

GESTION AGRICOLE DE L'EAU A LA PARCELLE ET
SYSTEMES DE CULTURE IRRIGUES DANS LA ZONE CARAÏBE

Yves-Marie CABIDOCHÉ (*), Harry OZIER-LAFONTAINE (**)

RESUME:

Dans les agricultures paysannes pluviales des zones sèches, des travaux du sol tiennent les parcelles prêtes à stocker les premières pluies pour la plantation ou le semis; cette pratique n'est pas sans effet sur le risque d'érosion. Les effets de l'introduction de l'irrigation sont analysés à partir de l'exemple récent de la Grande-Terre de Guadeloupe. La disposition de l'eau agricole est perçue par les agriculteurs comme une ressource illimitée. De bonnes méthodes existent pour adapter la conduite de l'irrigation aux besoins des plantes déterminés par des simulations de bilans hydriques. Elles sont malheureusement inaccessibles aux paysans peu formés. Par ailleurs elles ne règlent pas les problèmes d'hétérogénéité d'apport et d'intensité d'application des doses que l'on rencontre systématiquement sur les sols argileux gonflants des zones à saison sèche marquée caribéennes. Gaspillage de la ressource, altération des rendements, et modification profonde des systèmes de culture, sont les traductions initiales d'une mauvaise maîtrise de l'eau. Pour y remédier des techniques simples de contrôle du stock d'eau des sols argileux sont mises au point à l'INRA Antilles-Guyane.

La relation étroite pluviométrie - constituants argileux des sols permet de généraliser le propos et de développer un schéma cohérent des risques de baisse de fertilité associés à l'irrigation (érosion, salinisation).

INTRODUCTION

Des périmètres agricoles irrigués fonctionnent depuis plusieurs décennies aux Antilles (Cuba, Haïti, St. Domingue, Jamaïque, Porto-Rico). Dédiée dans un premier temps aux grandes cultures d'exportation, l'irrigation concerne de plus en plus, depuis les années 1970, des régions dans lesquelles domine une petite paysannerie, cantonnée jusque là dans des systèmes de culture pluviaux vivriers. Aux Antilles françaises, avec les deux "grands périmètres" du Sud-Est de la Martinique (4500 ha irrigables depuis 1987) et de Grande-Terre de Guadeloupe (2500 ha en 1990, 6000 ha à l'horizon 1993).

Tout à fait logiquement, ces périmètres correspondent à des zones à saison sèche marquée, dans lesquelles le bilan hydrique est déficitaire pendant plusieurs mois. Ces zones montrent essentiellement des sols argileux gonflants. Leurs propriétés physiques particulières ont une grande influence sur les pratiques agricoles, mais aussi sur les difficultés rencontrées lors de l'introduction de l'irrigation.

(*) Station Agropédoclimatique de la Zone Caraïbe

INRA Antilles-Guyane BP 1232 F97185 Pointe-à-Pitre Cedex

(**) Développement Agricole Caraïbe, Université Antilles-Guyane

Campus de Fouillole, BP 810 F97174 Pointe-à-Pitre Cedex

Nous nous proposons de développer les difficultés rencontrées dans le domaine de la gestion de l'eau agricole à la parcelle, et plus généralement dans les systèmes de culture, sur des exemples du domaine des sols argileux gonflants de la Caraïbe.

I.-PROPRIETES PHYSIQUES DES SOLS ARGILEUX GONFLANTS ET PRATIQUES AGRICOLES ASSOCIEES.

Les argiles gonflantes (smectites, parfois associées à des halloysites) présentent une organisation élémentaire en quasi cristaux dont l'arrangement relatif détermine un réseau de pores fins (1 à 0.1 m) remplis d'eau en permanence. Ces réseaux sont à géométrie variable en fonction de l'énergie de l'eau (TESSIER, 1984)

Cette organisation en réseau saturé par l'eau a quatre conséquences principales:

- la conductivité hydraulique de l'argile "continue" est très faible, de 1 à 0.1 mm/jour; la diffusion de l'eau est très lente, même sous fort gradient de potentiel, à cause des points de constriction des réseaux. En conséquence, seuls les pores tubulaires d'origine biotique, et les fissures, lorsqu'elles existent, permettent l'infiltration profonde de l'eau.
- la cohésion de ces matériaux est très forte, surtout en sec.
- l'adhésivité est très élevée à l'état humide.
- la variation de géométrie du réseau se traduit macroscopiquement par d'importants mouvements de gonflement (fermeture complète du sol entraînant un excès d'eau) et de retrait, qui en raison de la forte cohésion, provoque l'ouverture de larges fissures délimitant des prismes de grande taille.

En régime pluvial, l'agriculteur est amené à préparer sa culture pour le début de la période pluvieuse; or les sols, en fin de saison sèche sont tellement cohérents que tout travail du sol manuel est épuisant. Tout travail mécanisé, sauf à disposer d'une puissance double par rapport à la puissance nominale pour un outil donné, est trop superficiel pour être efficace, tant vis à vis du désherbage que de la création d'une couche travaillée de structure fine. On attend donc les premières pluies pour effectuer un travail du sol; le sol mis-à-nu demeure exposé à plusieurs pluies dans un double objectif: permettre une recharge des réserves, et obtenir à la suite des alternances d'humectation-dessiccation une auto-fragmentation des grosses mottes, impossibles à fragmenter mécaniquement.

Les pluies thermo-convectives du début de l'hivernage (mai-juin en Guadeloupe, juin-juillet en Haïti) sont souvent brèves mais de hauteur importante et de très forte intensité. Ces pluies arrivant sur des sols nus ont une très forte capacité érosive: le splash est capable de transloquer des agrégats de plusieurs millimètres de diamètre, tandis que le fond de la couche travaillée devient quasiment imperméable par

regonflement, engendrant un ruissellement quasi total. On connaît le cas tristement célèbre des mornes basaltiques d'Haïti, caricature de ce phénomène pour plusieurs raisons (CABIDOUCHE, 1989a):

- les argiles des mornes basaltiques, de garniture cationique magnésio-sodique sont particulièrement instables,
- la pression de population a conduit à cultiver des terres de plus en plus pentues, et de plus en plus bas en altitude; le caractère aléatoire des pluies augmentant alors, les sols restent nus plus longtemps.
- dans un premier temps, le décapage des couches superficielles met à nu des horizons intermédiaires qui conservent une bonne fertilité chimique, et sont beaucoup plus faciles à travailler; on peut arriver au paradoxe d'une perception positive de l'érosion.

Les périodes pluvieuses durables, associées aux perturbations et dépressions tropicales des mois d'août à octobre, provoquent l'apparition d'importants excès d'eau, qui affectent gravement la croissance des plantes. Le modelage de la surface du sol a été autrefois pratiqué, mais ne l'est plus que dans les systèmes de culture traditionnels: buttes, billons et planches bombées permettaient de ménager un environnement aéré dans la partie supérieure de l'enracinement. L'introduction de la mécanisation a fait disparaître ces pratiques.

