

# Un engraissement côtier résultant de l'érosion des bassins-versants cultivés : exemple de la baie du Galion à la Martinique

Pascal SAFFACHE \*

Université des Antilles et de la Guyane, département de géographie, BP 7207,  
97275 Schœlcher cedex, Martinique

Reçu le 20 juillet 1998, reçu en forme révisée le 25 mai 1999, accepté le 16 août 1999

**Abstract – Coastal accretion as a result of erosion of farmed watersheds: example of the Galion Bay.** The progradation of the shores of the Galion Bay (Martinique) has been measured based on diachronic mapping analysis. The sedimentary volume which accumulates along the coast and in the bay (under the water surface) is unknown. Erodibility has been surveyed on a square meter scale and extrapolated to the watersheds. The results show that most sediments originate from the farmed surfaces, they are then entrained by the runoff and the Galion river and deposited along the coast, where the bathymetry and currentology of the bay facilitate sediment retention. The harmful effects of anthropogenic influence in the area are discussed. © 2000 Ifremer / CNRS/IRD/Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS

**Martinique / soil erodibility / accretion of the coastline / coast / environment**

**Résumé –** La progradation du rivage de la baie du Galion (Martinique) a été mesurée à partir d'une analyse cartographique diachronique. Le volume sédimentaire qui s'accumule sur la frange côtière et dans la baie (sous la surface de l'eau) n'étant pas connu, des mesures d'érodibilité ont été réalisées à l'échelle du mètre carré puis extrapolées pour les bassins-versants. Les résultats montrent que les sédiments proviennent, pour l'essentiel, des surfaces cultivées d'où ils sont évacués par l'eau de ruissellement et la rivière du Galion ; ils se déposent ensuite sur le littoral où la bathymétrie et la courantologie de la baie favorisent leur maintien sur place. Les effets néfastes de l'anthropisation du milieu sont discutés. © 2000 Ifremer/CNRS/IRD/Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS

**Martinique / érodibilité / engraissement des côtes / littoral / environnement**

## 1. INTRODUCTION

La déforestation des îles tropicales est l'une des causes majeures de leur dégradation. Lorsque du bois est coupé pour les besoins domestiques des populations ou lorsque les troupeaux piétinent des surfaces rhéxistatiques, le sol n'est plus protégé de l'impact des gouttes de pluies et l'eau de ruissellement l'emporte [19, 20]. La disparition progressive du sol est

néfaste pour ces îles où la survie est souvent conditionnée par l'agriculture et l'élevage [18].

En Martinique, bien que la déforestation ne soit pas encore excessive, l'intensification des pratiques culturelles fragilise les sols [2, 10, 21], d'autant plus qu'ils sont quotidiennement soumis à des conditions extrêmes : fortes précipitations (1 200 à 5 000 mm/an), saturation en eau, ruissellement, etc. Les baies s'envasent à un rythme soutenu [22, 23], alors que d'autres parties du littoral reculent [24–26], posant la question du lien entre l'érosion des surfaces cultivées

\* Correspondance et tirés à part :  
pascal.saffache@martinique.univ-ag.fr

et l'engraissement des zones confinées. Des méthodes cartographiques diachroniques et des analyses pédologiques ont été appliquées à la baie du Galion afin de préciser les relations entre l'activité anthropique, l'érosion des sols et l'engraissement des côtes.

## 2. DONNÉES ET MÉTHODES

### 2.1. Présentation du site, documents cartographiques et mesures (carottages, MES)

Située sur la côte orientale de la Martinique, entre les pointes Brunet et Banane, la baie du Galion, 25 km<sup>2</sup> environ (figure 1), est entourée de petites collines dont les versants, faiblement inclinés (10 % environ),

sont partiellement recouverts de champs de canne à sucre. La frange côtière, peu escarpée et constituée d'un substrat vaseux, est colonisée par des plantes halophiles.

Exposée aux alizés, cette région est bien arrosée, avec des précipitations moyennes annuelles (1951–1985) atteignant 3 000 mm environ. Dans le détail, les précipitations moyennes du mois de mars (saison sèche) avoisinent 60–70 mm, alors que celles du mois d'août (saison humide) dépassent 200 mm (figure 2). Lors des paroxysmes (tempêtes, ouragans, etc.) les précipitations journalières peuvent dépasser les moyennes mensuelles : lors du passage de la tempête tropicale Dorothy (août 1970), 235 mm de pluie ont été recueillis en 24 h [28]. Au cours des six premières minutes, une intensité de 250 mm·h<sup>-1</sup> a été enregistrée. Ces records engendrent des processus érosifs de grande ampleur.

