

REGENERATION DES SOLS DEGRADEES HARDE AU NORD-CAMEROUN

Caractérisation multidisciplinaire du phénomène de dégradation
et analyse critique des méthodes de revégétalisation utilisées

Régis PELTIER (*)

RESUME

Dans le bassin du lac Tchad et en particulier dans la région soudano-sahélienne du Nord-Cameroun, existent de vastes surfaces de sol ayant un couvert de végétation très faible et très discontinu. Ces sols sont désignés en langue peule par le terme de Hardé

Poussés par les services de développement qui voulaient reboiser autoritairement ces terres, dans la mouvance des grands travaux de lutte contre la désertification, les chercheurs-forestiers ont tout d'abord essayé des méthodes utilisant des gros moyens mécaniques et des essences exotiques à croissance rapide.

Devant le coût et le relatif échec de ces méthodes, ils ont repris le problème en étudiant tout d'abord les pratiques paysannes et la dynamique naturelle de la végétation.

Ils se sont ainsi rendu compte que les sociétés agro-pastorales de cette région faisaient un usage non négligeable de ces sols pour l'élevage et la cueillette. D'autre part, lorsque les conditions socio-économiques étaient remplies, elles avaient mis au point une méthode de mise en valeur très performante, basée sur un carroyage des diguettes anti-ruissellement qui permettait d'améliorer le bilan hydrique de ces sols. Les populations pouvaient ensuite y gérer une rotation entre pâturage de saison des pluies et culture de sorgho repiqué de saison sèche.

Grâce à l'appui de différents spécialistes, il a été possible de cartographier ces sols par télédétection, de décrire leurs caractères pédologiques et hydrologiques. La revégétalisation de certaines terres non cultivables en sorgho a été étudiée ; pour cela on a associé le reboisement à base d'espèces locales à usages multiples, avec une gestion de la strate herbacée spontanée, favorisée par les dispositifs d'économie de l'eau, voire par la présence de légumineuses arbustives

En définitive, les méthodes mises au point, bien que peu spectaculaires, se révèlent adaptées aux besoins et aux possibilités qu'ont les sociétés rurales de cette région pour gérer rationnellement leur environnement.

MOTS CLES : désertification, savoir des populations, télédétection, pédologie, hydrologie, reboisement, économie de l'eau, dynamique de la végétation.

*

Chef du Programme Agroforesterie/CES au CIRAD-Forêt, 45 bis, avenue de la Belle Gabrielle, 94736 Nogent-sur-Marne CEDEX (France), détaché de 1982 à 1988 auprès de l'Institut de Recherche Agronomique (IRA), Centre de Recherches Forestières (CRF), à Maroua, Cameroun.

Avant-propos

Le CIRAD-Forêt vient de publier avec l'IRA Cameroun et l'ORSTOM-MAA un recueil d'articles intitulé "Les terres Hardé" dans le bassin du Lac Tchad, caractérisation et réhabilitation". J'ai eu l'honneur d'en être l'éditeur scientifique et, à ce titre, je souhaite vous le présenter, en citer les principaux résultats et enseignements et, finalement, vous donner l'envie de le lire.

Je ne vais pas chercher à vous dire que le problème a été abordé de la meilleure façon, ni que les résultats de ces travaux vont révolutionner l'agriculture sahélienne. Ce serait non seulement malhonnête, mais surtout sans intérêt : il y a déjà tant de scientifiques géniaux qui travaillent avec une logique parfaite et qui arrêtent l'avancée du désert....

Non, disons clairement que pour des raisons historiques, le problème de la dégradation des sols a été mal abordé : on a étudié des solutions avant de bien définir les problèmes, sur de simples a priori. Les spécialistes de disciplines différentes ont travaillé tout d'abord isolément et ce n'est finalement qu'au cours des dernières années qu'un groupe de scientifiques de disciplines, d'instituts et de nationalités différentes se sont associés pour reprendre ces études ensemble. Ils ont ainsi jeté les fondations d'une recherche sur la dégradation et sur la régénération de la fertilité des terres dans cette partie du monde. Ce ne sont que des bases, l'essentiel reste à faire, aucune recette miracle ne peut être proposée aux paysans, d'ailleurs vous constaterez que ce sont plutôt les scientifiques qui sont ici les étudiants, et les sociétés agraires qui fournissent les professeurs !

Qu'est-ce que les terres Hardé

Il faut bien avouer qu'il y a une dizaine d'années, le sens des termes "Hardé, sol Hardé, terres Hardé" n'était pas bien stabilisé, chacun donnant un peu celui qui l'arrangeait. Ce sur quoi tout le monde s'accordait au Nord-Cameroun, c'est qu'un sol Hardé était dépourvu de végétation, se basant ainsi sur une simplification outrancière de la définition exacte du mot fulfuldé (¹).

