

**Institut de Recherche
pour le Développement
IRD**

**Parc Naturel Régional
de Martinique
PNRM**

**Expérimentations sur la lutte antiérosive
et la revégétalisation assistée d'un versant décapé
de la Réserve Naturelle de la Caravelle en Martinique.**

Rapport 3 : Résultats de la deuxième campagne (2002).

**Convention PNRM-IRD
Mission Roose du 20 janvier au 3 février 2003**

par

Eric.Roose*,

**avec la collaboration de
N. Vénumière, P. Laune, J. Louri **et R. Rovela**

Fonds Documentaire IRD
Cote : A* 31159 Ex : 2

Parc Naturel Régional de Martinique, BP 437 Fort-de-France, Martinique, 97200, France,
courriel : MSP-PNRM@wanadoo.fr

*IRD, Laboratoire MOST, BP 64501, F34394 Montpellier, France ; courriel : roose@mpl.ird.fr

**IRD-PRAM, Laboratoire BOST, BP 8006, Fort de France 97259 ; courriel : bost@ird-mq.fr

Montpellier , février 2003



010031160

Introduction

En vue de réduire l'érosion sur les versants dénudés situés sur la presqu'île de la Caravelle et les risques de sédimentation dans la baie du Trésor, une première série de travaux a été confiée à l'Office National des Forêts (ONF) en 1998-99 pour ralentir le ruissellement et l'érosion à l'aide de palmes de cocotier ou de dosses de Mahogany et pour revégétaliser les sédiments piégés sur les versants et les ravins.

Une expertise a montré qu'une fois les pièges remplis de sédiments, l'érosion continue de plus belle, le ruissellement étant concentré en rigoles par les planches. De plus les plantations restent chétives du fait des carences en azote et phosphore des sédiments et des altérites sousjacentes (Roose, 2000).

Une convention entre le Parc (PNRM) et l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) a été signée le 16 mai 2001 qui prévoit en deux ans :

- *la mise en place de 5 parcelles expérimentales de mesure du ruissellement et de l'érosion,
- *l'aménagement de ces parcelles pour optimiser le traitement de lutte antiérosive à l'aide d'un paillage de cinq doses de bagasse de canne à sucre ,
- *la plantation dans des cuvettes (adaptation de la méthode africaine « ZAI ») de 4 espèces d'arbustes locaux, avec 3 niveaux d'apport de nutriments,
- *l'implantation d'un parcours pédagogique comprenant cinq panneaux expliquant l'origine des sols, le paysage de la baie du Trésor, la diversité des processus d'érosion, la lutte antiérosive adaptée et la restauration assistée de la végétation locale.

D'un point de vue plus général, il s'agit de mettre en place un exemple d'une nouvelle approche de gestion des ressources naturelles qui tente de tirer profit des eaux de surface pour augmenter la production de biomasse, au lieu de s'opposer aux forces naturelles destructrices des eaux de ruissellement par des obstacles physiques.

Dans ce troisième rapport, il s'agit de restituer les résultats des observations réalisées durant la campagne 2002, après recouvrement des cinq parcelles de 0 à 101 t/ha d'un paillage de bagasse (résidus industriel de la canne à sucre) et plantation de Zikak, Poirier, Courbaril et Gliricidia dans 124 cuvettes avec apport de compost et d'engrais minéral (NPK). Une série de propositions clôture ce document de mi-parcours.

Nous remercions vivement l'Union Européenne d'avoir financé cette opération, M. Malbourough de la sucrerie du Gallion de nous avoir livré gratuitement la bagasse à proximité immédiate des parcelles, le personnel de la Réserve qui a protégé le site et effectué les observations, et la station Météo-France de nous avoir fourni les données du poste de la Caravelle.

1. Le milieu

La Réserve Naturelle de la presqu'île de la Caravelle est située au centre de la Martinique, à l'extrémité de la presqu'île de la Caravelle, après le village de TARTANE. Le relief de la Réserve est très varié avec ses nombreuses collines, ses ravins, ses côtes découpées, ses falaises et ses baies. Le point culminant (148 m) est occupé par un phare depuis 1861.

Les précipitations, concentrées de juillet à décembre, n'atteignent que 1500 mm en moyenne mais des averses peuvent se produire toute l'année. La hauteur des pluies journalières peut dépasser 150 à 250 mm/jour durant la période des cyclones et tempêtes tropicales. Les intensités sont alors très élevées. Ces pluies très abondantes provoquent des ruissellements intenses aboutissant au décapage de la couverture pédologique et au

ravinement. La végétation souffre de sécheresse de février à mai. Le vent est important en bordure de l'océan Atlantique et les embruns marins renforcent encore le stress hydrique.

La roche mère est vulcano-sédimentaire : tuffites légers riches en cendres et minéraux ferro-magnésiens^o ou coulées andésitique (orgues). Son altération donne naissance à des sols jeunes caillouteux ou localement à des sols fersiallitiques argileux rouges ou ocres (Colmet Daage, 1988). L'érosion est très active sur les pentes (jusqu'à 40%) dès que les sols sont dénudés ; le colluvionnement a accumulé localement en bas des pentes des sols riches et profonds (PNRM, 1995).

L'hétérogénéité du milieu physique aurait pu déterminer la diversité des formations végétales, mais sur les versants de la Caravelle, la diversité est liée aux différents stades de recolonisation des espaces dégradés par les cultures, le pâturage et l'exploitation sélective des essences forestières. La forêt semi-décidue primitive a totalement disparu, mais on trouve aujourd'hui des stades dégradés de savane, de fourrés et de forêt sèche plus ou moins ouverte, en particulier en bas des pentes, sur les colluvions épaisses (PNRM, 1995).

2. Le dispositif mis en place dans la réserve de la Caravelle

Sans perturber le splendide paysage de la baie du Trésor, il s'agit d'évaluer les risques actuels de ruissellement et d'érosion, de tester une nouvelle approche biologique de stabilisation des versants dénudés à l'aide d'une litière de bagasse de canne à sucre et d'adapter une technique traditionnelle africaine de restauration des terres dégradées. Enfin quelques nouveaux panneaux expliqueront au grand public se promenant sur deux petits sentiers éducatifs le mode de formation des sols, la diversité des processus d'érosion et les moyens de protéger ce versant en aidant la végétation naturelle à recouvrir les terrains dégradés par les activités humaines des siècles précédents.

Les dispositifs suivants ont été mis en place progressivement :

2.1. Cinq pièges à sédiments. En juillet 2001, cinq fosses bétonnées de 1m³ (2 x 1 x 0.5 m) servant de pièges pour les eaux de ruissellement, les particules fines en suspension (susceptibles d'envaser les fonds marins) et les sables grossiers, ont été construites à l'aval de petits ravineaux d'une surface variant de 83 à 146 m². Leur délimitation naturelle a été renforcée localement par des planches (en dosse de mahogany) et cailloux. Vu la grande hétérogénéité de la surface topographique, des roches volcaniques, de l'épaisseur de sol et de la nature de la végétation, il a été décidé de laisser pendant une année les ravineaux à l'état naturel pour évaluer la diversité de l'érodabilité des bassins : sans cette précaution, il eut été impossible de dissocier l'effet de l'hétérogénéité du milieu de l'influence des traitements.

A titre de démonstration la parcelle 5 a reçu le 17/8/2001 un épandage d'environ 15t/ha de bagasse partiellement séchée et décomposée : l'aspect de la surface a été profondément modifié par la couleur brune de l'humus naissant et par la croissance spontanée de nombreuses herbes pionnières.

Le 17 juillet 2002, les parcelles 1, 3 et 4 ont reçu un paillage de bagasse plus ou moins évoluée correspondant à 101, 50 et 25 t/ha respectivement (matière humide ≈ 30%). La parcelle 2 est restée nue comme témoin.

2.2. La revégétalisation assistée. En octobre 2001, l'équipe technique du Parc a creusé 124 cuvettes de 40x40x40 cm et planté quatre espèces d'arbres localement présents : le Zikak (*Chrisobalanus ikako*), le Poirier (*Tabebuia heterophilla*), le Courbaril (*Hymenea courbaril*), et des boutures vigoureuses de *Gliricidia sepium* (légumineuse arbustive introduite temporairement pour améliorer la litière en fixant l'azote). Chaque espèce d'arbre a été

plantée dans des cuvettes sous trois niveaux d'enrichissement chimique :

- (To), le témoin sans apport chimique, en haut des parcelles,
- (Tc), enrichi en compost (1 seau de DIAGO= tourbe enrichie en carbonates, à pH 5.5);
- (Tc+e) enrichi en compost et engrais chimiques (50 g/cuvette.de N₁₂, P₁₄, K₂₄).

