Présentation des caractéristiques géomorphologiques de l'étang des Salines et de ses alentours

Pascal SAFFACHE
Docteur en Géographie Physique

2000

Sommaire

I. Présentation des facteurs influençant le milieu p. 2

II. Localisation géographique et caractéristiques physiques de l'étang et de ses alentours p. 5

III. Vers une tentative d'explication de l'origine de la lagune p. 9

IV. Tentative d'explication de la dynamique morphologique actuelle de la lagune p. 12

Bibliographie p. 14

Annexes p. 17

I. Présentation des facteurs influençant le milieu

I.1 Le climat

Les précipitations

Si les manuels scolaires répartissent traditionnellement le climat antillais en deux saisons (sèche et humide), cette répartition est contestable car dans la réalité les choses se présentent autrement. Même pendant le carême (février - mai), la Martinique n'est pas totalement soumise à la sécheresse. Si nous prenons l'exemple de la Montagne Pelée, qui représente la Martinique montagneuse, nous remarquons qu'au cours du carême, elle reçoit en moyenne 2000 mm de précipitations. Si on peut parler d'une récession des précipitations, vu l'importance des abats au cours de l'hivernage (5000 mm), on ne peut en aucun cas parler d'une véritable saison sèche.

En réalité, seule la frange côtière qui s'étend de la presqu'île de la Caravelle à la presqu'île de Sainte-Anne et une partie de la façade sous le vent (côte Caraïbe), connaissent une véritable saison sèche, puisque dans ces régions les abats moyens mensuels varient de 15 à 60 mm (Tableau I). A titre de comparaison, rappelons que pour la même période les précipitations moyennes mensuelles dépassent 300 mm dans les régions montagneuses septentrionales.

Tableau I : Précipitations moyennes mensuelles (mm) à la Croix des Salines (1995)

Janv.	fév.	mars	avril	mai	juin	juillet	août	sept.	oct.	nov.	déc.
70	28	52	61	15	84	78	455	321	110	117	104

Carême

A Sainte-Anne, si des précipitations violentes surviennent pendant le carême [ce fut le cas le 23 avril 1865 et le 22 avril 1927, (**Annexe I**)], le substratum n'étant plus protégé par la végétation, l'eau de ruissellement peut mobiliser de gros volumes sédimentaires. **Des mesures d'érodibilité des sols indiquent qu'à la suite de précipitations de récurrence centennale (150 mm.h^{-1}) les pertes en terre peuvent atteindre 760 kg.ha^{-1}.h^{-1}** (Saffache, 1998 ; Saffache et al., 1999).

Température

Bien que la température augmente légèrement de juin à septembre, elle reste relativement stable tout au long de l'année : 26 ou 28° Celsius (**Tableau II**).

Tableau II : Températures moyennes mensuelles à la Croix des Salines (1995)

janv.	fév.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.
26,2	26,5	26,6	-	-	28,8	29,1	28,2	28,3	-	27,6	27

Contrairement à une idée reçue, même dans la partie méridionale de l'île, l'amplitude thermique est trop faible (2 à 7°C) pour que se développent des processus thermoclastiques.

I.2 La végétation

La presqu'île de Sainte-Anne est principalement colonisée par des formations xérophytiques[1] décidues (Portecop, 1979). On distingue traditionnellement, trois strates :

1. **Une strate arborescente**, d'une hauteur variant de 2 à 12 m, qui est représentée par : *Tabebuia pallida* (poirier), *Bursera simaruba* (gommier rouge), *Lonchocarpus benthamianus* (bois savonnette), *Pisonia fragans* (mapou), etc.
2. **La strate arbustive**, qui forme un fourré impénétrable ne dépasse guère 2 m. Elle est composée d'espèces épineuses : *Randia aculeata* (ti-coco), *Fagara spinefex* (bois flambeau) et non épineuses : *Croton bixoïdes* (ti-baume), *Croton hircinus* (ti-baume à feuille de peuplier), *Ardisia obovata* (bois chique), etc.
3. Enfin, **la strate herbacée** est essentiellement constituée de graminées, telles que : *Sporobolus indicus*, *Chloris inflata*, etc.

Sous l'effet de l'anthropisation (prélèvements d'espèces, pratique du brûlis, piétinement, surpâturage, etc.) seuls les stades de dégradation de ces formations sont actuellement visibles : **taillis et savanes herbacées**. Ces formations se composent principalement de cactacées [*Cephalocereus nobilis* (cierge), *Opuntia dillenii* (raquette), etc.] et de mimosées [*Acacia farnesiana* (acacia jaune), *Acacia nilotica* (acacia savane), etc.].

Même ces formations dégradées disparaissent progressivement et cèdent la place à des surfaces totalement dénudées. Ces surfaces libèrent régulièrement des sédiments qui s'accumulent en aval sous l'effet du ruissellement ; ce dernier est d'autant plus actif que le sol est fragile.

I.3 Le sol

Le complexe de base et les tufs de la presqu'île de Sainte-Anne (**figure 1**), sont essentiellement recouverts de vertisols. Ce type de sol se rencontre dans la plupart des régions sèches des Antilles, où le déficit en eau est important et la saison sèche marquée.

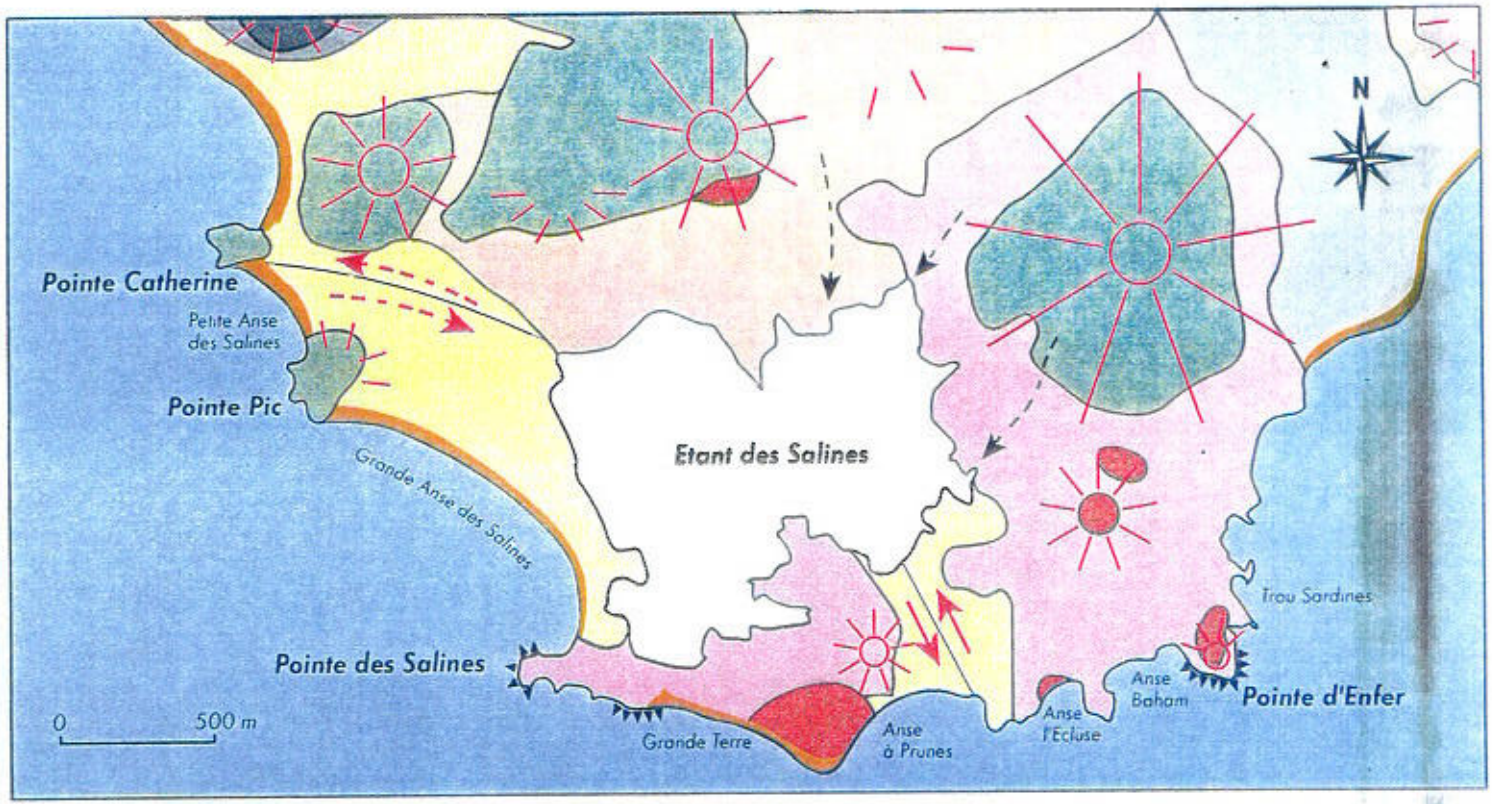
Ces sols sont constitués d'argiles de type montmorillonite. Leurs cristaux sont beaucoup plus petits (environ 1000 fois) que ceux du type kaolinite et beaucoup moins agrégés (peu de fer ou de matière organique). L'empilement de ces particules de petite taille confère au sol une plus faible porosité. Ainsi, la circulation de l'eau à travers le volume pédologique est limitée et le risque d'érosion est important en cas de pluie. En raison de leur mauvaise agrégation et de leur grande instabilité (liées à la présence de sodium), les vertisols se dispersent facilement dans l'eau (**Annexe II**). **En cas de ruissellement, de grandes quantités de particules argileuses peuvent être entraînées, même si l'écoulement est faible** (Albrecht et al., 1992 ; Saffache, 1998 et Saffache, 1999).