Or, en zone sahélienne, pour peu que la densité de bétail soit importante, presque tous les sols se trouvent dénudés en fin de saison sèche ; les résidus de récolte ou les herbacées spontanées ayant été consommées par le bétail et les termites et les arbres ayant pour la plupart perdu leurs feuilles. C'est ainsi que des administrateurs, ou mêmes des scientifiques, m'ont souvent demandé avec angoisse quelle solution je préconisais pour régénérer les sols Hardé qu'ils avaient vus en entrant dans la ville de Maroua, alors qu'il s'agissait en fait des plus riches champs de mil de la région qui n'attendaient que les premières pluies pour être semés et couverts d'une belle robe verte.

¹ *le fulfuldé est la langue des fulbé (sing. pullo), couramment et improprement appelés "peuls".*

Et c'est ainsi que depuis des décennies les administrateurs du Nord-Cameroun et les financiers de passage ont demandé aux agronomes de végétaliser les terres Hardé, sans bien leur dire, ni lesquelles, ni comment !

Des premiers travaux aux résultats spectaculaires...

Les premiers travaux des agronomes et des forestiers de l'IRA et du CIRAD, au lieu-dit Gaklé, suivirent la même démarche, à quelques années d'intervalle et eurent le même résultat.

Il s'agissait, dans les années 80, de choisir un lieu symbolique, d'où certainement le choix de la route de l'aéroport, et de montrer que si l'on y mettait les grands moyens, le problème des sols Hardé était facile à résoudre. Ayant calculé le coût à l'hectare, il aurait suffi, ensuite, de tendre sa sébile et, par une simple règle de trois, de calculer la surface à régénérer en fonction de la générosité du donateur. On loua donc aux sociétés de travaux publics les plus puissants tracteurs à chenilles disponibles (D8 ou D10) et on sous-sola à 60 ou 80 cm ce vertisol très dégradé. Les chenilles patinaient, le chauffeur actionnait en permanence son levier pour régler la profondeur de travail, les énormes dents d'aciers vibraient, le sol tremblait à plusieurs dizaines de mètres semant la terreur parmi les lézards et les écureuils terrestres, à la plus grande joie des enfants et des plus grands. Les agronomes semèrent du riz et les forestiers plantèrent des eucalyptus. Les deux plantes poussèrent très correctement, au delà même des espérances, atteignant presque la croissance habituelle sur vertisol ⁽²⁾.

... mais de courte durée

Malheureusement, environ trois années après ces réalisations, les nouveaux semis de riz commencèrent à produire médiocrement, les eucalyptus cessèrent leur croissance et se mirent lentement à mourir. C'est alors qu'il fallut songer à enlever les panneaux qui annonçaient le nom de l'organisme ayant réalisé les travaux de réhabilitation ! Tout ceci, je dois le dire, n'est pas une attaque perfide contre des organismes concurrents, étant donné que j'étais en grande partie moi-même à l'origine des travaux entrepris par les forestiers.

Des premiers résultats qui font "boule de neige"

A partir de 1984, l'IRA-CRF, associé au CIRAD-Forêt décida qu'il avait perdu une bataille et non la guerre. Il reprit donc ses travaux sur un sol totalement nu, que ce soit en saison sèche ou en saison des pluies. Celui-ci servait depuis des décennies de zone de rassemblement du bétail, de terrain de foot, et avait même servi de garage pour les énormes blindés de l'armée française, après qu'elle ait eu quelques déboires au Tchad.

²

Sols tropicaux de couleur noire dont la fertilité chimique est élevée. Lorsqu'ils se dessèchent, ils laissent apparaître un réseau de fentes de plusieurs centimètres de large, en raison de leur forte teneur en argiles gonflantes.

Une observation rapide mais attentive du milieu naturel et des pratiques paysannes avaient en effet convaincu les chercheurs forestiers que certaines espèces arborées locales pouvaient survivre sur ces sols et que les méthodes d'économie de l'eau utilisée par les paysans pouvaient en accroître la production.

Sans trop entrer dans les détails, il fut démontré que des arbres comme Acacia nilotica ou Sclerocarya birrea pouvaient survivre et même pousser sans autre travail du sol que le trou de plantation ; et qu'elles pouvaient même avoir une croissance intéressante et surtout durable, grâce à la construction de diguettes de terre de 20 cm qui concentraient l'eau de pluie à leur pied. Ces premiers succès contribuèrent à relancer l'intérêt pour l'étude des Hardé, et c'est ainsi qu'à partir des années 85, certains scientifiques travaillant dans la région consacrèrent une part de plus en plus importante de leur temps à l'étude de ce type de sol. Voici donc un bref résumé des résultats acquis.

Utilisation des sols Hardé par les populations : tradition et innovation

Christian SEIGNOBOS, géographe de l'ORSTOM, s'intéressa à la perception que les populations agro-pastorales de la région du Diamaré ont de ces sols, et à l'usage qu'elles en font, grâce à une série d'enquêtes et d'entretiens.