Le travail du sol, profond mais localisé dans les cuvettes, a réduit temporairement les écoulements d'eau et de terre. Les pluies étant abondantes en fin d'année ont permis une bonne reprise, mais les plants de pépinière sont souvent trop vieux (tiges trop longues, racines déformées) et devront être recépés ou remplacés par des semis. Pour ne pas polluer les cuvettes en contrebas, on a décidé de placer les cuvettes ne recevant aucun amendement (T0) en position de sommet du ravineau (pas forcément sur les meilleurs sols) tandis que les cuvettes recevant du compost et des engrais (Tc+e) ont été situées en bas de pente, pour éviter toute pollution par l'érosion : de ce fait, elles pourraient recevoir plus d'eau de ruissellement que les témoins. La distance entre les plants n'est pas totalement régulière pour tenir compte des pointements rocheux et cailloux peu propices aux plantations, mais les jeunes plants disposent d'environ 4 m² d'impluvium. Les rares plantes préexistantes ont été respectées et de nouveaux plants se sont développés naturellement (Cassia et Cajou). Le compost DIAGO de « HydroAgriFrance » est un compost de tourbe blonde et brune enrichi de 1.5kg/m³ de N₁₂, P₁₄, K₂₄ : son pH est relevé à 5,5 à l'aide 7 kg/m³ de carbonate de chaux et de magnésie.

Le 23 janvier 2003, l'équipe technique de la Réserve a dégagé les plants d'arbustes et réaménagé les cuvettes (recreusement à l'amont et disposition de ces sédiments en demi-lune à l'aval des plants pour mieux retenir les eaux de ruissellement, en prenant soin de ne pas déranger les jeunes racines.

Des mesures du couvert arbustif ont été réalisées en septembre 2002 et en janvier 2003 par Nadine Venumière (hauteur max. ainsi que surface couverte par les arbustes, soit longueur max. des touffes x largeur perpendiculaire).

2.3. Evolution de la biodiversité végétale et animale. M.Vennetier (du Cemagref de AIX en Provence) est chargé de suivre l'évolution des populations végétales et de leur biodiversité par des missions en fin de saison des pluies. Par ailleurs, l'observation rapide des activités de la macrofaune par Eric Blanchart (IRD, UR SEQC), a montré la pauvreté de la faune sur les parcelles 1 à 4 non aménagées et la présence discrète de petites fourmis et termites liée à l'apport de bagasse sur la parcelle 5, le 14/3/2002.

Le 23/1/03, des fourmis ont été observées 5 fois à proximité des anciennes planches mais uniquement dans la parcelle 5. Il faudrait vérifier que leur présence n'est pas liée à l'apport des dosses de bois tropical mais bien à l'apport de litière de bagasse.

2.4. La mesure des pluies. Les orages étant très localisés, nous avons disposé à 1 mètre du sol, trois pluviomètres à lecture directe (d'une contenance maximale de 150 mm) permettant d'évaluer les précipitations à trois niveaux du versant traité. Au poste de la météo nationale de la pointe de la Caravelle, un pluviographe enregistre les hauteurs de pluies cumulées toutes les six minutes. Ce pluviographe nous sera utile pour évaluer les courbes « intensités x durées » à l'échelle régionale.

La hauteur de pluie retenue dans ce rapport correspond à la plus forte hauteur observée sur l'un des trois pluviomètres (P2 en milieu de pente), considérant que la pluie a été interceptée le plus correctement à l'abri du vent. Les petites pluies fines et sans énergie n'ayant pas provoqué de ruissellement, ont été cumulées avec la suivante (ou évaporées).

Le 28/1/2003 deux pluviomètres cumulatifs (tubes verticaux en PVC basse pression) capables d'accumuler 1500 à 2500 mm de pluie ont été placés en R5 et R2 sous la savane en défens, au milieu de la zone des parcelles, mais à l'abris des regards des

visiteurs circulant sur la route : il suffira de les vidanger en juillet (avant la saison des cyclones) pour faire face aux pluies les plus importantes observées dans cette région. Leur objectif est d'obtenir une évaluation fiable de la hauteur des pluies journalières juste à l'endroit des parcelles d'érosion, en particulier lors des grosses averses tropicales.

2.5. L'état nutritionnel des sédiments et altérites. Pour mieux cerner l'hétérogénéité des qualités nutritives de la terre où sont replantés les arbustes, nous avons prélevé dans chaque ravineau des échantillons moyens de terre dans 5 cuvettes (0-30 cm) et un profil complet en amont de la séquence, à l'abri d'un vieil arbuste : les analyses de texture, pH, phosphore assimilable, bases échangeables et matières organiques ont été réalisées au laboratoire d'analyses du Cirad à Fort de France : nous les remercions pour leur coopération. Les résultats d'analyses confirment la pauvreté en nutriments (C, N, P) et la forte acidité des sédiments et des altérites par rapport aux horizons humifères originaux décapés. Ceci explique la lenteur de la croissance des arbustes plantés sans apport d'engrais minéral.

2.6. Les indicateurs des états de surface. Nous avons procédé en fin de saison des pluies (le 14/3/2002 et le 23/1/2003) à la description des états de surface des cinq ravineaux selon la méthode bien connue des points quadrats, tout au long d'une diagonale partant du piège à sédiment et remontant jusqu'au sommet opposé (Roose, 1996). Tous les 20 cm, deux observations ont été réalisées sur un *indicateur de risque de ruissellement* (**Surface fermée** = % des points recouverts d'une croûte de sédimentation, d'un cailloux inclus dans la matrice ou d'une surface tassée, ralentissant l'infiltration) et sur un *indicateur de risque d'érosion* (**Surface couverte** = % des points recouverts de litière, de cailloux, d'herbes ou d'arbustes). Plus la surface du sol est couverte de litière, herbes, arbustes, cailloux et moins les gouttes de pluie et l'énergie du ruissellement ont de prise sur le sol pour détruire les agrégats et transporter des particules. Par ailleurs, plus la surface du sol est tassée, couverte de croûtes ou de cailloux inclus dans la masse du sol, moins nombreux seront les pores disponibles pour infiltrer les eaux de pluie et plus les risques de ruissellement et d'érosion seront élevés.

Ceci se traduit sur le terrain par les traces laissées par le ruissellement et les divers types d'érosion :

- *trainées de matières légères flottantes ==> faible ruissellement et érosion en nappe ;
- *griffes de quelques centimètres de profondeur ==> le ruissellement est plus abondant et commence à développer une énergie décapante à l'origine de l'érosion linéaire ;
- *rigoles de > 10 cm évoluant en ravines de > 30 cm : fort ruissellement et grave danger d'érosion en ravine, avec transport abondant de sable et de cailloux ;
- *glissement de terrain soit sur les berges des ravines, soit sur les versants des collines ==> terrain gravement instable ;
- *disparition de la couverture pédologique observable sur quelques reliques protégées par des arbustes ==> nécessité de stabiliser la surface du sol et d'aider les plantes à se réinstaller...

Chacun de ces cas est présent sur le versant expérimental étudié au Parc de la Caravelle et fait l'objet d'étude pour la mise au point d'une méthode simple de réhabilitation assistée de la végétation naturelle.

2.7. Traitement antiérosif : 5 doses de bagasse et cuvettes Zaï. Il était prévu en 2002, que les ravineaux soient recouverts de 5 doses de bagasse de canne à sucre fraîche (0, 6, 12, 18 ou 24 t/ha de matières sèches) en fonction des risques d'érosion de chacune d'elle, la plus érodable recevant le paillage le plus épais. Etant donnée la vitesse de minéralisation de la bagasse (environ deux campagnes), l'objectif poursuivi n'est plus de rechercher la dose minimale de bagasse capable de maîtriser l'érosion, mais d'optimiser les coûts

d'aménagement, étant entendu que la bagasse est gratuite, que le transport par camion jusqu'à la piste du parc est bien meilleur marché que le transport manuel en cuvette et l'épandage du paillage sur les surfaces dénudées souvent très pentues. Il faut donc rechercher la dose qui permettrait de stabiliser le versant jusqu'à ce que les végétaux naturels et plantés assurent le recouvrement du sol. Les plantations d'arbustes ont été réalisées durant le mois de décembre 2001. Les arbustes et herbes croissant antérieurement ont été laissés en place sans fertilisation.

La parcelle 5 a été recouverte de bagasse partiellement compostée le 17/8/2001, à une dose voisine de 15 t/ha en poids humide (soit 10 t/ha en MS).

Le 17 juillet 2002, les parcelles 1, 3 et 4 ont été couvertes de bagasse partiellement décomposée (encore très fibreuse) à raison de 145, 72 et 50 t/ha de matière humide, soit 101,50 et 25 t/ha de matière sèche si l'humidité est estimée à 30%. L'ensemble des parcelles paillées ont été couvertes de 65 à 72% par la litière, sur une épaisseur variant de 0.5 à 3 cm, voir localement 5 cm. On peut craindre que l'épaisseur du paillage ait une influence sur la présence des adventices : passé un certain seuil d'épaisseur, le paillage peut empêcher les graines des graminées de germer ou de percer la couche de bagasse.

La technique de récupération des terres dégradées (cuvettes Zai) a aussi un rôle antiérosif dans la mesure où ces cuvettes piègent pas mal d'eau de ruissellement et de sédiments et permettent la croissance d'un couvert végétal pérenne, pourvu qu'on lui fournisse assez de nutriments assimilables.

