

**L'ORGANISATION DES SOLS ET LA DYNAMIQUE
DES NAPPES PERCHEES SEMI-PERMANENTES :
UN LIEN FONCTIONNEL ET UN ATOUT AGRONOMIQUE
POUR LES CULTURES DE CONTRE-SAISON**

S. WOROU

Institut National des Sols - ORSTOM - BP 375 - Lomé - TOGO

RESUME

Une étude fine de l'organisation des sols sur la station de recherche agronomique d'Ativémé a permis de constater qu'il existe des nappes perchées semi-permanentes associées à certaines couvertures pédologiques. L'étude de la dynamique de ces nappes autorise la culture du maïs de contre-saison.

L'étude toposéquentielle des sols de la station a permis de distinguer trois grands domaines : le domaine amont, le domaine médian et le domaine aval.

Le domaine amont est constitué d'un ensemble très hétérogène où les sols varient latéralement en quelques mètres. Un des éléments qui varie le plus fortement est la texture du sol : des sols sableux sont juxtaposés à des sols argileux et il est courant que la texture des horizons de surface passe de 10 à 30 % d'argile sur moins de 10 m de distance. Le domaine médian se caractérise essentiellement par un horizon sableux épais homogène. Cette épaisseur passe par un maximum de 150 cm en rupture de pente. C'est dans cet horizon sableux reposant sur des matériaux compacts que se constitue une accumulation d'eau utilisable pour les cultures en contre-saison. Le domaine aval se distingue par l'amincissement des horizons sableux et une remontée vers la surface des horizons d'altération qui contiennent du sodium, élément toxique pour certains végétaux et qui provoque une prise en masse des sols.

L'étude de la dynamique de la nappe a été abordée par des mesures piézométriques et par l'établissement d'un certain nombre de documents (carte topographique, carte de profondeur d'apparition de la nappe, etc...).

L'expérimentation de la culture du maïs de contre-saison a été entreprise au mois de novembre en pleine grande saison sèche. En dehors des 25 mm de pluie enregistrée trois jours avant le semis, qui a sans doute favorisé la levée, il n'est plus tombé une goutte d'eau durant tout le cycle végétatif du maïs. Les observations phénologiques effectuées sur le maïs ont permis de subdiviser la surface cultivée en 3 parcelles correspondant à des niveaux de rendement différents. Dans la première parcelle les plants enrôlaient leurs feuilles au milieu de la journée pendant la floraison. Dans la 2ème parcelle, les plants ont moins souffert du stress hydrique et dans la 3ème parcelle l'alimentation en eau a été satisfaisante.

L'influence du stress hydrique a été apprécié en superposant la carte de profondeur de nappe à la carte de la surface cultivée avec ses trois parcelles de maïs. Nous avons alors constaté que dans la première parcelle où le maïs a été affecté par le stress hydrique, la nappe se situait à 70 cm de profondeur deux semaines après le semis. Le rendement obtenu n'est que de 2,4 q/ha. Dans la deuxième parcelle la nappe était à 60 cm et le rendement est passé à 8,7 q/ha. La troisième parcelle, où le maïs n'a pas du tout souffert, correspond au rendement maximum : 17,8 q/ha. Toutes les parcelles ayant reçu la même fertilisation et les mêmes traitements, nous pouvons conclure qu'il existe bien une relation entre la profondeur de la nappe et le rendement du maïs.

INTRODUCTION

Une étude de la dynamique des nappes perchées semi-permanentes, suivie d'une expérimentation de culture de maïs de contre-saison a été réalisée au Togo méridional, sur la station de recherche agronomique d'Ativémé. Cette station est située à une cinquantaine de kilomètres au nord-ouest de Lomé, à l'est de la plaine alluviale du Zio, le plus grand fleuve de la région. Elle couvre une superficie de 40 hectares et son altitude moyenne est de 100 m (fig. 1).