Dans certains cas, on a pu noter une utilisation positive de la faible conductivité de l'argile continue. Dans l'itinéraire technique de plantation de la canne à sucre l'utilisation d'une sillonneuse, sur un sol déjà réhumecté en fond de couche travaillée, crée une gouttière lissée, et donc quasiment imperméable. Ainsi la moindre petite pluie va être partiellement stockée sur cette gouttière, au voisinage de la bouture de canne.

Sans entrer plus avant dans le détail des pratiques agricoles en cultures pluviales, nous retiendrons donc:

- que les jours disponibles pour un travail du sol positif sont peu nombreux et extrêmement aléatoires dans le calendrier.
- que les sols restent en conséquence nus pendant une période de pluies érosives.
- qu'en cultures mécanisées, le passage répété d'outils crée des semelles lissées imperméables, qui ont un effet objectivement positif pour la plantation de la canne à sucre, mais peuvent engendrer un excès d'eau sous pluviométrie importante.
- que les risques d'excès d'eau en saison humide sont importants, cependant que les pratiques d'assainissement sont rares ou ont disparu.

II.-INTRODUCTION DE L'IRRIGATION DANS LES SOLS ARGILEUX GONFLANTS: UNE NECESSITE, MAIS UNE REVOLUTION DANS LES SYSTEMES DE CULTURE. Cas de la Grande-Terre de Guadeloupe.

2.1.-JUSTIFICATION INCONTESTABLE DE L'IRRIGATION

Les périmètres développés en sols argileux gonflants sont tous en deçà de l'isohyète moyenne 1500mm/an, qui correspond sensiblement à l'ETP annuelle; comme les mois de saison humide sont nettement excédentaires, de forts déficits, très variables selon les années, affectent les mois de janvier à juin: 330mm 8 années sur 10, 560mm 5 sur 10, et 720mm 2 sur 10. PELLERIN (1986) a montré dans l'Est de la Grande-Terre pour la période 1964-84 une relation linéaire expliquant 85% de la variance des rendements bruts en canne à sucre par le rapport ETR/ETM (fig.1), calculé à partir d'un modèle classique de bilan hydrique des cultures(2 réservoirs RDU et RFU, coefficients culturaux, ruissellement et drainage négligés en phase de remplissage).

Cette étude a permis de montrer en même temps l'effet dépressif des excès d'eau climatiques sur les rendements. Une analyse plus fine des relations rendements / profondeurs des sols obtenus sur une parcelle a permis de montrer que cet effet dépressif concerne essentiellement les sols profonds, vertisols au sens strict, dont le regonflement prolongé est générateur d'anoxie (fig.2). Dans les sols peu épais, la présence de cailloux, la pente et la proximité du calcaire sous-jacent permettent une évacuation de l'eau excédentaire.

2.2.-LES HYPOTHESES DE L'ETUDE PREALABLE (BUHLER, 1986)

L'aptitude des sols à l'irrigation croît avec la profondeur. Si cela est vrai concernant la dimension des réserves, nous avons vu que le risque d'excès d'eau croît aussi avec la profondeur; or aucun plan d'assainissement n'est prévu.

L'irrigation doit permettre d'augmenter les rendements en canne, et de régulariser les récoltes en permettant des plantations précoces. Ce point est particulièrement souligné, compte-tenu du rôle social considérable que joue la canne dans l'emploi, tant agricole qu'industriel.

Elle doit permettre une diversification et une intensification des cultures paysannes, en particulier dans le domaine fourrager.

2.3.-LA REALITE PRATIQUE DES CULTURES IRRIGUEES

2.3.1.-CANNE A SUCRE INDUSTRIELLE:

Seules les terres en faire-valoir direct de la sucrerie sont à ce jour très partiellement irriguées, à perte. Les utilisateurs de l'eau privilégient le coût de main d'oeuvre

Figure 1: RELATION ENTRE LE DEFICIT HYDRIQUE ET LE RENDEMENT EN CANNE-A-SUCRE EN GRANDE-TERRE DE GUADELOUPE (d'après PELLERIN, 1986)

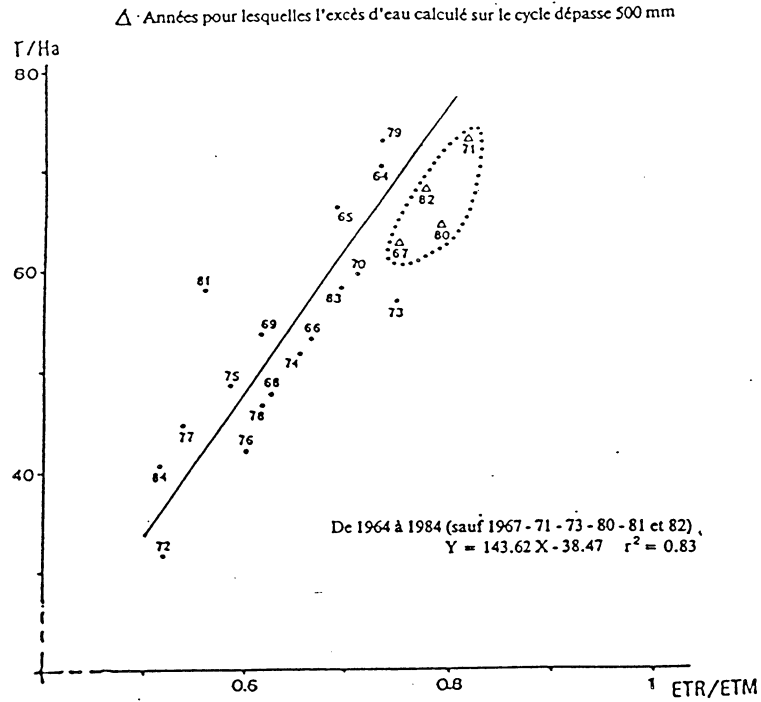
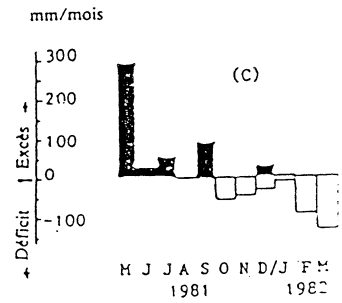
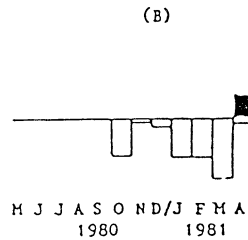
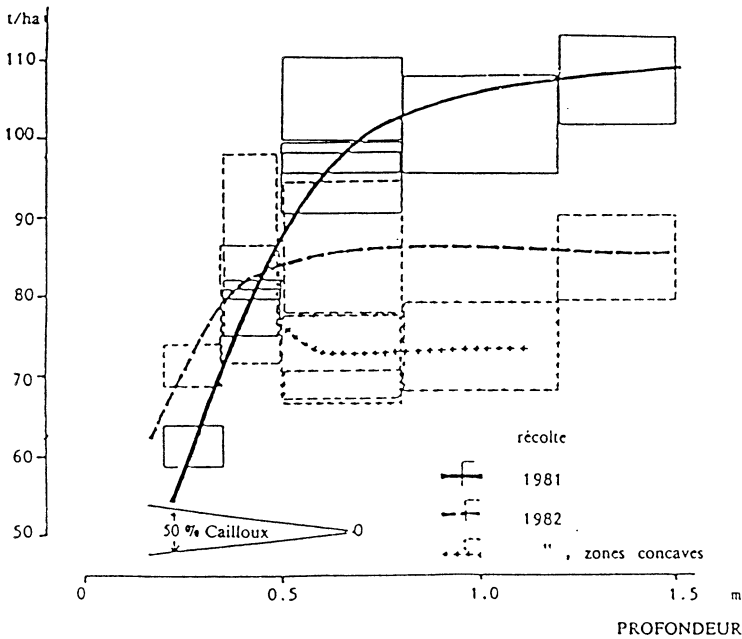