3. Les résultats des observations en 2002.

3.1. Les pluies

En 2002, les pluies observées sur notre dispositif n'ont atteint que 747 mm sur le poste le plus humide du versant (P2), alors qu'au poste météo France de la pointe de la Caravelle, les pluies totales atteignent 1822 mm : l'année a donc été déficitaire, en particulier en février, mars, juillet, août et décembre.

Encore faut-il souligner que seules 7 averses de plus de 30 mm ont été observées et que les pluviomètres de 100 mm ont débordé deux fois. Au poste météo France, on a relevé 15 pluies de 20 à 40 mm, deux de 41 à 60 mm, 3 de 60 à 80 et trois ont dépassé 100 mm, mais en 3-4 jours : 155 mm du 6 au 9 avril, 113 mm du 10 au 14 septembre et 149 mm du 24 au 27 octobre. Les observations sur le site sont donc nettement inférieures à la réalité. Ceci s'explique par la disparition de certaines fiches d'observation suite au vol du microordinateur du PNRM où étaient stockées les observations.

Une quinzaine de pluies ont donné lieu à la mesure de la turbidité dont nous tiendrons compte pour le calcul des pertes en MES (la charge en suspension fine).

En réalité, cette campagne n'a pas été favorable à la reprise et à la croissance des plantations sur le versant expérimental : on verra plus loin que plusieurs boutures sont desséchées et que les plantations vivent, à part celles du bas de pente qui profitent du ruissellement et des apports minéraux.

Tableau 1. Les averses observées au site « érosion » de la Caravelle en 2002.

Le 3/1/2002	11 mm
Le 10/1	23mm
Le 9/4	155 * débordé
Le 16/5	55
Le 19/6	86 mm
Le 6+7/8	13+15mm
Le 3/9	31 mm ?
Le 16/9	92 mm
Le 22/10 au 6/11	235mm*débordé
Le 20/11	31 mm
Total 747 mm en 10 pluies , dont deux de > 100 mm...	

En conclusion, seules les averses de plus de 30 mm ont donné lieu cette année à du ruissellement et des pertes en terre sur les parcelles nues initiales.

Pour avoir une meilleure précision sur les pluies petites et grandes , nous avons mis en place fin janvier 2003 deux pluviomètres cumulatifs pouvant stocker 1500 et 2000 mm

Voir en annexe 6 les hauteurs des pluies journalières en 2002 à la station Météo France de la pointe de la Caravelle à moins de deux km de nos stations.

3.2. Les états de surface et les indicateurs de risque de ruissellement et d'érosion

Tableau 2. Les états de surface du sol le 23/1/2003.

RAVINEAU	R1	R3	R4	R5	R2	Moy
Bagasse	72 t/ha	36 t/ha	18t/ha	15t/ha	nu*	paillé 2002
Surf.Cailloux %	04	21	23	08	48/49	14%
S.litière %	67	70	65	72*	00/0	69 %
S.herbes %	12	01	05	72*	07/5	06 %
S.arbres %	15	08	06	12	02/1	11 %
S.couverte %	98	100	100	92	57/55	98 %
Surface nue	02	0	00	08	43/45	02 %
S.ouverte %	73	62	50	59	51/50	62 %
S.fermée %	27	38	50	41	49/50	38 %
S.cailloux inclus	01	13	17	17	29/31	12 %
S.tassée %	21	25	33	24	20/19	26 %
Cailloux posés %05		0	10	08	11/11	06 %

*Pour évaluer l'évolution des observations à une année de distance par la même personne, nous avons accolé, pour la parcelle nue témoin (R2), les observations du 14/3/02 et celle du 23/1/03 (début de saison sèche). Il apparaît que les écarts sont raisonnables (2 points soit <5%) : la méthode semble donc fiable.

*Six mois après l'épandage de 18 à 72 t/ha de bagasse humide, la surface couverte par la litière atteint 65 à 70 % sans relation avec le poids de bagasse répandue car l'épaisseur varie

de 0.5 à 5 cm selon les emplacements et les traitements. On risque donc de ne pas pouvoir mettre en évidence d'effet dose de bagasse sur l'érosion.

***La surface couverte par les cailloux est tombée de 50% (au stade initial) à 21-23% sur les parcelles 3 et 4 du bas de pente (les plus rocailleuses), et 4 à 8% sur les parcelles 1 et 5 du haut de la toposéquence.**

***La surface couverte par les herbes a faiblement progressé (de 4 à 6%) durant cette année sèche alors que les herbes ont envahi la parcelle 5 (72%) l'année précédente, beaucoup plus humide. On peut noter qu'en P5 ces herbes sont aussi nombreuses et drues que la campagne précédente, malgré une saison sèche très marquée.**

***La surface couverte par les arbustes a peu progressé pour la même raison (5-6 à 6-12%) mais la végétation de bas de parcelle (avec NPK) semble nettement plus vigoureuse que celle des hauts de pente. Les arbustes plantés ne couvrent que 1 à 4.3 m² après 18 mois de plantation : leur croissance a été très modeste malgré les apports de compost.**

En résumé la surface couverte n'a beaucoup progressé que par la litière : la surface nue est passée de 41% en moyenne avant paillage à moins de 2% après une saison des pluies et 8% après deux saisons des pluies (R5) : les risques d'érosion sont donc très faibles après ce traitement, quelle que soit la dose de bagasse (15 à 101 t/ha en humide).

La surface fermée du sol (bon indicateur de risque de ruissellement) est estimée à partir des observations du taux de cailloux inclus (les cailloux posés sont souvent entourés d'amas de petits cailloux perméables) et des surfaces tassées : elle diminue de 73% avant paillage à 13-41% sur parcelles paillées. En R5, couverte depuis 2 campagnes, la surface couverte a encore progressé de 20% grâce à l'extension très rapide des herbes en 2001. Si le paillage a été emporté par l'érosion sur les sentiers empruntés par les surfeurs et le ruissellement concentré, le paillage a fondu sur place en modifiant la terre sous-jacente (humification d'un mince horizon de surface de teinte brunâtre). On n'a pas observé de pellicule de battance ni de croûte de sédimentation. Il semble que le taux de cailloux posés a fort diminué en faveur des cailloux inclus. Par contre le taux de surface tassée a diminué sous litière de bagasse (gain d'humidité et de matières organiques).

3.3. Les terres de fond captées dans les pièges à sédiments

Le principe des pièges à sédiments (capteur de volume trop réduit pour stocker toutes les eaux de ruissellement lors des grosses averses, mais suffisant pour stocker les sédiments grossiers) développés jadis par les géomorphologues (Gerlach), c'est de récupérer les sédiments grossiers qui vont servir de témoins de la dynamique d'une portion de versant. Si la pluie est inférieure à la pluie d'imbibition, il n'y aura pas de trace de ruissellement dans le piège. Si le piège ne déborde pas, on peut estimer le coefficient de ruissellement pour une tranche donnée de pluies. Mais si le piège déborde, les sédiments de fond piégés sont trop lourds pour déborder avec le ruissellement : ils permettent souvent une estimation du volume ruisselé.

Sur le versant expérimental du Parc de la Caravelle, nous n'avons installé dans un premier temps qu'une fosse de 1 m³ par parcelle, beaucoup trop petite pour stocker le ruissellement de bassins d'une centaine de m²: 10 mm de ruissellement sur 100 m² équivalent déjà à 1000 litres. Or on peut s'attendre à des pluies cycloniques de 400 mm et plus ...On va

donc tenter d'estimer les terres de fond captées par les cuves lorsqu'elles n'ont pas débordé, puis estimer le débordement en fonction des terres de fonds captées, ou plus directement en fonction des hauteurs de pluie.

Au préalable il nous faut expliquer comment traduire le poids de terre sèche à partir de la mesure du poids de terre humide ramassée au fond des cuves après les pluies déposées dans un volume constant (par ex un seau de dix litres). Nous avons pesé le seau rempli d'eau soit 10,8 kg, équivalent de 10 litres d'eau (densité apparente de 1) et du poids du seau vide. Ensuite nous avons versé avec précaution un kg de terre de surface sèche dans le seau plein d'eau. Une partie de l'eau a débordé, mais la terre ayant une densité apparente comprise entre 1 et 2,6, le poids du seau plein de cette boue dépasse 10,8 kg, soit 11,1kg observé. Nous avons répété l'opération 5 fois pour obtenir une droite donnant en ordonnée le poids de terre humide dans le seau et en abscisse le poids de terre sèche.

A la figure 2 du rapport de campagne 2001, vous pouvez constater que l'exercice fait avec des terres légères (dapp de 0,8 à Rivière Lézarde avec un sol brun rouille à halloysite) a donné une droite parallèle mais plus basse (Khamsouk, 2001) qu'avec les altérites ferrugineuses du versant étudié sur la Caravelle.

En tenant compte de cette droite obtenue expérimentalement avec la terre de surface du versant de la Caravelle, nous avons transformé toutes les mesures de terre érodée humide en terre sèche, sans devoir passer par une étuve (gain de temps).