---

[1] D'après les travaux de **Julius et al., 1976**, lors de la silicification de la Savane des Pétrifications (Eocène supérieur ou Oligocène [38,6 à 23,3 Ma B.P.)], le climat était très proche de celui qu'on connaît actuellement dans l'extrême sud de l'île, car les espèces les plus courantes étaient xérophiles : *Aiphanes martinicensis*, *Tabebuia pallida*, *Gayacum officinale*, *Gayacum sanctum*, etc.

Figure 1

Carte géomorphologique de l'extrême sud de l'île de la Martinique



II. Localisation géographique et caractéristiques physiques de l'étang et de ses alentours

II.1 Méthodologie

Les caractéristiques topographiques de la région ont été étudiées à partir des trois dernières couvertures cartographiques IGN : 1955, 1985 et 1994. Pour obtenir plus de précisions, les deux dernières couvertures photographiques IGN (1988 et 1992) ont elles aussi été analysées.

La bathymétrie de l'étang a été appréciée à l'aide d'une corde graduée, munie d'un plomb à son extrémité ; au total cinq sondages ont été effectués. L'épaisseur des dépôts vaseux a été appréciée à l'aide d'un pieux gradué, enfoncé par percussion verticale. En mesurant la disparition d'un disque de Secchi artisanal, la turbidité de l'étang a été appréciée.

II.2 Résultats

Localisé au sud de la Martinique, l'étang des Salines fait partie de la presqu'île de Sainte-Anne. Cette presqu'île, orientée nord-sud, est constituée d'un plateau d'une altitude moyenne de 35-45 m, d'où émergent des mornes d'une énergie variant de 50 à 150 m environ. A l'extrémité méridionale de cette presqu'île, se trouve un étang d'une superficie moyenne de 90 hectares (longueur moyenne : 1 km ; largeur moyenne 900 m environ).

Cet étang, est circonscrit au nord par trois mornes dont les altitudes oscillent de 48 à 119 mètres[2]. Si les deux premiers édifices[3] (situés au nord-ouest de l'étang) constituent une ceinture homogène, il n'en est pas de même du troisième, puisque la **Croix des Salines** et le **Morne des Pétrifications** sont séparés par une vallée (Les Salines Dillon) encaissée (dénivelé = 90 à 100 m) et mal drainée.

Sur sa bordure orientale, l'étang est circonscrit par deux petites buttes, aux versants concaves, dont les altitudes oscillent de 16 à 28 m.

Au sud-ouest, au sud-est et au sud, le relief est peu différencié, voir même monotone, puisqu'il se compose de surfaces faiblement ondulées dont les altitudes varient de 2 à 8 m environ ; cette région est appelée « **Savane des Pétrifications** ». Il s'agit d'une surface rhéxistasique, désolée et chaotique, d'une superficie de 45 ha environ, qui constituait jadis le socle d'un volcan effusif (Westercamp et al., 1989). Dans cette région le substratum est constitué de surfaces altérées en « boule » ou en « pelure d'oignons » ; l'évolution de ces produits d'altération conduit à la formation d'argiles profondément ravinées par le ruissellement.

---

[2] Le morne des Pétrifications (119 m), la Croix des Salines (108 m) et un morne sans nom (48 m).

[3] Le morne Sans Nom et la Croix des Salines.

L'étang des Salines est, en réalité, une **lagune littorale**[4] dont l'eau douce provient du ruissellement des versants alentour ; elle est alimentée en eau de mer par deux passes situées sur ses bordures sud-est et nord-ouest.

D'une longueur de 400 m environ, la première passe a une largeur moyenne de 6 m et une profondeur avoisinant 1 m. A marée haute[5], il s'agit de la principale zone de communication avec le milieu marin, puisque d'importants transferts ichtyologiques s'y effectuent.

Deux à trois fois plus longue que la première (≃ 1000 m), la seconde passe traverse d'abord une mangrove avant d'aboutir à la mer. En raison de sa faible profondeur (moins de 0,5 m) et de son étroitesse (2,5 m environ), cette dernière n'alimente réellement la lagune que lors des marées de vives-eaux ou paroxysmiques. En dehors de ces phases, l'eau de mer n'atteint jamais la lagune car elle alimente prioritairement la mangrove adjacente.

Dans ce secteur les apports d'eau douce semblent modestes car la salinité de la lagune est élevée[6] ; une forte évaporation pourrait aussi expliquer ce phénomène.

Le fonctionnement de cette lagune (**Annexe III**) s'apparente à la fois au type **atmosphérique** (couple précipitation-évaporation) et au **type fluvial** (prédominance des apports et des sorties par des tributaires et des émissaires de surface).

Bien que n'ayant effectué que des sondages partiels ou très localisés, l'étang des salines est peu profond : 0,3 à 0,9 m selon les endroits (**figure 2**).

Son fond est principalement constitué de vases (∅ compris entre 2 et 100 µm) dont l'épaisseur varie de 0,3 à 0,8 m. Les amas vaseux semblent beaucoup plus épais dans la partie nord de l'étang (0,7 à 0,8 m) que dans sa partie sud (0,3 à 0,4 m) ; cela pourrait s'expliquer par une plus forte érosion des versants septentrionaux.

Ces particules très fines et peu cohérentes étant fréquemment remises en suspension par une agitation constante des eaux, la turbidité est importante. Au centre de la lagune, la visibilité varie de 0,2 à 0,4 m (**figure 3**) ; aux extrémités, la turbidité est plus faible puisque la visibilité y est globalement deux fois plus importante. C'est vraisemblablement ce qui explique la présence d'herbiers aux extrémités.

Lors de nos observations nous n'avons relevé qu'une espèce de phanérogame marine : ***Thalasssia testudinum*** ; nos observations étant très partielles, il existe vraisemblablement d'autres espèces.

Enfin, les berges de la lagune sont colonisées par des plantes halophiles : ***Rhizophora mangle***, ***Avicennia germinans***, ***Laguncularia racemosa*** et ***Conocarpus erecta***. En

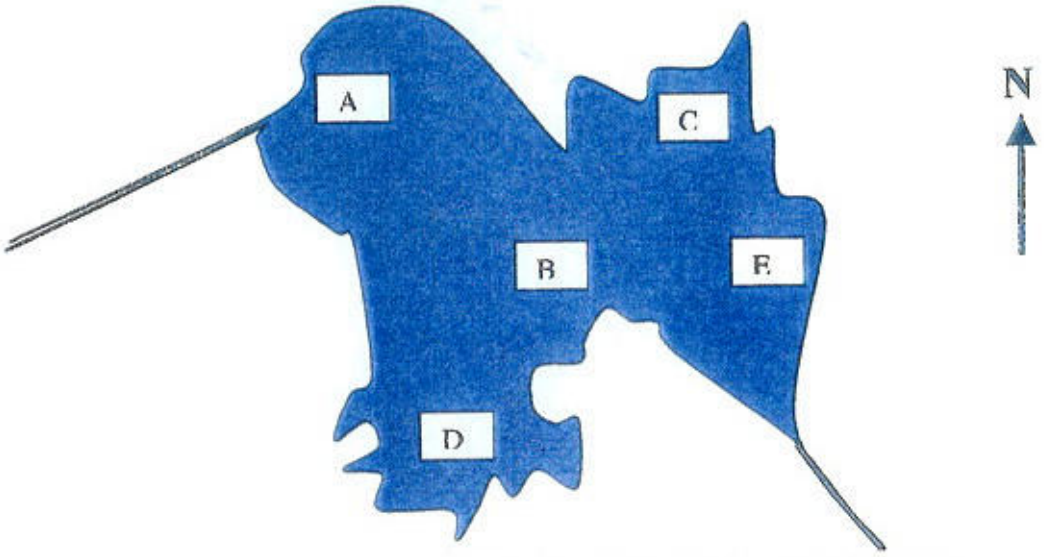
---

[4] Etendue d'eau salée ou saumâtre, isolée de la mer par une construction littorale. Une communication peut-être assurée par une passe étroite.