Il constata que les populations distinguent plusieurs sortes de sols Hardé en fonction de la possibilité ou non de les mettre en culture, de leur couleur (blanc, rouge, noir), de leur salinité et de leur place dans la toposéquence ⁽³⁾, souvent en haut de la série des sols vertiques ⁽⁴⁾ (cf. figure 1).

Autrefois utilisés uniquement par l'élevage, ils ont été peu à peu mis en valeur par la culture de Sorghum durra, sorgho repiqué de saison sèche ou muskwari. Cette culture, adaptée aux sols lourds, fut certainement introduite au XIX^e siècle au Nord-Cameroun mais s'étendit considérablement, dans les années 70, en raison de l'utilisation par le coton des sols légers autrefois réservés au vivrier. Lorsque tous les vertisols furent utilisés, elle fut étendue aux sols Hardé.

La mise en valeur de ceux-ci doit forcément être collective au niveau d'un ou de plusieurs terroirs villageois, vu qu'elle impose une modification des habitudes de pâturage et qu'un champ isolé en brousse serait pillé par les oiseaux. Elle nécessite, en général, la mise en place d'un réseau de diguettes, souvent assez lâche au départ, mais dont la maille est progressivement subdivisée (cf. photo 1). Cette technique bloque le ruissellement de l'eau de pluie et l'oblige à s'infiltrer dans des sols naturellement peu perméables, ce qui entraîne un développement de graminées au cours de la saison des pluies. Les agriculteurs gèrent avec soin cette biomasse de façon à en faciliter la fauche et la mise à feu en début de saison sèche avant le repiquage du sorgho. Les diguettes modifient la composition floristique (disparition d'adventices parasites comme Striga hermontheca) et les agriculteurs enrichissent parfois

³ Succession des sols le long d'une pente.

⁴ Sols apparentés aux vertisols.

celle-ci en espèces faciles à faucher et à brûler comme Loudetia togoensis.

Cependant, les Hardé conservent encore d'autres utilisations que celle du sorgho. Ils servent de lieu de cueillette, en particulier les années de disette, pour divers fruits, fleurs, feuilles et tubercules et on y récolte le bois. Le gibier, autrefois attiré par le sel, est devenu très rare et la capture des grenouilles pour l'extraction de matière grasse est aujourd'hui négligée.

Au contraire, l'utilisation des Hardé comme pâturage reste vitale pour l'élevage, en particulier durant la saison des pluies, lorsque les bas-fonds sont inondés et les sols légers mis en culture. En bordure de village, ils servent pour parquer, regrouper et trier le bétail.

Estimation de la surface des sols dénudés

Christine TRIBOULET, spécialiste télédétection de l'ORSTOM, a cherché à évaluer la surface des sols présentant un état de surface dénudé dans la région de Maroua, afin d'estimer la part occupée par les terres Hardé. A cette fin, trois images Spot XS, de janvier 87, octobre 88 et novembre 88, ont été utilisées.

Toutes les surfaces dénudées ayant des caractéristiques communes qui sont reflétées par la signature radiométrique, l'une de ces surfaces a été choisie comme référence pour identifier les valeurs radiométriques des pixels⁽⁵⁾ qui la composent. On a procédé ensuite à une partition de l'ensemble des pixels qui constituent chaque image en séparant ceux qui ont une signature⁽⁶⁾ identique, ou voisine, de ceux de la zone de référence. Par traitement, les pixels ainsi mis de côté ont été dénombrés et, leur surface unitaire étant connue, la superficie totale dénudée de la région a été déduite. On a pu alors procéder à des comparaisons de superficies par date. Par ailleurs, on a pu représenter sur une carte tous les pixels correspondant aux surfaces dénudées.

Il a fallu tenir compte des variations de superficie issues de changements temporaires ou de certaines confusions possibles.

C'est ainsi que les résultats suivants ont été trouvés : la superficie des surfaces dénudées est bien évidemment plus importante en fin de saison sèche qu'en fin de saison des pluies, surtout lorsque celle-ci a été favorable à la recolonisation partielle des sols Hardé par la végétation herbacée. Le rapport de superficie entre les sols dénudés et la superficie totale est de 13 % en janvier 87 (cf. figure 2), de 3,5 % en octobre 88 (cf. figure 3) et de 5,4 % en novembre 1988. Par ailleurs, différents types de sols peuvent avoir des états de surface dénudés et une signature radiométrique identique à celle des sols Hardé, à condition qu'ils aient été compactés en surface (pistes de troupeaux,...) et qu'ils soient de couleur claire très

⁵ Les pixels sont des carrés de sol de 20 x 20 m dont le satellite mesure la signature.

