



Yves-Marie CABIDOCHÉ<sup>1</sup>  
 Eric BLANCHART<sup>2</sup>  
 Dominique ARROUAYS<sup>3</sup>  
 Emmanuel GROLLEAUX<sup>3</sup>  
 Sébastien LEHMANN<sup>3</sup>  
 François COLMET-DAAGE<sup>4</sup>

1 INRA, UR  
 Agropédoclimatique de  
 la Zone Caraïbe,  
 Domaine Duclos,  
 97170 Petit-Bourg

2 IRD, Laboratoire  
 Matière Organique des  
 Sols Tropicaux,  
 BP 64501, 34394  
 Montpellier cedex 5

3 INRA, US Infosol,  
 Ardon, 45160, Olivet

4 L'Audillière,  
 45510 Vienne en Val

Fonds Documentaire IRD  
 Cote: B \* 36 821 Ex;

Tableau 1.  
 Logique de distribution  
 des sols et de leurs  
 minéraux "argileux"  
 dans les petites Antilles  
 (ETP = évapotranspiration  
 potentielle).

# Les Petites Antilles : des climats variés, des sols de natures contrastées et de fertilités inégales sur des espaces restreints

**L**a Guadeloupe et la Martinique ont beaucoup de points communs sur le plan du milieu physique. Ce sont toutes deux des îles montagneuses volcaniques, escarpées en tout ou partie, de dimension exiguë : moins de 70 km de longueur maximale.

## 1. CLIMAT

Ces îles, tropicales dans les tranches 10-20° de latitude, ont une température moyenne annuelle de 24 à 26°C au niveau de la mer, un gradient altitudinal décroissant d'entre 2/3 et 3/4 °C par 100 m, une faible amplitude de température, que ce soit entre le jour et la nuit ou entre saisons (moins de 8 degrés).

Elles s'interposent dans les alizés, vents toujours humides circulant d'est en ouest avec trois conséquences :

- La répartition spatiale de la pluviométrie est sous la dépendance de l'effet orographique et de l'effet de fœhn : elle s'accroît sur les versants de 1 m à plus de 10 m d'eau par an lorsqu'on s'élève et que les masses d'air humide se refroidissent ; elle décroît rapidement lorsqu'on redescend sur les versants ouest, pour atteindre la pluviométrie ordinaire sur l'océan, d'environ 1 à 1,1 m en année moyenne.
- L'exiguïté n'autorisant pas d'effet de continentalité, il n'y a pas de zone aride ni de dessèchement fort de l'air ; en conséquence, l'évapotranspiration potentielle (ETP) ne dépasse pas 1,8 m/an, et 5 mm/j pour les périodes les moins pluvieuses ; elle est sous la dépendance principalement du rayonnement global, décroissant avec l'altitude à cause de la nébulosité, et de la baisse de température. De ce fait, il existe partout

au moins une saison humide de plusieurs mois, au cours desquels le bilan hydrique est excédentaire, et où apparaissent un drainage et/ou un ruissellement importants.

- Les pluies thermoconvectives (orages tropicaux) complètent les pluies orographiques : elles sont de forte intensité et leurs fréquence et volume varient peu avec l'altitude ; en conséquence les pluies potentiellement érosives sont distribuées à toutes les altitudes.

Elles sont toutes deux exposées au risque cyclonique (tempêtes et ouragans tropicaux), avec des vents destructeurs des cultures, associés souvent (mais pas toujours) à des pluies de forte durée et intensité.

## 2. NATURE MINÉRALE DES SOLS

Ces îles sont d'origine volcanique et de composition plus souvent andésitique que basaltique. En conséquence, même sur les plateaux calcaires de la Guadeloupe, la roche mère des sols est toujours andésitique ou basaltique : tous ses minéraux sont altérables, les sols évolués sont tous constitués de minéraux secondaires fins, d'argiles au sens large.