[5] Le marnage moyen avoisine 0,35 m ; lors de la pleine lune et de la nouvelle lune, les actions des astres lunaires et solaires se conjuguent pour donner des marées de vives-eaux dont l'amplitude dépasse 0,70 m.

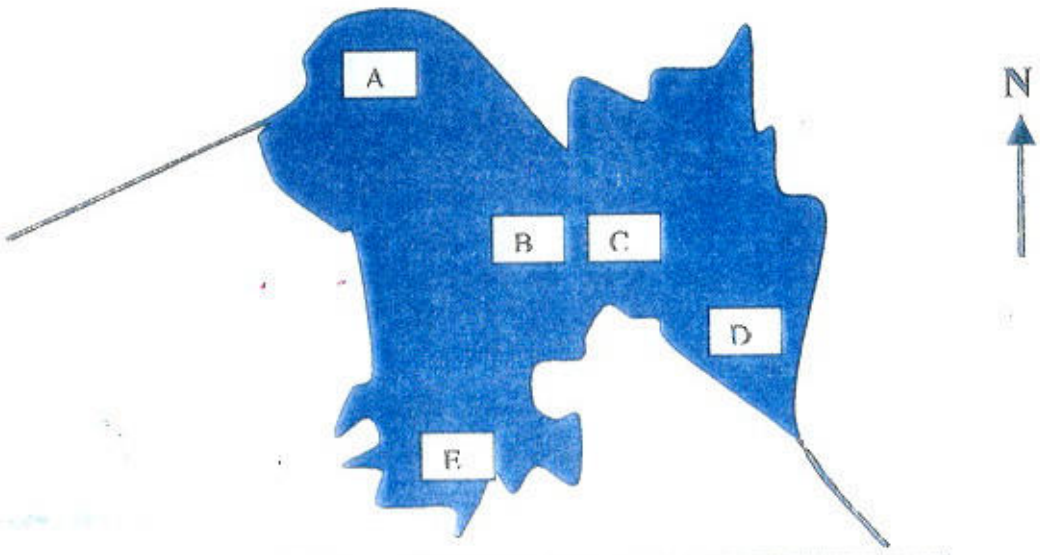
[6] Bien que nous n'ayons pas effectué de mesures précises, la salinité dépasse celle de l'eau de mer (36 à 37 ‰).

Figure 2
Carte de localisation des mesures bathymétriques



Zones de sondage	Profondeur (m)
A	0,3
B	0,9
C	0,4
D	0,5
E	0,3

Figure 3
Carte de localisation des mesures de turbidité



Zones de sondage	visibilité (m)
A	0,7
B	0,2
C	0,4
D	0,8
E	0,7

s'éloignant des berges, on trouve quelques plantes basses appartenant à la famille des Poaceae (***Sporobolus virginicus***) et à la famille des Aizoaceae (***Sesuvium portulacastrum***). Au nord, à l'est et au sud, on trouve une végétation de zone sèche et d'arrière plage avec comme espèces principales :

- ***Hippomane mancinella*** (Euphorbiaceae) ;
- ***Thespesia populnea*** (Malvaceae) ;
- ***Acacia farnesiana*** (Mimosaceae) ;
- ***Croton flavens*** (Euphorbiaceae) ;
- ***Dactyloctenium aegyptium*** et ***Stenotaphrum secundatum*** (Poaceae).

III. Vers une tentative d'explication de l'origine de la lagune

III.1 Méthodologie

Pour apprécier l'origine de la lagune, nous avons effectué un recensement des travaux de recherche qui traitent des variations eustatiques dans la Caraïbe. Parallèlement, nous nous sommes intéressés aux indices soulignant la présence d'anciennes lignes de rivage. Par exemple, les roches calcaires présentent des encoches de solubilité qui indiquent précisément le niveau de la mer. Certaines éponges, qui taraudent les roches, laissent des empreintes facilement identifiables. Certains organismes marins fossiles (huîtres, gastéropodes, annélides), vivant à une profondeur déterminée, facilitent l'identification des anciens niveaux marins. La présence de niveaux de sable usés avec des grains fracturés et patinés d'oxyde de fer sont autant d'indices qui indiquent un remaniement aérien. "*On sait enfin que les récifs coralliens se développent exactement à la limite correspondant à la marée basse. Le repérage des anciens niveaux marins peut par conséquent s'effectuer de façon très précise*".[7]

III.2 Résultats

A partir des données bibliographiques que nous avons recueillies et des repères bio-sédimentaires que nous avons observés, la lagune s'est vraisemblablement formée de la façon suivante.

Au cours de l'Eemien[8] [période interglaciaire Riss-Würm qui s'étend de 120.000 à 80.000 ans B.P. environ (**annexe IV**)], une importante partie de la presqu'île de Sainte-Anne a été recouverte par la mer ; cela a été démontré par les travaux de **Julius et al., 1976**, **Battistini et al., 1989** et **Westercamp et al., 1989**. Des coraux, des fragments de lamellibranches, de gastropodes et de polypiers ont été retrouvés à + 2,3 m au-dessus du niveau des plus hautes mers actuelles ; parallèlement des brèches coralliennes ont été retrouvées à + 5 m. Des débris volcaniques, émoussés et patinés d'oxyde de fer, ont aussi été retrouvés à + 1,5 m. Ces paléolignes de rivage pourraient appartenir au même stationnement marin que celui observé à + 8 m sur le rocher du Diamant (**Grunevald, 1961**).

Pendant le Würm [période glaciaire post-Eemienne (de 80.000 à 10.000 ans B.P.], la mer s'est progressivement retirée[9] et a laissé sur place de grandes quantités de matériaux sableux. L'alizé a progressivement mobilisé tous les matériaux (débris coquilliers, éolianites, etc.) présents sur cette surface exondée, les a refoulés et entassés de façon à former un bourrelet dunaire qui s'est progressivement grésifié ; ce dernier s'étendait vraisemblablement de l'îlet à Tois Roux aux îlets aux Chiens.

---

[7] Fairbridge R.W. « Eustatisme », *Encyclopédia Universalis*, p. 111-113.

[8] Période d'oscillation climatique plus chaude.

