DYNAMIQUE DE L'EAU DANS LES VERTISOLS SUR CALCAIRES RÉCIFAUX

DINÁMICA DEL AGUA EN LOS VERTISOLES FORMADOS SOBRE CALIZAS ARRECIFALES

Y. M. CABIDOCHE, B. JAILLARD, B. NEY

RÉSUMÉ

Parmi les sols à argiles gonflantes de la Caraïbe, les vertisols sur calcaire récifal coralien sont les plus représentés. Leur richesse particulière en smectite calcique (>0.7g/g) leur confère un comportement hydrique et poral particulier:

- en saison sèche, de larges fentes de retrait apparaissent, tandis que les deux premiers decimètres acquièrent une structure polyèdrique à forte porosité inter-agrégats; ces deux types de porosités de grande taille favorisent alors une infiltration très rapide.

- en périodes humides, le gonflement entraine une fermeture des porosités de grande taille,la structure apparaissant continue; la vitesse d'infiltration devient alors très faible, et le sol montre des signes d'asphyxie.

Sous une savane à Graminée spontanée (Dichantium caricosum), ces vertisols montrent un microrelief gilgaï de maille sensiblement métrique. L'estimation du champ des humidités, par des coupes hydriques réalisées à la tarière, montre un contraste horizontal des teneurs en eau permanent et organisé: les depressions surmontent des volumes plus humides en forme de bulbes étroits, et les monticules des massifs plus secs.

Des courbes de retrait, appliquées à des échantillons non remaniés des massifs, de grands volumes, montrent que ceux-ci ne comportent pas de porosité pour l'air (et donc pas de porosité fissurale de grande taille). On vérifie in-situ, grâce à une application particulière de la "méthode électrique", que les fissures sont localisées en dehors des massifs, sous les dépression, et qu'elles constituent un réseau de position fidèle à l'echelle pluriannuelle. Dès lors, il est clair que les fissures jouent un rôle privilégié dans la réhumectation de ces vertisols: les voisinages de ces fissures constituent des bulbes plus humides, car ils sont les premiers concernés par la réhumectation; au même niveau, les massifs se réhumectent moins, à cause de la lente diffusion de l'eau dans le réseau microporeux associé aux domaines et tactoïdes argileux.

Ce mécanisme est à l'origine d'un fonctionnement hydrique hétérogène, organisé par le microrelief, au sein d'un ensemble pédologique homogène par ses constituants.

Deux types de problèmes sont alors abordés:

- le premier est d'ordre métrologique: le suivi quantitatif du fonctionnement hydrique impose une multiplicité des points de mesures de teneur en eau, afin de prendre en compte l'hétérogènéité; l'humidimètrie neutronique étant peu fiable à cause des décollements à la périphérie des tubes d'accès, nous évoquons la possibilité de mettre en oeuvre une méthode d'estimation des stockages (/déstockages) d'eau basée sur la mesure de la composante verticale du gonflement (/retrait) associé (smectometrie).

- le deuxième problème évoqué est celui de la modification d'un tel fonctionnement par le travail du sol. Les voisinages des fentes apparaissent comme les principales zones de stockage/déstockage d'eau profonde. Or un labour à la charrue à disques tend à oblitérer les fentes de retrait par lissage au fond de la couche travaillée. L'humectation profonde est alors entravée, en même temps que la couche travaillée risque de se saturer rapidement en eau. Le fonctionnement hydrique utile de ces sols, pourtant profonds, est alors limité à la partie supérieure de la couche travaillée.

RESUMEN

Entre los suelos con arcillas expansivas del Caribe, los vertisoles sobre caliza arrecifál están my bien representados.

Su riqueza en arcillas expansivas (mas del 70 % de smectita / calcica) les confiere un comportamiento hídrico y poreso especiál :

- en época seca aparecen grandes hendiduras de retracción, mientras que los veinte primeros centimetros adquieren una estructura poliedrica con porosidad inter agregados elevada ; estos dos tipos de porosidad de gran tamaño favorecen una infiltración muy rápida. - en época húmeda, el hin**e**hamiento produce un cierre de las porosidades de gran tamaño ; la estructura se hace continua, la velocidad de infiltracion muy debil, y el suelo muestra señal de asfixia.

En una savana de graminea espontanea (Dichantium caricosum), estos vertisoles muestran un microrelieve gilgai de malla métrica.

La estimación del campo de las humedades, por cortes hidricas efectuadas con sonda muestra un contraste horizontal de húmedad permanente y organizada : las depreciones estan encima de los volumes más húmedos en forma de bulbes estrechas, los montículos encima de los macizos más secos.