Figure 2: EFFET PROFONDEUR DU SOL SUR LE RENDEMENT EN CANNE-A-SUCRE ET SA VARIATION SELON LE BILAN HYDRIQUE (CABIDOUCHE et NEY, 1986)

(A) Comparaison des relations rendement-profondeur sur les deux premières récoltes (mesures sur des placettes d'une même parcelle). Y.-M. CABIDOUCHE et P. ARCHER.

(B) et (C) Distribution de l'excès et du déficit climatiques mensuel en eau, sur chacune des campagnes (Bilan calculé au pas journalier, pour des vertisols de 1m, RU = 150 mm, RFU = 85 mm, S. PELLERIN, 1985).

RENDEMENT



comme facteur de décision. Le déplacement d'un canon coûte cher; une fois qu'il est en place sur une parcelle, on "met le paquet", avec des doses appliquées trop fortes et surtout très rapprochées.

La traduction agronomique de cette pratique est évidente, compte-tenu de ce qui précède:

- en période de plantation, la gouttière de sillonnage, dont on avait vu la rationalité en culture pluviale, provoque un arrêt de l'infiltration, et un excès d'eau à la base de la couche travaillée où se situe la bouture; les pourritures ou non levée des boutures sont fréquents, obligeant à des recourages, voire à reprendre des plantations.

- quel que soit le stade de la plante, le premier passage de canon réhumecte suffisamment les sols pour refermer la porosité d'infiltration rapide, au moins au fond de la couche travaillée qui a été lissée par les outils. Il s'en suit un ruissellement superficiel ou hypodermique, qui a deux conséquences:

- * gaspillage de l'eau (moindre mal)
- * transfert de l'eau excédentaire vers les parties concaves du relief, où dans une logique de toposéquence se trouvent les vertisols profonds. Même si on peut alors observer une augmentation de la vitesse de croissance sur les sols peu profonds et/ou caillouteux, celle-ci est alors fortement ralentie dans les vertisols à cause de l'excès d'eau. Les parcelles où les vertisols représentent une proportion importante montrent alors une chute de rendement par rapport à une culture pluviale!

Selon COMBRES (1989), c'est la faiblesse des marges obtenues en canne irriguée, qui retarde l'utilisation de l'irrigation, et ceci même dans l'hypothèse d'une rigueur technique importante, qui n'est pour l'instant qu'une perspective:

- utilisation de matériel mobile (canon à enrouleur),
- adaptation du parcellaire,
- augmentation des rendements en culture irriguée,
- utilisation d'un bilan hydrique de la culture par parcelle.

La situation actuelle laisse une inquiétude sur deux des hypothèses techniques évoquées par Combres: l'augmentation des rendements et l'utilisation d'un canon à enrouleur (fortes intensités instantanées). Les critères actuels de déclenchement de l'irrigation sont pour le moins approximatifs, puisqu'il s'agit d'un tour d'eau sur les cannes plantées (premier cycle) délivrant à chaque passage des doses trop fortes, en méconnaissance totale de l'état des réserves et de la pluviométrie locale. L'application d'un bilan hydrique par parcelle serait déjà un progrès, encore faudrait-il que les doses apportées soient maîtrisées. Un des nombreux problèmes pour cette maîtrise est la forte hétérogénéité d'arrosage obtenue avec un asperseur, compte-tenu du vent en particulier (NEY et al, 1986, fig.3). Ces hypothèses demandent un gros effort de formation pour être réalisées.

Figure 3 : HETEROGENEITE D'ARROSAGE OBTENUE AVEC DEUX PROCEDES D'IRRIGATION PAR ASPERSION EN GUADELOUPE (NEY et al., 1986)