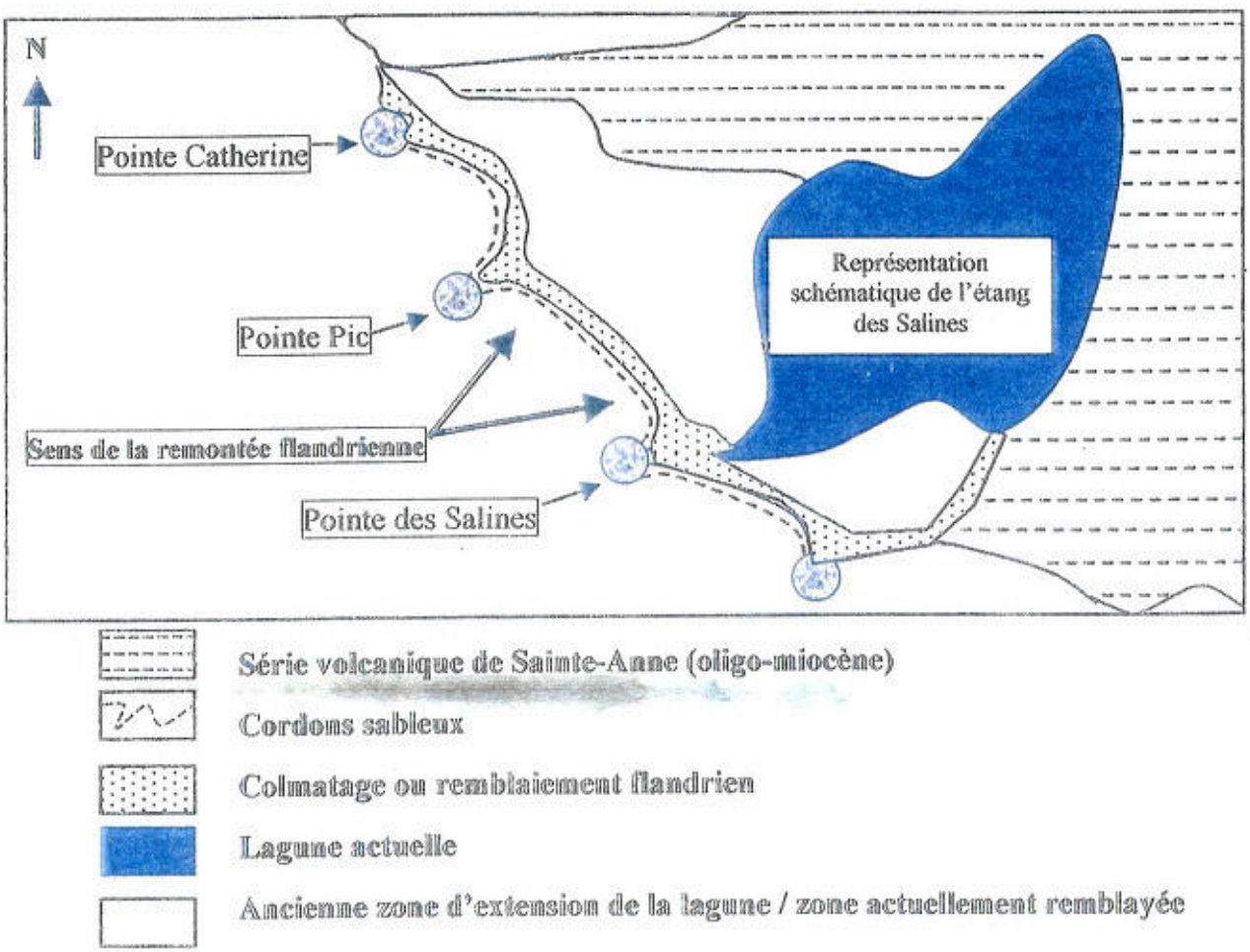
[9] Le niveau de la mer se situait alors à - 110 m environ. Au large de la Martinique, de Sainte-Lucie, de la Guadeloupe et de la Guyane des micro-terrasses fossiles, recouvertes de sables roulés et oxydés, témoignent de cette période de stagnation.

D'après nos observations, la hauteur de ce bourrelet avoisinait 10 à 12 m environ. De telles affirmations sont possibles, car les sommets des îlets à Tois Roux, à Aigrettes, Hardy et aux Chiens sont tous de formation dunaire grésifiée et culminent approximativement à cette hauteur. Seule la stratification dunaire, visible sur la partie septentrionale de la Pointe Baham culmine à moins de 10 m.

Ces bourrelets, qui apparaissent maintenant sous la forme d'îlets (ou de tombolo dans le cas de la Pointe Baham), ont été progressivement démantelés « *par l'érosion fluviale en période de bas niveau marin* » (Battistini et al., 1989) ; vraisemblablement vers le fin du Würm (entre 20.000 et 15.000 ans B.P. environ).

Lors de la remontée Flandrienne (10.000 ans B.P. environ)[10], les sédiments présents sur les surfaces exondées ont été progressivement refoulés jusqu'au trait de côte actuel où ils se sont prioritairement fixés sur trois pointes : **Catherine, Pic et des Salines**. La dérive littorale aidant, une régularisation du trait de côte s'est opérée entraînant le colmatage de l'étang des Salines (**figure 4**), celui de l'étang situé de part et d'autre de la Pointe Catherine et celui situé entre le Morne des Pétrifications et le Morne à Vache.

Figure 4
Présentation schématique de la régularisation côtière flandrienne



[10] Cette transgression s'est faite à un rythme variant de 0,4 à 2 cm.an^{-1} environ (Saffache, 1998).

Dès lors, comment comprendre que la Baie des Anglais n'aie pas été transformée en lagune, elle aussi ? En fait, cela semble résulter de son exposition au vent ; les houles d'alizés empêchant la formation d'un cordon sableux à son entrée.

A l'origine, l'étang des Salines était deux ou trois fois plus étendu qu'il ne l'est actuellement (**figure 4**), puisqu'il s'étendait vers l'ouest, de la Pointe des Salines au sud de la Pointe Dunkerque et vers l'est[11] de l'anse à Prune au pied du morne des Pétrifications. Son ancienne zone d'extension est matérialisée sur la carte géologique de la Martinique (1989) par le sigle RFM[12]. Au fil des siècles, l'étang a été remblayé sous l'effet de l'érosion des versants alentour (apports sablo-argileux).

[11] L'extension orientale du paléo-étang des Salines est confirmée par les travaux de **Julius et al., 1976** puisqu'ils indiquent : « *que les phénomènes de silicification se sont produits dans des zones marécageuses côtières où les végétaux auraient été rassemblés par les eaux courantes puis rapidement enfouis* ». L'actuelle « Savane des Pétrifications » fut donc une zone marécageuse au Tertiaire (Eocène supérieur ou Oligocène).

[12] Zone alimentée en matériaux détritiques fins de type colluvion.

IV. Tentative d'explication de la dynamique morphologique actuelle de la lagune

III.1 Méthodologie

Pour évaluer l'évolution géomorphologique récente de l'étang des Salines, nous avons procédé de la façon suivante. Les deux couvertures topographiques I.G.N au 1 : 20.000 (1955) et au 1 : 25.000 (1985) ont été envoyées à la Photothèque Nationale afin d'être ramenées à la même échelle (1 : 10.000). La superposition des cartes a été effectuée à l'aide de films transparents sur lesquels les principaux amers (points géodésiques, phares, bâtiments, etc.) ont été répertoriés. Ces cartes étant éditées par le même organisme (IGN), il n'y a pas eu de difficulté de report concernant le niveau zéro topographique. L'évolution des berges a ainsi pu être mesurée.

III.2 Résultats

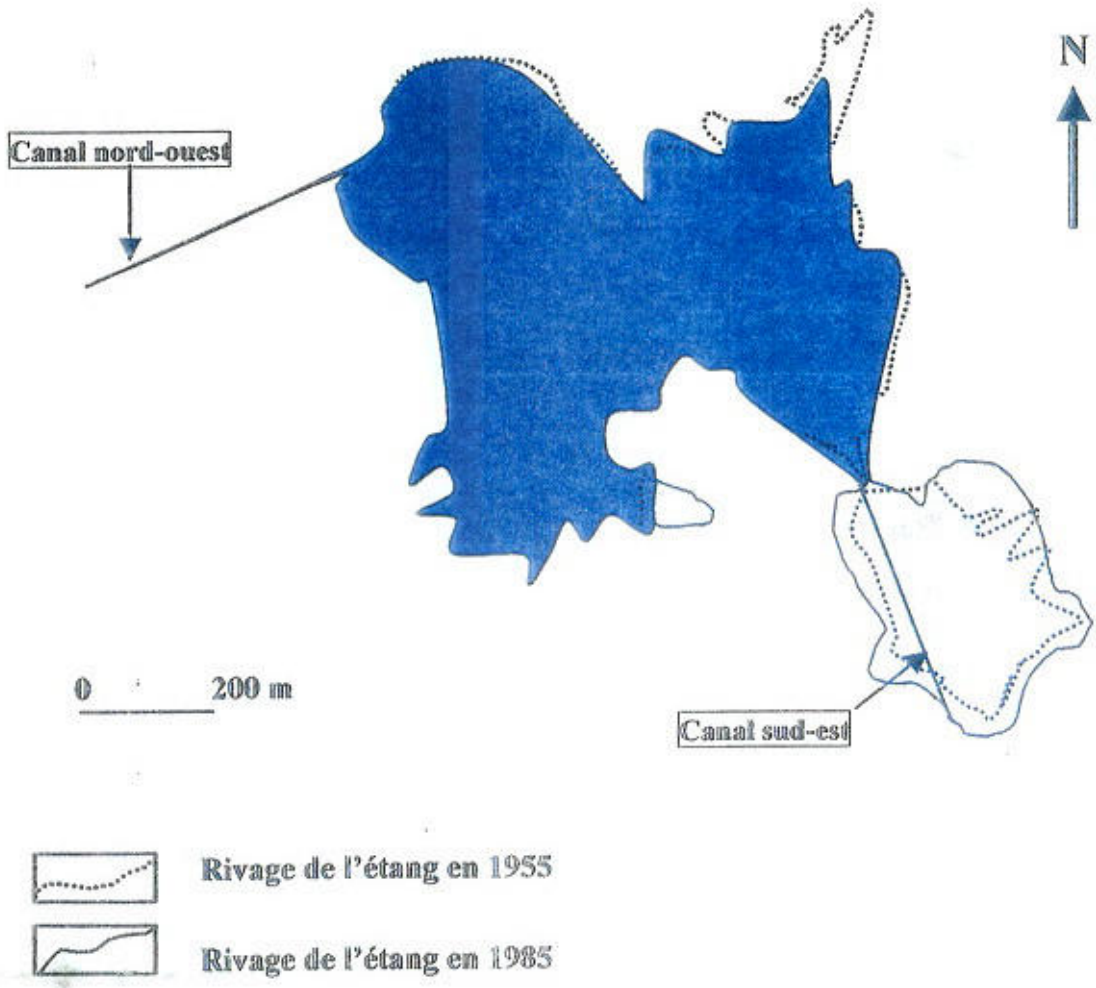
En raison du caractère rhéxistasique des buttes et des mornes qui enserrent l'étang, la dynamique de remblaiement se poursuit. Il apparaît que ses bordures nord et nord-est ont été remblayées sur un linéaire de 400 à 500 m environ et sur une largeur variant de 20 à 100 m selon les endroits. A l'est, de petites portions ont, elles aussi, été remblayées sur des linéaires oscillants de 30 à 80 m et des largeurs variants de 20 à 50 m environ (figure 5).