⁶ La signature radiométrique est mesurée par le satellite en fonction de l'énergie électrique renvoyée par le sol dans trois longueurs d'onde. Elle est fonction de la pédologie et de la couverture végétale.

réfléchissante (lits de rivières asséchés). Mais si les images Spot ne permettent pas actuellement de cartographier toutes les surfaces Hardé et uniquement celles-ci, elles permettent d'en faire une bonne estimation, en particulier lorsque vient de finir la saison des pluies. Sur la région couverte par l'image Spot, d'une superficie de 330 000 ha, le pourcentage de sols Hardé a été estimé à 5,5 % ce qui correspond à 18 000 ha.

Dans l'avenir, il serait possible de faire un suivi pluriannuel des surfaces de sols Hardé en effectuant une étude sur leur localisation, leur évolution et leur dynamique spatiale par rapport aux activités humaines (villes et villages, pistes à bétail, mises en culture) et aux groupes pédologiques.

Comportement hydrologique des Hardé

Bernard THEBE, hydrologue ORSTOM, s'est intéressé à l'hydrodynamique des sols Hardé et a mené une étude hydrologique sur un bassin de 18 km² représentatif de la région de Maroua, près du village de Mouda. A l'intérieur de celui-ci, a été défini un micro-bassin de 3 000 m², délimité par une levée de terre. Celui-ci était occupé par des sols Hardé à différentes phases de dégradation (cf. figure 4). Il fut équipé de postes pluviométriques, pluviographiques, d'une station hydrométrique et de tubages pour le suivi neutronique de l'humidité du sol.

Les caractéristiques hydrodynamiques propres à chaque type de sol représenté sur le micro-bassin ont été d'abord déterminées. Ceci fut fait, d'une part, en saison sèche, à l'aide d'un infiltromètre à aspersion qui reproduit artificiellement des pluies ayant les mêmes caractéristiques que les averses naturelles et d'autre part, en saison des pluies, où ces mesures ont été vérifiées avec un dispositif de suivi de ruissellement sur parcelles de 1 m².

Le tout a permis d'établir un modèle qui donne le ruissellement en fonction de la hauteur de l'averse, de l'état antérieur d'humectation du sol et d'un indice de couvert végétal. Le modèle permettant le transfert des résultats de la simulation de pluie sur 1 m², au bassin versant, consiste à déterminer la fonction de production du bassin. La lame ruisselée calculée (Lrc) est égale à la somme des Lrci de chaque unité cartographique, multipliée par leurs surfaces respectives. La fonction de calage permet de passer de la lame ruisselée observée à celle qui est calculée, de façon à tenir compte de l'effet de pente, de l'état de la végétation (plus ou moins sèche), de la répartition des sols par rapport aux rigoles de drainage.

Ayant ainsi quantifié le ruissellement potentiel des différentes zones du bassin, les hydrogrammes globaux de crue de celui-ci ont été observés à l'exutoire. Il a été remarqué que, sur ce bassin, une averse ayant une pointe unique d'intensité engendre un hydrogramme à deux maxima (cf. figure 5). Il a été déduit que la première pointe de crue est provoquée par les eaux de ruissellement d'une unité amont, représentative des sols Hardé, dont les tests au simulateur ont montré la rapidité de réaction à une averse. La deuxième pointe de crue résulte de l'adjonction du ruissellement sur le reste du bassin, dont la capacité d'infiltration est supérieure, en partie à cause de la végétation. Cette hypothèse a été vérifiée par traçage au sel et à la fluorescéine.

Finalement, la fidélité du mini-simulateur de pluie dans la reproduction des averses est prouvée sur sol à couvert faible de végétation comme les sols Hardé, alors qu'au delà d'un couvert herbacé de 30 %, celui-ci doit impérativement être pris en compte.

Dans l'avenir ce type d'étude devrait permettre d'estimer l'impact des techniques de végétalisation des sols Hardé, pour lutter contre les crues qui dévastent chaque année les quartiers proches des mayos (oueds) de la ville Maroua.

Description pédologique des sols Hardé et comportement hydrodynamique

Lamine SEINY BOUKAR, pédologue IRA et Roger PONTANIER, pédologue ORSTOM se sont attachés à mieux décrire pédologiquement les sols Hardé et leur comportement hydrodynamique.

Ils ont ainsi montré que les sols Hardé sont dérivés de vertisols aux caractéristiques très homogènes sur l'ensemble du profil (40 % d'argile smectitiques, pH neutre, 0,8 % de matière organique, CEC ⁽⁷⁾ de 35 meq/100 g). Ils se distinguent de ceux-ci par la dégradation de l'horizon superficiel sur une profondeur de 10 à 20 cm ; cette dégradation se manifeste par une structure massive, et l'absence de pores et d'activité biologique. En surface, la pellicule de battance est renforcée par une couche d'algues de couleur sombre. Dans cet horizon dégradé, les fentes ont disparu, la teneur en argile est proche de 10 %, la matière organique en relation avec la disparition de la végétation tombe à 0,5 % et la capacité de stockage de l'eau disponible pour la végétation, à 7 mm pour 10 cm de sol (contre 20 mm pour le vertisol). L'érosion dégage parfois 1 m de sol jusqu'à atteindre l'horizon calcique à nodules calcaires.