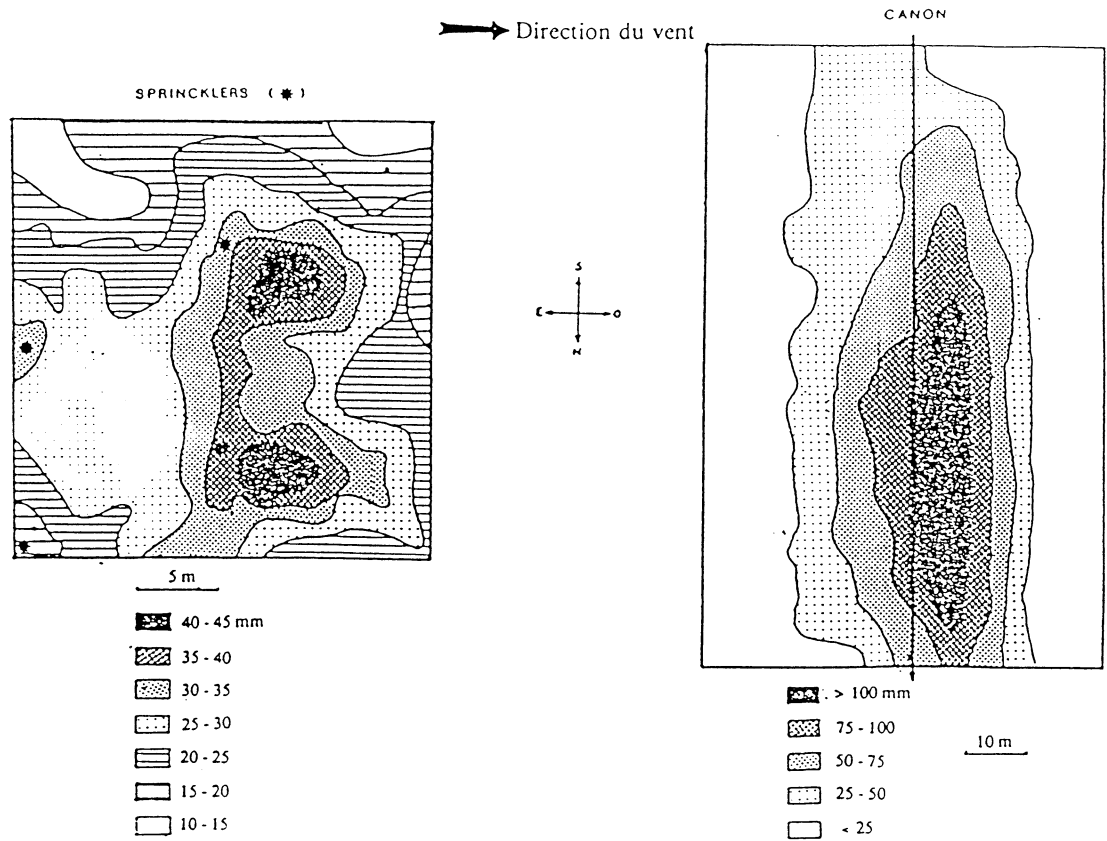
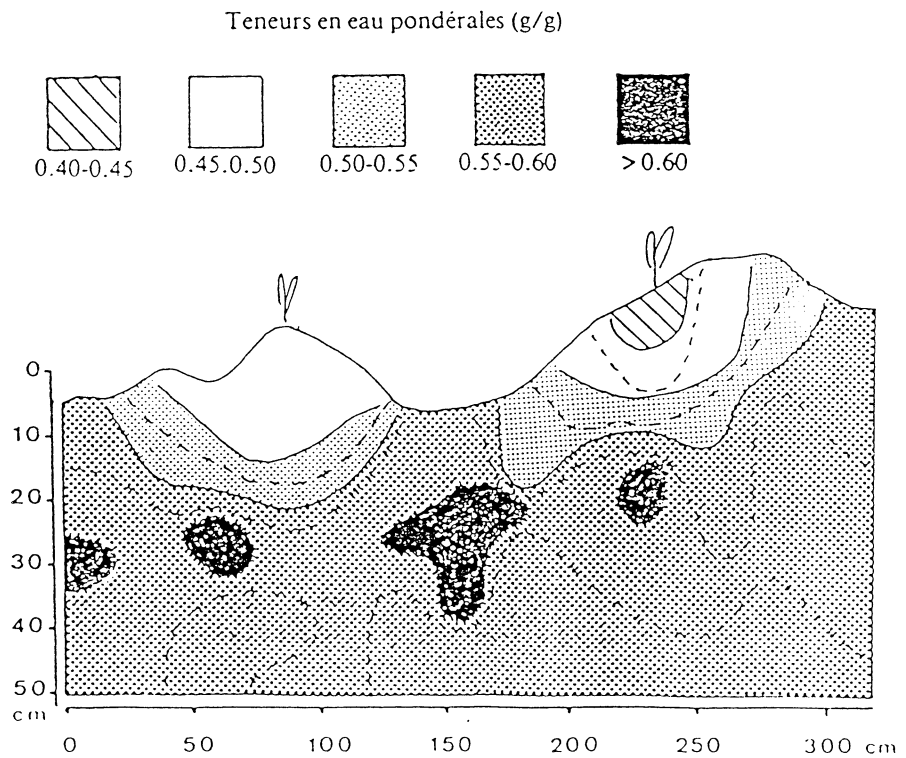


Figure 4 : COUPE DE TENEUR EN EAU D'UN VERTISOL SOUS TOMATE IRRIGUEE (NEY, 1986) ZONES SURHUMECTEES ASSOCIEES AUX GOUTTIERES DE FOND DE LABOUR



Parmi les causes de la faiblesse de ces marges: les charges fixes élevées, liées à la couverture totale en réseau secondaire de distribution (800 ha, alors que seuls 150 ha peuvent être irrigués simultanément à la pression nominale de 10 bars). Une solution immédiate peut être une baisse tarifaire des bornes, que devrait supporter la collectivité.

2.3.2-EVOLUTION DES SYSTEMES DE CULTURE PAYSANS

L'introduction de l'irrigation a entraîné un développement considérable du maraîchage: tomates de 1982 à 1988, melon d'exportation vers l'Europe depuis 1987. Les très fortes marges associées à ces spéculations ont permis aux agriculteurs, quel que soit le niveau de leur compétence technique, d'utiliser sans compter l'eau agricole. Dans le cas de la tomate, un suivi d'exploitations effectué en 1983-85 (NEY, 1987) a montré que les rendements variaient de 3 à 1 en fonction de la pluviométrie d'irrigation apportée durant le premier mois. Ceci correspond à une stratification dans l'ancienneté, et donc dans la compétence technique des agriculteurs:

- au pôle rendement maximal, on trouve des maraîchers quasi-exclusifs, qui irrigaient à l'eau potable avant que l'eau agricole soit disponible; bien que n'appliquant pas un bilan hydrique, ils savent rationner l'eau, utilisant en particulier comme critère de déclenchement l'état hydrique au toucher du fond de la couche travaillée. Ils ont un itinéraire de travail du sol adapté à l'irrigation des vertisols: labour à la charrue à socs, plantation en sommet de billons pour éviter l'excès d'eau, pratiques de jachères herbacées pour restaurer la porosité structurale.

- au pôle rendement minimal, on trouve des systèmes de production mixtes canne + élevage + maraîchage, dont la composante maraîchère est récente. Le critère de déclenchement de l'irrigation est l'état hydrique de surface (or les vertisols montrent très rapidement un auto-mulch d'agrégats secs en surface, même si à 20cm le sol est saturé) combiné au début de flétrissement des plantes (l'excès d'eau provoque un flétrissement de la tomate!). L'irrigation excédentaire qui en découle est aggravée par un itinéraire de plantation dérivé de celui de la canne: labour à la charrue à disques provoquant une zone saturée sur les gouttières lissées (fig.4), plants installés en fond de sillon, au contact de la gouttière, ce qui induit une nécrose du pivot. Seule la couche travaillée, exploitée par des racines adventives développées ultérieurement après buttage, constitue la réserve utile. Les irrigations deviennent ainsi de plus en plus fréquentes.

Si la canne a connu une très légère augmentation des surfaces cultivées, ce n'est pas grâce à la disponibilité de l'eau agricole. Un soutien du prix de la tonne de canne a été mis en place depuis 1984, qui s'est révélé incitatif. Cependant, depuis cette date, il n'y a pas eu d'année véritablement sèche. Les agriculteurs perçoivent l'irrigation comme un secours éventuel en cas de sécheresse anormale. Les maraîchers considère la canne comme une jachère positive,

destinée à déparasiter les sols et à recréer une porosité structurale profonde (canne forcément pluviale).