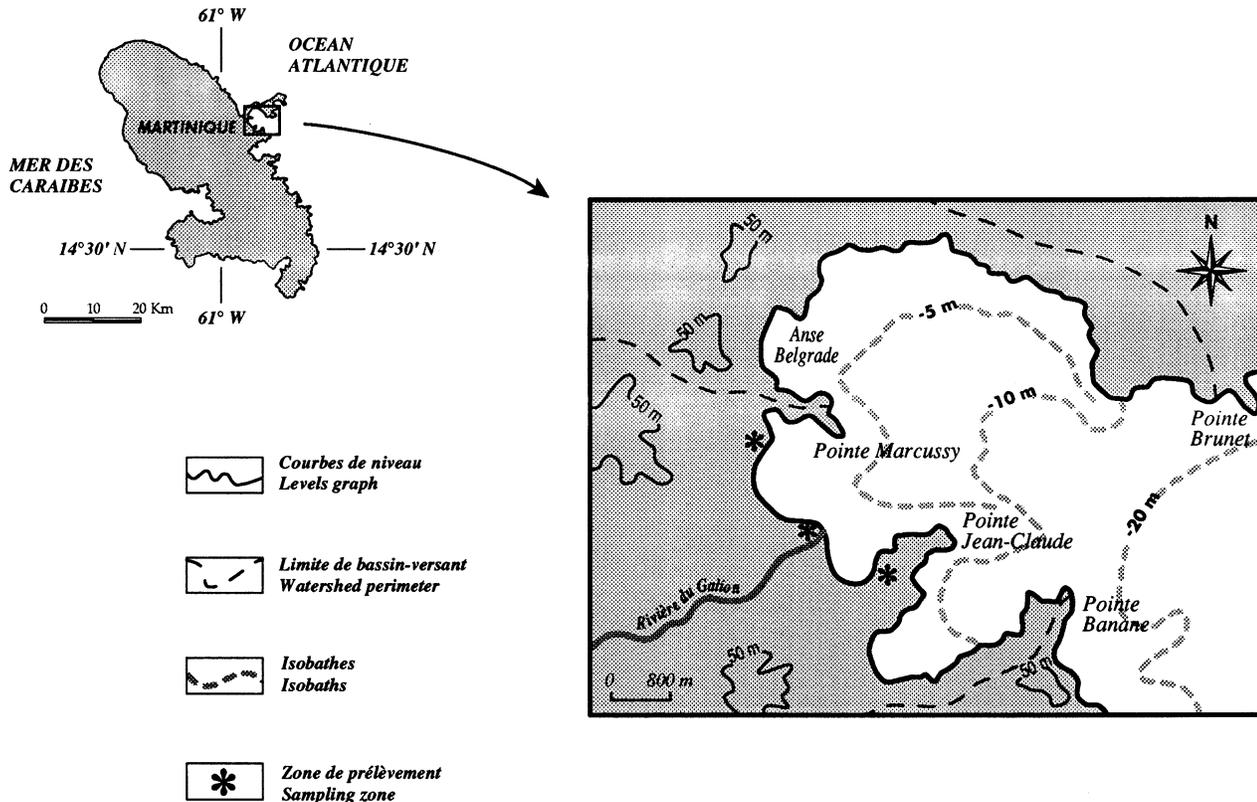
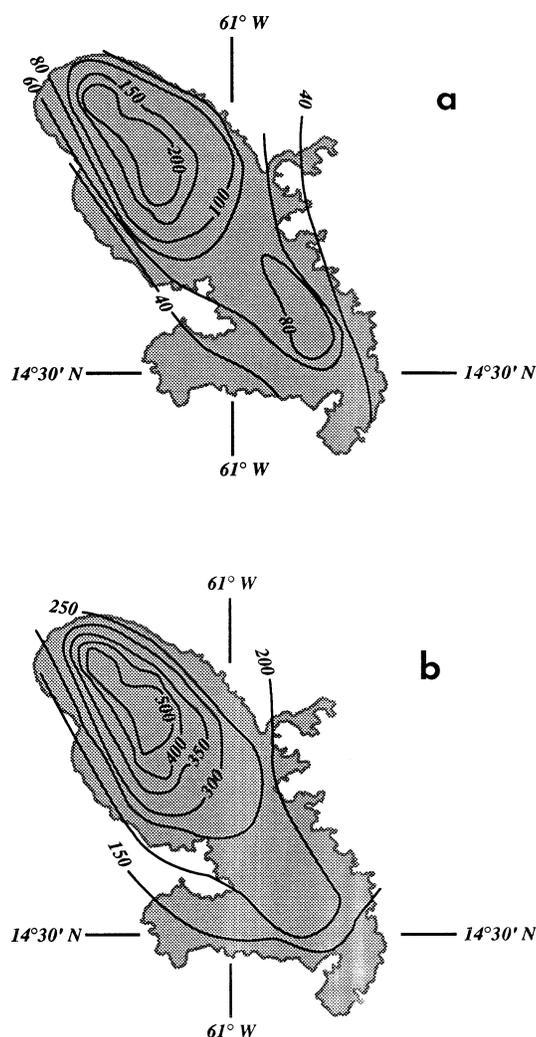


Figure 1. Localisation cartographique de la baie du Galion et présentation de ses principales caractéristiques physiques.