Le Togo méridional jouit d'un climat équatorial de type soudano-guinéen caractérisé par quatre saisons (2 saisons pluvieuses et 2 saisons sèches de durées inégales). La pluviosité moyenne annuelle oscille entre 1 000 et 1 100 mm. La grande saison des pluies, qui s'étale de mi-mars à mi-juillet, ne pose pas trop de problèmes pour l'agriculture, car la pluviosité est généralement suffisante (450 à 500 mm). Par contre la petite saison pluvieuse, qui apparaît vers le début de septembre et se termine vers la

L'organisation des sols et la dynamique des nappes

mi-novembre, est très aléatoire avec des quantités d'eau (250 à 300 mm) inférieures aux besoins du maïs (estimés à 350 mm). Cette culture, très largement pratiquée dans le sud Togo, ne fournit des rendements acceptables qu'une année sur cinq pendant la petite saison pluvieuse.

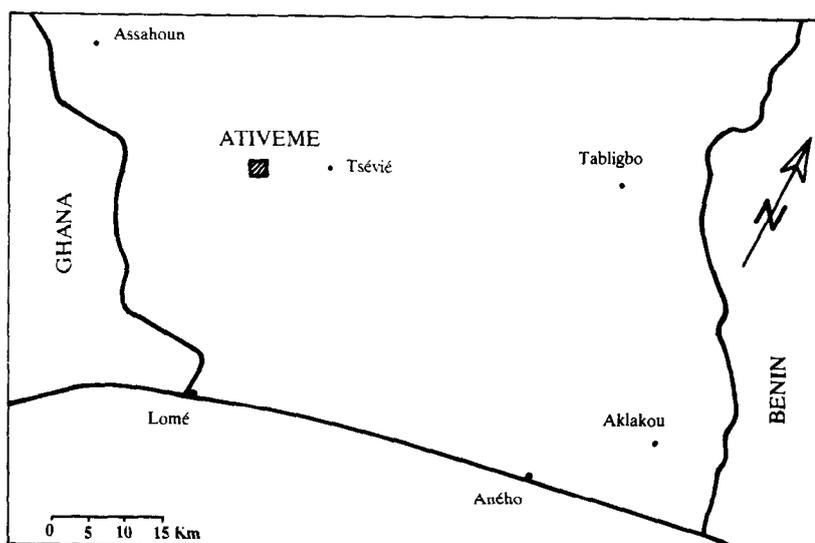


Figure 1 : Situation de la station d'ATIVEME

Sur le plan géologique, la station est située à la limite méridionale d'un socle granito-gneissique couvrant environ la moitié de la superficie du pays (LEVEQUE, 1975 et 1979). Ce socle appartient dans sa presque totalité à des formations très anciennes (séries précambriennes) constituées de gneiss et de micaschistes de compositions diverses. Il est constitué dans la zone d'étude d'un gneiss riche en ferromagnésiens donnant fréquemment naissance à des altérites à caractères vertiques plus ou moins marqués (POSS, 1984). L'alternance des phases sèches et des phases humides est favorable à une pédogenèse de type ferrugineux caractérisée par une individualisation et une redistribution du fer et de l'argile à l'intérieur des horizons et des profils. L'apparition dans le paysage des oxydes de fer sous forme de nodules ou de carapace est courante.

I - ORGANISATION GENERALE DES SOLS

Les sols dérivent d'un gneiss hétérogène formé de bancs redressés d'orientation approximative S.W. - N.E. de largeur métrique à pluridécamétrique (SYLVAIN *et al.*, 1986). Des différences dans la composition minéralogique des bancs déterminent une grande variabilité latérale des sols. L'étude toposéquentielle très détaillée des sols de la station a permis de distinguer trois grands domaines (fig. 2) :

- le domaine amont,
- le domaine médian,
- le domaine aval.