Dans le domaine des pâturages enfin, l'installation de soles fourragères irriguées à haute valeur azotée ou énergétique reste exceptionnelle; l'utilisation des savanes résiduelles par des boeufs au piquet "caisse d'épargne" reste la règle générale.

2.4.-RESULTATS (d'après FABRI et al, 1989)

2.4.1: LES HYPOTHESES QUI ONT PRESIDE A L'ETABLISSEMENT DU RESEAU NE SONT PAS REALISEES.

Compte-tenu de la faible utilisation de l'eau sur la Canne (27% de la consommation pour 78% de la surface irrigable) et sur les pâturages, seulement 13% de la ressource est utilisée, ce qui incite à réviser les hypothèses de rentabilité économique de l'investissement. Les surfaces totales et rendements en canne n'ont pas augmenté significativement.

Le maraîchage a connu un essor considérable, qui représente 67% de la consommation en eau pour seulement 15% des surfaces irrigables; c'est dans ce domaine que le progrès social, initialement ciblé sur la canne, s'est déroulé. On atteint cependant des limites fragiles: toute surface supplémentaire en tomates de saison sèche peut conduire à un effondrement des cours, le marché du melon d'exportation est tenu par des groupes métropolitains qui peuvent décider du jour au lendemain de faire assurer leur production en contre saison par des pays ACP.

Malgré la sous-consommation globale, l'application généralisée de trop fortes doses, aux mêmes périodes, conduit aux limites des capacités du réseau: la pression tombe fréquemment à 5 bars, au lieu des 10 nécessaires pour faire correctement fonctionner les canons à enrouleur.

2.4.2 NECESSITE D'UNE MEILLEURE MAITRISE DE L'EAU A LA PARCELLE

Dans le domaine cannier, ce n'est que par un ajustement très soigneux de l'irrigation aux besoins de la culture, mais aussi aux caractéristiques hydrodynamiques variables et contraignantes des sols, que l'augmentation des rendements, et donc des marges positives en culture irriguée, pourront être atteints.

Dans le domaine maraîcher, les perspectives de resserrement du rapport demande/offre, font que l'on ne pourra pas longtemps considérer l'eau d'irrigation comme une ressource illimitée et "gratuite". On devra entrer bientôt dans la logique habituelle de diminution du coût des intrants et d'augmentation de rendement par optimisation de l'itinéraire technique.

2.5.- ELEMENTS D'UNE MEILLEURE MAITRISE DE L'EAU A LA PARCELLE

- changement de mode de travail du sol: éviter la création de semelles lissées est possible, en remplaçant la charrue à disques par la charrue à soc (fig.5) et en sillonnant moins profondément. Cette amélioration est en cours, se heurtant cependant au problème de formation des tractoristes au réglage des charrues.

- matériel d'irrigation: l'irrigation localisée, est techniquement possible, mais se heurte pour l'instant à un problème de coût; elle permettrait une meilleure maîtrise des doses, débits et fréquence.

- mise en place d'un système d'assainissement-drainage: à la parcelle, cela consiste à façonner la surface du sol en billons ou planches bombées, de manière à éviter la saturation prolongée de la partie supérieure de l'enracinement. Des essais de drains enterrés sont en cours, basés sur l'hypothèse que les tranchées de drainage peuvent permettre de manière discontinue l'évacuation du ruissellement hypodermique. Dans tous les cas, la réhabilitation ou la reconception d'un réseau d'émissaires est obligatoire.

- amélioration des critères de décision d'irrigation, et détermination des doses:

* en première urgence, inciter les irrigants à rationner, ne serait-ce qu'en testant au toucher l'humidité du fond de la couche travaillée.

* développer une meilleure connaissance du besoin en eau de la culture à chaque instant, compte-tenu de l'état des réserves: le logiciel de bilan hydrique multi-parcellaire IRRICANNE (ROBIN et al, 1989), callé sur des expérimentations rigoureuses de consommation en eau de la canne en Guadeloupe, est certes un progrès considérable.

* il n'en reste pas moins vrai qu'un modèle, aussi affiné soit-il, en particulier dans la détermination des besoins en eau dans les premiers stades de la culture, comporte encore beaucoup d'incertitudes dans le fonctionnement du réservoir sol; ces incertitudes, négligeables dans le cas de sols perméables, sont dangereuses dans le cas des sols argileux gonflants. Le moindre excès d'apport modifie les hypothèses d'évolution de la réserve du sol en empêchant la descente de l'enracinement efficace; dès lors, l'excès d'eau devient chronique. Dans un premier temps, le meilleur conseil possible, mais qui demande un fort encadrement et des parcelles démonstratives, est le rationnement systématique par rapport au modèle.

* amener des petits paysans à utiliser un modèle de bilan hydrique où même à relever une série de pluviomètres sur une parcelle ne peut être qu'un pari à long terme, au prix d'un effort considérable de formation et d'encadrement.

Figure 5 : EFFETS COMBINES DE L'IRRIGATION ET DU TRAVAIL DU SOL SUR UNE COMPOSANTE DU RENDEMENT DE LA TOMATE, EN VERTISOL

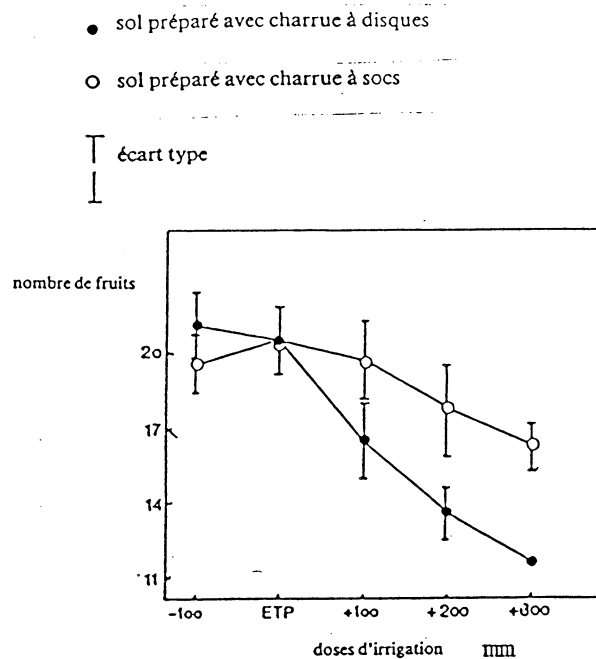
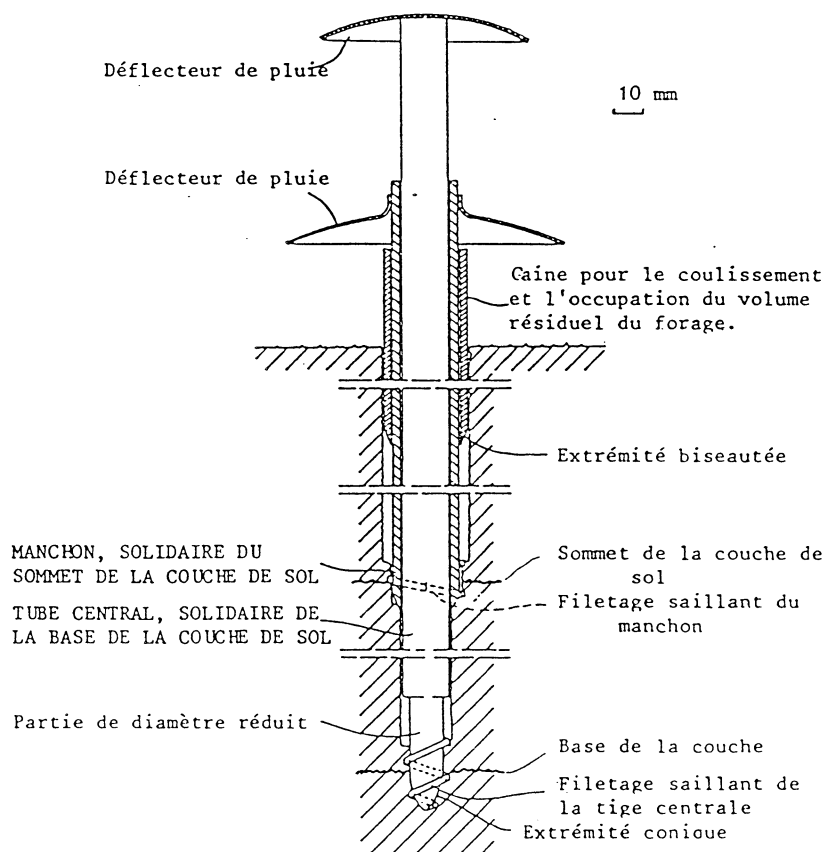