La technique de simulation de pluie a permis de déterminer en mode synchrone les quantités d'eau infiltrées et le coefficient d'efficacité de la pluie dans la recharge des réserves en eau du sol.

Par ailleurs, des suivis pluriannuels en mode diachrone ont permis de mesurer en conditions naturelles les lames d'eau ruisselées, la quantité d'eau infiltrée, ainsi que la redistribution spatiale et temporelle de l'eau du sol par la méthode des profils hydriques (sonde à neutrons).

On a vu ainsi que les sols Hardé perdent jusqu'à 50 % d'eau par ruissellement sur une année, de ce fait, en année déficitaire, ce ne sont que 250 mm d'eau qui s'infiltrent. Pour des pluies très violentes, l'infiltration baisse jusqu'en dessous de 30 %.

⁷

Capacité d'échange cationique : quantité maximum de cations pouvant être fixée par le sol. Elle est forte par rapport à la plupart des sols tropicaux.

L'humectation des sols Hardé dépasse rarement 25 cm et leur stock d'eau augmente en général de moins de 25 mm pendant une saison des pluies, soit quatre fois moins que le vertisol (cf. figure 6). C'est ainsi que les sols Hardé offrent rarement plus de deux à trois mois de disponibilité en eau pour la végétation, chaque année, sur l'ensemble de leur profil alors que les vertisols offrent en permanence quelques réserves disponibles en profondeur.

Etude de la dynamique saisonnière de la végétation en savane sahélo-soudanienne

Josiane SEGHIÉRI et Christian FLORET, écologues ORSTOM ont décrit la végétation d'un sol Hardé qui servait de lieu de pâturage et de cueillette aux habitants du village de Mouda, au sud de Maroua.

Ils se sont ainsi rendu compte que la végétation du sol Hardé de Mouda comprend une strate arbustive très pauvre, dominée par Dichrostachys cinerea et Lannea humilis, et une strate herbacée constituée presque exclusivement par des graminées annuelles parmi lesquelles domine Schoenefeldia gracilis. Le recouvrement herbacé est très faible (5 à 8 %) et la hauteur de cette strate dépasse rarement 10 cm.

Ensuite, pendant deux années, les auteurs ont mesuré les précipitations, la quantité d'eau contenue dans le sol, les températures et ils ont suivi l'évolution des ligneux et des herbacées (phénologie, recouvrement, composition floristique).

Ceci leur a montré que les herbacées adaptent leur cycle de vie à la quantité d'eau disponible dans le sol. La sécheresse climatique de la région, accentuée par l'aridité édaphique du sol Hardé (ruissellement) entraîne une certaine uniformisation des phénologies. Il y a très peu d'espèces herbacées qui peuvent coloniser ce milieu (8 à Mouda), car elles doivent être capables de se fixer, de germer très rapidement et d'arriver à mobiliser les rares ressources en eau disponibles au profit de la fructification, tout en s'investissant très peu dans la production de biomasse. Les espèces ligneuses sont beaucoup plus indépendantes vis-à-vis de la période pendant laquelle l'eau est disponible dans le sol (cf. figure 7). La plupart perdent leurs feuilles en saison sèche, pendant une durée variable suivant les espèces mais certaines, comme Balanites aegyptiaca, les conservent en permanence. Parmi les acacias, Acacia senegal fleurit en début de saison des pluies, Acacia gerrardii au milieu de celle-ci et Acacia hockii, à la fin. D'autres espèces fleurissent plusieurs fois dans l'année. La plante ne peut photosynthétiser et fleurir en saison défavorable que si elle a la capacité soit de stocker puis de remobiliser des réserves hydriques acquises en saison des pluies, soit d'extraire l'eau à des potentiels supérieurs à celui correspondant au $\Psi = - 1,6 \text{ m Pa}$ ⁽⁸⁾. Le système racinaire de toutes les plantes est principalement concentré dans les horizons superficiels. Les graminées annuelles développent un chevelu racinaire dense dans un volume limité de sol, alors que les ligneux émettent de longues racines latérales (plus de 10 m), dont la faible densité est compensée par la pérennité qui permet le captage des premières pluies infiltrées.

⁸

Potentiel hydrique du sol au-delà duquel la plupart des plantes tempérées ne peuvent plus extraire l'eau du sol.

Pour étudier la variation de l'évolution du recouvrement herbacé en fonction des scénarios pluviométriques, les auteurs ont irrigué des carrés de 5 m² en début de saison des pluies. En première année, ceci a permis le développement d'une importante biomasse ; en deuxième année, sans aucune irrigation, le recouvrement herbacé a également été très important sur ce carré, car le paillis d'herbe morte de l'année précédente a facilité l'infiltration de l'eau, la fixation et la germination des graines. A partir de cet îlot végétalisé, le tapis herbacé recolonise progressivement le sol Hardé par un front de colonisation constitué de Schoenefeldia gracilis.