Curvas de retracción aplicadas a muestras de macizos más secos, no manoseados y de gran volumén muestran que estos macizos no son porosos para el aire (y por tanto no presentan porosidad fissural de gran tamaño) ; Se comprueba in situ, por un aplicación del método eléctrico, que las fisuras se localizán a la parte exterior de los macizos bajo la depresiones, y que constituyén un red permanente a escala plurianual.

Por tanto, está claro que las fisuras desempenan un papel privilegiado en la rehumectación de estos vertisoles : las zonas próximas a estas fisuras forman bulbos mas húmedos, puesto que son los primeros afectados por la rehumectación, sin por tanto que los macizas se rehumectán al mismo nivel, como consecuencia de la lenta difusión del agua en la red microporosa de las tactoïdes arcillosas.

Este mecanismo particular da lugar a un funciomamiento hídrico heterogeno, organizado en relación con el microrelieve, dentro de un conjunto pedológico homogeneo por sus constituyentes. En consecuencia se abordán dos tipos de problemas.

El primero de tipo metrológico el segrimiento cuantitativo del functionamiento hídrico impone una multiplicidad de los puntos de medida, para describír completamente la heterogeneidad ; la humidimetria

451

neutrónica poco fiable por la falta de desencoladuras del suelo alrededor de los tubos, utilisamós un método de estimación del almacenamiento de agua basado en la medida de la componente vertical del hinchamiento (retracción) asociado (smectometria).

El segundo problema es el de la modificación de este funcionamiento por el trabajo del suelo. Las proximidades de las fisuras son las zonas principales de almacenamiento desalmacenamiento de agua profunda. Pero una labor de arado de disco tiende a obliterar las fisuras por alisado en el fondo de la capa trabajada.

La humectación profunda entonces está trastornada a la vez que el fondo de la capa trabajada se satura de agua. El funcionamiento hídrico de estos suelos profundos, se encuentra limitado a la parte superior de la capa trabajada.

INTRODUCTION

Les vertisols développés sur calcaires récifaux dans la Caraïbe sont très riches en smectites (plus de 0,7g/g); en effet, ils sont issus de minéraux primaires de roches volcaniques (andésites, basaltes), tous altérables en smectites, sous des climats tropicaux à saison sèche marquée, et de bilan hydrique globalement déficitaire sur une année moyenne (soit une pluviomètrie moyenne annuelle inférieure à 1500mm).

Ces smectites sont maintenues saturées par le calcium, grâce à l'environnement calcaire, roche support ou abondante dans les bassins versants.

Leur exceptionnelle pureté minéralogique confère à ces vertisols des propriétés physiques très typées, dont les marques morphologiques les plus évidentes sont la formation de larges et profondes fentes de retrait lorsqu'ils se déssechent, et la présence de faces de glissement très nettes.

Cet exposé est consacré aux premiers résultats, obtenus en Grande-Terre de Guadeloupe, concernant le fonctionnement hydrique de ces vertisols. Il se décompose en trois parties:

- la première nous permet de montrer le rôle particulier des fentes de retrait dans l'humectation profonde d'un sol non travaillé; les très forts contrastes horizontaux d'humidité observés sont reliés aux contrastes de porosité existants entre les fentes de retrait et la porosité de petite taille à l'intérieur des massifs continus. Ces observations nous permettent de proposer un schéma qualitatif de fonctionnement hydrique au cours d'un cycle d'humectation.

- dans une deuxième partie, nous analysons les problèmes métrologiques posés par le suivi in-situ du fonctionnement hydrique quantitatif, en proposant une nouvelle méthode de contrôle de la variation des stocks d'eau.

 enfin, dans une troisième partie, nous abordons les perturbations apportées à ce fonctionnement hydrique par le travail du sol, mises en évidence à travers un essai d'irrigation en sol travaillé avec deux types de charrues, sur une culture de tomate.

1. ELEMENTS QUALITATIFS SUR LE FONCTIONNEMENT HYDRIQUE DES VERTISOLS NON TRAVAILLES.

Ces éléments ont été observés sous une savane spontanée à

Dichantium caricosum, installée depuis une vingtaine d'années à la suite d'une culture de canne à sucre abandonnée.

La surface montre un microrelief "gilgaï" irrégulier, dont la maille moyenne est de 70 à 150 cm, pour une amplitude verticale de 10 à 15 cm.