Figure 6 : LE CAPTEUR DE DEPLACEMENT DE SOL "T.H.E.R.E.S.A.", PARTIE MECANIQUE (CABIDOUCHE ET VOLTZ, Brevet INRA 1987)



T.H.E.R.E.S.A.: Transferts Hydriques Evalués par le Retrait Equidimensionnel des Sols Argileux.

* l'urgence actuelle est bien de comprendre le fonctionnement des réserves en eau et du système variable de porosité des sols argileux gonflants. Les mesures de l'état instantané des stocks ou états de l'eau dans le sol (sonde à neutrons, tensiomètres) sont ici inopérantes. L'INRA Antilles-Guyane, Station agropédoclimatique, met au point dans ce but une méthode originale de mesure de l'état des réserves et de la fissuration basé sur la mesure des mouvements verticaux des sols (Système T.H.E.R.E.S.A, CABIDOCHÉ, Brevet INRA 1987). De conception très simple, il peut être instrumenté pour une acquisition automatique permanente (fig.6). Son principe est le suivant:

- . toute consommation de l'eau "texturale" se traduit par des mouvements à peu près équidimensionnels dont on mesure la composante verticale (CABIDOCHÉ et VOLTZ, 1988).
- . la réserve facilement utilisable correspond aux pores d'origine biotique, dont la vidange n'engendre pas de mouvement: les besoins en eau de la plante sont satisfaits tant qu'il n'y a pas de mouvement.
- . le début du retrait, à un certain seuil, correspond au début du stress hydrique de la plante: c'est le moment d'irriguer (fig.7).
- . le seul moteur d'une dessiccation texturale engendrant un retrait est l'enracinement. On obtient ainsi une équation profondeur maximale du retrait = profondeur maximale de l'enracinement, qui permet d'avoir la limite géométrique de la réserve.
- . tout retrait vertical indique une fissuration latérale; réciproquement tout gonflement indique une fermeture des fissures. On pourra décider que le moment d'arrêter l'irrigation est un gonflement relatif admissible, avant la fermeture complète des fissures, stade où l'excès d'eau se manifeste (fig.7).

On dispose là d'un outil permettant d'asservir la gestion de l'eau à l'évolution de l'état hydrique et poral du sol, tant dans la perspective d'une irrigation automatisée, que dans celle d'une utilisation par un petit agriculteur (version mécanique à effacement d'index). Par ailleurs, au niveau recherche, T.H.E.R.E.S.A. sera utilisé prochainement en collaboration avec l'ORSTOM, pour déterminer à l'aide de pluies simulées les enveloppes d'intensités infiltrables et les champs de réhumectation dans les vertisols, en fonction des états hydriques initiaux.

III.-GENERALISATION: IMPORTANCE ET DIFFICULTES DE L'IRRIGATION DANS LES SOLS ARGILEUX GONFLANTS DE LA CARAÏBE

3.1.- CLIMAT TROPICAL A SAISON SECHE MARQUEE = SOLS ARGILEUX GONFLANTS

Il existe une relation étroite entre les zones à déficit hydrique sur l'année et la présence de sols argileux gonflants dans la Caraïbe. Les sols sont jeunes, monophasés, souvent développés à partir de matériaux volcaniques ou de roches ou sédiments pauvres en minéraux primaires hérités. Ce sont donc des minéraux secondaires argileux qui prédominent (fig.8): les