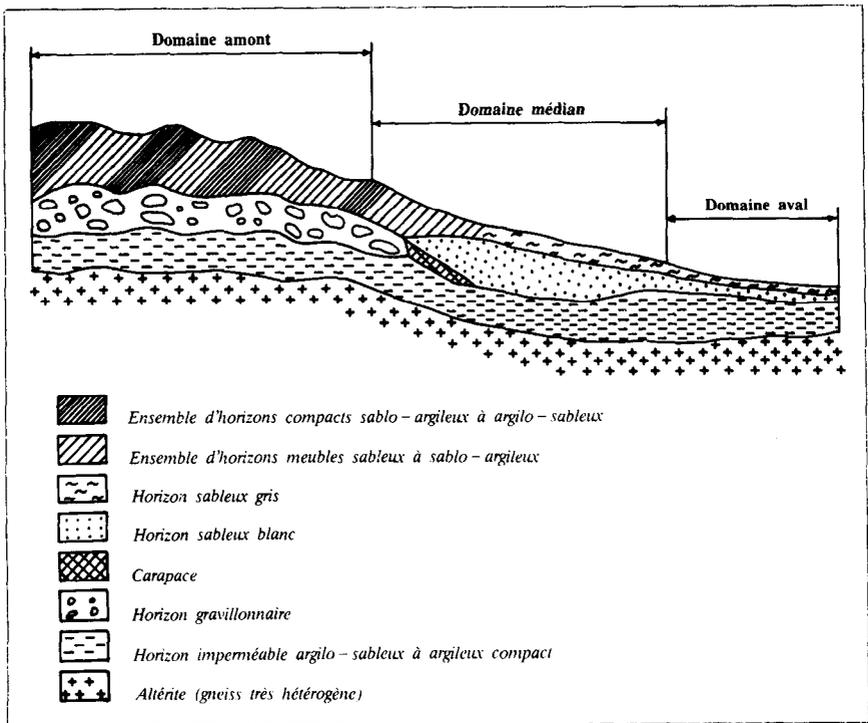


Figure 2 : Coupe schématique de la toposéquence étudiée

1. Le domaine amont

Il est constitué d'un ensemble très hétérogène où les sols varient latéralement en quelques mètres. Un des facteurs qui varie le plus fortement est la texture du sol : des sols sableux sont juxtaposés à des sols argileux et il est courant que la texture des horizons de surface passe de 10 à 30 % d'argile sur moins de 10 m de distance. Cette hétérogénéité du domaine amont se retrouve également dans la couleur du matériau et les taches d'hydromorphie. On retrouve dans les profils des éléments grossiers constitués de concrétions ferrugineuses, de graviers et de cailloux plus ou moins roulés. Ces cailloux sont la seule trace de l'ancienne phase alluviale qui est à l'origine du modelé : en effet la texture des horizons supérieurs semble en étroite liaison avec la nature de l'altérite et non pas liée à des dépôts.

2. Le domaine médian

On retrouve à l'amont du domaine médian la même hétérogénéité que dans le domaine amont. Mais cette hétérogénéité s'estompe vers l'aval au profit d'un horizon sableux homogène dont l'épaisseur passe par un maximum de 150 cm en rupture de pente. C'est là que se constitue une accumulation d'eau utilisable pour des cultures de contre-saison. L'horizon sableux repose sur un support imperméable (carapace ferrugineuse colmatée par l'argile illuviale à l'amont, puis un horizon argilo-sableux ou argileux compact plus à l'aval).

3. Le domaine aval

Il se caractérise par l'amincissement des horizons sableux et une remontée vers la surface des horizons d'altération. Les sols de ce domaine présentent une forte contrainte pour l'agriculture. Ils sont submergés pendant une partie de la saison des pluies et se dessèchent rapidement dès le début de la saison sèche. De plus, les horizons d'altération contiennent du sodium, élément toxique pour certains végétaux et qui provoque une prise en masse des sols.