Le type de minéral "argileux" prédominant dépend de la pluviométrie et de l'âge des sols : plus la pluviométrie est élevée, plus la silice et les bases sont évacuées lors de l'altération, plus les "argiles" qui se forment sont pauvres en silice et plus les sols sont acides. C'est ainsi que l'on trouve dans les deux îles des sols riches en minéraux secondaires, ayant des propriétés très différentes selon leurs natures, sous la dépendance de la pluviométrie et de l'âge des sols, conformément au schéma suivant :

	Sols jeunes (103-104 ans) Minéraux primaires sableux	Sols anciens (105-106 ans) Minéraux primaires disparus
Pluviométrie < ETP (1,3 à 1,5 m/an)	Sol vertique à smectite	Vertisol à smectite
ETP < Pluviométrie < 2 ETP	Sol brun à halloysite	Sol fersiallitique ou ferrisol à smectite et halloysite
Pluviométrie > 2 ETP	Andosol à allophane	Sol ferrallitique à halloysite et oxydes de Fe et Al



## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

COLMET-DAAGE F. & LAGACHE P. (1965), Caractéristiques de quelques groupes de sols dérivés de roches volcaniques aux Antilles Françaises. Cahiers ORSTOM, Série Pédologie, 3 : 91-121.

COLMET-DAAGE F., GAUTHEYROU J. & GAUTHEYROU M. (1967), Sélection de profils des Antilles avec rattachement à la classification de la carte des sols des Antilles au 1/20.000 (3 volumes). ORSTOM Antilles.

BLANCHART E., ACHOUAK W., ALBRECHT A., BARAKAT M., BELLIER G., CABIDOCHÉ Y.M., HARTMANN C., HEULIN T., LARRÉ-LARROUY C., LAURENT J.Y., MAHIEU M., THOMAS F., VILLEMEN G. & WATTEAU F. (2000), Déterminants biologiques de l'agrégation des vertisols des Petites Antilles. Conséquences sur l'érodibilité des sols. Étude et Gestion des Sols, 7 : 309-328.

CABIDOCHÉ Y.M., GUILLAUME P., HARTMANN C., RUY S., BLANCHART E., ALBRECHT A., MAHIEU M., ACHOUAK W., HEULIN T., VILLEMEN G., WATTEAU F. & BELLIER G. (2000), Déterminants biologiques du système poral des vertisols cultivés des Petites Antilles. Conséquences sur la disponibilité de l'eau du sol pour les plantes. Étude et Gestion des Sols, 7 : 329-352.

En conséquence, les propriétés des sols, étagés dans le paysage, varient sur de courtes distances (figure 1). Ces îles offrent un condensé de l'ensemble des propriétés et contraintes des sols de la zone intertropicale. Leur usage agricole requiert des systèmes de culture à adapter pour chaque couple sol-climat, à une échelle micro-régionale. La carte des sols de Martinique est présentée dans la figure 2.

### 3. PROPRIÉTÉS HYDRODYNAMIQUES DES SOLS, TRANSFERTS DE SOLUTÉS ET ÉROSION SUPERFICIELLE

La conséquence hydrodynamique principale de la distribution des types d'argiles concerne l'infiltrabilité à saturation : 1 mm/j pour les vertisols, 10 à 50 mm/h sur les sols bruns, plus de 50 mm/h pour les andosols et sols ferrallitiques. Elle augmente avec l'accroissement pluviométrique, en raison de l'organisation des différents minéraux argileux qui se forment : des zones sèches aux zones humides, on passe de matrices minérales réticulaires cellulaires (smectites) à des matrices micro-agrégées (halloysite), puis à des matrices macro-agrégées floconneuses (allophanes). Ainsi, plus les excès d'eau climatiques sont faibles, plus faible est la fraction drainante par rapport à la fraction ruisselante. Donc pour une même quantité de soluté disponible (par exemple nitrate) dans un sol, la concentration dans le flux drainant sera beaucoup plus élevée dans les régions sèches que dans les régions humides. Or c'est le flux drainant qui alimente les nappes, et dans les zones les plus sèches elles sont précieuses.

Les sols des zones sèches, riches en argiles gonflantes, échappent aux lois classiques de l'hydrodynamique (loi de Darcy) : leur retrait provoque la formation de microfissures, qui peuvent être le siège d'infiltration rapide de l'eau qui ne peut s'infiltrer dans les prismes qui les séparent, et ce bien avant que la porosité structurale des prismes ne soit remplie (Cabidoche et al., 2000). La conjonction d'une fertilisation récente, surtout en surface, et d'une pluie d'intensité courante aboutit immédiatement à une élution en forte concentration vers la nappe.