Figure 1. Map of the Galion Bay and outline of its main physical features.



**Figure 2.** Variations annuelles de la pluviosité. a. Précipitations moyennes du mois de mars (mm). b. Précipitations moyennes du mois d'août (mm).

**Figure 2.** Annual rainfall variation. a. Average rainfall for March (mm). b. Average rainfall for August (mm).

Pour apprécier l'évolution de la baie du Galion, les trois dernières couvertures topographiques IGN de 1955 [11], 1985 [12] et 1994 [13] ont été ramenées à la même échelle (1/25 000) par la photothèque nationale (IGN). La superposition des cartes est effectuée à l'aide de films transparents sur lesquels les principaux amers (points géodésiques, usines, etc.) sont répertoriés, avec le même niveau zéro topographique. Le marnage étant extrêmement faible en Martinique (0,25 à 0,30 m), la localisation du trait de côte est

précise. L'évolution générale de la côte a ainsi pu être mesurée.

Dans la baie, les profondeurs sont extrêmement faibles puisqu'à proximité du rivage les isobathes oscillent de 0,2 à 0,5 m [27]. L'isobathe 1,9 m se trouve à 70 m de la côte, et l'isobathe 10 m est à plus de 800 m du rivage. Pour connaître l'exhaussement des fonds, les minutes de sonde du ministère de la Marine [15] et du SHOM [27] ont été comparées. Les données courantologiques proviennent de la DDE [8].

L'épaisseur des dépôts sédimentaires est estimée par des carottages à l'embouchure de la rivière du Galion et à proximité des pointes Marcussy et Jean-Claude (figure 1). La charge sédimentaire de la rivière du Galion a été déterminée par l'Orstom [4, 9].

## 2.2. Caractéristiques pédologiques

La baie du Galion est circonscrite par des bassins-versants qui couvrent une surface totale de 13 km<sup>2</sup> (dont 6 km<sup>2</sup> sont plantés en canne à sucre). Sur l'ensemble de cette surface, les sols sont homogènes et appartiennent à la classe des ferrisols [6]. Bien que soumis aux processus de ferrallitisation, ils se distinguent des sols ferrallitiques classiques.

Les ferrisols sont des sols jeunes (peu évolués), plus compacts et moins perméables que les sols ferrallitiques ; ils contiennent en moyenne moins de 20 % de minéraux encore altérables [7]. La région du Galion étant modelée dans des ferrisols argileux, développés sur des brèches andésitiques [6], ces derniers renferment 55,5 % d'argile, 29,2 % de limons et 15,3 % de sables (tableau 1). Sous pâturage [2], les teneurs élevées en matières organiques (20 mg·g<sup>-1</sup>) favorisent l'agrégation des particules et augmentent la résistance des ferrisols à l'érosion. Au contraire, la mise en culture diminue les teneurs en matières organiques (10 à 12 mg·g<sup>-1</sup>) et augmente la sensibilité du sol à l'érosion. Ainsi, selon leur mode d'occupation, les ferrisols résistent différemment à l'érosion.

## 2.3. Taux d'érosion

L'érodibilité des sols a été mesurée à l'aide d'un « mini-simulateur de pluie » [30]. Cet appareil, de forme pyramidale, se compose d'un gicleur qui ar-

rose, avec un mouvement de balancier, une parcelle de 1 m<sup>2</sup> délimitée par un cadre métallique. Les parcelles utilisées présentent une pente suffisante (10 % environ) pour orienter l'eau de ruissellement vers la cuve réceptrice où des prélèvements sont effectués pour déterminer la quantité de terre exportée, la taille des agrégats, la teneur en matière organique, etc. La cuve réceptrice est munie d'un flotteur relié à un limnigraphe, ce qui permet de connaître la quantité d'eau ruisselée au cours de la simulation.