L'horizon sableux des domaines médian et aval du versant correspond à un horizon éluvié souvent décrit en Afrique soudanienne depuis les travaux de BOULET (1974), et constitue

souvent la composante la plus active des systèmes pédologiques. Les résultats obtenus sur le site d'Ativémé concernant la dynamique et l'utilisation de cet horizon sont donc susceptibles d'une large extrapolation.

II - DYNAMIQUE DES NAPPES PERCHEES SEMI-PERMANENTES

L'hétérogénéité du domaine amont se retrouve dans le régime hydrique des sols : une nappe se crée dès le début de la saison pluvieuse dans les zones de sols sableux, plus tardivement là où les horizons de surface sont sablo-argileux ou argilo-sableux. Dans ce dernier cas, on constate sous cultures un ruissellement assez important au moment des averses. Le ruissellement s'accroît sur le versant où il se manifeste d'abord par des traces d'érosion en nappe et en rigoles, puis par des dépôts sableux en aval de la rupture de pente. L'horizon sableux du domaine médian reçoit ainsi un important apport d'eau et de particules en suspension venant de l'amont par ruissellement. Dans cet horizon sableux, qui repose sur un support imperméable, une nappe se forme dès les premières pluies et se maintient longtemps pendant la saison sèche, parfois jusqu'à la saison des pluies suivante. Il est également possible qu'une partie des eaux infiltrées à l'amont rejoigne cette nappe du domaine médian du versant.

Le domaine aval, avec sa pente faible et son horizon sableux peu épais, présente un régime hydrique saisonnier très contrasté : apparition de la nappe au milieu de la saison pluvieuse, submersion, puis dessèchement poussé en saison sèche.

Le domaine aval apparaît donc difficilement utilisable sans contrôle du plan d'eau (position basse, réservoir limité, contraste saisonnier). Le domaine amont est hétérogène et la nappe phréatique y est fugace. Par contre le domaine médian ménage un réservoir d'eau important et assez proche de la surface, qui se maintient durablement après la grande saison des pluies. Ce domaine apparaît donc intéressant pour les cultures de contre-saison. C'est pourquoi une étude de la dynamique des nappes et un essai agronomique de maïs de contre-saison ont été réalisés.

III - ETUDE DETAILLEE DES NAPPES PERCHEES SEMI-PERMANENTES DU MILIEU DE VERSANT

Pour comprendre la dynamique des nappes perchées semi-permanentes du domaine médian, nous avons réalisé un certain nombre de cartes à très grande échelle (1/1 000e) dans une partie des domaines médian et aval du versant (fig. 3) :

- une carte des nappes,
- une carte topographique,
- une carte de profondeur des nappes.