La conductivité hydraulique en non saturé est elle aussi dépendante du type d'argile : dans les vertisols, elle est tellement faible que l'on peut estimer que l'eau et les solutés exploités par les racines sont limités au voisinage centimétrique de ces dernières ; au contraire dans les andosols et sols ferrallitiques, des remontées capillaires sur plusieurs mètres peuvent

contribuer à alimenter les racines. En conséquence, les nitrates entraînés au-delà de la zone enracinée ne peuvent plus être immobilisés dans les vertisols ; au contraire, un lessivage associé à une courte période de pluies excédentaires peut être ensuite ré-immobilisé dans les sols ferrallitiques et andosols.

Le risque d'érosion superficielle, sur les sols naturels, suit un schéma contre-intuitif : il est d'autant plus faible que la pluviométrie annuelle augmente. En effet :

- les sols neutres (zones sèches) sont plus dispersables que les sols acides (zones humides), surtout si leur garniture en ions adsorbés sur les argiles est magnésienne et sodique, cations peu flocculants en particulier dans les vertisols du sud de la Martinique ;
- l'infiltrabilité à saturation augmente ;
- les pluies intenses ne sont guère moins fréquentes, ni moins abondantes, dans les régions sèches que dans les régions humides.

L'érodibilité maximale affecte ainsi les sols vertiques sur roches volcaniques : bas de la côte sous-le-vent en Guadeloupe, bas de la côte caraïbe en Martinique, vertisols du sud de la Martinique (Blanchart et al., 2000) ; les andosols et sols ferrallitiques (et ferrisols) sont a priori moins érodibles.

Cependant, la richesse en "argiles" fait que tous les sols sont déformables en deçà d'une certaine teneur en eau : élevée pour les sols à argiles gonflantes, plus basse pour les sols à halloysite ou à allophane. La micro-fissuration qui apparaît dans le deuxième cas permet la formation d'agrégats millimétriques qui deviennent aisément transportables par le ruissellement. Le schéma de risque d'érosion est alors modifié, la surface d'un sol ferrallitique ou d'un andosol maintenu nu en saison sèche devient érodible sur des surfaces labourées, en forte pente et dont la perméabilité a été diminuée au fond du labour.

Les sols sableux sont les plus jeunes : ils sont bien représentés sur les cendres et ponces des flancs de la Montagne Pelée. Très filtrants, ils sont cependant fortement susceptibles d'érosion par leur structure particulière et leur richesse en sables allégés par des bulles (ponces et cendres). Ces cendres sont encore présentes à faible profondeur sous des andosols jeunes ; ainsi, le décapage par érosion mécanique sèche, ou les retournements trop profonds peuvent les faire affleurer, faisant apparaître de l'érosion superficielle dans des sols peu érodibles avant anthropisation.