Sur ce type de sol, plus que sur tout autre, la répartition des pluies est plus importante que leur quantité, car le stockage d'eau est très limité. Celles-ci doivent humidifier le substrat assez longtemps pour que les phases de germination et de levée puissent s'accomplir, puis maintenir une hygrométrie de l'air au niveau du sol suffisante pour maintenir les plantules en vie. C'est pourquoi l'application de techniques visant à limiter le ruissellement des pluies et à améliorer l'infiltrabilité du sol devrait permettre de réhabiliter ces milieux.

Des réussites en matière de reboisement

Jean-Michel HARMAND, Ingénieur de recherches CIRAD-Forêts, détaché à l'IRA, a fait un criblage de plusieurs dizaines d'espèces d'arbres qui ont été plantées sur le sol Hardé de Salak en utilisant pour certaines d'entre elles différents travaux du sol. Le but est de trouver celles qui sont susceptibles de contribuer à la restauration de ces sols, tout en assurant une certaine production de bois, de fruits ou de produits divers aux agriculteurs.

Un premier essai, installé en 83 à Gaklé, a permis de comparer la croissance d'Eucalyptus camaldulensis sans travail du sol, avec labour et avec différentes profondeurs de sous-solage. En l'absence de travail du sol, le boisement disparaît. Le travail mécanique du terrain permet une croissance initiale d'autant plus grande qu'il est profond, mais ses effets s'estompent avec le temps et la production finale de bois, de l'ordre de 1 m³/ha/an, est trop faible pour rentabiliser le coût d'installation.

L'essai de type split-plot⁹, installé à Salak en 85, concerne quatre espèces plantées avec quatre types de travaux du sol. Les espèces exotiques ne survivent que grâce aux dispositifs d'économie de l'eau. Dans le meilleur des cas (diguettes) Dalbergia sissoo atteint difficilement la production de 1 m³/ha/an, alors qu'Azadirachta indica produit plus de 2 m³/ha/an. Les espèces locales peuvent survivre même avec une simple trouaison, mais le sous-solage ou la mise en place d'un réseau de diguettes permet d'améliorer fortement leur production jusqu'à 1,6 m³/ha/an pour Acacia nilotica adstringens et à plus de 2 m³/ha/an pour Sclerocarya birrea. En outre, ces espèces produisent des gousses utilisées dans l'artisanat du cuir pour le premier, et des fruits comestibles pour le second.

⁹ Dispositif d'essai qui permet d'étudier les interactions entre plusieurs facteurs, comme l'espèce et le travail du sol.

Un essai de type carré latin, installé en 1986 également à Salak, permet de comparer la croissance d'Acacia senegal en fonction de quatre dispositifs d'économie de l'eau réalisés manuellement. Le taux de survie de cette espèce locale est dans tous les cas supérieur à 80 % et se trouve amélioré par les dispositifs. Ceux-ci ont, par ailleurs, un effet très net sur la croissance en hauteur ; elle est augmentée de 20 % par des fossés de 20 cm de profondeur, creusés selon un anneau de 50 cm autour du plant (cf. photo 2), et par la levée d'un réseau de diguettes de 15 cm de haut reliant les plants entre eux ; elle est enfin améliorée de plus de 30 % par le creusement de fossés rectilignes de 1,5 m de long, 30 cm de large et de profondeur, creusés à 10 cm du plant du côté amont (cf. photo 3).

Enfin, afin de diversifier la gamme d'espèces utilisables, on a réalisé en 1985 un criblage de 18 espèces locales, de 6 espèces exotiques déjà utilisées dans la région et de 16 espèces introduites d'Amérique Centrale. Cet essai a subi un incendie accidentel qui a opéré une sélection des espèces tolérantes au feu ; c'est ainsi que la plupart des acacias locaux n'ont pas été affectés. Pour la croissance, on peut classer les espèces dans l'ordre décroissant suivant : Acacia dudgeoni, Acacia nilotica ssp adstringens, Acacia sieberiana, Acacia nilotica ssp. nilotica et Acacia senegal. Parmi les espèces exotiques dites "acclimatées", Eucalyptus camaldulensis et Azadirachta indica ont une croissance acceptable et résistent assez bien à divers traumatismes (dégâts du bétail, feu). De nombreuses espèces d'Amérique Centrale ont eu une bonne croissance de départ mais, après quelques années, seuls Gliricidia sepium et Senna atomaria ont survécu au passage du feu et ont eu une croissance comparable à celle des acacias locaux.