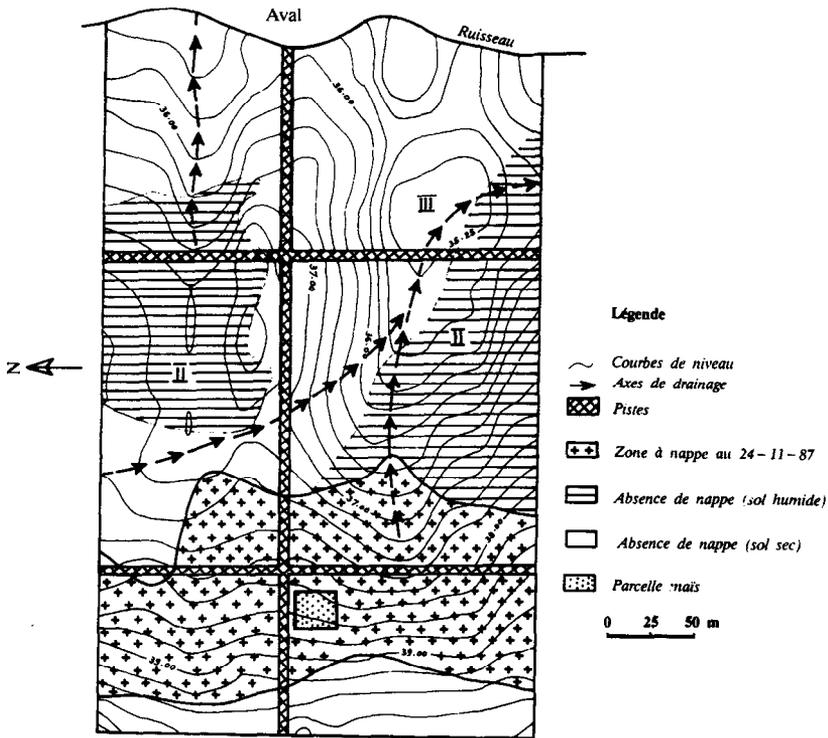


Figure 3 : Domaine médian et aval du versant

Carte topographique et localisation des nappes au 24-11-87

Figure 3 : *Domaine médian et aval du versant*

Aspects actuels de la connaissance des sols à différentes échelles

La carte des nappes avait pour objectif la délimitation des zones couvertes par les nappes au coeur de la grande saison sèche (novembre 1987). Deux zones ont été reconnues :

- une zone où les nappes sont encore présentes (sables épais du milieu de versant) ;
- une zone où les nappes sont absentes. Dans cette deuxième zone, on peut distinguer deux sous-zones :
 - . une sous-zone humide qui traduit un retrait récent des nappes et qui correspond aux sables moyennement épais (60-80 cm) et aux axes de drainage ;
 - . une sous-zone complètement asséchée. C'est le domaine des sables peu épais (< 50 cm).

La carte topographique a été réalisée au clisimètre avec une équidistance des courbes de 25 cm. Elle a permis d'étudier les écoulements superficiels et de mettre en évidence les différents axes de drainage des domaines médian et aval du versant. Nous observons sur le document trois axes de drainage. Les deux premiers, qui prennent naissance à des endroits différents, se rejoignent à l'aval au sud-est de la station pour constituer une zone marécageuse. Le troisième axe apparaît au nord-est de la station dans le domaine aval. Il draine directement les eaux vers le ruisseau qui limite la zone à l'est.

La carte de la profondeur des nappes a été obtenue en mesurant la profondeur de l'eau par rapport à la surface du sol et en joignant les points d'égale profondeur. Le document obtenu a pour but d'établir la relation entre la croissance du maïs et la profondeur d'apparition de la nappe.

Il apparaît à l'issue de cette étude détaillée de la dynamique des nappes que ces dernières sont en liaison étroite avec la couverture pédologique et la position topographique.

Dans le domaine amont du versant, les nappes apparaissent plus rapidement dans les sols à horizons sableux en surface parce qu'une grande partie des eaux qui tombent s'infilte dans le sol et demeure bloquée par les horizons imperméables à moyenne profondeur. Dans les horizons plus argileux, la faible perméabilité du matériau entraîne un ruissellement très important. La nappe s'installe plus tardivement, c'est-à-dire au milieu de la saison des pluies.

L'organisation des sols et la dynamique des nappes

Sur le versant, la nappe se crée d'une part par apport d'eau par ruissellement en provenance de l'amont, d'autre part par les eaux d'infiltration. Son maintien est lié à la présence, sous les horizons sableux de surface servant de réservoir, d'un plancher argileux ou d'une carapace à faible pente.

Si ces horizons sableux sont épais, la nappe se maintient presque toute la saison sèche. En aval du versant les horizons sableux sont peu épais (30-50 cm), ce qui se traduit par un réservoir faible. Les nappes disparaissent très rapidement après la saison des pluies, alors que le domaine médian, avec un horizon sableux épais (100-150 cm), offre un réservoir important. C'est cette partie qui permet des cultures de contre-saison. Cette zone couvre 4 ha et représente un dixième de la superficie de la station.