**L'ARC INSULAIRE DES PETITES-ANTILLES :  
DES SOLS VARIÉS ET TYPES**

**EXEMPLE DE LA GUADELOUPE**

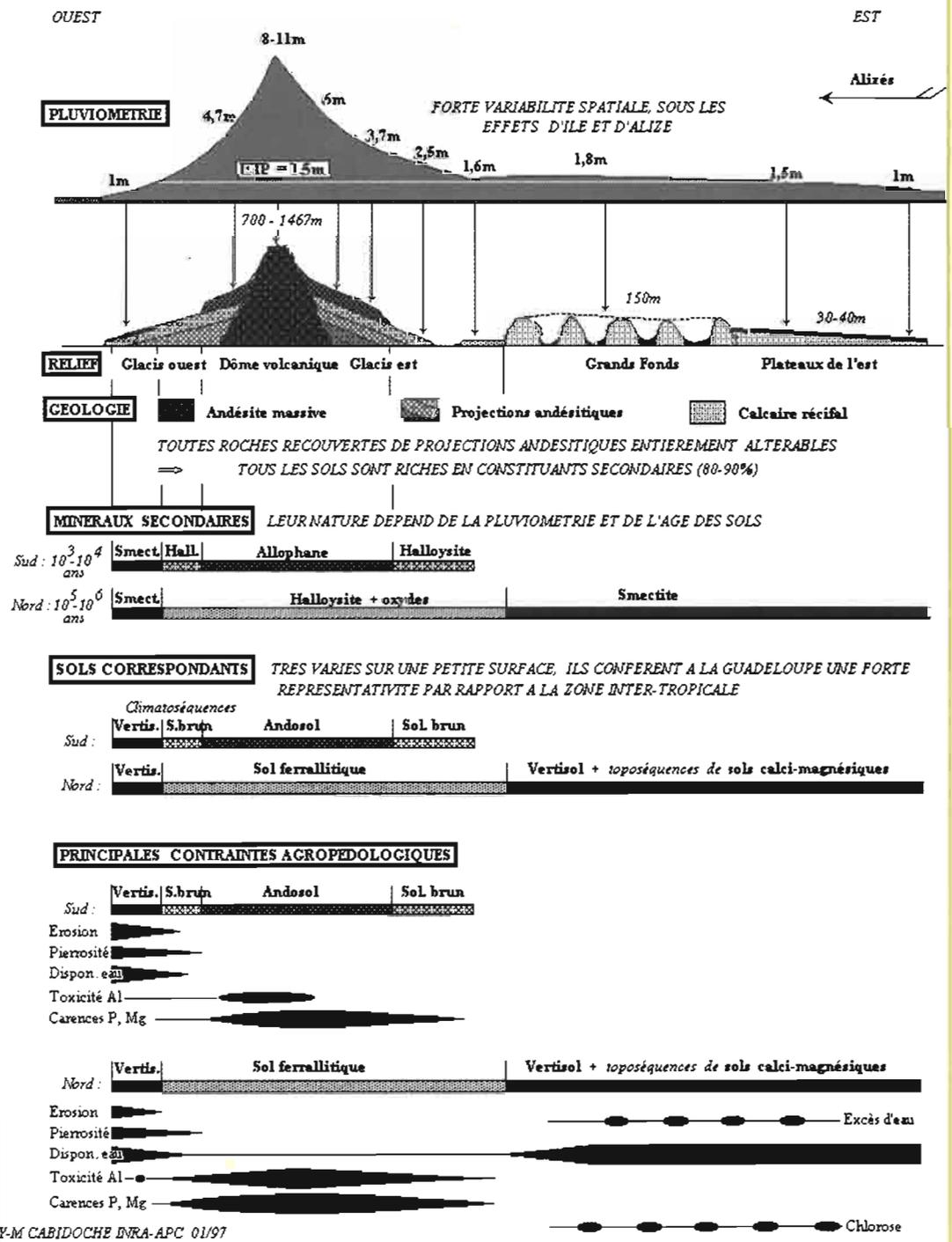


Figure 1.  
L'arc insulaire des  
Petites Antilles : des  
sols variés et types.  
Exemple de la  
Guadeloupe.

## LA CARTE INFORMATISÉE DES SOLS DE LA MARTINIQUE

La réalisation du projet GESSOL a été l'occasion d'informatiser la carte des sols de la Martinique, éditable au 1/100 000<sup>e</sup>, et sa base de données au format DONESOL.

Levée par F. Colmet-Daage dans les années 1960 et publiée en 1965 (Colmet-Daage & Lagache), elle est désormais disponible sous forme numérique au format ArcGis (ESRI). Elle contient des informations surfaciques, l'ensemble des unités de sols décrites par le pédologue de l'IRD et des informations ponctuelles sur les profils de sols ayant fait l'objet d'analyses chimiques et physiques (Colmet-Daage *et al.*, 1967). Ces couches d'informations étant géoréférencées, il est aisé de les croiser avec d'autres sources d'informations géographiques pour en exploiter les données.

Elles sont par ailleurs liées à une base de données sémantiques DONESOL (INRA) qui renseigne chaque polygone de la carte sur son contenu comme le type de sol, sa profondeur, sa texture, sa minéralogie, son pH, etc. De la même façon, les profils sont décrits très précisément ainsi que les résultats de leurs analyses.