Si cette dynamique s'explique par le caractère rhéxistasique de la végétation, elle s'explique aussi par la nature du sol. Cette région étant modelée dans des vertisols, en raison de leur mauvaise agrégation et de leur grande instabilité (liées à la présence de sodium), ces derniers sont facilement mobilisables par l'eau de ruissellement même lorsque l'écoulement est faible. A titre d'exemple, rappelons que les volumes sédimentaires exportés peuvent atteindre 760 $kg.ha^{-1}.h^{-1}$ lors des pluies de récurrence centennale.

Sous l'effet de la gravité et de l'inclinaison des pentes (**Annexe V**), les eaux de ruissellement se concentrent vers l'aval, puis alimentent l'étang (**système endoréïque**). Trois ravines principales ont été répertoriées : deux sur le morne des Pétrifications et une dans la vallée qui sépare ce morne de la Croix des Salines (**figure 1**). D'une longueur variant de 200 m à 1 km environ, ces ravines sont très faiblement imprimées dans le substratum puisque leur encaissement ne dépasse guère 0,3 m environ.

Au sud de l'étang la dynamique est tout à fait différente, puisque la zone actuellement inondable est bien plus vaste qu'elle ne l'était en 1955. Cela résulte vraisemblablement d'une action anthropique.

Figure 5
Evolution diachronique de l'étang des Salines (1955 - 1985)



Bibliographie

Adey W.H. « The algal ridges and coral reefs of Sainte Croix, their structure and holocene development », *Atoll Research Bulletin*, n° 187, 1975, p. 1-67.

Adey W.H., Adey P.J., Burke R., Kaufman L. « The holocene reef systems of eastern Martinique, French West Indies », *Atoll Research Bulletin*, n° 218, 1977, p. 1-31.

Albrecht A. et al., *Matière organique et propriétés des sols cultivés à la Martinique*, rapport ORSTOM, 1991, 173 p.

Albrecht A. et al. « Effet de la matière organique sur la stabilité structurale et la détachabilité d'un vertisol et d'un ferrisol (Martinique) », *Cahiers ORSTOM* (Série Pédologie), volume XXVII, n° 1, 1992, p. 121-133.

Asseline J. & Valentin C. « Construction et mise au point d'un infiltromètre à aspersion », *Cahiers ORSTOM* (Série Hydrologie), Vol. XV, n° 4, 1978, p. 321-348.

Battistini R. « Application des méthodes Th 230 - U 234 à la datation des dépôts marins anciens de Madagascar et des îles voisines », *Bulletin de l'Association Sénégalaise d'Etudes Quaternaires*, n° 49, 1976, p. 79-95.

Battistini R. & Hinschberger F. « La morphologie des côtes au vent de Grande Terre et de Marie Galante (Guadeloupe) », *Bulletin de l'Association des Géographes Français*, n° 2, 1985, p. 85-92.

Battistini R., Hinschberger F., Hoang C.T., Petit M. « La basse terrasse corallienne pléistocène (eemien) de la Guadeloupe : morphologie, datations 230 Th/234 U, néotectonique », *Revue de Géomorphologie Dynamique*, Tome XXXV, 1986, p. 1-10.

Battistini R. & Hinschberger F. « Le pléistocène moyen marin et dunaire de la péninsule de Sainte-Anne (Sud de la Martinique) : sa signification volcano-isostasique », *Bulletin du Centre de Géomorphologie de Caen*, n° 36, 1989, p. 259-262.

Bird E.C.F. *Coastline changes : a global review*, New-York : Wiley Interscience, 1985, 219 p.

Bouchon C., Laborel J. « Les peuplements coralliens des côtes de la Martinique », *Annales de l'Institut d'Océanographie*, Volume 62, n° 2, 1986, p. 199-237.

Daniel M.J. *Etude méthodologique : application de la granulométrie par diffraction LASER à des échantillons de sols tropicaux*, D.E.S.S. Instrumentation physico-chimiques, 1994, 52 p.

Duchaufour P. *Précis de Pédologie*, Paris : Masson, 1970, 481 p.

Fairbridge R.W. « Eustatisme », *Encyclopédia Universalis*, p. 111-113.

Foucault A., Raoult J.F. *Dictionnaire de géologie*, Paris : Masson, 1995, 324 p.

Froidefond J.M., Berthois L, Griboulard R., Julius C., Pons J.C. « Terrasses submergées d'origine récifale, variations du niveau marin et activité néotectonique sur le plateau sud et est de la Martinique », *Symposium Géodynamique des Caraïbes*, 1985, p. 143-154.

George P. *Dictionnaire de la géographie*, Paris : PUF, 1970, 510 p.

Julius C., Pons J.C. *La Savane des Pétrifications de la Martinique*, Fort-De-France : PNRM, 1976.

Le Fur A. *Erodibilité et dispersabilité des vertisols de la Martinique. Rôles de la matière organique et de la garniture ionique*, Diplôme d'Agronomie Approfondie, ENSA Rennes. 1994, 48 p.

Paskoff R. « Les variations du niveau de la mer », *La Recherche*, n° 191, 1987, p. 1010-1019.

Paskoff R. « Les variations du niveau de la mer », *Annales de Géographie*, n° 246, 1989, p. 215-218.

Pirazzoli P.A. « Trends of relative sea-level change : Past, present and future », *Quaternary International*, Volume 2, 1989, p. 63-71.

Pirazzoli P.A. *World atlas of holocene sea-level changes*, Amsterdam : Elsevier Oceanography series, 1991, 300 p.

Pons J.C. « 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*, n° 43, 1988, p. 5-151.

Portecop J. « Phytogéographie, cartographie écologique et aménagement dans une île tropicale : le cas de la Martinique », *Documents de Cartographie Ecologique*, n° XXI, 1979, p. 1-78.

Revert E. *La Martinique : étude géographique*, Paris : Nouvelles éditions Latines (Thèse de doctorat), 1949, 560 p.

Saffache P. *Le littoral martiniquais : milieux, dynamiques et gestion des risques*, Lille : ANRT (Thèse de doctorat, nouveau régime), 1998, 368 p.

Saffache P., Blanchart E., Hartmann C., Albrecht A. « L'avancée du trait de côte de la baie du Marin (Martinique) : conséquence de l'activité anthropique sur les bassins-versants alentour », *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, Tome 328, n° 11, Elsevier, 1999, p. 739-744.

Saffache P. « La baie du Galion à la Martinique : un engraissement inféodé à l'érodibilité des bassins-versants cultivés », *Terres d'Amériques*, n° 2, Khartala, 1999, p. 199-207.

Tricart J. « Les variations quaternaires du niveau marin », *l'Information Géographique*, 1958, p. 100-105.

Westercamp D., Tazzieff H. *Guide géologique des Petites Antilles*, Paris : Masson, 1980, 134 p.

Westercamp D. & Andreieff P. *Notice explicative de la carte géologique de la Martinique*, Orléans : BRGM, 1989, 246 p.

ANNEXES

Annexe I

Quelques données historiques relatives aux événements météorologiques du 23 avril 1865 et du 22 avril 1927

Le Moniteur de la Martinique - 27 avril 1865, n° 34

« Un violent orage a éclaté sur la colonie dans la nuit du 22 au 23. Les rivières, grossies par des pluies torrentielles, ont débordé avec une impétuosité extraordinaire ».