Voir en annexe 4 : Terre sèche en fonction du poids des seau + sédiments humides

Tableau 3 . Erosion totale (t/ha), turbidité (mg/l) et terre de fond (poids sec en kg/ha) captées en aval de chaque ravine en 2002.

Ravineau	R1	R2	R3	R4	R5
Surface (m ²)	133.5	92.4	83.0	88.7	146.1 m ²
<u>Erosion :</u>					
Terre de fond:					
Avant paillage	11.626*	14.492*	26.976*	31.733*	- kg/ha
Après paillage	0	-	0	0	0 kg/ha
Turbidité(ma)	285*	260	216*	278*	157 mg/l
MES	173	222	229	220	92 kg/ha
Erosion totale	11.7*	14.7*	27.2*	32.0*	0.09 t/ha

*mesuré avant le paillage.

L'érosion totale (en t/ha) comprend la terre de fond (Tdf) pesée directement sur le terrain avec une balance dynamométrique (portée de 30 kg, précision à 100 g) et les matières en suspensions (MES). La MES est le produit du volume ruisselé par la turbidité (charge en suspension mesurée dans une bouteille en plastique de 1,5 l prélevée dans les cuves, à mi profondeur, sans remuer les dépôts). La bouteille est pesée, les suspensions floculées puis séchées à l'étuve avant leur pesée au mg près.

On observe qu'après paillage, l'érosion des terres de fond est nulle (Tdf=0 kg/ha en R1, R3, R4 et R5) et que les pertes en MES sont très réduites (92 à 230 kg/ha). Les pertes totales par érosion avant paillage confirment celles observées en 2001 (20 à 38 t/ha). Le ravineau 2 (Etotale=14.7t/ha) est nettement moins érodé que les ravineaux 3 et 4 (Etotale

varie de 27 à 32 t/ha en 6 pluies).

On laissera le ravineau R2 sans paillage, comme témoin pour comparer efficacement l'effet de trois doses de paillage sur les ravineaux R1=145t/ha, R3=72t/ha, R4=36t/ha de paillis humide. Le ravineau R5 ne sera pas rechargé, mais servira à estimer la reprise de l'érosion après la minéralisation du paillage (15 t/ha en 2001). En 2002, la fonte du paillage par minéralisation a été compensée par le développement des herbes et l'amélioration de la structure de la surface du sol (moins de surface compacte et meilleure infiltration).

La turbidité mesurée dans ces conditions est très modeste sous parcelle témoin ($T_{R2} = 0.2$ à 0.4 g/l) vu la forte charge en pierres de la surface du sol (50%). Elle est encore plus faible sous paillis ($T < 0.2$ g/l en R5, et encore elle est artificiellement forte suite au développement d'algues si les eaux ne sont pas collectées aussitôt après la pluie).

3.4. Evaluation du ruissellement

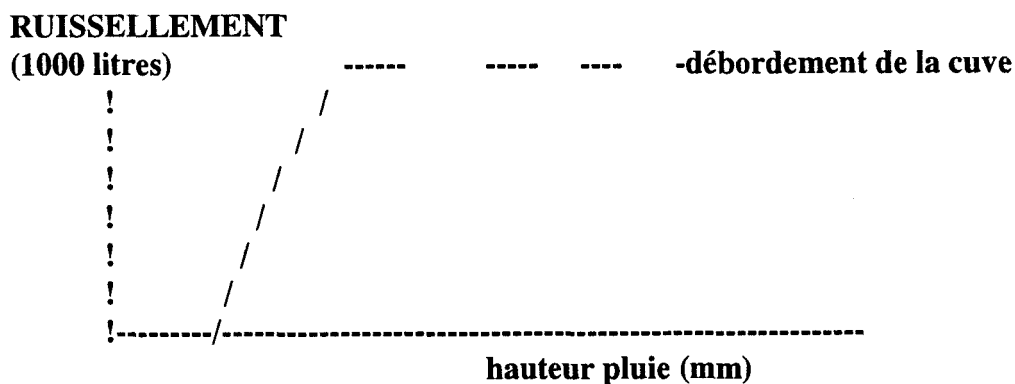
Le volume ruisselé est estimé par différence de la hauteur d'eau dans les cuves (en mm) moins la hauteur de pluie (puisque les cuves ne sont pas couvertes), tant que le ruissellement n'a pas débordé.

Mais dès que la cote 50 cm a été atteinte (sur l'une des trois mesures), on peut tenter d'estimer le ruissellement :

- soit à partir des terres de fond, en considérant que c'est le ruissellement qui déplace les terres de fond... Cependant, l'analyse des graphiques Ruis = f(Tdf) a montré que les liaisons sont très lâches, étant donnés les travaux de plantation et les délais probables entre le détachement et le transport des particules sableuses..

- soit à partir des graphiques Ruissellement = f(Pluie)

Figure 1. Evaluation du ruissellement en fonction des pluies unitaires.



* Si la pluie n'atteint pas la pluie d'imbibition, le ruissellement reste nul. C'est le cas pour des pluies variant de 5 mm en période pluvieuse (<1 jour sans pluie) à 11 mm en période sèche (>4 jours sans pluie).

* Lorsque la pluie dépasse ces valeurs, le ruissellement augmente régulièrement avec la hauteur de pluie et on peut calculer une régression Ruis = f(Pluie)

* Enfin la cuve déborde, mais on peut raisonnablement estimer que le ruissellement continue sa croissance à peu près au même rythme.

On peut estimer le ruissellement d'une averse de 94 mm selon la procédure suivante :

a/ on diminue la hauteur totale de la pluie d'imbibition soit 10 mm si l'averse précédente date de plus de 5 jours (ex le 15/10/2001) Pluie efficace = 94-10 = 84 mm

b/ On voit sur le graphique que pour déborder (>1000 l.), il a fallu 20 - 5 mm = 15 mm . On divise alors la pluie efficace par le nombre de mm nécessaires pour le débordement soit 84/ 15 = 5,6 x 1000 litres=5600 litres

On corrige en fonction de la surface du ravineau R1 = 133,5 m²

Lame ruisselée = 5600 /133,5 m² = 41.95 mm

Coefficient de ruissellement = 41.95 mm / 94 = 0.45 ou 45% de la pluie

c/ En 2002, on s'est appuyé sur les régressions Lruis. = f (Hpluie) pour chaque parcelle

LR1 = 18,89 X.-89,15 / 133,5 m²=

LR2 = 19,15.X.-140,42 / 92,4 m² =

LR3 = 20,80.X -90,28 / 83,0m² =

LR4 = 17,33.X -146,77 / 88,7 m² =

LR5 = 23,75.X -350 / 146,1 m² =

Tableau 4 . Lamme ruisselée (mm), coefficient de ruissellement moyen annuel (Cram%), ou coefficient de ruissellement maximum pour une forte averse (CrMax = % d'une averse) estimé en aval de chaque ravineau en 2002.

Ravineau	R1	R2	R3	R4	R5
Surface (m ²)	133.5	92.4	83.0	88.7	146.1m ²
Ruissellement :					
LR mm	60,67	85,37	106,18	79,00	58,53mm
Cram %	8,1%	11,4%	14,2%	10,6%	7,8%
Crmax %	14%	21%	24%	18%	14%

On remarque au tableau 4 que le coefficient de ruissellement annuel moyen est faible mais a augmenté de 4 à 8% sur le ravineau 5 car le sol est couvert de litière depuis deux campagnes (SC=>96%). Le Cram varie de 8 à 14% sur les ravineaux dénudés. Curieusement le ruissellement (Cram = 11%) est plus faible sur le R4 qui a perdu le plus de terre et sur R2 qui en a perdu le moins. Ceci peut se comprendre du fait de la présence de roches ferrugineuses en surface qui causent beaucoup de ruissellement, mais peu d'érosion, car elles sont très cohérentes.

Le coefficient de ruissellement maximum pour une grosse averse varie de 14 – 24 % sur sol couvert de litière à 21 % sur ravineau dénudé : on peut donc s'attendre à des volumes considérables de ruissellement et de ravinement lors des tempêtes tropicales et des cyclones.

En 2001, la pluie d'imbibition a varié de 10-11 mm sur ravineau décapé lorsque l'averse tombe sur sol sec depuis plus de 4 jours, à 5 mm. lorsque l'averse tombe sur un sol détrempe la veille. En 2002 , on n'a pas observé de ruissellement ni d'érosion significative pour des averses de moins de 30 mm tombant sur sol sec.

Le ruissellement ne commence donc qu'après avoir saturé certaines zones tassées peu perméables mais ne couvre pas l'ensemble de la surface, à peine 12 à 24% des ravineaux (théorie « Aires contributives saturées »: Cosandey & Robinson, 2000).

Le recouvrement de ces altérites décapées par une mince couche de litière n'arrête pas tout le ruissellement ($Cr=4$ à 8%), mais il le ralentit et bloque les transports solides : seules quelques particules fines en suspension traversent ce tapis de résidus de cannes.