11. Analyse des états hydriques hétérogènes du sol. (JAILLARD et CABIDOCHE, 1984)

Devant la grande variabilité des humidités au toucher, constatée sur des sondages effectués le même jour, dans la même parcelle, nous avons effectués des "coupes hydriques"; ces coupes ont été réalisées par juxtaposition de profils hydriques à la tarière, régulièrement espacés sur des transects (ici tous les 25cm). Les coupes sont dessinées en lignes d'isovaleurs d'humidité, établies par interpolation linéaire.

. Contrastes d'humidité et structures

En période de réhumectation (figure 1), mais aussi durant toute la saison humide, on observe un très fort contraste horizontal de teneurs en eau en-dessous de 20cm; des zones verticales étroites très humides avoisinent des massifs secs. Ce contraste s'estompe en profondeur, au-delà de 80 à 100cm. Il s'estompe aussi vers le haut, où l'ensemble de l'horizon de surface se trouve réhumecté.

Cette distribution verticale du contraste est cohérente avec le profil de structure observé en sec: en surface, où la structure est polyèdrique centimètrique, avec une forte porosité interagrégats, l'ensemble de l'horizon 0-15 à 0-25cm est réhumecté; en profondeur, au-delà de 80 à 100cm, où l'argile montre une structure continue malgré un débit le long des faces de glissement, l'humidité est peu variable, à la fois spatialement et au cours du temps. Ce n'est que dans l'horizon à structure prismatique très grossière, définie par les fentes de retrait, que se développe ce contraste. On peut penser qu'il est le résultat d'une double dynamique hydrique:

- rapide dans les fissures, elle permet la formation des zones étroites surhumectées;

- très lente dans les massifs, elle ne permet pas la réhumectation totale de ces derniers; les vitesses de diffusion estimées en bordure de massifs sont de 1 à 3 cm/jour, et l'absence de période de pluie durable interdit la réhomogènéisation complète des humidités (et des potentiels) à une même cote.

. Contrastes d'humidité et microrelief

Sur l'ensemble des coupes hydriques réalisées en saison humide, il apparait que les zones humides se situent préférentiellement sous les dépressions, et les massifs plus secs sous les monticules.

Le tri des profils hydriques du 19/10/82, entre monticules et dépressions (figure 2), montre un exemple de la relation

contraste-microrelief; les ventres d'humidité observés dans les profils sous depressions sont particulièrement prononcés, et leur arrêt brutal en profondeur correspond à la profondeur limite des fentes.

12. Analyse du système poral et de son évolution.(CABIDOCHE et JAILLARD ,à paraître)

Pour conforter les hypothèses émises lors de l'étude du fonctionnement hydrique, il a été vérifié:

- d'une part que les massifs ne comportent pas de porosité intermédiaire stable entre la porosité fine délimitée par les tactoïdes et domaines argileux, remplie d'eau, et la porosité des grandes fentes, en particulier qu'il ne se forme pas de réseau de fissures intra-massifs hierarchisées en taille;

- d'autre part que les fissures, de la même manière que les bulbes humides, se forment préférentiellement sous les dépressions.

. Les massifs ne montrent pas d'entrée d'air dans la gamme courante au champ des teneurs en eau

De CRECY (1969) a montré que des pâtes argileuses extraites de ces vertisols suivent un retrait normal.

Une courbe de retrait, réalisée sur des échantillons prélevés in-situ à différentes époques de l'année (figure 3),montre un retrait normal, sans entrée d'air sauf aux basses valeurs jamais atteintes au champ (le décalage par rapport à la droite de retrait théorique représente un air permanent, dont le rapport au solide ne varie pas); ce retrait normal a été vérifié sur des échantillons de volumes variables, de 1cm3 à 1dm3. Il n'y a donc pas de fissuration intramassif hiérarchisée, tout départ d'eau de l'intérieur d'un massif se traduit par l'ouverture d'une grande fissure, à l'occasion d'un déplacement de solide.

Le système de porosité est bien bimodal dans l'horizon à structure prismatique; ceci est à l'origine du contraste d'humidité observé.

. Les fissures sont préférentiellement localisées sous les dépressions, leur position est fidèle à l'échelle interannuelle

Pour vérifier ce fait, on aurait pu penser que l'observation directe en surface aurait suffi. Cependant, l'ouverture de fosses nous à permis de constater la présence de fissures ouvertes en profondeur, et qui s'estompent dans leur partie supérieure en atteignant l'horizon mésostructuré. Nous avons donc eu recours à l'utilisation de la mesure de la résistivité électrique par la méthode des quatre électrodes, selon le principe suivant: la fissure représente une discontinuité fortement résistive dans un matériau terreux continu conducteur; ceci se traduit par une élévation de la résistivité mesurée lorsque le dispositif est à cheval sur une fissure, plus ou moins nette lorsque la fissure est ouverte ou refermée en surface (signature de saut de fente).