Le commercial de Guadeloupe - mercredi 3 mai 1865

« Un de ces orages épouvantables qui portent la terreur dans l'esprit des populations [...] a éclaté dans la nuit de samedi à dimanche (du 22 au 23). De minuit et demi jusqu'à quatre heures du matin, il n'y a point eu d'interruption entre la pluie, le vent, les éclairs et le tonnerre. La pluie tombait par torrents précipités, le vent soufflait avec force, chassant l'eau dans les maisons par les interstices des fenêtres, les éclairs sillonnaient les rues en tous sens, accompagnés de coups de tonnerre lointains ; jamais on n'a vu s'abattre sur la terre une pareille masse d'eau ».

Le Nouvelliste de la Guadeloupe - 26 Avril 1927

« Le mauvais temps à la Martinique »

« Une pluie diluvienne s'est abattue sur toute l'île de la Martinique, causant par endroits d'énormes dégâts. Les rivières ont débordé, les routes ont été obstruées en plusieurs endroits [....] ».

La Résistance - Mardi 26 Avril 1927

« Que d'eau ! Que d'eau ! ... »

« En plein avril, fait exceptionnel, l'île fut assaillie, dans la nuit du 21 au 22 avril, par une trombe d'eau qui fit de sérieux ravages. C'est surtout au réseau routier qu'elle causa de grands dommages ».

Annexe II

Quelques données susceptibles d'expliquer l'importante érodibilité des vertisols

Méthodologie (simulation de pluie)

Ce test a pour but d'estimer l'érodibilité du sol de façon quantitative (masse de particules exportées) et qualitative (nature des particules exportées) à partir de différentes intensités de pluie. L'appareil utilisé est un « mini-simulateur de pluie » (**figure A**) mis au point par deux chercheurs de l'ORSTOM : Asseline et Valentin (1976).

Le simulateur reproduit l'énergie cinétique des pluies grâce à un système d'arrosage fixé à 4 m du sol. Il est composé d'un gicleur mobile, alimenté en eau par une moto-pompe, qui arrose avec un mouvement de balancier régulier, une parcelle de 1 m^2. Les intensités de pluie peuvent varier de 15 à 200 $mm.h^{-1}$.

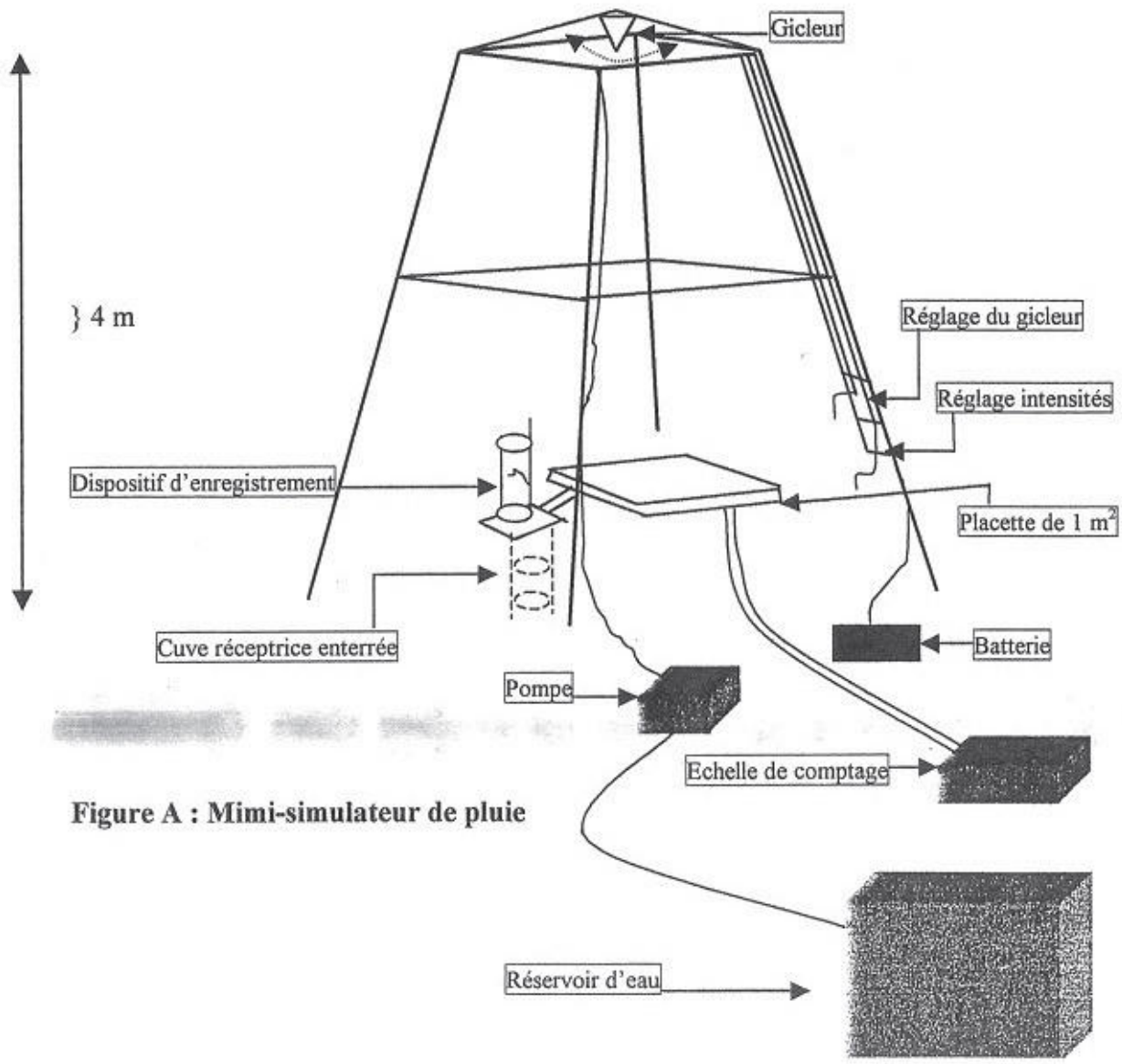


Figure A : Mimi-simulateur de pluie

Au cours de la simulation de pluie, quatre variables sont observées (**figure B**) :

1. **la phase d'imbibition** : période au cours de laquelle il n'y a aucun ruissellement ; cette phase est comprise entre les premiers abats et l'apparition des premiers ruissellements (temps **ti**).
2. **Le régime transitoire** : quand l'eau commence à ruisseler, l'hydrogramme adopte la forme d'un « S » synonyme d'une diminution de l'intensité d'infiltration.
3. **Le régime d'infiltration permanent** : période à partir de laquelle le ruissellement atteint son intensité maximale (Rx) ; il y a ensuite stabilisation du régime de la lame d'eau ruisselée (**tm**).
4. **La phase de vidange** : quand la pluie cesse (**tu**), le ruissellement décroît jusqu'à ce qu'il cesse (« **tf** »).

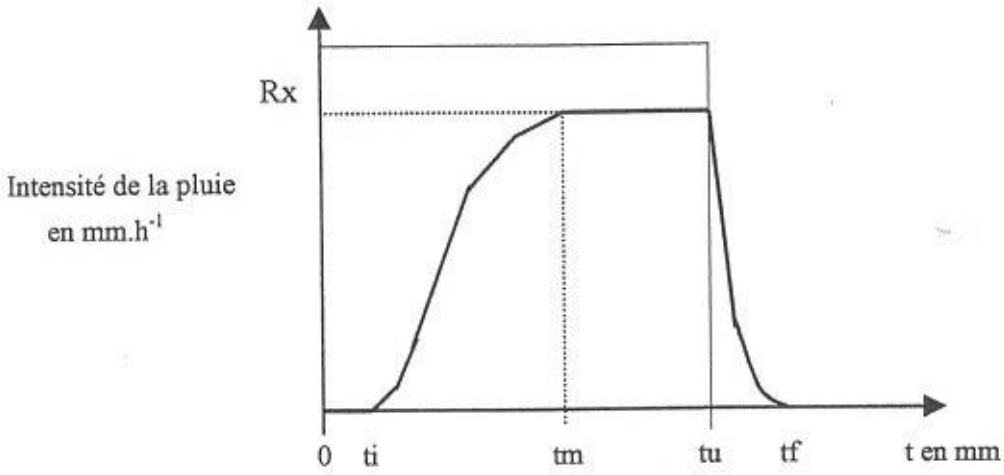


Figure B : Hydrogramme théorique de ruissellement

Protocole employé a Sainte-Anne

Les mesures d'érodibilité ont été réalisées sur des parcelles pâturées, sous trois intensités de pluie : 55 $mm.h^{-1}$ (pluie de récurrence annuelle), 80 $mm.h^{-1}$ (pluie de récurrence décennale) et 150 $mm.h^{-1}$ (pluie de récurrence centennale). Ces mesures ont été effectuées sous des pluies simulées de 30 minutes.