Figure 7 : RELATION ENTRE POTENTIEL FOLIAIRE DE LA CANNE-A-SUCRE (13 h) ET EPAISSEUR DES COUCHES D'UN VERTISOL

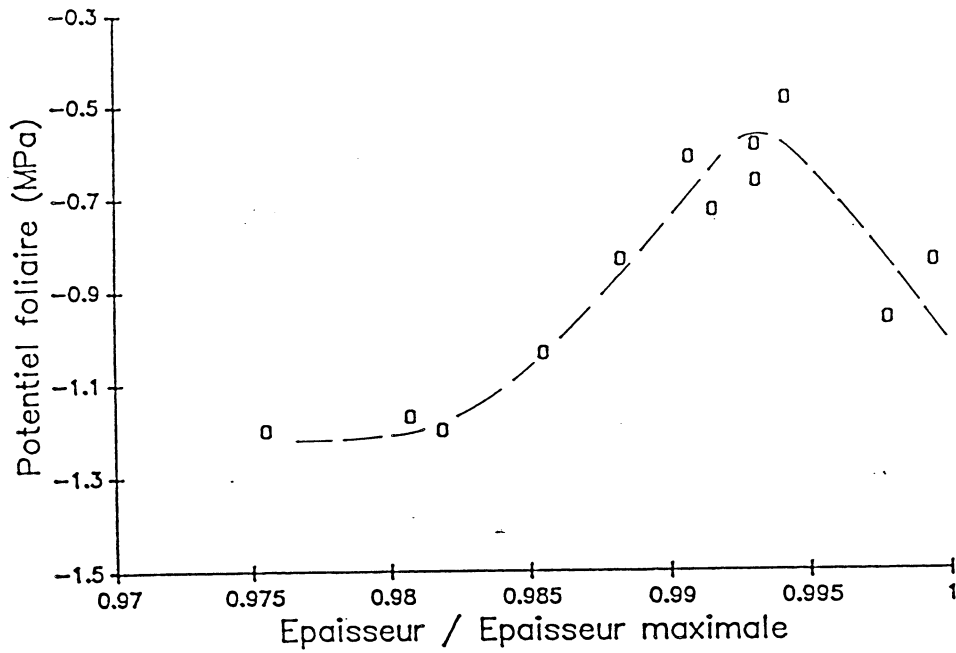
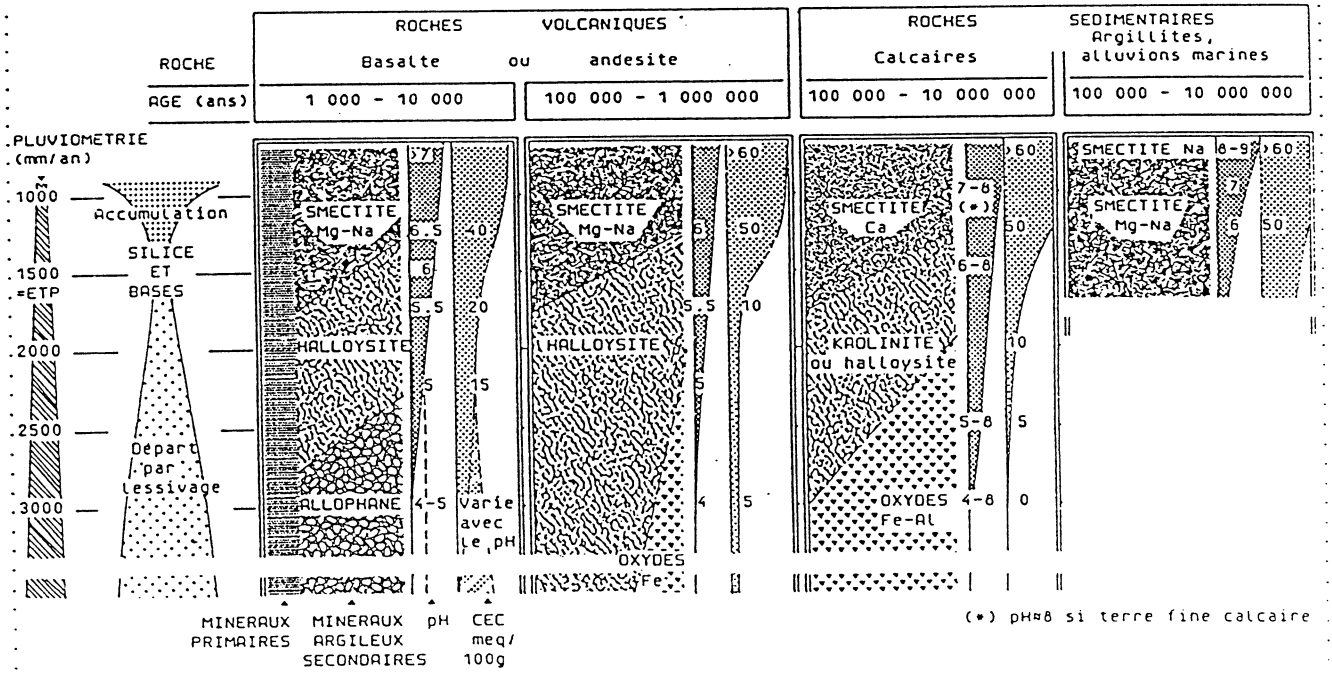


Figure 8 : TYPES DE MINERAUX ARGILEUX DES SOLS SELON LA GEOLOGIE ET LE CLIMAT : PREDOMINANCE DES SMECTITES DANS LES ZONES A DEFICIT HYDRIQUE SUR L'ANNEE (CABIDOUCHE, 1989)



climats tropicaux à saison sèche marquée, permettant la conservation de la silice et des bases, permettent la formation de smectites qui constituent une part notable ou prédominante de la fraction minérale du sol (Domaine de la Sialferrisation, PEDRO, 1984) . A titre indicatif, les sols argileux gonflants représentent plus de 20000 ha en Guadeloupe, 7000 en Martinique, 20000 à la Barbade, 200000 en Haïti, et 1,2 million d'hectares à Cuba.

Les faits et diagnostics évoqués dans le cas de la Grande-Terre de Guadeloupe ont valeur de modèle quand aux perturbations et nécessaires évolutions des systèmes de culture et des itinéraires techniques qu'apporte l'irrigation.

3.2.- RISQUES DE BAISSSE DE FERTILITE ASSOCIES A L'IRRIGATION

Par baisse de fertilité, nous entendons une altération grave des propriétés agronomiques des sols, non facilement correctible par une adaptation des systèmes de culture.

3.2.1.- SALINISATION DES SOLS

Contrairement aux Antilles Françaises, qui disposent de ressources en eaux captées dans les bassins versants de sols acides, les barrages ou puisages développés à Cuba et St Domingue fournissent souvent une eau légèrement salée. De grands périmètres irrigués de sols argileux gonflants ont été stérilisés (300000 hectares en vertisols à Cuba, d'après ORTEGA et al, 1986). Le drainage vertical est nul, l'hydrographie superficielle des périmètres est cloisonnée par des pistes en remblais; ainsi la totalité des sels apportés s'accumule sous l'effet de l'évapotranspiration.

Même avec des eaux de bonne qualité, un deuxième type de salinisation s'est produit par mise en continuité de la zone superficielle saturée par l'irrigation et de nappes salées phréatiques, et installation de systèmes de culture à extraction d'eau superficielle (600000 ha à Cuba d'après ORTEGA et al , 1986).

3.2.2.- EROSION

Consécutives aux changements de systèmes de culture: sur les vertisols magnésio-sodiques du Sud de la Martinique, le passage de savanes ou prairies pâturées à du maraîchage intensif irrigué multiplie par 10 la quantité de particules détachables sous averses simulées représentatives (ALBRECHT, 1989). La cause en est la modification du système de porosité des agrégats et du comportement rhéologique du matériau due au changement du statut organique du sol.

Consécutives à des aménagements inadaptés: si la plupart des schémas actuels comportent des réseaux de tuyaux, certains périmètres plus anciens comportent des réseaux primaires et secondaires à ciel ouvert, destinés à une irrigation gravitaire. C'est le cas du périmètre de Delcer, dans le sud de Sainte-Lucie. L'érosion en nappe rapide sur les parcelles,

et l'incapacité de la ressource à répondre à la demande ont conduit à l'abandon du réseau. En période pluvieuse, le réseau intercepte le ruissellement; segmenté par des éboulements, il accumule des poches d'eau qui, en débordant, créent des rigoles et ravines d'érosion catastrophique. L'érosion a pris globalement une telle ampleur que la région se désertifie; le seul espoir de stabiliser ce qui reste de la population rurale, est... la réhabilitation de l'irrigation (sous tuyaux), afin d'intensifier les rares surfaces moins érodibles ou érodées (CABIDOCHÉ, 1989b).