Pour terminer, l'auteur donne les coûts totaux des plantations d'arbres sur ce type de sol ; elles s'échelonnent de 230 000 FCFA/ha pour le sous-solage à 130 000 FCFA/ha pour les diguettes ou les fossés en anneaux. Ces coûts sont très élevés comparés à la modeste production de bois ⁽¹⁰⁾. Ils ne peuvent être envisagés, pour les travaux mécaniques, qu'avec l'appui de fonds extérieurs ou, pour les travaux manuels, que si les populations les réalisent à temps perdu avec un objectif diversifié (production de bois, de gomme, régénération des pâturages, amélioration de la fertilité du sol en vue de remise en culture ultérieure). Dans les systèmes de culture actuels, ces travaux peuvent être plus facilement entrepris par un groupe d'agriculteurs que par un seul individu. En effet, une plantation d'arbres de faible surface, isolée, au milieu d'un terroir à muskwari alternativement cultivé et pâturé, pourrait être détruite, dans son jeune âge, par le bétail ; elle servirait de refuge à des oiseaux ou à des rongeurs nuisibles pour les cultures voisines et serait difficile à protéger contre les feux qui sont pratiqués avant le repiquage du sorgho.

La croissance aérienne des arbres expliquée par leur dynamique racinaire

Oscar EYOG MATIG, pédologue et écophysiologiste IRA a effectué une étude d'enracinement de quatre espèces d'arbres locales et exotiques, plantées avec différentes techniques de préparation du sol, dans l'essai 1985 de Salak décrit précédemment par JM. HARMAND.

¹⁰

Par comparaison, un manoeuvre gagne environ 1 000 FCFA par jour et 1 m³ de bois de feu livré en ville coûte environ 10 000 FCFA.

Les arbres dont la hauteur est proche de la moyenne de la parcelle ont été choisis, à raison d'un arbre par type de travail du sol. Une grille ayant un cadre métallique de 2 x 1,5 m sur lequel sont fixés des fils de nylon, qui détermineront des mailles carrées de 5 cm de côté a été construite. Après avoir ouvert une tranchée à 1 m du collet de l'arbre, la grille a été plaquée contre la paroi de celle-ci et on a noté les coordonnées x et y de chaque racine, ainsi que sa classe de diamètre (1 : inférieur à 1 mm ; 2 : de 1 à 10 mm ; 3 : de 10 à 20 mm ; 4 supérieur à 20 mm). Cette opération fut recommencée à 20 cm de l'arbre, puis au pied de celui-ci, après avoir recréusé la tranchée. Un programme informatique a permis de visualiser la représentation spatiale des racines et leur classe de diamètre.

Les résultats suivants par espèce et par type de travail du sol ont été trouvés :

- Dalbergia sissoo (espèce originaire des régions sèches de l'Inde)

Sur le témoin sans autre travail du sol que le trou de plantation, les racines se développent surtout dans celui-ci (cf. figure 8). Le sous-solage augmente la biomasse racinaire qui reste cependant surtout concentrée dans les raies travaillées. Les diguettes, qui assurent l'infiltration de l'eau de pluie, permettent une très forte augmentation du nombre et de la taille des racines jusqu'à environ 50 cm de profondeur ; les horizons profonds restent peu prospectés (cf. figure 9). Il s'agit clairement d'une espèce non adaptée à ce type de sol induré et mal alimenté en eau, qui ne peut y développer son système racinaire que dans les volumes où le sol a été ameubli, grâce aux travaux d'économie de l'eau.

- Azadirachta indica (espèce originaire des régions sèches de l'Inde)

Cette autre espèce exotique est un petit mieux adaptée à ce type de sol. Sur le témoin, on constate un enracinement légèrement mieux réparti dans les horizons profonds. Les dispositifs d'économie de l'eau lui permettent de développer fortement sa biomasse racinaire. Une partie des racines se concentre en haut de l'horizon induré, qui constitue une zone d'accumulation d'eau recherchée par les racines, celles-ci apparemment, ne craignent pas l'hydromorphie.

- Acacia nilotica adstringens et Sclerocarya birrea (espèces sahéliennes)

Ces deux espèces locales sont beaucoup mieux adaptées à ce type de sol. Même sur le témoin, elles développent un enracinement puissant bien réparti dans le profil, jusqu'à 1,50 m de profondeur pour Acacia nilotica (cf. figure 10). Les dispositifs d'économie de l'eau améliorent la répartition et la taille des racines, mais ces espèces peuvent survivre et se développer sans eux.

La croissance racinaire résultante de la dynamique de l'eau dans le sol

Sur ce même essai de Salak, Oscar EYOG MATIG a suivi à l'aide d'une sonde à neutron, l'évolution de l'humidité volumique du sol au cours de plusieurs saisons des pluies et en fonction des aménagements de surface.

Les résultats obtenus pour différentes dates de l'année 1986 sont donnés en figure 11, voici les commentaires que l'on peut faire.

Avril 86

En cette fin de saison sèche, l'humidité est comparable sur les différents profils, quoiqu'elle soit légèrement plus élevée sur le traitement "diguette + labour", où un stock d'eau important accumulé en saison des pluies 85 n'a pas encore disparu totalement.