Une fois le ruissellement installé, l'eau de ruissellement, plus ou moins chargée en terre, a été recueillie et analysée. L'érodibilité des vertisols a ainsi pu être quantifiée.

Résultats

Sous une pluie de récurrence centennale, les volumes sédimentaires exportés atteignent **760 $kg.ha^{-1}.h^{-1}$**. Ces volumes sont importants car les vertisols sont essentiellement constitués de particules de très petite taille [50 % des particules sont argileuses (0-2 µm), **Tableau A**] et riches en sodium. Le sodium étant un puissant dispersant, dès que ces particules sont mobilisées par l'eau de ruissellement, elles se mettent en suspension et ne se re-déposent que très lentement.

Tableau A : Granulométrie des vertisols de Sainte-Anne (%)

Echantillons	0-2 µm	2-20 µm	20-50 µm	50-200 µm	200-500 µm	> 500 µm
1	**49,21**	21,10	7,25	7,08	10,17	5,19
2	**47,91**	18,03	5,69	20,50	6,07	1,80

Cette forte érodibilité s'explique aussi à la lumière des caractéristiques structurales : pourcentage d'agrégats stables et indices de dispersion des argiles.

Méthodologie (analyses structurales)

Prélèvements d'échantillons et préparation

Deux prélèvements de 1,5 kg de sol ont été effectués, à l'aide d'un carottier. Ces prélèvements ont ensuite été émiettés, débarrassés des racines grossières avant d'être séchés dans une étuve à 50°C. Après séchage, ces échantillons ont été concassés et broyés au rouleau puis tamisés à 2 mm. La fraction supérieure à 2 mm a été éliminée, la fraction inférieure gardée pour analyses.

Test de stabilité structurale et indice de dispersion

5 g d'agrégats tamisés à 1-2 mm sont placés dans des flacons à retournement puis recouverts de 200 ml d'eau. Ces échantillons sont mis au repos pendant 12 heures puis agités mécaniquement (par un agitateur rotatif à 50 tours.min^{-1}) pendant des durées différentes : **0 minute (pas d'agitation), 1 minute, 30 minutes, 1 h, 2 h, 6 h, 12 h et 18 h**. Les suspensions obtenues pour chaque temps d'agitation sont ensuite tamisées sous eau à 500 et 200 µm ; les fractions inférieures à 200 µm sont analysées par diffraction laser. Il est alors possible de retracer la désagrégation du sol à partir du pourcentage d'agrégats stables > 500 µm et de déterminer la dispersabilité du sol par l'analyse du pourcentage d'argiles dispersées.

Résultats

L'agrégation est assez forte en l'absence d'agitation puisqu'on obtient en moyenne **60 % d'agrégats stables à t0 (Tableau B)**. Cette agrégation chute ensuite progressivement jusqu'à atteindre **13,5 % d'AS > 500 à t18.**

La vitesse de désagrégation est beaucoup plus élevée sur vertisols calco-magnéso-sodiques que sur vertisols calciques.[13]

[13] Le calcium « *met en jeu des liaisons électrostatiques qui lui permettent d'établir des ponts cationiques entre les particules argileuses et les substances humiques (...). Ceci conduit à la formation d'agrégats stables* ». (Le Fur, 1994).

Tableau B : Evolution du pourcentage d'agrégats stables > 500 µm en fonction du temps d'agitation

Temps (h)	H de V	B de V
0	63,98	54,79
0,01	56,14	51,20
0,5	48,40	24,42
1	40,10	18,14
2	34,13	17,30
6	23,80	10,08
12	19,22	11,36
18	18,71	9,32

L'indice de dispersion des argiles est assez faible en l'absence d'agitation : **13,3 % en moyenne à t0**. Mais il augmente progressivement jusqu'à atteindre près de **60 % à t18** (**Tableau C**).

Dans le détail, on observe une phase d'augmentation très rapide entre t0,01 et t0,5, puis une augmentation régulière qui s'estompe progressivement ente t12 et t18. **En définitive, sur vertisols calco-magnéso-sodiques, l'indice de dispersion des argiles est élevé.**

Tableau C : Evolution de l'indice de dispersion (%) en fonction du temps d'agitation

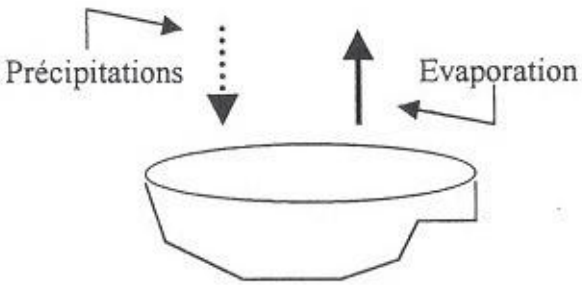
Temps (h)	H de V	B de V
0	5,10	21,63
0,01	3,39	24,03
0,5	22,47	49,84
1	12,12	45,79
2	37,98	45,12
6	50,34	60,37
12	54,25	68,92
18	48,98	64,94

Synthèse

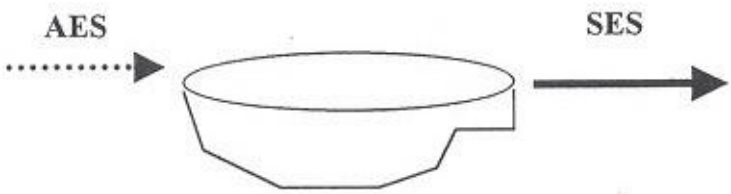
L'agrégation étant instable sur vertisols calco-magnéso-sodiques, l'érodibilité est d'autant plus importante.

Annexe III

Présentation schématique du fonctionnement de type atmosphérique et fluvial



Type atmosphérique



Type fluvial

AES = apport en eau de surface
SES = sortie des eaux de surface

Annexe IV

Chronologie des phases glaciaires et interglaciaires au Quaternaire

Ages (ans)	Chronologie continentale	Glaciations
1 000	Holocène	Post-Glaciaire
10 000		
	Pléistocène supérieur	Würm
50 000		
80 000		
100 000		Interglaciaire Riss-Würm
120 000		
	Pléistocène moyen	Riss
200 000		
300 000		Interglaciaire Mindel-Riss
350 000		
400 000		Mindel
500 000		
600 000		
		Interglaciaire Günz-Mindel
700 000		
800 000	Pléistocène inférieur	Günz
900 000		
1000 000		
1 100 000		
1 200 000		Interglaciaire Donau - Günz
1 300 000		
1 400 000		
1 500 000		
1 600 000		
1 700 000		
1 800 000		
	TERTIAIRE	

Annexe V

Degré d'inclinaison des pentes

	Morne (sans nom)			
	nord	sud	est	ouest
Pourcentage	21	21	33,6	15,3
Degrés	9,4	9,4	15,1	6,9

	Croix des Salines			
	nord	sud	est	ouest
Pourcentage	20,7	32	22	23,4
Degrés	9,3	14,4	9,9	10,5

	Morne des Pétrifications			
	nord	sud	est	ouest
Pourcentage	15,2	16,5	18	18
Degrés	6,8	7,4	8,1	8,1