IV - EXPERIMENTATION MAIS DE CONTRE-SAISON

L'essai de culture de maïs de contre-saison a été installé dans le domaine médian du versant (zone à nappes perchées semi-permanentes). Le semis a été effectué à plat le 10 novembre 1987 en pleine saison sèche avec la variété IKENNE 81 - 49 - SR (cycle de 100 jours), à une densité de 42 000 pieds à l'hectare, sur une superficie de 500 m² et avec une fumure de 110 N-40P-40K à l'hectare.

Deux jours avant le semis, nous avons enregistré une pluie de 25 mm qui a certainement favorisé la bonne levée du maïs. Durant le reste du cycle végétatif il n'est pas tombé une goutte d'eau. Le maïs a donc été alimenté par environ 300 mm d'eau provenant des nappes.

Les observations phénologiques effectuées en cours de végétation ont permis de constater qu'au 10ème jour après le semis une différence dans la croissance des plants apparaît. Dans les positions topographiques légèrement plus hautes (différence de niveau de quelques centimètres seulement), les plants sont plus vigoureux et plus verts. Dans les endroits légèrement plus bas (taches d'hydromorphie visibles dès la surface), les plants sont moins vigoureux, moins verts et moins hauts. La différence s'est estompée après un complément azoté un mois après le semis.

Environ 40 jours après le semis, certains plants présentent un enroulement de leurs feuilles tous les jours au milieu de la matinée. Il s'agit d'une réaction de la plante au stress hydrique. Ce phénomène est d'autant plus important pour la physiologie de la plante qu'il survient au début de la floraison. La floraison et l'épiaison se sont déroulées normalement dans les endroits où le régime hydrique n'a pas été déficient. En revanche, dans les zones affectées par le stress hydrique, les plants ont fleuri mais l'épiaison n'a pas suivi.

Les différentes observations phénologiques ont permis de subdiviser la surface cultivée en trois parcelles correspondant à des niveaux de rendement différents (fig. 4) :

- parcelle I : maïs très affecté par le stress hydrique : rendement 2,4 q/ha ;
- parcelle II : maïs moyennement affecté par le stress hydrique : rendement 8,7 q/ha ;
- parcelle III : maïs bien alimenté en eau : rendement 17,4 q/ha.

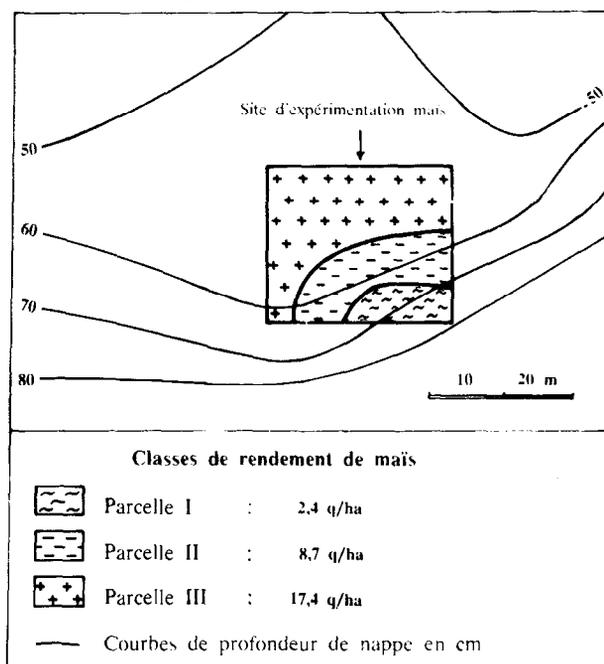


Figure 4 : Rendements et profondeur de la nappe en cm

L'organisation des sols et la dynamique des nappes

Le travail de cartographie détaillée ayant montré la grande homogénéité latérale des horizons sableux, et toutes les parcelles ayant reçu la même fertilisation et les mêmes traitements agronomiques, les différences de rendement sont principalement liés aux stress hydriques survenus en cours de végétation.

L'influence de la profondeur de la nappe sur les stress hydriques, et donc sur le rendement, a alors été étudiée en superposant le plan des parcelles de maïs et ses différents rendements à la carte de la profondeur de la nappe.