La figure 4 montre l'évolution de la résistivité sur un transect de 11m à différentes dates, mesurée avec un dispositif de Wenner d'écartement a=20cm, déplacé sur sa direction d'alignement de 10 en 10 cm (cf. première communication de CABIDOCHE). Sans entrer dans le détail, mentionnons que ce dispositif permet d'obtenir la position des fissures sur le plan horizontal, mais aussi une grossière typologie de leurs formes: ouvertes superficielles ou profondes, profondes refermées en surface.

La diminution de l'amplitude des signatures en saison humide témoigne de la refermeture importante des fentes de retrait; l'abaissement des valeurs moyennes est la conséquence de la reprise de continuité de l'horizon de surface mésostructuré.

Sous les transects de résistivité ont été exprimées les positions des fentes estimées, après analyse des signatures. Il apparait que 90% des fentes réapparaissent au même endroit un an et demi après, les faibles écarts visibles étant inférieurs à l'incertitude de positionnement.

La figure 5 représente les histogrammes comparés des valeurs de convexité du microrelief et des convexités aux endroits où des fentes ont été détectées électriquement (la "convexité" est égale au rapport entre la distance corde-arc et la longueur de la corde, sur une demi-maille de microrelief, soit 50 où 60cm; cette grandeur permet de parametrer la notion de monticule/dépression). Le microrelief présente une distribution normale des convexités; en revanche, les fentes apparaissent associées préférentiellement aux valeurs de convexités négatives ou nulles, c'est à dire aux dépressions et points d'inflexion.

13. Fonctionnement hydrique qualitatif synthétique

Ces vertisols, en conditions non travaillées, montrent une triple relation de position (bulbes humides - fentes de retrait depressions), qui leur confère un fonctionnement hétrogène organisé alors même que les paramètres de constitution du solide (granulomètrie, composition minéralogique). La quasi-permanence de l'opposition massifs secs - bulbes humides témoigne en fait d'une distribution de solide hétérogène.

Quoiqu'il en soit, les zones situées sous les depressions apparaissent comme les plus actives saisonnièrement; elles montrent la plus forte amplitude de stockage - déstockage de l'eau, et représentent donc l'essentiel des réserves profondes car les potentiels y atteignent des valeurs plus élevées que dans les massifs. Le fonctionnement particulier des fentes de retrait, voies d'infiltration privilégiées suralimentées par le microrelief, apparait comme un élément indispensable de recharge des réserves en eau profondes.

Ce fonctionnement particulier est résumé qualitativement par la figure 6, représentant l'évolution des champs d'humidité et des macro- et mégapores au cours d'une séquence pluvieuse.

2. PROBLEMES METROLOGIQUES RELATIFS A LA QUANTIFICATION DU FONCTIONNEMENT HYDRIQUE DES VERTISOLS

Nous n'aborderons pas la question de la modèlisation, particulièrement difficile , en particulier parce que les mouvements de solide rendent inapplicables les lois habituelles des transferts en milieux poreux. Nous en resterons aux problèmes posés par le suivi quantitatif du fonctionnement hydrique intersaisonnier.

21. Caractérisation des entrées d'eau

Le contrôle de l'intensité de pluviomètrie est essentiel: une pluie de faible intensité entrainera un gonflement de l'horizon de surface et une fermeture des fentes dans leur partie supérieure, avant l'apparition du microruissellement concentrant l'eau vers les dépressions; au contraire, une pluie de forte intensité permettra, grâce à l'apparition précoce du microruissellement, une suralimentation en eau des fentes et donc une humectation profonde (figure 6).

Le contrôle du microruissellement est particulièrement délicat, car il se développe selon des profondeurs et des proportions variables, en fonction du degré de fermeture de l'horizon de surface.

22. Caractérisation des potentiels

Les contrastes d'humidité représentent un contraste de potentiels considérable. Or, la plupart du temps, les potentiels des massifs doivent correspondre à une gamme de pF 2.7 à 4.2, dans laquelle les tensiomètres sont inopérants. Même sous les dépressions, l'utilisation de tensiomètres est limitée à cause des décrochements précoces liés au retrait. On est dans l'impossibilité pratique de définir in-situ les champs de potentiels.