ANNEXES PHOTOGRAPHIQUES

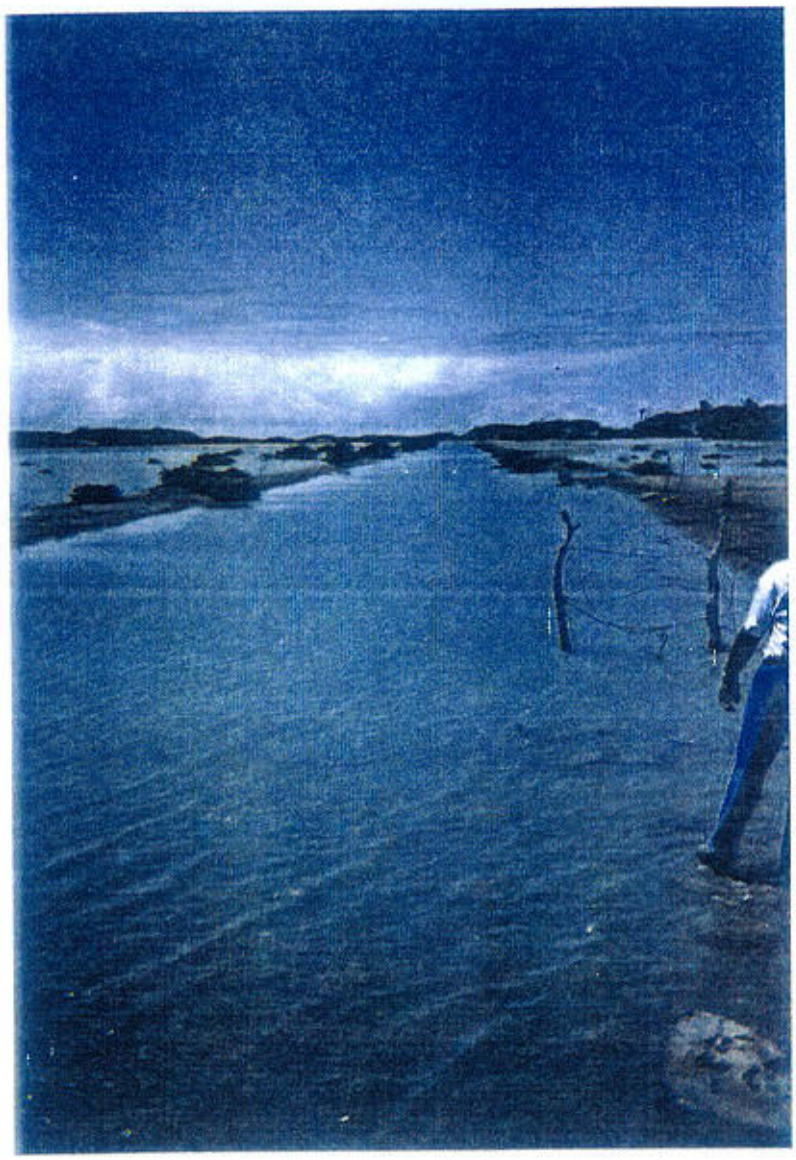


Planche I
Aperçu de la passe Sud-Est

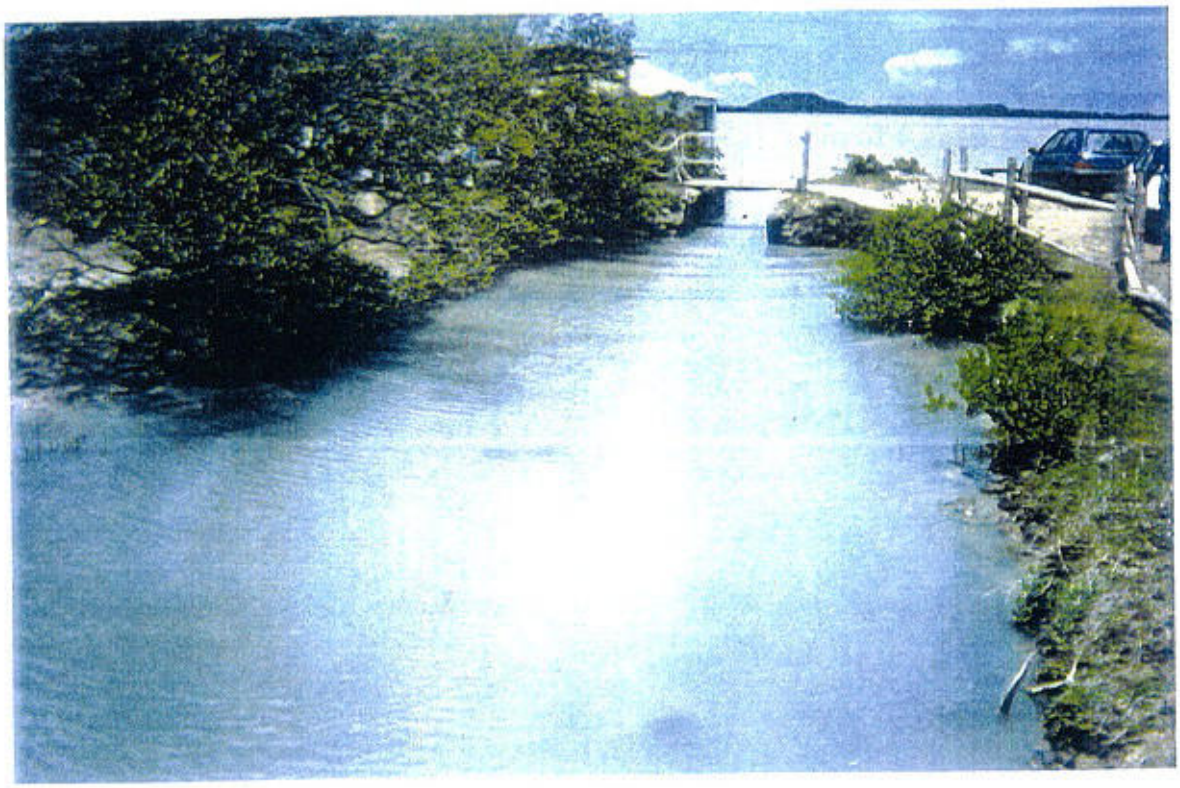


Planche II
Aperçu de la passe Nord-Ouest

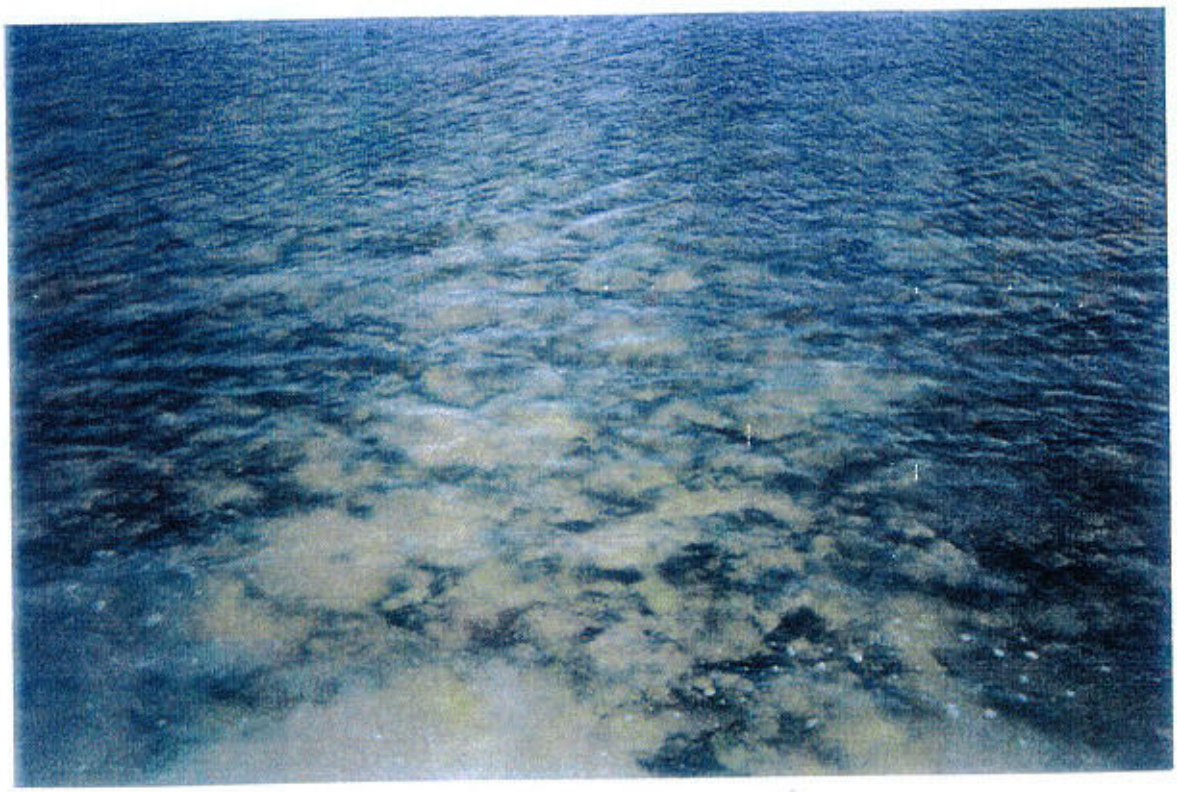


Planche III
Euthrophisation de la bordure de l'étang

Planches IV et V
Vues globales de l'étang