque le sol est couvert par la végétation (forêt ou pâturage), les pertes en terre se limitent à quelques dizaines ou quelques centaines de kg·ha<sup>-1</sup>. Sous culture maraîchère, les pertes en terre sont toujours beaucoup plus élevées. Avec l'augmentation de l'intensité des pluies, les pertes s'accroissent et peuvent alors s'élever jusqu'à plusieurs dizaines de t·ha<sup>-1</sup> (figure 2). Aussi, sous des précipitations de forte intensité (150 mm·h<sup>-1</sup>), l'érodibilité d'une surface maraîchère peut donc être 100 fois plus élevée que celle d'une surface forestière ou pâturée.

Le volume des pertes en terre varie donc en fonction des modes d'occupation du sol, ainsi qu'en fonction de la nature des particules transportées. En effet, l'analyse du

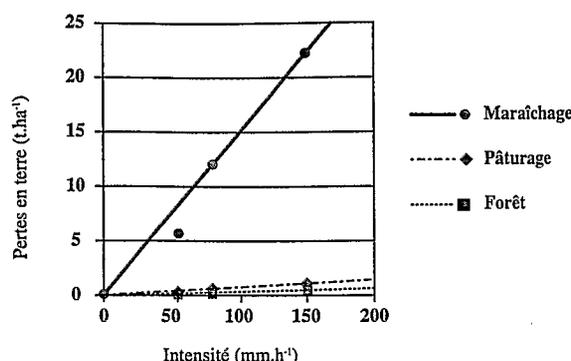


Figure 2. Influence du mode de gestion sur l'érodibilité des vertisols.

Influence of the type of land use on the erodibility of the vertisols. 'Maraîchage' = vegetable farming, 'Pâturage' = pasture land, 'Forêt' = forest land, 'Intensité' = intensity, 'Pertes en terre' = soil loss.

spectre granulométrique des particules présentes dans l'eau de ruissellement montre que, pour la forêt et les pâturages, il y a seulement 8 % de particules fines (< 2 µm) et plus de 50 % de particules de tailles supérieures à 200 µm (figure 3). Pour les surfaces maraîchères, les particules fines représentent, à l'inverse, 65 % de la masse totale des matériaux arrachés.

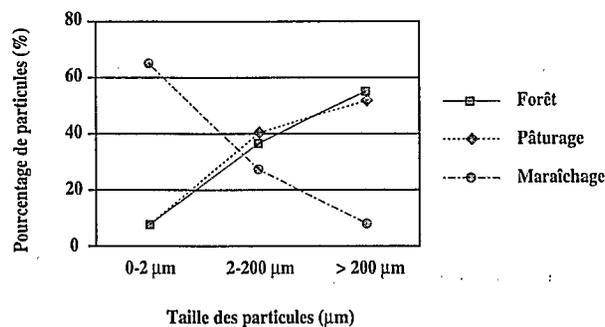


Figure 3. Caractéristiques granulométriques des particules arrachées.

Granulometric characteristics of particles washed away. 'Forêt' = forest land, 'Pâturage' = pasture land, 'Maraîchage' = vegetable farming, 'Taille des particules' = particles size, 'Pourcentage de particules' = particles percentage.

### 5. Discussion

La baie du Marin présente les principales caractéristiques d'une baie confinée. Sur le plan topographique, elle est circonscrite par des versants pentus (15 % environ) et ne communique avec l'extérieur que par une passe de moins d'un kilomètre de large. De plus, ses flux courantologiques sont faibles (1 à 2 cm·s<sup>-1</sup>) et sa bathymétrie modérée (figure 1). Ces caractéristiques ne favorisent donc pas l'apport de particules marines. Nos analyses confirment d'ailleurs que les sédiments qui se déposent sur le littoral n'ont pas la même composition minéralogique que ceux d'origine marine (tableau I).

Les mesures d'érosion réelle étant difficiles à réaliser, nous avons utilisé les mesures au mini-simulateur de pluie pour faire un bilan de l'érosion à l'échelle des bassins versants. Cette extrapolation s'est faite en partant de la perte en terre obtenue pour chacun des trois modes d'occupation du milieu (forêt, pâturage et maraîchage), ramenée à la surface occupée sur le bassin versant (respectivement 17, 3 et 2 km<sup>2</sup>). Pour chaque mode d'occupation, la perte en terre est fortement liée à l'intensité de la pluie et à sa durée. Afin de pouvoir comparer les situations, les services de Météo France nous ont conseillé d'effectuer ce bilan en utilisant une intensité de pluie moyenne de 20 mm·h<sup>-1</sup> pendant une durée de 100 h (tableau II).