On peut comprendre qu'une litière déposée sur une couche de béton arrête l'érosion, mais pas le ruissellement, lequel sera retardé par la friction avec les fibres de bagasses. Si le ruissellement transporte peu de solide, par contre il est chargé en matières organiques et coloré en jaune thé.

4. Conclusions

1. Le PNRM a signé en mai 2001 une convention avec l'IRD pour lutter contre l'érosion, restaurer la végétation naturelle d'un versant décapé de la baie du Trésor et installer un sentier pédagogique sur la formation, la conservation et la restauration des couvertures pédologiques et forestières : les 5 ravineaux sont en place et les résultats de la première campagne permettent d'évaluer l'hétérogénéité du milieu et l'efficacité du paillage.

La deuxième campagne quoique très déficitaire confirme les dangers d'érosion et l'efficacité du paillage sur les pertes en terre.

2. La campagne 2001 nous a été favorable dans ce sens que les pluies ont commencé tardivement une fois le dispositif en place ; ensuite les pluies ont été assez abondantes pour tester l'homogénéité de l'érodabilité des ravineaux et permettre une bonne reprise des arbustes. En 2002, les pluies furent peu nombreuses, mais les averses de plus de 50 mm tombées avant la pose de la bagasse ont confirmé l'importance des risques d'érosion. Par contre la bagasse bloque les pertes en terre grossière, réduit de 50% la charge en suspension (MES) et le ruissellement.

3. Les ravineaux 1, 3 et 4 , ayant perdu une trentaine de t/ha de terre en 2001, semblaient suffisamment homogènes pour mettre en évidence l'influence de trois doses de paillage

Avant le paillage de juillet 2002, l'érosion varie de 12 à 27 et 32 t/ha en 6 averses...

Ensuite elles ont reçu 145, 72 et 36 t/ha de bagasse humide peu évoluée.....Les observations sur l'effet des doses de paillis pourrait en être biaisées par leur sensibilité initiale et aussi par l'importance des doses. La même proportion de sol couvert (seule l'épaisseur varie) risque bien de masquer l'effet dose durant les premières années : on verra l'effet dose sur la durée d'efficacité de ce traitement si le couvert herbacé ne reprend pas trop tôt le relais.

4. Le ravineau R2 (E=21 + 14 t/ha), sert de témoin, bien qu'il soit moins érodible que R3 et R4 : il est bien visible pour les visiteurs situés sur le sentier en aval de la zone de savane mise en défense et clôturée depuis 6 ans.

5. Le ravineau 5 a été recouvert depuis 18 mois d'environ 15 t/ha (= 2 cm) de bagasse déséchée et partiellement fermentée. Son épandage a arrêté brutalement l'érosion, ralenti le ruissellement, amélioré l'infiltration et a provoqué la croissance d'herbes et d'arbustes présents naturellement. On le laissera en l'état actuel pour évaluer la vitesse avec laquelle la bagasse disparaît par minéralisation et si l'érosion redémarre, entraînant la nécessité d'un nouvel apport de bagasse (peu souhaitable).

6. Cinq panneaux sont en voie de réalisation par Bounmanh Khamsouk et le cheminement des deux sentiers a été choisi:

- * le paysage des versants de la baie du Trésor,
- * la formation des sols,
- * les types d'érosion,
- * la lutte antiérosive mécanique et biologique,
- * la restauration des sols et la revégétalisation assistée.

On pourrait y ajouter quelques commentaires sur la roche et les altérites le long de la piste d'accès et quelques explications sur les résultats de cette recherche.

5. Liste des recommandations

* Installation fin janvier 2003 des 2 pluviomètres cumulateurs à mi-pente, près des cuves de R2 et R5 pour tenir compte des pluies cycloniques. **Y ajouter d'urgence une couche de 1 cm d'huile vierge de moteur pour supprimer l'évaporation de l'eau de pluie et donner un carnet d'observations journalières au technicien du Parc.**

Prévoir la relève durant les vacances du responsable.

* **Réparer les fissures des cuves des parcelles 3, 4, 5.**

* **Acheter une balance dynamométrique plus précise de 0 à 30 kg de portée à 100 g près.**

* **Observation journalière des pluies journalières et du ruissellement** dans les cuves sur les parcelles : prévoir un carnet réservé à cet usage avec carbone permettant de garder les observations au PNRM et sur place. Vidanger les pluviomètres non cumulatifs (et les cuves) après chaque pluie et vidanger les pluviomètres cumulatifs en juillet et janvier.

* Prélever au milieu des cuves (sans remuer s'il y a des terres de fond) des bouteilles de ruissellement pour la MES et **les porter très rapidement au labo IRD** (Mme Joelle Louri), ou à défaut, les mettre à l'abris de la lumière et des hautes températures pour éviter le développement des algues.

* Couvrir les cuves d'une tôle pour mieux évaluer la pluie d'imbibition et le ruissellement.

* Mettre des **étiquettes en aluminium** au pied des plantations et autres végétaux pour repérer les traitements.

* Mieux définir la surface des bassins en ajoutant quelques diguettes aux endroits où le ruissellement a tendance à s'échapper latéralement, en particulier à proximité des cuves .

* Etablir les fiches d'observation du ruissellement et des terres de fond après chaque grosse averse, en précisant au mieux les heures de pluie, les intensités et/ou agressivité des pluies, l'état d'humidité du sol (nombre de jours sans pluie) ;

*Analyse fréquentielle des hauteurs de pluie sur 20 ans au poste météo France de l'observatoire de la Caravelle.

*Replanter les pieds d'arbustes morts et dégager les cuvettes Zai.

* Prolongation de la convention PNRM-IRD afin d'y intégrer la campagne de mesure 2003 qui devrait confirmer en année à pluviosité normale l'efficacité des deux méthodes mises en place pour lutter contre l'érosion et restaurer la végétation.

* Présentation en février /mars 2004 des résultats de cette convention à l'occasion d'une conférence, ou mieux, lors d'un **atelier « Erosion et Environnement dans les Antilles»** organisé sous l'égide du PNRM et avec le soutien du PRAM, IRD, INRA Guadeloupe, de la Faculté des Géographie, DIREN, et interlocuteurs régionaux.

6. Eléments de bibliographie

- Colmet Daage E., 1988. Carte des sols de la Martinique au 1/20 000.
- Cosandey Cl.& M Robinson, 2000. Hydrologie continentale. Edit. Armand Colin Paris , 360p.
- Edouard J.A., Laune P., 1995. Réserve naturelle de la presqu'île de la Caravelle: entre terre et mer. PNRM, Min. Environnement et Fond Européen de développement régional. 58 p.
- France-Antilles 2002. « La Réserve de la Caravelle sous haute surveillance : le PNRM et l'IRD se sont alliés pour mesurer l'érosion sur versant et restaurer la végétation forestière. »
- Khamsouk B., 2001. Impact de la culture bananière sur l'environnement. Influence des systèmes de culture bananière sur l'érosion, le bilan hydrique et les pertes en nutriments sur un sol volcanique en Martinique. Thèse ENSAT, Montpellier, 257 p.
- Roose E., 1994. Introduction à la Gestion Conservatoire des Eaux et de la fertilité des Sols.(GCES). Bull.FAO des Sols , Rome, n° 70 , 428 p.
- Roose E., 1996. Méthodes de mesure des états de surface du sol, de la rugosité et des autres caractéristiques qui peuvent aider au diagnostic de terrain des risques de ruissellement et d'érosion , en particulier sur les versants cultivés en montagne. Bulletin Réseau Erosion, ORSTOM , Montpellier, 16 : 87-97.
- Roose E., 1999. La maîtrise de l'érosion sur les pentes raides de la Réserve Naturelle de la Caravelle en Martinique. Rapport d'expertise. IRD-PNRM, Montpellier, 17 p.
- Roose E., 2001. Erosion et restauration assistée de la végétation naturelle sur les versants dégradés de la Réserve de la Caravelle en Martinique : Convention PNRM-IRD. C. R de la première mission du 18 au 22 juin 2001. Rapport IRD Montpellier , 6 p.
- Roose E., Brithmer R., Laune P., Venumière N., Louri J. et Rovelà R., 2002. Expérimentation sur la LAE et la revégétalisation assistée d'un versant décapé du Parc Naturel Régional de la Caravelle en Martinique. Rapport 2 : Résultats de la première campagne 2001. Propositions d'amélioration du dispositif et des panneaux pédagogiques., Convention PNRM-IRD, Montpellier, 23 p.