Nous constatons que la parcelle où le rendement a été le plus faible (parcelle I) correspond à une zone où la nappe se situait à 70 cm de profondeur deux semaines après le semis. A ce stade, les racines du maïs ne dépassent guère 20 cm. Les remontées capillaires étant faibles dans ces sols à sables grossiers, il devenait de plus en plus difficile à la plante d'extraire l'eau du sol à mesure qu'elle se développait. Le sol se desséchait en surface et les racines n'étaient pas parvenues à la frange capillaire. Le maïs a réagi à cette situation en enroulant ses feuilles dans la journée au début du stress. Lorsque le phénomène s'est aggravé de nombreux plants ont fini par périr. Le rendement obtenu n'est que de 2,4 q/ha.

Dans la zone intermédiaire (parcelle II), la nappe se trouvait à 60 cm de profondeur deux semaines après le semis. Le maïs a été affecté par le stress hydrique, mais dans une moindre mesure. Le rendement obtenu est de 8,7 q/ha.

Une différence de 10 cm d'eau deux semaines après le semis a donc suffi pour multiplier le rendement par trois (2,4 à 8,7 q/ha).

La dernière parcelle (parcelle III) n'a pas du tout souffert du manque d'eau. La nappe était à 50-60 cm de la surface deux semaines après le semis. Cette parcelle correspond au rendement maximum (17,4 q/ha).

CONCLUSION

L'organisation de la couverture pédologique de la station de recherche agronomique d'Ativémé comprend des horizons où s'établit une nappe

phréatique perchée semi-permanente qui autorise des cultures de contre-saison, mais la pratique de ces cultures reste un exercice assez délicat. En effet, sa réalisation est subordonnée à la présence d'eau dans le sol en dehors des saisons normales de culture ; or cette eau est elle-même fonction de la pluviosité en grande et petite saisons pluvieuses. De plus, de très légères variations au niveau de la profondeur de la nappe (dix centimètres à peine) peuvent entraîner des variations de rendement de plus de 200 %. L'étude fine de la dynamique pluriannuelle de la nappe est donc indispensable pour le choix et l'installation des parcelles de cultures.

Après deux années d'expérimentation en station, les travaux s'orientent actuellement vers des essais en milieu paysan. Une expérimentation similaire à celle d'Ativémé sera entreprise dans le nord du pays à régime pluviométrique monomodal. Si les résultats sont concluants, il sera alors envisagé de passer à la dernière étape, qui est la cartographie des zones à nappes perchées semi-permanentes qui présentent un intérêt économique évident.

BIBLIOGRAPHIE

- BOULET (R.), 1974 - Toposéquences des sols tropicaux en Haute-Volta. Equilibres, dynamiques et bioclimatiques. Mém. ORSTOM (Paris) n° 85, 272 p.
- LEVEQUE (A), 1975 - Pédogenèse sur le socle granitogneissique du Togo. Différenciation des sols et remaniements superficiels. ORSTOM Paris, 301 p.
- LEVEQUE (A), 1979 - Carte pédologique du Togo au 1/200 000. Socle granitogneissique limité à l'ouest et au nord par les Monts Togo. Note Expl. n° 82, ORSTOM (Paris), 77 p.
- POSS (R.), 1984 - Quelques observations sur les sols de la station agronomique d'Ativémé. Rapp. ORSTOM (Lomé), 11 p. multigr.

L'organisation des sols et la dynamique des nappes

SYLVAIN (J.P.), AREGBA (A.), ASSIH - EDEOU (P.), CASTAING (C.), CHEVREMONT (Ph.), COLLART (T.), MONCIADINI (C.), MARTEAU (P.), OUASANE I.) & TCHOTA (K.), 1986 - Carte géologique du Togo au 1/200 000. Feuille de Lomé 1ère édition. BRGM - DGMG.