23. Caractérisation des variations de teneurs en eau du sol

La technique exploratoire des coupes hydriques ne permet pas, compte-tenu de la perturbation engendrée, de faire un suivi sur le même site.

L'humidimètrie neutronique est inapplicable à cause de la fissuration et du retrait préférentiel à la périphérie des tubes d'accès, qui perturbe gravement la mesure près du centre de la sphère d'exploration.

Nous développons actuellement une méthode basée sur le fait que toute entrée d'eau dans un massif se traduit par un gonflement de celui-ci, et réciproquement tout départ par un retrait, d'un volume égal.

. Théorie

La figure 7 montre les parts relatives des volumes de solide, d'eau, et d'air au sein d'échantillons de massifs (points expérimentaux), ou de sol si l'on pouvait effectuer des prélèvements de plusieurs m3 (courbe théorique dans l'hypothèse d'un retrait isotrope), en fonction de la teneur en eau. Nous faisons l'hypothèse que la masse volumique de l'eau reste très proche de 1kg/dm3, teneur en eau et volume massique d'eau prennent les mêmes valeurs numériques.

Le départ d'eau d'un massif entraine l'apparition d'une porosité additionnelle pour l'air, qui, d'après ce que nous avons vu du retrait normal des massifs, se partage entre des porosités additionnelles de fissures et d'affaissement. En supposant que le retrait est isotrope, la part de l'affaissement complémentaire et de la fissuration complémentaires peut être définie par la courbe théorique correspondant à l'équation (1). Ainsi, le contrôle du seul affaissement doit permettre de calculer le retrait, et donc le départ d'eau.

. Validité de l'hypothèse d'isotropie

Ce principe ne sera utilisable quantitativement que si l'hypothèse d'isotropie du gonflement-retrait est vérifiée. Nous n'avons pas pu valider la courbe de retrait théorique de sol, car cette opération nous aurait conduits à effectuer des prélèvements volumiques de plusieurs mètres-cubes de sol afin de prendre en compte les fentes de retrait.

Cette hypothèse d'isotropie a été vérifiée sur des données de volumes massiques et d'humidités de vertisols disponibles dans la littérature (BERNDT et COUGHLAN, 1977, YULE et RITCHIE, 1980), complétées par des points d'entrée d'air de sol calculés selon des modèles numériques par GIRALDEZ et SPOSITO,1983(figure 8). Les courbes calculées selon l'hypothèse d'isotropie rendent bien compte des points expérimentaux. On peut penser que nos vertisols, dont la maille de fissuration est encore plus grande, vérifient cette hypothèse. Cela reste toutefois à démontrer.

. Dispositif de mesure des déplacements verticaux de différents

points du sol

Le capteur élémentaire est un jalon de PVC, dont l'extrémité surfiletée est vissée à une cote donnée dans le sol (figure 9); il est entouré d'une gaine tubulaire dans laquelle il coulisse librement, ceci afin d'éviter des déplacements parasites qui ne soient pas liés au déplacement de son extrémité. Le déplacement vertical est contrôlé au niveau de visée et à la mire demi-millimètrique en référence à un jalon invariant fixé dans le calcaire. Plusieurs jalons sont implantés à chaque profondeur, afin de prendre en compte l'hétérogènéité spatiale, les cotes initiales sont généralement 10, 20, 40, 60, 80, 100, 120 cm.

. Premiers résultats

La figure 10 est tirée des premières mesures effectuées avec cette méthode. Elle représente le gonflement mesuré aux différentes profondeurs, ainsi que la courbe dérivée, du gonflement vertical élémentaire. Dutre la description relativement précise du profil vertical de stockage (humectation en surface et au niveau du fond des fentes de retrait), que nous donnaient déjà les coupes hydriques, on notera que le bilan hydrique est remarquablement cohérent. Pourtant les variations de teneurs en eau associées à cet épisode pluvieux sont tellement faibles qu'une autre technique de mesure directe de l'humidité ne nous aurait pas permis de tenter un bilan.

Cette méthode, que nous désignons par le terme de "smectomètrie" nous laisse espérer l'obtention d'informations quantitatives précises sur les champs de stockage/déstockage de l'eau dans les vertisols sur calcaire, et ceci sur des dispositifs permanents. Il reste cependant à effectuer une calibration directe dans différentes conditions d'humidités de départ et de variations d'humidité, qui n'aura qu'une valeur statistique dans l'impossibilité où nous sommes de démontrer le caractère isotrope du gonflement-retrait.