Annexe 1
Mesure des hauteurs des arbustes plantés en cuvette
en fonction de trois traitements : témoin, compost et compost +NPK.
en septembre 2002

	Hauteur des plants en cm (septembre 2002)					Moyennes
	parcelle 1	parcelle 2	parcelle 3	parcelle 4	parcelle 5	
courbaril A	28	35	29	70	69	46,11
	50	48	46	40		
gliricidia A	50	48	48	52	20	36
	27	35	38	20	22	
zicaque A	52	27	40	36	44	39,11
	40	37	42	34		
poirier A	23	25	30	73	42	35,57
		24		32		
courbaril B	26	51	31	43	43	44
	53	38	84	27		
gliricidia B	38	52	31	29	31	35
	38		40	28	28	
zicaque B	31	47	29	38	45	38,55
	34		27	57	39	
poirier B	31	30	118	70	91	58,9
	33	31	31	60	94	
courbaril C	106	33	64	70	49	59,88
	53	23	73	68		
gliricidia C	38	55	33	28	25	39,9
	46	51	37	34	52	
zicaque C	46	46	39	47	33	49,1
	48	53	55	74	50	
poirier C	58	42	101	42	63	65,5
	58	58	67	93	73	

**Mesure des hauteurs des arbustes plantés en cuvette
en fonction de trois traitements : témoin, compost et compost +NPK.
en janvier 2003**

	Hauteur des plants en cm (janvier 2003)					Moyennes
	parcelle 1	parcelle 2	parcelle 3	parcelle 4	parcelle 5	
courbaril A	20	20	30	65	58	41,4
	50	48	60	22		
gliricidia A	0	0	0	55	0	30
	220	0	0	25	0	
zicaque A	52	25	42	36	45	46
	40	38	100	36		
poirier A	22	25	32	65	12	30,85
		25		35		
courbaril B	35	30	35	50	40	39,66
	20	38	84	25		
gliricidia B	170	120	100	0	70	79
	200		115	0	0	
zicaque B	31	45	30	40	50	41,33
	36		35	60	45	
poirier B	30	0	120	70	35	39,3
	25	20	20	53	20	
courbaril C	147	35	70	25	75	65,77
	55	25	80	80		
gliricidia C	60	110	95	30	275	78,2
	70	50	0	0	92	
zicaque C	60	60	40	54	80	58,7
	60	53	60	60	60	
poirier C	55	38	110	44	45	64,8
	60	60	78	93	65	

Annexe 2. Terre de fond journalière à la Caravelle (t/ha) en 2002.

Date	Pluie(mm)	P1	P2	P3	P4	P5
9/4/02	>100	6742	5498	10 458	8393	0
16/5/02	55	4884	5931	7205	9651	0
19/6/02	86	8045	7262	9313	13687	0
=====						
mise en place de la bagasse vers le 15 juillet 2002						
=====						
3/9/02	31	0	0	0	0	0
16/9/02	92	0	2987	0	0	0
6/11/02	100	0	76	0	0	0
20/11/02	31	0	0	0	0	0
=====						
TOTAL AVANT		11626	11429	26976	31733	0
Total après		0	3063	0	0	0
Total annuel : 747 mm		11.6	14.5	27.0	31.7	0

Annexe 3. Ruissellement évalué en 2002 en fonction des pluies.

Cas 1 : les cuves n'ont pas débordé:

500 mm cuve = 1000 litres ; 1 mm de pluie sur 1m² = 1 litre --sur un ha==> 10 m³

soustraire la H de pluie en mm(1mm pluie = 1 litre/m²)

diviser par la surface de la parcelle impluvium ==> litres/m² = lame ruiss.en mm

diviser la LR en mm par la H pluie en mm ==> Coefficient de ruissellement (exprimé en CR%)

Cas 2 : les cuves ont débordé :

Lame ruisselée = équation LR= f(Pluie)- Pluie d'imbibition voir schéma1

Pour R1 :	LR1 = 18,89 X -89.15	r ² =0.683
R2 :	LR2 = 19.15 X - 140.42	r ² =0.858
R3 :	LR3 = 20 80 X - 90.28	r ² = 0.780
R4 :	LR4 = 17.33 X - 146.77	r ² = 0.684
R5 :	LR5 = 23.75 X - 350	r ² = 0.654

Tableau .. Lame ruisselée (MM) et coefficient de ruissellement (en %)

Date	P	R1	R2	R3	R4	R5
Surfaces ravins m ²		133,5	92.4	83.0	88.7	146.1
=====						
9/4/02	100	14.15	20.73	23.97	17.88	13.86
%		14%	21%	24%	18%	14%

16/5/02	55	7.11	9.88	12,70	9.09	6.55
%		13%	18%	23%	17%	12%

19/6/02	86	11.50	16.30	20,46	15,15	11,58
%		13%	19%	24%	18%	13%

3/9/02	31	2,08	1,71	3,11	2.68	0.12
%		7%	6%	10%	9%	0,4%

16/9/02	92	12,35	17,55	21,97	16,32	12,56
%		13%	19%	24%	18%	14%

6/11/02	100	13,48	19,20	23,97	17,88	13,86
%		13%	19%	24%	18%	14%

20/11/02	31	0	0	0	0	0
%		0	0	0	0	0
=====						
TOTAL : 747mm		60.67	85.37	106.18	79.00	58.53mm
CRAM%		8.1%	11.4%	14.2%	10,6%	7.8%
Crmax %		14%	21%	24%	18%	14%

Hcuve (en mm) -hpluie (en mm) = lame ruisselée de la parcelle x 10000/surface parcelle en m²

Annexe 4. Terre de fond : rapport poids sec = f (poids humide)

Poids humide ==>Poids sec

10.6	0.1 kg
10.8	0.5
11.0	0.9
11.2	1.2
11.4	1.6
11.6	1.9
11.8	2.3
12.0	2.6
12.2	3.0
12.4	3.4
12.6	3.7
12.8	4.1

Poids humide ==>Poids sec

19.0	15.2 kg
19.2	15.6
19.4	16.0
19.6	16.3
19.8	16.7
20.0	17.0
20.2	17.4
20.4	17.8
20.6	18.1

13.0	4.4
13.2	4.8
13.4	5.2
13.6	5.5
13.8	5.9
14.0	6.2
14.2	6.6
14.4	6.9
14.6	7.3
14.8	7.7

15.0	8.0
15.2	8.4
15.4	8.8
15.6	9.1
15.8	9.5
16.0	9.8
16.2	10.2
16.4	10.5
16.6	10.9
16.8	11.3

17.0	11.6
17.2	12.0
17.4	12.3
17.6	12.7
17.8	13.1
18.0	13.4
18.2	13.8
18.4	14.1
18.6	14.5
18.8	14.9

Annexe 5. Turbidités (mg/l)

date	R1	R2*	R3	R4	R5
3/1/02	286	498*	375	364	099
8/1/02	397	91*	217	335	64
9/4/02	163	179*	199	292	142
16/4	306	230*	163	393	---
12/5/02	180	98*	129	134	168
16/5/02	355	340*	356	340	241
19/6	120	226*	97	205	91
=====paillage					
28/8	66	322*	42	78	119
8/10	26	195*	22	83	120
3/9??	332	805*	221	256	423!!!
16 ou 25/9	39	154*	43	125	90
6/11	35	120*	63	29	78
26/11	88	421*	165	101	140
=====					
Moyenne avant paillage	258	237*	229	295	134
=====					
Moyenne après	51	237*	67	83	109
médiane après	39	230*	53	83	120
=====					

* R2 est le témoin non paillé

R5 a été paillé fin juillet 2001 et les autres le 16/7 2002.

**Annexe 6 . Précipitations journalières (en mm) à la station Météo France
de la Caravelle, Martinique :
année 2002.**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	Total		
Février	0	0	11	4	1,4	2,6	0	2,8	0	12	0	0	0	9	0	0	0	0	0,1	0,1	3	6,5	0	0	3								55,5	
Mars	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56,4	
Avril	2	18	4	0,5	7	12	27	75	31	0	0	0	20	8	1	6,5	2	0	0,6	3,5	0	0,4	4	15	0,6	0,6	4	0	13	0			255,7	
Mai	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	182,3	
Juin	0	1				12																											137,8	
Juillet																																		174
Août	0,2	0	0	3,4	13	15	6,6	0,1	1,5	1,5	0	3,3	3,2	0,5	1,2	0,5	0,5	0	2,3	2,5	1,8		0,1	0,1		52	4	16	5	0,1		134,4		
Septembre																																		214,4
Octobre	14	9,5	4	5	9	1	5	5	10	0,4	1	7,5	0,4	3	0,4	0,5	0,4	17,5	12	0,5	4	44	3	20	33	40	56	2	0,2				308,4	
Novembre																																		145,7
Décembre	1	0,3	4	0,3	1,8	4	0	3,6	2,6	7	2	0	1,8	0	3,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,6	0	10	0	1,5	1,8	47,1
total annuel																															1822,3			