**Tableau II. Estimation des pertes en terre moyennes des surfaces occupées (pour 20 mm·h<sup>-1</sup> pendant 100 h) et des volumes sédimentaires exportés.**

Estimate of average soil loss of farmed surfaces (for 20 mm·h<sup>-1</sup> during 100 h) and volumes of exported sediment. 'Forêt' = forest land, 'Pâturage' = pasture land, 'Maraîchage' = vegetable farming, 'Pertes' = loss, 'Surfaces' = surfaces, 'Bilan' = assessment.

	Pertes (t·ha <sup>-1</sup> )	Surfaces (km <sup>2</sup> )	Bilan (t·an <sup>-1</sup> )
Forêt	0,008	17	13
Pâturage	0,08	3	24
Maraîchage	130	2	26 000

Il ressort de notre extrapolation que ce sont les surfaces les moins étendues (surfaces maraîchères) qui libèrent le plus gros volume sédimentaire. Ainsi, les 17 km<sup>2</sup> de surfaces naturelles ne libèrent que 13 t·an<sup>-1</sup> de sédiments, alors que, sur des surfaces cultivées 8 fois plus petites (2 km<sup>2</sup> de maraîchage), le volume sédimentaire annuel exporté est 2 000 fois plus important.

Cette estimation est certainement inférieure à la réalité. En effet, le régime pluviométrique de la Martinique est caractérisé par sa variabilité annuelle et interannuelle. Il serait certainement plus juste de prendre en compte des événements exceptionnels de type cyclonique, marqués par une intensité pluviométrique très élevée, même si leurs durées sont faibles. Ainsi, lors du passage de la tempête tropicale Dorothy (1970), une intensité de 280 mm·h<sup>-1</sup> a été mesurée durant les 10 premières minutes de précipitations (Service météorologique Antilles-Guyane, 1970). Sous de telles intensités, les différences de perte en terre entre les zones couvertes par la végétation (forêt et pâturage) et les zones de sols nus (cultures maraîchères) ne font que s'amplifier (Saffache, 1998).

En outre, la nature et le comportement des particules arrachées varient sensiblement en fonction des situations. Ainsi, les surfaces à couverture végétale libèrent principa-

lement des particules grossières ( $\phi > 200 \mu\text{m}$ ), qui se déposent dès que l'énergie de l'eau de ruissellement diminue (bas de pente, arrêt de la précipitation). Ces particules grossières se déposent donc en partie en milieu terrestre, avant d'atteindre le littoral. À l'inverse, les zones en sols nus libèrent des particules argileuses ( $\phi < 2 \mu\text{m}$ ). La nature calco-magnésio-sodique des vertisols de la Martinique provoque, de plus, la dispersion de ces particules dans l'eau de ruissellement. Par conséquent, même lorsque la vitesse de circulation de l'eau devient extrêmement faible, les particules restent en suspension et peuvent être entraînées vers l'exutoire du bassin versant. La côte étant colonisée par des plantes halophiles (*Rhizophora mangles*, *Avicennia germinans*, etc.), ces dernières facilitent la rétention, puis la décantation des sédiments par leurs racines échasses et leurs pneumatophores. Ces particules fines, constituées d'argiles minéralogiques, restent donc en zone littorale proche et favorisent ainsi la progradation du rivage. L'accélération de l'engraissement côtier observé entre 1985 et 1994 résulte uniquement d'une accentuation de la transformation des modes d'occupation des sols, due à la mise en place d'un périmètre irrigué (1982-1983), à une intensification de la culture bananière et, par conséquent, à une augmentation de l'érodibilité des sols. Ainsi, comme l'ont confirmé les ingénieurs de Météo-France, cette accélération de l'engraissement ne résulte ni d'une accentuation de la récurrence des événements climatiques paroxysmiques (tempêtes, ouragans, etc.), ni d'un accroissement de leur intensité.

## 6. Conclusion

Les transformations physiques de la baie du Marin sont similaires à celles qui ont pu être observées dans la baie de Fort-De-France. À l'échelle de quelques décennies, on a abouti à une véritable transformation du milieu physique, en particulier par un important engraissement des côtes, facilement mesurable à l'aide de documents cartographiques ordinaires.