L'érodibilité a été mesurée sur des surfaces pâturées et cultivées, avec trois intensités de pluie: récurrence annuelle (55 mm·h<sup>-1</sup>), décennale (80 mm·h<sup>-1</sup>) et centennale (150 mm·h<sup>-1</sup>). Chaque pluie est appliquée pendant 30 min avec une période de repos de 15 min entre deux pluies. La série de trois pluies a été simulée sur chacune des deux surfaces étudiées. Sur les surfaces pâturées, la végétation a été coupée et enlevée, alors que sur les surfaces cultivées, le sol a été travaillé manuellement sur 10 cm de profondeur selon la méthode du « lit de semence » [1]. Les pertes en terre sont calculées et exprimées en tonne (T) par hectare (ha) [5].

#### 2.4. Estimation des pertes en terre annuelles

Le passage des pertes en terre par mètre carré durant des pluies standardisées (55, 80 et 150 mm·h<sup>-1</sup>), aux pertes en terre annuelles a été effectué conformément aux modèles climatologiques de Météo France, avec 20 mm·h<sup>-1</sup> pour la pluie moyenne journalière et 150 h pour la durée annuelle. Au Galion, les pertes en terre sont importantes car les pluies se produisent pendant l'hivernage, alors que le sol est peu protégé par la végétation.

#### 2.5. Estimation des pertes en terre à l'échelle du bassin versant

Le passage du mètre carré à l'hectare puis à la surface du bassin-versant, a été fait par une simple extrapolation. Les pluies ont été simulées sur des parcelles dont l'inclinaison moyenne (10 %) correspond à celle des bassins-versants.

Bien que délicate, l'extrapolation des mesures du mètre carré à l'échelle d'un bassin-versant [14], a permis d'en déterminer pour la première fois les ordres de grandeur.

### 3. RÉSULTATS

#### 3.1. Évolution du paysage littoral

L'analyse diachronique des cartes topographiques indique que la baie du Galion est le siège d'une importante accumulation. De la pointe Marcussy à la pointe Jean-Claude, plus de 3,5 km de côtes sont directement affectés par l'engraissement (*figure 3*); en 39 ans, plus de 10 ha ont été gagnés sur la mer, ce qui représente une progradation moyenne du rivage de 30 m environ.

À proximité de la pointe Marcussy l'engraissement n'atteint que 10 m, alors qu'à l'embouchure de la rivière du Galion (la seule qui alimente la baie), la progradation du rivage est maximale et dépasse 50 m. Cette rivière dispose, en phase de crue, d'une charge sédimentaire supérieure à 1 800 mg·L<sup>-1</sup>. Les sédiments récemment déposés sont colonisés par des palétuviers qui forment une petite ceinture arbustive. Cet engraissement s'accompagne d'une régularisation du trait de côte (de moins en moins festonné) et d'une diminution de la profondeur de la frange côtière, évaluée à +0,15 m ou +0,20 m selon les secteurs.

**Tableau I.** Caractéristiques granulométriques des ferrisols du Galion (pourcentages).

**Table I.** Granulometric features of the Galion ferrisol (in percent).

0–2 µm (argile)	2–20 µm (limons fins)	20–50 µm (limons grossiers)	50–200 µm (sables fins)	200–500 µm (sables grossiers)
55,5	17,5	11,7	11,1	4,2

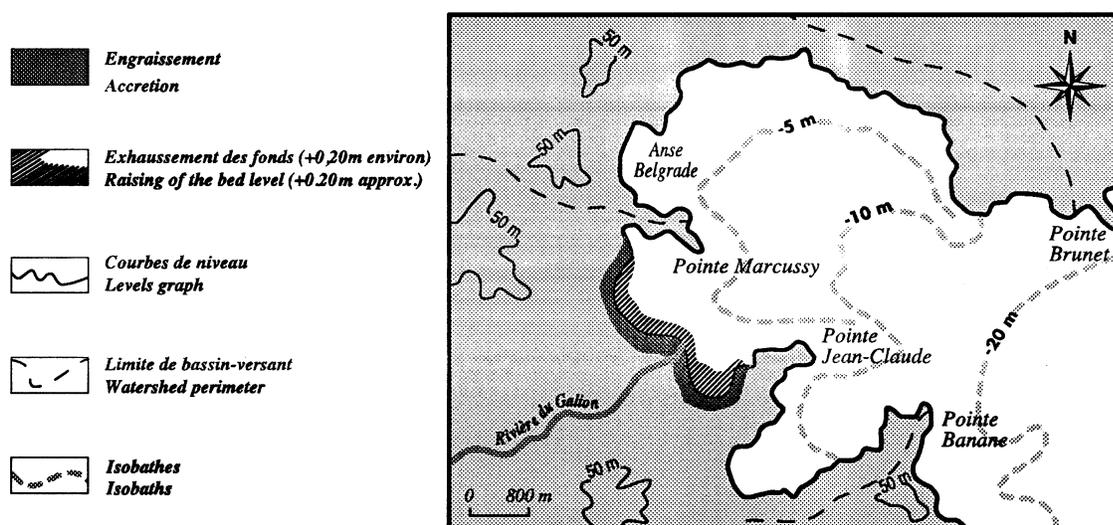


Figure 3. Cartographie diachronique du littoral de la baie du Galion (1955–1994).