Dans l'immédiat, nous l'utilisons pour la définition des profondeurs de stockage-déstockage (utilisation qualitative).

3. MODIFICATION DU FONCTIONNEMENT HYDRIQUE EN VERTISOL TRAVAILLE

Exemple d'un vertisol labouré à la charrue à disques d'une part, à la charrue à socs d'autre part, sous une culture de tomates irriguée à plusieurs niveaux.

31. Position du problème par le suivi d'états hydriques des vertisols irrigués dans les exploitations maraîchères.

Des coupes hydriques effectuées dans des parcelles de tomate en production, dans le périmètre irrigué de Grande-Terre de Guadeloupe, nous ont montré des champs d'humidité très différents de ceux observés sous savane en période humide (figure 11).

Si, sous les irrigations rationnées, une certaine hétérogènéité subsiste en profondeur, on observe une très nette régularisation dans la couche travaillée. En irrigation excédentaire, l'hétérogènéité d'humidité en profondeur disparait, tandis que se manifestent des flots surhumectés qui jalonnent régulièrement le fond de la couche travaillée. Cet excès d'eau nous a fait pressentir un certain blocage de l'infiltration au fond de cette couche. Des profils culturaux ont montré effectivement l'existence de lissages, au fond du labour, avec un arret du développement racinaire juste au-dessus, accompagné de nécroses. La préparation du sol consiste toujours en deux passages de charrue à disques, laissant s'opérer une auto-désagrégation des mottes en petits agrégats dans l'intervalle.

32. Confirmation par un essai labours x irrigations

Le même itinéraire technique a été répété dans un essai portant une culture de tomate à différents niveaux d'irrigation, et comparé au passage d'une charrue à socs.

Les profils après labours ont montré une oblitération des fentes de retrait par lissages sous la charrue à disques, tandis qu'elles sont encore visibles au fond du labour à la charrue à socs; les deux labours ont été effectués dans des conditions d'humidité voisines (moyennes 0,40 à 0,45 g/g dans les 30 premiers centimètres; ces valeurs sont les seules auxquelles un labour est praticable),

Dans les deux cas, des jalons de smectomètrie ont été implantés dans le sol en profondeur, sous la couche travaillée. Le contrôle de l'état poral, et de son degré de remplissage par l'eau, dans la partie inférieure de la couche travaillée, ont été effectués grâce à des prélèvements volumiques au densitomètre à membrane.

La figure 12 présente l'évolution des gonflements des différentes couches, suivis par les jalons de smectomètrie.

Dans les deux cas d'irrigations rationnées, le gonflement des couches 60-80 et 80-120cm montre que l'infiltration profonde n'a pas été entravée; en même temps, l'absence de gonflement de la couche 40-60 montre que l'eau n'a pas été arrêtée par le fond de labour (dans le cas contraire, cette couche, réhumectée par diffusion, aurait gonflé).

Les deux types de labours montrent en revanche un comportement très différent dans le cas d'irrigations excédentaires:

- sous le labour à disques, le gonflement de la couche 40-60 est immédiat, alors que celui des couches 60-80 et 80-120 intervient respectivement 3 et 5 semaines plus tard. L'infiltration profonde fissurale n'a pas pu fonctionner, ce type de réhumectation procède seulement de la lente diffusion intramassif;

 sous le labour à socs, en revanche, la couche 40-60 gonfle beaucoup plus lentement, la couche 60-80 ne bouge pas, la couche 80-120 gonfle aussi. Ce type de réhumectation montre que les fissures ont continué à jouer un rôle dans l'évacuation de l'eau excédentaire en profondeur.

On a donc bien un blocage de l'infiltration au niveau du fond lissé de la couche travaillée par la charrue à disques.

Ce phénomène de blocage de l'eau excédentaire est d'autant plus grave, que les agrégats initialement très secs du fond de la couche travaillée ont une forte capacité de gonflement, et sont donc aisément susceptibles de reconstituer un niveau continu, saturé en eau; cette évolution pressentie du fond de la couche travaillée a été contrôlée grâce aux prélèvements volumiques, qui ont permis de suivre l'équilibre air/eau (figure 13):

- malgré une irrigation excédentaire, le traitement "charrue à socs montre un équilibre air/eau convenable à la base de la couche travaillée;

- sous la charrue à disques apparait au contraire un excès d'eau très net.