Annexe 7. Plan des parcelles d'érosion de la Caravelle




Revégétalisation des zones érodées - Parcelle 1

Etat des lieux – janvier 2003

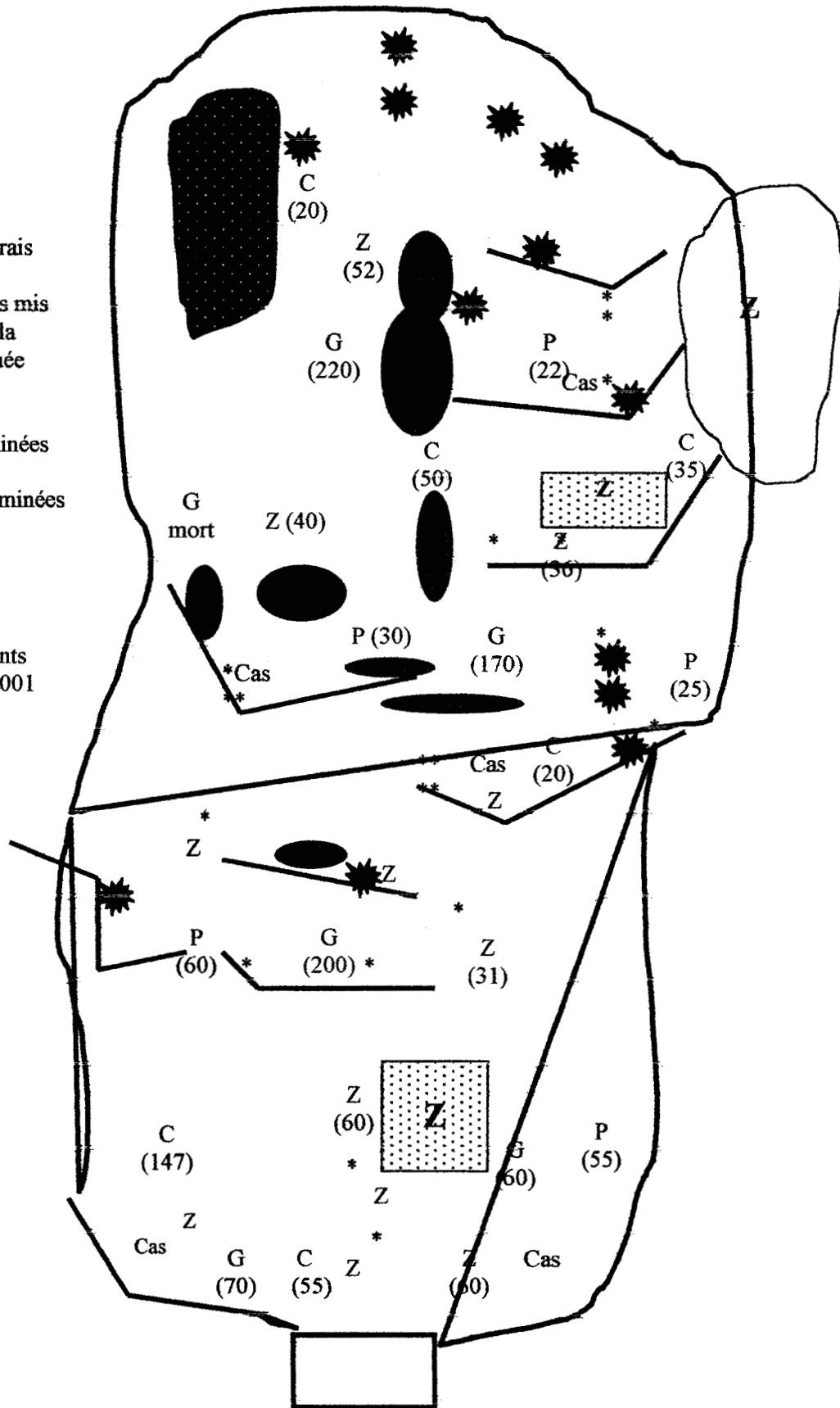
- C = Courbaril
- P = Poirier
- Z = Zicaque
- G = Gliricidia
- Cas = Cassia glandulosa
- * = petite graminée

- plant témoin
- plant avec compost
- plant avec compost + engrais

La hauteur (cm) des plants mis en place dans le cadre de la revégétalisation est indiquée entre parenthèses

-  = grosse touffe de graminées
-  Surface à couvert de graminées
-  Seuils

Surface couverte par les plants mis en place en décembre 2001
= 2,885 m²




RESERVE NATURELLE DE LA CARAVELLE


Revégétalisation des zones érodées - Parcelle 2

Etat des lieux - janvier 2003

- C = Courbaril
- P = Poirier
- Z = Zicaque
- G = Gliricidia
- * = petite graminée
- plant témoin
- plant avec compost
- plant avec compost + engrais

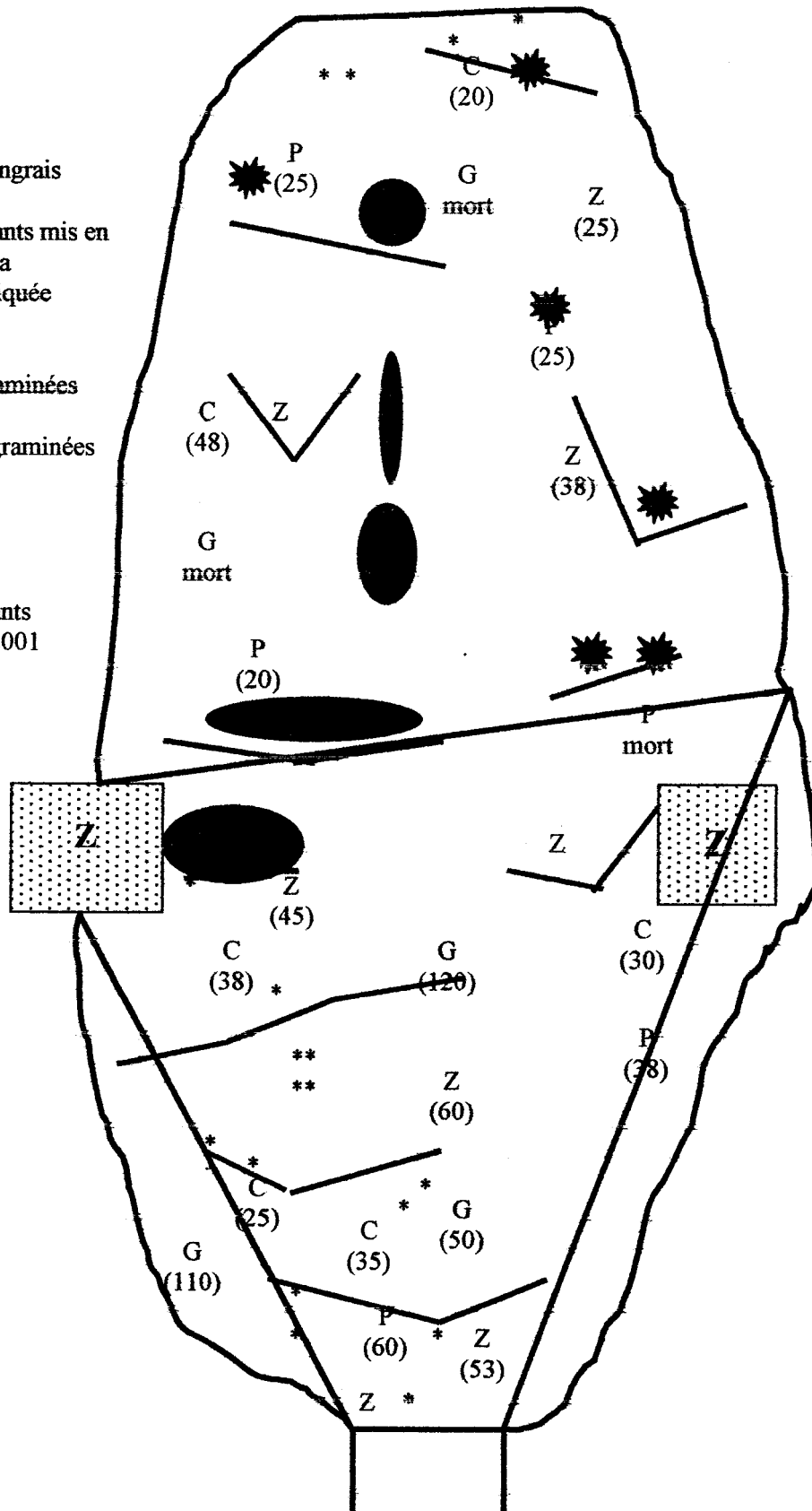
La hauteur (cm) des plants mis en place dans le cadre de la revégétalisation est indiquée entre parenthèses

 = grosse touffe de graminées

 Surface à couvert de graminées

 Seuils

Surface couverte par les plants mis en place en décembre 2001
= 0,975 m²



RESERVE NATURELLE DE LA CARAVELLE

Revégétalisation des zones érodées - Parcelle 3

Etat des lieux - janvier 2003

C = Courbaril

P = Poirier

Z = Zicaque

G = Gliricidia

* = petite graminée

plant témoin

plant avec compost

plant avec compost + engrais

La hauteur (cm) des plants mis en place dans le cadre de la revégétalisation est indiquée entre parenthèses