Cependant, contrairement à ce qui a été réalisé jusqu'alors, nous avons réussi à corréliser l'influence de l'activité anthropique et la transformation du paysage littoral. Dans ce travail, seule l'influence des surfaces naturelles et agricoles a été prise en compte. Il apparaît que l'activité agricole, même limitée à une surface inférieure à 10 % du bassin versant, a considérablement transformé le flux de particules solides. Pour compléter cette étude et obtenir une connaissance de l'ensemble des mécanismes à l'origine des transformations physiques du paysage, il semble que l'influence des surfaces urbaines, même si leurs superficies relatives sont tout aussi limitées, devrait également être précisée.

**Remerciements.** Nous remercions M. Villebonnet (Photothèque nationale, Paris), qui a réalisé la superposition des cartes IGN.

## 7. Références

- Albrecht A., Rangon L. et Barret P. 1992. Effet de la matière organique sur la stabilité structurale et la détachabilité d'un vertisol et d'un ferrisol (Martinique), *Cahiers Orstom, série pédologie*, XXVII, 1, 121-133
- Assor R., Julius C., Pons J.-C. et Pujos M. 1983. Sédiments récents du plateau insulaire guadeloupéen : nature et filiation avec le domaine émergé, *Bull. Soc. géol. France*, XXV, 6, 903-908
- Bouchon C. et Laborel J. 1986. Les peuplements coralliens des côtes de la Martinique, *Annales de l'Institut d'Océanographie*, 62, 2, 199-237
- Bureau Central pour les Équipements d'Outre-Mer (BCEOM). 1994. Étude des courants et de la qualité des eaux dans le cul-de-sac du Marin, *Rapport BCEOM*, multigr., 102 p.
- Casenave A. 1982. Le minisimulateur de pluie. Conditions d'utilisation et principes de l'interprétation des mesures, *Cahiers Orstom, série hydrologie*, XIX, 4, 207-227
- Colmet-Daage F. 1969. Carte des sols des Antilles, Paris, *Orstom*, 1: 20.000
- Colmet-Daage F. et Lagache P. 1965. Caractéristiques de quelques groupes de sols dérivés de roches volcaniques aux Antilles françaises, *Cahiers Orstom, série pédologie*, 3, 91-122
- Desprairies A. et Bonnot-Courtois C. 1980. Relation entre la composition des smectites d'altération sous-marine et leur cortège de terres rares, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 48, 124-130
- Guiscafre J., Klein J.-C. et Moniod F. 1976. *Les ressources en eau de surface de la Martinique*, Orstom, Paris, 212 p.
- Le Fur A. 1994. Érodibilité et dispersabilité de vertisols de la Martinique. Rôles de la matière organique et de la garniture ionique, *Mémoire de fin d'études Ensar/Orstom*, multigr., 48 p.
- Parra M., Pons J.-C., Delmont P. et Ferragne A. 1985. Évolution des minéraux argileux dans un environnement volcanique tropical actuel : exemple de la Martinique (petites Antilles), *Bulletin de l'Institut de Géologie du Bassin d'Aquitaine*, Bordeaux, 38, 95-104
- Pons J.-C. 1988. Genèse et répartition des produits détritiques dans un contexte volcano-sédimentaire tropical : exemple de la Martinique et de ses bassins adjacents, *Bulletin de l'Institut de Géologie du Bassin d'Aquitaine*, Bordeaux, 43, 5-151
- Saffache P. 1998. Le littoral martiniquais : milieux, dynamiques et gestion des risques, *Thèse*, UAG Geode - Caraïbe (EA 929), 368 p. (+ 49 p. d'annexes)
- Sandrin M. 1984. Apport sédimentaire des rivières dans le fond de la baie de Fort-de-France : note préliminaire, *Rapport Direction départementale de l'Équipement (Martinique)*, multigr., 15 p.
- Service météorologique Antilles-Guyane. 1970. *La tempête tropicale Dorothy (20 et 21 août 1970)*, Martinique, Rapport multigr., 16 p.
- Valentin C. et Asseline J. 1978. Construction et mise au point d'un infiltromètre à aspersion, *Cahiers Orstom, série hydrologie*, XV, 4, 321-348