La traduction de ce phénomène est clairement visible sur la plante (tomate), que ce soit sur la modification du taux de nouaison ou sur le nombre de fruits produits par plante (figure 14): l'effet depressif associé à une irrigation excédentaire apparait beaucoup plus marqué sous la charrue à disques que sous la charrue à socs. Ce dernier outil apparait bien comme le plus sûr, car son passage permet aux fentes de retrait de conserver leur rôle dans l'infiltration profonde; ce rôle sera toujours nécessaire, car même si l'on parvient à maîtriser le rationnement de l'irrigation, on est toujours à la merci d'une période pluvieuse d'une semaine, dont la position est imprévisible en climat tropical insulaire.

CONCLUSION

A l'issue de cette rapide présentation de quelques résultats concernant le fonctionnement hydrique des vertisols, un certain nombre d'axes de recherche méritent d'être mentionnés.

Le fonctionnement hydrique hétérogène organisé décrit initialement semble très lié au microrelief; nous devons en premier lieu vérifier dans quelle mesure ce fonctionnement permet une gestion optimale de l'eau pour les plantes, et dans quelle mesure un modelage artificiel de la surface permet de l'obtenir (par exemple billonage accusé en culture de canne à sucre).

En deuxième lieu, si les itinéraires techniques pratiqués pour les cultures à cycle court visent en général l'obtention d'une structure fine dans la couche travaillée, il convient de définir des outils permettant d'éviter l'oblitération des fentes par lissage. La solution la plus élégante serait d'obtenir, à l'issue d'une culture intercalaire à définir, une structure fine en surface, et un assèchement des couches profondes provoquant la réouverture des fentes. L'étude de la stabilité de cette structure fine apparait également importante, dans la mesure où des études sur le comportement des smectites nous laissent pressentir le rôle important des alternances humectations - dessications plus ou moins prononcées (TESSIER et al,1980).

Cette conclusion peut paraître très agronomique; elle l'est nécessairement pour au moins une raison: l'objet d'étude n'est pas le fonctionnement hydrique des vertisols seuls, mais bien le fonctionnement des différents systèmes vertisols-plantes, ne serait ce que par le rôle moteur important des déssechements par les racines dans la dynamique porale.

BIBLIOGRAPHIE

BERNDT, R.D., et COUGHLAN, K.J. 1977. The nature of changes in bulk density with water content in a cracking clay. Aust. J. Soil Res. 15:27-37.

CABIDOCHE, Y.-M., et JAILLARD, B. à paraître. Etude de la dynamique de l'eau dans un sol argileux gonflant: dynamique porale.

CRECY (de), J. 1969. Les vertisols sur calcaire aux Antilles. Problèmes d'utilisation agricole. VIIème congrès annuel Caribbean Food Crop Society, VII,251-265.

GIRALDEZ, J.V., SPOSITO, G., et DELGADO, C. 1983. A general soil volume change equation: I. The two-parameter model. Soil Sci. Soc. Am. J. 47:419-422.

JAILLARD, B., et CABIDOCHE, Y.-M. 1984. Etude de la dynamique de l'eau dans un sol argileux gonflant: dynamique hydrique. Science du Sol 3:239-251.

TESSIER, D., PEDRO, G., et CAMARA, L. 1980. Sur le comportement hydrique et l'évolution de l'organisation des argiles (kaolinites et smectites) au cours de la dessication et de la réhumectation. C. R. Acad. Sc. Paris 290,série D:1169-1172.

YULE, D.F., et RITCHIE, J.T. 1980. Soil shrinkage relationships of Texas vertisols. Soil Sci. Soc. Am. J. 44:1285-1295.

FIGURES

FIGURAS



- Fig. 1 : Un exemple de très fort contraste d'humidité après une pluie, soulignant l'infiltration par les fentes de retrait dans un vertisol de Grande-Terre
- Fig. 1 : Un ejemplo de fuerte contraste de humedad después de la lluvia, subrayando la infiltración por las grietas de contracción en un vertisuelo de Grande-Terre



Fig. 2 : Tri des profils hydriques de la Fig. 1, en fonction des portions de microrelief qui les surmontent

Fig. 2 : Selección de los perfiles hidricos de la Fig. l, con arreglo a las porciones de microrelieve que les dominan









Fig. 4 : Transectos eléctricos en un sistema de grietas, en varios periodos, posición estable de las grietas a escala anual



- Fig. 5 : Position des fentes par rapport au microrelief Gilgaï, défini par la convexité sur 60 cm
- Fig. 5 : Posición de las grietas con relación al microrelieve Gilgaï, definido por la convexidad sobre 60 cm