Figure 3. Diachronic map of the Galion Bay coastline (1955–1994).

Le paysage côtier s'est donc progressivement transformé, puisque les berges de la baie du Galion, recouvertes de sable gris au début du XIX<sup>e</sup> siècle [16], sont aujourd'hui recouvertes de vasières dont l'épaisseur varie de 0,60 m à 1 m.

### 3.2. Mesures d'érodibilité et caractéristiques granulométriques des particules arrachées

Les simulations indiquent que pour une pluie de récurrence annuelle ( $55 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ ), la perte en terre est de  $0,28 \text{ T}\cdot\text{ha}\cdot\text{h}^{-1}$  pour un pâturage et de  $1,3 \text{ T}\cdot\text{ha}\cdot\text{h}^{-1}$  pour une surface cultivée. Pour une pluie de récurrence centennale, de type cyclonique ( $150 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ ), la perte en terre est plus élevée,  $3,8 \text{ T}\cdot\text{ha}\cdot\text{h}^{-1}$  pour les pâturages et  $5,5 \text{ T}\cdot\text{ha}\cdot\text{h}^{-1}$  pour les zones cultivées.

Les ferrisols du Galion renfermant, en moyenne, 55,5 % de particules fines ( $< 2 \mu\text{m}$ ), cette proportion sera supposée la même dans la terre exportée, toutes ces particules restant en suspension pendant le ruissellement et atteignant la côte. Le spectre granulométrique des sédiments terrestres et côtiers confirme cette hypothèse (tableau II).

### 3.3. Érodibilité annuelle par $\text{m}^2$

Les données pluviométriques du modèle de Météo

France ( $20 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$  pendant une durée moyenne annuelle de 150 h), conduisent aux valeurs suivantes pour la perte en terre maximale:

- sous pâturage,  $21,4 \text{ T}\cdot\text{ha}$  ( $0,143 \text{ T}\cdot\text{ha}\cdot\text{h}^{-1}$  pendant 150 h);
- sur les surfaces cultivées, environ  $39,6 \text{ T}\cdot\text{ha}$  ( $0,264 \text{ T}\cdot\text{ha}\cdot\text{h}^{-1}$  pendant 150 h).

### 3.4. Érodibilité annuelle à l'échelle du bassin versant et conséquences écologiques sur la faune et la flore sous-marine

Les surfaces plantées en cannes à sucre s'étendant sur  $6 \text{ km}^2$ , ce sont globalement  $23\,760 \text{ T}$  de sédiments ( $39,6 \text{ T}\cdot\text{ha} \times 6 \text{ km}^2$ ) qui se déposent, chaque année, dans la baie du Galion, soit un volume approximatif de  $14\,000 \text{ m}^3$ . Cet apport est relativement modeste comparé aux  $52\,000 \text{ T}\cdot\text{an}^{-1}$  ( $30\,500 \text{ m}^3$ ) qui se déposent dans la baie du Marin [21, 22], deux fois plus petite.

Ce volume sédimentaire a des conséquences dramatiques sur la flore et la faune sous-marines puisque, comme le confirment les pêcheurs, cette baie si riche autrefois, connaît actuellement une importante diminution de sa ressource halieutique. Parallèlement, les vastes platines coralliennes qui faisaient l'admira-

tion des touristes, sont nécrosées [22] et disparaissent du fait de la turbidité croissante des eaux ; à 1 m de profondeur la visibilité est souvent inférieure à 0,80 m [22]. La dégradation de cette baie, est moins marquée que celle de Fort-de-France [3], mais le rythme actuel de l'envasement indique que la faune et la flore ne résisteront pas longtemps à ces transformations; au cours des quarante dernières années, 550 000 m<sup>3</sup> de sédiments ont favorisé la progradation de la frange côtière et l'exhaussement d'une partie des fonds de la baie.

#### 4. DISCUSSION

La monoculture de la canne à sucre est pratiquée sur les bassins-versants de la baie du Galion depuis plus de 150 ans; cette activité en déclin n'occupe plus que 6 km<sup>2</sup>.