La carte distingue neuf grands ensembles de sols en Martinique : les andosols, les vitrisols, les sols brun-

rouille à halloysite, les ferrisols, les sols fersiallitiques, les vertisols, les sols vertiques (à régime hudique et mollisols), les alluvions (continentales et marines) et les colluvions.

La pluviométrie et l'âge des sols jouant un rôle prépondérant sur leur répartition, nous distinguons tout d'abord les andosols ou sols à allophanes qui sont issus de tufs, cendres et ponces volcaniques sous un climat extrêmement arrosé. Ils bordent la Montagne Pelée et les Pitons du Carbet. Plus à l'est, sur des matériaux plus anciens et moins arrosés, les andosols s'enrichissent en gibbsite.

On distingue ensuite sur le pourtour de la côte nord de l'île, du Carbet jusqu'au Marigot, les sols peu évolués sur cendres ou vitrisols. Ce sont des sols sableux, humifères, sans cohésion allophanique.

Puis, comme une ceinture autour des andosols, les sols brun-rouille à halloysite qui dérivent directement de l'évolution des andosols sous un climat encore très humide.

Le centre de l'île, plus ancien, se découpe en trois ensembles d'ouest en est. Le pourtour intérieur de la

## 4. FERTILITÉ DES SOLS, IMPORTANCE DU STOCK ORGANIQUE

Les caractéristiques climatiques confèrent aux deux îles un potentiel permanent de productivité végétale élevé au point de vue de la photosynthèse et de la température. Encore faut-il que l'alimentation en eau et la fourniture de nutriments puissent "suivre". La première est liée à la longueur de la saison sèche, la deuxième à la qualité minérale des sols, sauf pour l'azote dont l'abondance et la disponibilité seront dépendantes du stock organique.

La fertilité minérale des sols est distribuée de manière très inégale, car l'appauvrissement en silice lors de la formation des minéraux secondaires croissant avec la pluviométrie, s'accompagne d'un appauvrissement en potassium, calcium, magnésium. Ainsi les sols les plus acides (sols ferrallitiques, andosols anciens, sols fersiallitiques anciens) ont une fertilité minérale fragile, qui peut même s'accompagner d'une toxicité aluminique pour certaines plantes. Au contraire, les vertisols

des zones sèches ont une fertilité minérale élevée. Par ailleurs, tant que les sols sont jeunes, ils conservent des minéraux primaires dont l'altération en cours fournit des minéraux disponibles.