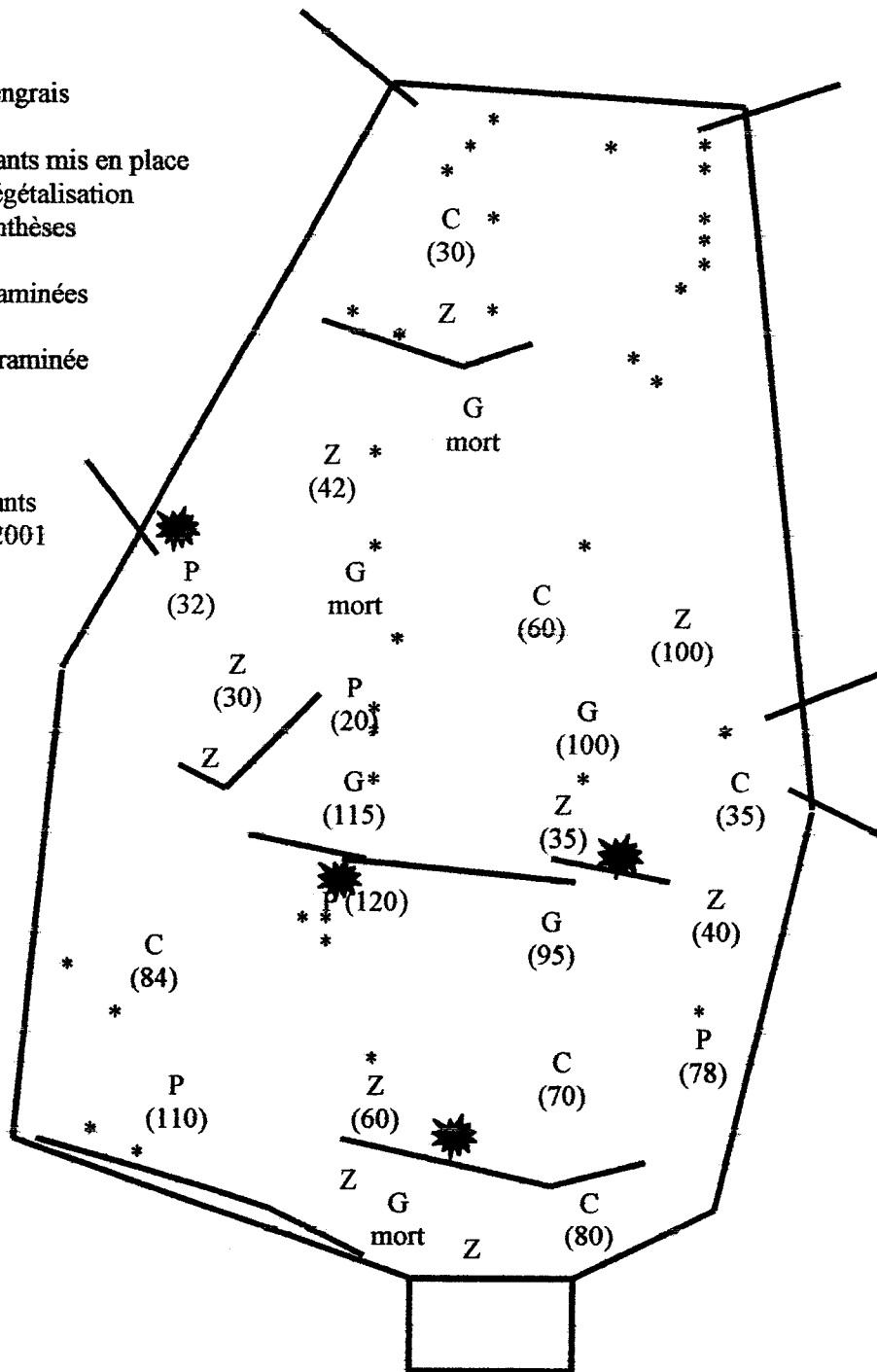
= grosse touffe de graminées



Surface à couvert de graminée

Seuils

Surface couverte par les plants mis en place en décembre 2001
= 3,3125 m²



RESERVE NATURELLE DE LA CARAVELLE

Revégétalisation des zones érodées - Parcelle 4

Etat des lieux - janvier 2003

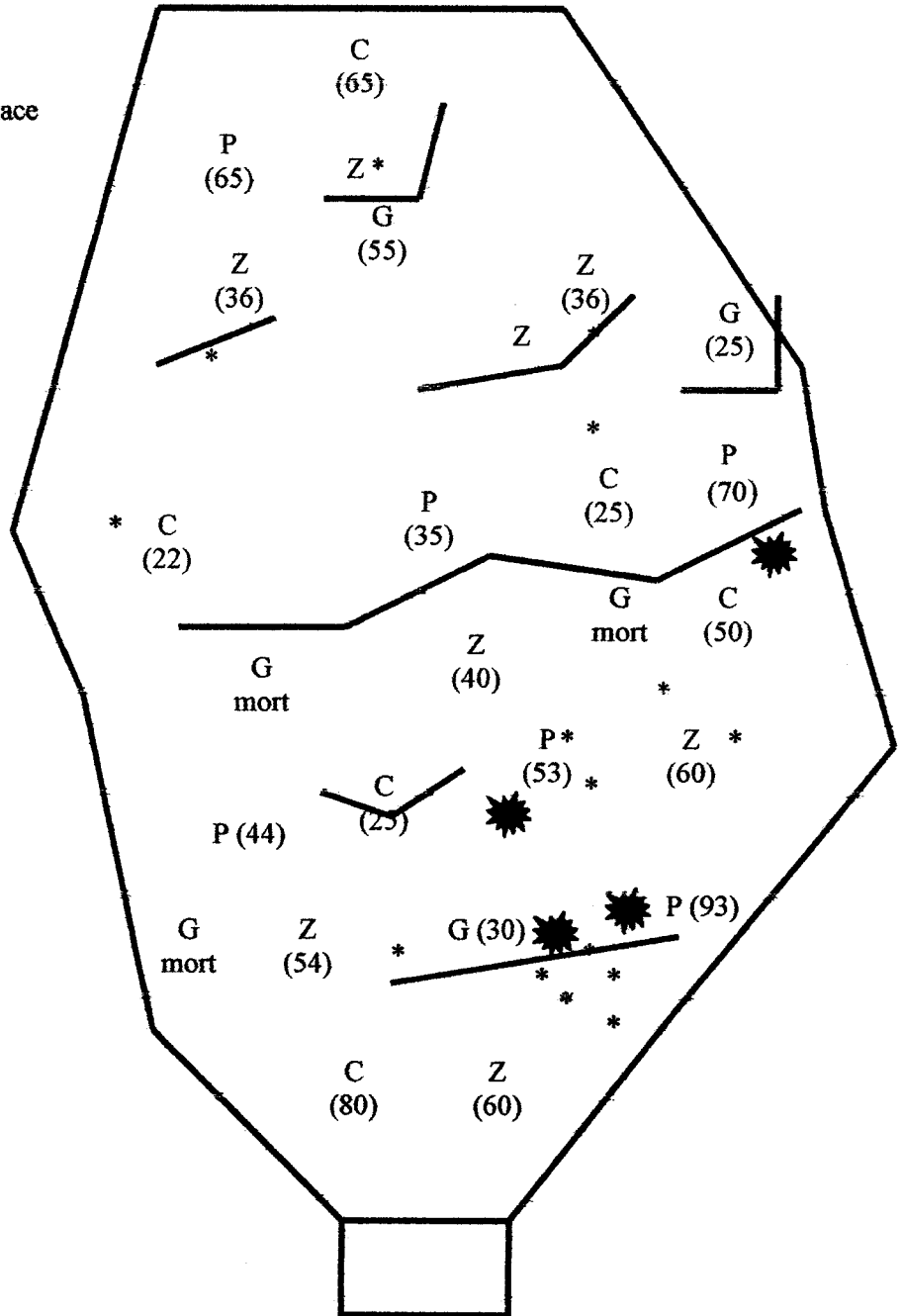
- C = Courbaril
- P = Poirier
- Z = Zicaque
- G = Gliricidia
- * = petite graminée
- plant témoin
- plant avec compost
- plant avec compost + engrais

La hauteur (cm) des plants mis en place dans le cadre de la revégétalisation est indiquée entre parenthèses

 = grosse touffe de graminées

 Seuils

Surface couverte par les plants mis en place en décembre 2001 = 4,305 m²



RESERVE NATURELLE DE LA CARAVELLE

Revégétalisation des zones érodées - Parcelle 5

Etat des lieux - janvier 2003

C = Courbaril
 P = Poirier
 Z = Zicaque
 G = Gliricidia

1 = Centrosema 70 %, papillonacées 15 %, divers
 2 = Centrosema 20-30 %, papillonacées 15-20 %, herbacées 10 %
 3 = papillonacées 75-90 %, herbacées 5-10 %, centrosema 5%
 4 = Centrosema 10-30 %, sensitive + herbacées disséminées
 5 = herbacées 90 %, divers

plant témoin
 plant avec compost
 plant avec compost + engrais

La hauteur (cm) des plants mis en place dans le cadre de la revégétalisation est indiquée entre parenthèses