En général, les cannes à sucre protègent convenablement le substratum de l'érosion car leurs tiges et leurs feuilles enchevêtrées brisent les gouttes d'eau et réduisent leur énergie cinétique. Après les récoltes, lorsque les surfaces sont dénudées, ou en début de repousse, la couverture végétale n'est pas homogène (période qui coïncide avec le début de la saison pluvieuse) et le substratum est régulièrement affecté par l'énergie cinétique des pluies. La diminution de la teneur en matière organique et l'inclinaison des pentes (10 % environ) aidant, les eaux de ruissellement exportent un important volume sédimentaire en direction du littoral. Ce transfert est important car il est principalement constitué de particules fines (55,5 % de particules < 2 µm). En raison du court trajet entre les bassins-versants et le littoral, les particules fines (< 2 µm) ne se déposent pas avant d'atteindre la côte. Les particules grossières (> 200 µm) se sont déposées dès que l'énergie de l'eau de ruissellement a diminué (bas

de pente, arrêt de la pluie). La totalité des argiles s'accumule sur le littoral et favorise ainsi la progradation du rivage.

La masse sédimentaire qui se dépose, chaque année, dans la baie du Galion, a été estimée à 23 760 T environ à partir de données météorologiques approximatives: 20 mm·h<sup>-1</sup> pendant 150 h. En réalité, l'intensité pluviométrique journalière est très variable et les événements exceptionnels de type cyclonique, très brefs, ont les impacts les plus importants. Lors des manifestations paroxysmales, les intensités pluviométriques sont si fortes (250 mm·h<sup>-1</sup> en 6 min, par exemple), que plusieurs centaines de tonnes de sédiments sont exportés en quelques minutes. Ces particules sont rapidement évacuées vers le littoral par la rivière du Galion. Lors du passage du cyclone David [29], le débit de cette rivière a été estimé à 250 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> et sa charge sédimentaire à 2 000 mg·L<sup>-1</sup> [4]. Traditionnellement, le débit moyen journalier excède rarement 0,5 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup> et la charge sédimentaire 10 mg·L<sup>-1</sup> [9].

Que l'intensité utilisée dans les calculs soit estimée ou plus proche de la réalité, ne change rien à l'importance des surfaces anthropisées (6 km<sup>2</sup>) dans la libération des sédiments qui s'accumulent ensuite sur la côte.

La baie du Galion présente trois caractéristiques qui favorisent l'accumulation des sédiments le long du trait de côte.

- Les plantes halophiles [palétuviers rouges (*Rhizophora mangle*), palétuviers blancs (*Avicennia germinans*), etc.] qui colonisent le rivage [17], freinent le transit des sédiments grâce à leurs racines échasses et leurs pneumatophores. Ces sédiments s'ancrent progressivement dans la boue déjà déposée, ce qui facilite à long terme leur cohésion.
- Le long de la côte, de la pointe Marcussy à la pointe Jean-Claude, la profondeur est faible, souvent

**Tableau II.** Analyse comparée du spectre granulométrique des sédiments terrestres et côtiers (pourcentages).

**Table II.** Comparative analysis of the granulometric spectrum of inland and coastal sediment (in percent).

	0–2 µm (argile)	2–20 µm (limons fins)	20–50 µm (limons grossiers)	50–200 µm (sables fins)	200–500 µm (sables grossiers)
Galion (bassin-versant)	55,5	17,5	11,7	11,1	4,2
Galion (littoral)	54,2	19	11,9	9,6	5,3