CONCLUSION:

L'irrigation dans les zones tropicales à saison sèche marquée de la Caraïbe est une évidente nécessité bioclimatique. Les sols de ces zones sont très généralement des sols argileux gonflants aux propriétés hydrodynamiques extrêmes, les rendants extrêmement susceptibles d'excès d'eau, de ruissellement quasi-total, parfois d'érosion, et sensibles aux discontinuités culturalés. L'irrigation est extrêmement difficile à maîtriser sur ces sols.

L'attitude générale d'un irrigant débutant, apporter trop d'eau, aboutit dans ce cas à un gaspillage de la ressource, à une baisse de rendement, à des disfonctionnement du réseau, voire à des baisses de fertilité par salinisation ou érosion. Dans un premier temps on assiste à une profonde mutation des systèmes de culture, sans acquisition d'une meilleure maîtrise de l'irrigation. Rapidement, celle-ci deviendra nécessaire, mais pose d'énormes difficultés:

- changement d'itinéraires techniques, vers un risque minimal d'accidents structuraux dans la préparation du sol, vers la lutte contre l'excès d'eau dans la couche travaillée, et vers des mesures anti-érosives.

- insuffisance des modèles de bilan hydrique des cultures, pour gérer convenablement l'eau: seule une connaissance instantanée de l'état et de la géométrie des réserves, et de l'état de porosité, permettant ou non leur recharge, permettra une gestion rationnelle de l'irrigation à la parcelle.

Dans un projet d'irrigation, le rôle des institutions ne doit évidemment pas se borner à la mise à disposition à la parcelle d'une ressource en eau, tarifée ou non. Les risques d'accidents sociologiques, économiques et écologiques associés à l'irrigation obligent à acquérir précocement des références et à prévoir des trajectoires évolutives des systèmes de culture et de production, quitte à développer des mesures incitatives pour orienter ces trajectoires. Deux des outils indispensables sont la formation et l'encadrement, diffusant si possible des références solides acquises au préalable par l'expérimentation rigoureuse. Les expériences carribéennes montrent qu'il est difficile de "prendre le train en marche".

BIBLIOGRAPHIE

ALBRECHT A., 1989.- Comparaison de la détachabilité de particules terreuses, sous deux systèmes de culture contrastés, sur vertisol. Colloque inter-régional sur l'éducation et la formation relative à l'environnement, Abymes, 18-20 avril 1989. Ed. Conseil Général de Guadeloupe - UNESCO, sous presse.

BUHLER J.-L., 1986.- Périmètres irrigués en Guadeloupe, . Etat actuel et perspectives. Bull. agron. Antilles-Guyane, 4, 33-36.

CABIDOUCHE Y.-M., 1987. Eléments pour une demande de de Brevet concernant le dispositif de capteurs de déplacements verticaux de sols argileux "T.H.E.R.E.S.A.". Doc. interne INRA. Brevet INRA n° 8711063.

CABIDOUCHE Y.-M., 1989a.- Gestion de la fertilité et conservation des sols dans la Caraïbe. Colloque inter-régional sur l'éducation et la formation relative à l'environnement, Abymes, 18-20 avril 1989. Ed. Conseil Général de Guadeloupe - UNESCO, sous presse.

CABIDOUCHE Y.-M., 1989b.- Evaluation des capacités des sols et des précautions à prendre pour l'irrigation du périmètre de Delcer (District de Choiseul, Sainte-Lucie). Rapport de mission, INRA, DSRI, 10p.

CABIDOUCHE Y.-M. et NEY B., 1986.- Quelques problèmes de gestion de l'eau lorsque les sols varient fortement au sein d'une même parcelle. Bull. agron. Antilles-Guyane, 4, 53-62.

CABIDOUCHE Y.-M. et NEY B., 1986.-Travail du sol et irrigation en vertisols. Bull. agron. Antilles-Guyane, 4, 63-70.

CABIDOUCHE Y.-M. et NEY B., 1987.- Fonctionnement hydrique de sols à argile gonflante cultivés. II.Analyse expérimentale des fonctionnements hydriques associés à deux états structuraux en vertisol irrigué. Agronomie, 7 (4), 257-270.

CABIDOUCHE Y.-M. et VOLTZ M., 1988.- Modélisation des variations macroscopiques de volume d'un sol argileux gonflant. II-Contrôle expérimental dans le cas d'un vertisol calcique de Guadeloupe. In: "Transferts en milieux déformables", Séminaire de l'Isle s/Sorgues 7-8 octobre 1987, Ed. INRA, Paris, 143-159.

COMBRES J.-C., 1989.- Evaluation des coûts de production en culture de canne-à-sucre irriguée à la Guadeloupe. Bull. agron. Antilles-Guyane, 9, 6-12.

FABRI C., GARGANTA E., PETIT J.-M., PINDARD A., et SIZAM-BASTAREAUD S., 1989.-Irrigation de l'Est de la Grande-Terre et valorisation de l'eau par les systèmes de production en place. Bull. agron. Antilles-Guyane, 9, 13-19.

NEY B., ARCHER P., PELLERIN S., 1986.- Hétérogénéité d'arrosage obtenue par irrigation par aspersion en Grande-Terre de Guadeloupe. Bull. agron. Antilles-Guyane, 4, 47-52.

NEY B., 1987.- Fonctionnement hydrique de sols à argile gonflante cultivés.I.-Analyse des influences du travail du sol et de l'irrigation sur le fonctionnement hydrique de sols à argile gonflante dans les exploitations de Guadeloupe. Agronomie, 7 (4), 247-256.

ORTEGA SASTRIQUES F., OBREGON A., HERNANDEZ A. et BORRETO M., 1986. Los suelos salinos y salinizados de Cuba. In "Sol et Eau", Séminaire de la Havane, 8-20 avril 1985. Ed. ORSTOM, Paris, 623-640.

PEDRO G., 1984.- La genèse des argiles pédologiques, ses implications minéralogiques, physico-chimiques et hydriques. Sci. Géol., Bull., 37, 4, 333-347.

PELLERIN S., 1986.- Etude d'une série chronologique de rendements en canne-à-sucre obtenus en Guadeloupe à partir d'un modèle de simulation du bilan hydrique. *Agronomie*, 6 (1), 91-98.

ROBIN P., COMBRES J.-C. et KAMENIARZ C., 1989.- Un logiciel d'aide à la décision pour conduire l'irrigation de multiples parcelles de canne-à-sucre. *Bull. agron. Antilles-Guyane*, 9, 39-45.

TESSIER D., 1984.- Etude expérimentale de l'organisation des matériaux argileux. Thèse doct., Univ. Paris VII. Ed. INRA, Paris, 361 p.