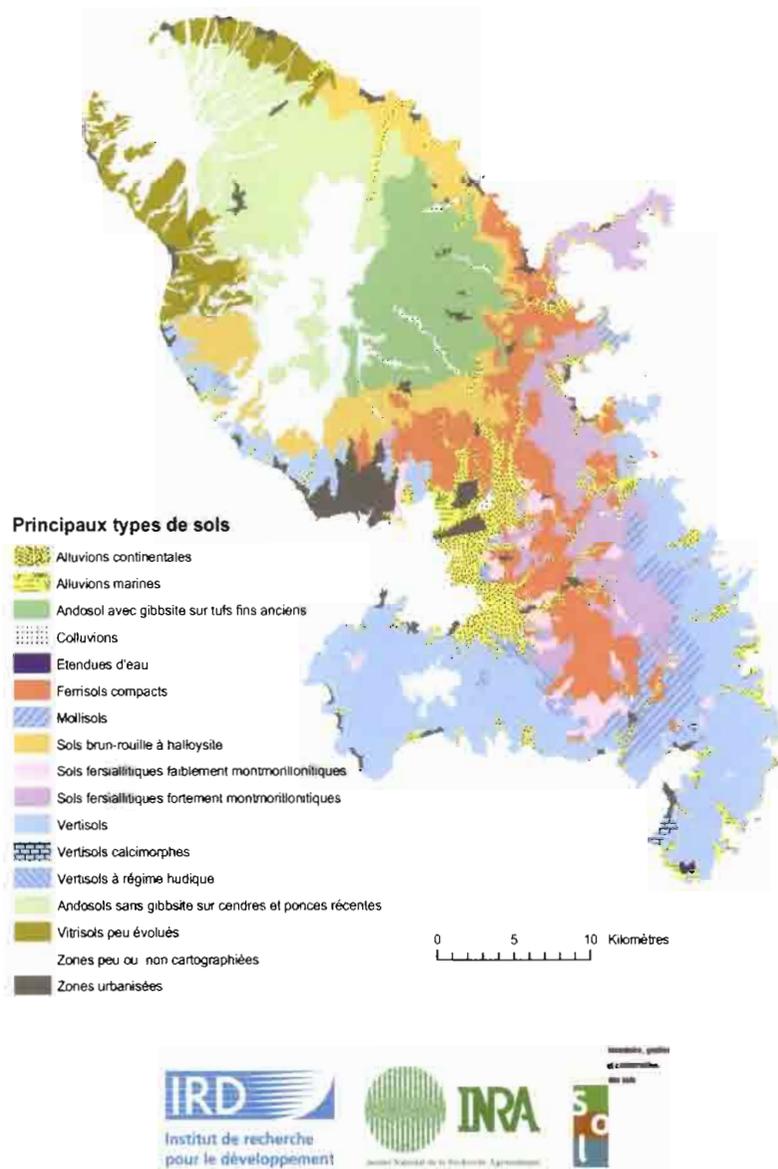
La fourniture d'azote est en revanche étroitement conditionnée par l'état du stock organique des sols : même si l'on apporte de l'engrais, la moitié de l'azote absorbé par les plantes provient de la minéralisation du stock organique du sol. Le maintien d'un stock organique élevé est par ailleurs la seule manière de diminuer la dispersabilité des vertisols, de conférer une capacité d'échange cationique non pénalisante dans les sols ferrallitiques, d'éviter les fuites de potassium dans les andosols et, pour tous les sols de conserver la biodisponibilité du phosphore.

La gestion du stock organique n'est pas chose simple car quatre facteurs interviennent :

- la nature et l'abondance des minéraux secondaires : plus ils sont fins et capables de créer des liaisons chimiques avec la matière organique, plus celle-ci sera stabilisée dans le sol ;



## Carte des sols simplifiée de la Martinique



baie de Fort de France est essentiellement constitué d'alluvions marines. Les ferrisols et sols fersiallitiques occupent la partie centrale et sont souvent juxtaposés, les seconds étant plus riches en argiles de type smectite.

Toute la partie sud de la Martinique se caractérise par ses vertisols qui peuvent prendre diverses formes selon l'altitude qui influe directement sur le climat comme les mollisols (ou vertisols en région humide et en altitude) et des vertisols à régime hudique en région moyennement humide, à faible altitude. La nature du matériau parental explique par exemple la présence de vertisols calcimorphes dans la pointe sud vers Sainte Anne.

Les vertisols au sens propre, se distinguent en plusieurs classes selon leur profondeur qui varie selon la position topographique (généralement tronqués sur les pentes et plus profonds dans les vallons). Enfin, dans les vallées étroites ou en bas de pentes, on distingue les colluvions qui sont tous les sols remaniés sur les versants les plus raides par colluvionnement ou glissements de terrains.

Si le premier correspond à une capacité intrinsèque d'un sol à conserver de la matière organique, les trois derniers sont grandement manipulables par les pratiques culturales : des cultures pérennes et couvrantes fertilisées auront tendance à accroître le stock, des cultures à cycle court peu couvrantes sur sol lourdement travaillé feront baisser le stock, en accélérant la minéralisation, voire en accélérant l'érosion.

- l'importance des restitutions organiques, liée à la productivité végétale ;
- l'importance de la minéralisation de la matière organique : elle est réglée par l'impact des conditions pédoclimatiques sur l'activité de la microflore ;
- l'importance de l'érosion superficielle : ce sont les couches de surface, les plus riches en matière organique, qui sont arrachées les premières.

n°4 Décembre 2004

*Les Cahiers du*

**PRAM**

Pôle de Recherche Agronomique  
de la Martinique

# LES STOCKS DE CARBONE DANS LES SOLS DES ANTILLES

## Importance agronomique et environnementale

B\* 36821

Fonds Documentaire IRD



010036821