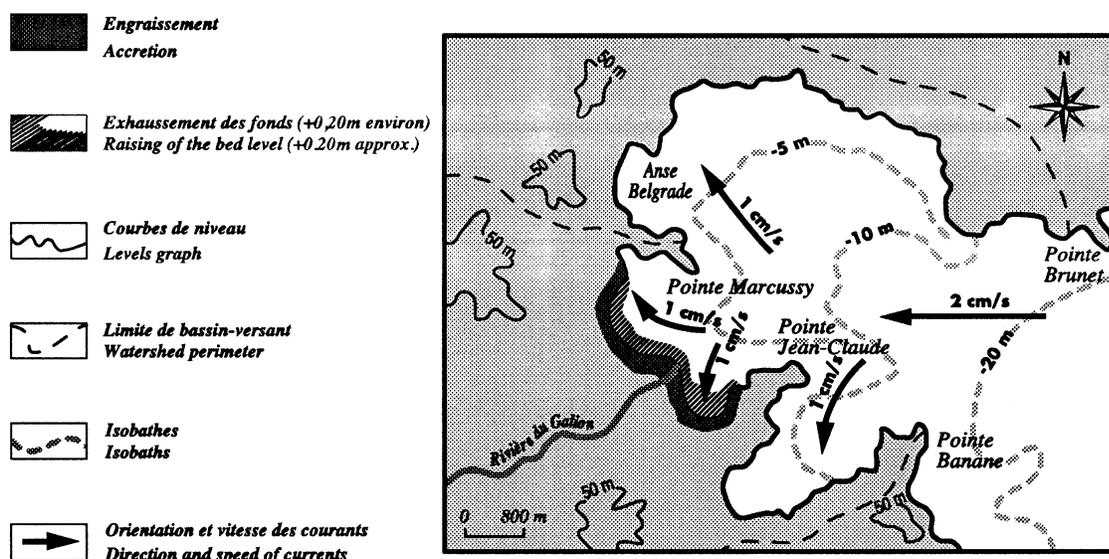


Figure 4. Orientation et vitesse des courants dans la baie du Galion.

Figure 4. Direction and speed of currents in the Galion Bay.

inférieure à 1 m ; dans de nombreux secteurs, elle est même inférieure à 0,50 m. Face à l'embouchure de la rivière du Galion, l'envasement est si important que des bancs vaseux affleurent ou émergent à marée basse; la profondeur moyenne avoisine alors 0,20 m.

– Dans la baie, la vitesse moyenne des courants est de l'ordre du centimètre par seconde [8]; en outre, les courants convergent dans la direction où porte le vent (de l'est vers l'ouest) et refoulent les particules terrigènes contre la côte, favorisant leur sédimentation (figure 4).

Ainsi, les influences de la bathymétrie et des courants s'associent pour maintenir les particules terrigènes le long du trait de côte. Les conditions sont réunies pour que d'importantes quantités de sédiments s'accumulent dans la baie du Galion, particulièrement sur la frange littorale.

Pour limiter l'envasement de la baie et ses impacts écologiques néfastes (diminution de la ressource halieutique, nécrose des coraux, etc.), il s'avère nécessaire de proposer des solutions culturelles mieux adaptées et plus durables. L'une des premières mesures à prendre pourrait être de réduire la période durant laquelle le sol est dénudé, ce qui limiterait le ruissellement [21]. D'autres solutions (éviter la culture

sur les pentes fortes, et les labours trop profonds par exemple) [10] pourraient être appliquées à l'ensemble des bassins-versants de l'île, où malgré des caractéristiques pédologiques différentes, les modalités de ruissellement et d'érosion sont proches.

## 5. CONCLUSION

Les transformations de la baie du Galion sont très proches de celles qui ont été observées dans la baie du Marin [22]. En effet, depuis la mise en culture du bassin-versant (cane à sucre), le milieu physique a subi une véritable transformation, en particulier un engraissement important des côtes, mesurable sur les documents cartographiques.

L'activité anthropique étant corrélée à la transformation du paysage littoral, il apparaît que l'activité agricole, même limitée à une surface de 6 km<sup>2</sup>, modifie considérablement le flux de particules solides. Ce résultat montre l'utilité de connaître l'ensemble des paramètres qui caractérisent l'évolution du milieu. Les études doivent dépasser l'échelle de la parcelle, et s'élargir à de plus vastes ensembles tel que le bassin-versant. Ce résultat montre aussi que l'anthropisation peut avoir des effets néfastes sur le milieu, encore accrus par l'insularité.

Pour compléter cette étude et déterminer l'ensemble des mécanismes à l'origine des transformations physiques du paysage, il semble utile de préciser l'influence des surfaces urbaines, même si leurs superficies relatives sont très limitées, ainsi que l'influence de la construction anarchique d'habitations dans la quasi totalité de l'espace insulaire.

## Remerciements

L'auteur remercie Alain Albrecht ainsi que l'équipe du laboratoire de biologie et organisation des sols tropicaux (IRD, Martinique), pour les mesures d'érodibilité.