- Séquence pluviométrique type : 5 jours de pluies, un évènement le 30 mm/jour tombant en moins de 2 heures.
- (1) Premier jour, après la première pluie
- (2) Deuxième jour, après la deuxième pluie
- (3) i roisième jour, après la troisième pluie
- (4) Sixième, un jour après la dernière pluie
- Macroporosité
 - Fissurale, remplie d'air Fissurale remplie d'eau Structurale, remplie d'air
 - - Structurale, remplie d'eau
 - Nacroporosité consécutive au stade précédent ; remplissage par l'eau de l'événement pluviométrique du stade
- Nicroporosité exprimée par l'humidité pondérale

··· < 0,4 g/g	0.5 −0 <i>.</i> € 9/9
0,4 - 0,5 9/9	> 0,6 g/g

Etat hydrique résultant de l'évènement pluviométrique du stade précédent

- Eléments du bilan hydrologique
 - (événement pluviométrique du stade)
 - P = Pluviométrie I = Infiltration
 - R = Ruissellement ETR = Evapotranspiration reelle
- » Houvements de solides
 - Composante essentielle des mouvements de solides ayant résulté du stade précédent (conséquences sur les cotes de surface non représentées).
- A : Horizon microfissural (0-5 & 0-10 cm)
- 8 ; Horizon mésofissural (5 40 a 10 40 cm)
- C : Horizon macrofiedural (40 80 cm)
- Fig. 6 : Représentation schématique de la dynamique hydrique/porale d'un vertisol de Grande-Terre de Guadeloupe
- Fig. 6 : Representación esquemática de la dinámica hidrica/poral de un vertisuelo en Grande-Terre de Guadalupe



Fig. 7 : Courbes de retrait pour différents volumes de vertisol (40-80 cm) et décomposition des différents volumes spécifiques

Fig. 7 : Curvas de contracción para diferents volúmenes de vertísuelo (40-80 cm) y descomposición de los diferentes volúmenes especificos



Courbes de retrait théoriques de sol, selon le modèle isotrope, d'équation $\frac{v}{v_{sat}} \approx (1 - \frac{W_{sat}^{-W}}{v_{sat}})^{1/3}$

- Fig. 8 : Conformité entre le modèle de retrait isotrope, et les données de volumes spécifiques et d'humidités de vertisols disponibles
- Fig. 8 : Conformidad entre el modelo de contracción isótropa y los datos relativos a los volúmenes específicos y a las humedades de vertisuelos disponibles



Niveau de visee, incertitude d'norizontalite 1 cm / 1
Mire millimètrique.

 $z_j - z_0 = (H_{r0} - H_0) - (H_{rj} - H_j)$

Fig. 9 : Schéma du dispositif élémentaire de smectométrie Fig. 9 : Esquema del dispositivo elemental de esmectometria



- Fig. 10 : Tentative de bilan hydrique en humectation dans un vertisol, à partir de la transformation des mesures de smectrométrie en variations de stock
- Fig. 10 : Tentativa de balance hidrico en humectación en un vertisuelo a partir de la transformación de las medidas de esmectometria en variciones de reservas

474



Fig. 11 : Homogénéisation des teneurs en eau, et apparition d'îlots surhumectés au fond de la couche travaillée dans les vertisols irrigués (charrue à disques ; 1.6 ETP)

Fig. 11 : Homogeneización de los contenidos de agua y aparición de porciones sobrehumectados en el fondo del estrato arado en los vertisuelos irrigados (arado de discos ; 1.6 ETP)



- Fig. 12 : Expression smectométrique des différents niveaux de stockagedestockage de l'eau dans un vertisol travaillé et irrigué : fonctionnement des couches profondes non travaillées
- Fig. 12 : Expresión esmectométrica de los diferentes niveles de almacenamiento/desalmacenamiento del agua en un vertisuelo arado e irrigado : funcionamiento de los estratos profundos no arados



- Fig. 13 : Evolution de l'équilibre air/eau à la base de la couche travaillée d'un vertisol irrigué (culture de tomates), par comparaison des volumes spécifiques d'air (v_a) et d'eau (v_w)
- Fig. 13 : Evolución del equilibrio aire/agua en la base del estrato arado de un vertisuelo irrigado (cultivo de tomates) en comparación con los indices de los vacios para el aire (v_a) y el agua (v_a)



- Fig. 14 : Réaction de la tomate à différents régimes d'irrigation en vertisol travaillée avec deux types d'outils
- Fig. 14 : Reacción del tomate a diferentes regimenes de irrigacion en un vertisuelo arado con dos tipos de herramientas

Nombre de fruits par plantes