## RÉFÉRENCES

- [1] Albrecht A., Brossard M., Chotte J.C., Matière organique et propriétés des sols cultivés à la Martinique, Orstom, Paris, 1991, 173 p.
- [2] Albrecht A., Rangon L., Barret P., Effet de la matière organique sur la stabilité structurale et la détachabilité d'un vertisol et d'un ferrisol (Martinique), Cah. Orstom série Pédologie XXVII 1 (1992) 121–133.
- [3] Bouchon C., Laborel J., Les peuplements coralliens des côtes de la Martinique, Ann. Inst. Océanogr. 62 (2) (1986) 199–237.
- [4] Chaperon P., Mobeche J.P., Étude hydrologique de quatre bassins-versants représentatifs du sud et du centre de la Martinique, Orstom, Paris, 1980, 262 p.
- [5] Casenave A., Le minisimulateur de pluie, conditions d'utilisation et principes de l'interprétation des mesures, Cah. Orstom série hydrologie XIX 4 (1982) 207–227.
- [6] Colmet-Daage F., Lagache P., Caractéristiques de quelques groupes de sols dérivés de roches volcaniques aux Antilles françaises, Cah. Orstom série pédologie 3 (1965) 91–122.
- [7] Delaville L., Étude des structures spatio-temporelles de la nématofaune phytoparasite associée à la canne à sucre, relations avec les caractéristiques physico-chimiques du sol, thèse doct. univ. Paris-VI, 1995, 307 p.
- [8] Direction départementale de l'Équipement, Étude courantologique de la baie du Robert, DDE (Service phares et balises), Martinique, multigr. 1994, 12 p.
- [9] Guiscafre J., Klein J.C., Moniod F., Les ressources en eau de surface de la Martinique, Orstom, Paris, 1976, 212 p.
- [10] Hartmann C., Blanchart E., Albrecht A., Bonneton A., Parfait F., Mahieu M., Gaullier C., Ndandou J.F., Nouvelles techniques de préparation des vertisols en culture maraîchère à la Martinique, incidences pédologiques et agro-économiques, Agriculture et développement 18 (1998) 81–89.
- [11] Institut géographique national, Carte topographique de la Martinique, 1955, 1/20 000.
- [12] Institut géographique national, Carte topographique de la Martinique, 1985, 1/25 000.
- [13] Institut géographique national, Carte topographique de la Martinique, 1994, 1/25 000.
- [14] Le Bissonnais Y., Benkhadra H., Chaplot V., Fox D., King D., Daroussin J., Crusting, runoff and sheet erosion on silty loamy soils at various scales and upscaling from m<sup>2</sup> to small catchments, Soil and tillage res. 46 (1998) 69–80.
- [15] Ministère de la Marine, Carte nautique de l'île de la Martinique, 1828, 1/78 890.
- [16] Monnier P., Description nautique des côtes de la Martinique (précédé de) un mémoire sur les opérations hydrographiques et géodésiques exécutées dans cette île en 1824 et 1825, Imprimerie Royale, Paris, 1828, 182 p.
- [17] Portecop J., Phytogéographie, cartographie écologique et aménagement dans une île tropicale : le cas de la Martinique, Doc. Cartogr. Ecol. XXI (1979) 1–78.
- [18] Rakoto-Ramiarantsao H., Chair de la terre, œil de l'eau...paysanneries et reconstitution des campagnes en Imerina (Madagascar), Orstom, Paris, 1995, 250 p.
- [19] Rossi G., L'érosion à Madagascar, l'importance des facteurs humains, Cah. Outre-Mer 33 (1980) 355–370.
- [20] Rossi G., Une relecture de l'érosion en milieu tropical, Ann. Géogr. 601 (1998) 318–329.
- [21] Saffache P., Blanchart E., Hartmann C., De l'érodibilité des sols cultivés à l'engraisement des côtes (étude du cul-de-sac du Marin), Actes du 123<sup>e</sup> congrès du CTHS, à paraître.
- [22] Saffache P., Le littoral martiniquais : milieux, dynamiques et gestion des risques, thèse doct. univ. Antilles-Guyane, Géode-Caraïbe/Orstom, 1998, 368 p. (+ 49 p. d'annexes).
- [23] Saffache P., Cultures intensives et prélèvements sableux dégradent le littoral martiniquais, Combat Nature 124 (1999) 11–12.
- [24] Saffache P., L'érosion du littoral nord-ouest de l'île de la Martinique entre 1955 et 1994 : influence des paramètres physiques et anthropiques, Photo-Interprétation: images aériennes et spatiales, à paraître.
- [25] Saffache P., Thomas Y-F., Brithmer R., Évolution du littoral septentrional de l'île de la Martinique par analyse cartographique diachronique et interprétation des effets de surface, Actes du 124<sup>e</sup> congrès du CTHS (1999), à paraître.
- [26] Saffache P., Pour une vraie protection du littoral martiniquais, Combat Nature 126 (1999) 27–28.
- [27] Service hydrographique et océanographique de la marine, Carte bathymétrique de la Martinique, 1985, 1/60 000.
- [28] Service météorologique Antilles-Guyane, La tempête tropicale Dorothy (20 et 21 août 1970), Martinique, multigr., 1970, 16 p.
- [29] Service météorologique Antilles-Guyane, Le cyclone David (29 août 1979), Martinique, multigr., 1979, 21 p.
- [30] Valentin C., Asseline J., Construction et mise au point d'un infiltromètre à aspersion, Cah. Orstom, série Hydrologie XV 4 (1978) 321–348.