Juin 86

Les premières pluies de l'année viennent de tomber. Sur le témoin "trouaison simple", seuls les vingt premiers centimètres ont pu se recharger.

Sur les autres traitements, l'humidité a déjà augmentée jusqu'à 60 cm, particulièrement sur le traitement "diguettes".

Septembre 86

Les dernières pluies de l'année tombent sur la parcelle. Le sol de tous les traitements a été rechargé en eau jusqu'à plus de 1,2 m de profondeur. La quantité stockée reste cependant très faible sur le témoin. Sur les autres traitements, l'humidité est comparable en surface, mais en-dessous de 30 cm de profondeur elle est supérieure sur les traitements avec diguettes (labourés ou non). Le profil n'est pas régulier et il existe une couche plus sèche à 80 cm de profondeur et une couche très humide entre 90 et 100 cm de profondeur.

Novembre 86

Il ne pleut plus depuis deux mois et le vent sec dessèche les horizons superficiels de tous les sols.

Les traitements sans diguettes (trouaison et sous-solage) ont repris leur profil du mois d'avril.

Les traitements avec diguettes conservent des réserves d'eau jusqu'au delà de 170 cm de profondeur, en particulier pour la parcelle labourée

Cette étude permet donc de comprendre pourquoi le développement racinaire en profondeur est plus important sur les parcelles aménagées à l'aide de diguettes, en particulier pour les espèces d'arbres sensibles à la sécheresse (supposées avoir un faible pouvoir de "capture" de l'eau du sol). Elle explique également la formation de véritables couches de racine au niveau des zones d'accumulation d'eau.

Une certaine synergie entre végétation arborée et herbacée

Sur les mêmes essais, Paul DONFACK, phytoécologue IRA et Christian FLORET, écologue ORSTOM ont suivi la régénération de la végétation spontanée en fonction des aménagements de surface, du travail du sol et de l'installation des arbres.

Avant aménagement, la végétation a un couvert inférieur à 30 %, elle est caractérisée par Guiera senegalensis pour les ligneux et par Schoenefeldia gracilis pour les herbacées.

La mise en protection et le travail du sol favorise la régénération de nombreuses espèces ligneuses par voie végétative ou sexuée.

La mise en place de diguettes augmente très fortement le recouvrement des herbacées et leur taille moyenne ; elle favorise l'installation ou le développement d'espèces indicatrices de milieux plus humides. Les fosses en anneaux ou rectangulaires concentrent la végétation autour de ces aménagements.

Certains arbres, comme Acacia nilotica, Dalbergia sissoo et Sclerocarya birrea, favorisent le recouvrement des herbes à leur pied, tant qu'ils n'ont pas un trop grand développement végétatif. Une ombre légère est favorable à certaines espèces herbacées comme Pennisetum pedicellatum (cf. photo 4).

Conclusion

L'expérience des travaux menés au Nord-Cameroun sur le thème de la régénération des terres Hardé, et en particulier de ceux menés par les forestiers, nous donnent les enseignements suivants :

Il semblait au départ simple pour un petit groupe de chercheurs issus d'une seule discipline, de trouver des solutions techniques pour valoriser, en les reboisant, des terres considérées comme inutiles pour les populations.

Cette relative naïveté, si elle avait été immédiatement relayée par des organismes de développement, trop optimistes ou trop pressés, aurait abouti à des catastrophes techniques, écologiques et économiques.

Mais les premiers résultats, pourtant encourageants, n'ont heureusement pas été diffusés par des forestiers habitués à la prudence.

Après l'échec de leur "tentative solitaire", ces derniers ont eu l'intelligence d'aborder le problème en équipe multidisciplinaire avec plus de lenteur, de méthode, et en cherchant à bien expliquer les phénomènes constatés.

Grâce à l'appui des géographes, sociologues, hydrologues, pédologues, écologues, physiologues, les forestiers ont compris que, dans bien des cas, la valorisation que les paysans font de leur terre par l'association agriculture/élevage est préférable à un simple reboisement. Lorsque celui-ci peut être envisagé, c'est surtout avec des espèces locales que la nature a mis des millénaires à sélectionner et avec l'appui de techniques de travail du sol que les paysans ont testées sur des décennies.

On comprend alors la nécessité, avant d'aborder un problème, de bien explorer non seulement la littérature scientifique, mais tout le savoir non écrit des populations locales ainsi que celui qui est inscrit dans les paysages.

Il est donc bien coûteux en temps et en travail d'obtenir des résultats solidement vérifiés en matière d'agronomie tropicale, mais, ceux-ci ont infiniment plus de chance d'être utilisés par les populations que la plupart des travaux spectaculaires encore trop souvent privilégiés. En agronomie, comme en politique, la prise en compte des besoins et des capacités des populations est plus difficile et plus longue que les mesures autoritaires, mais ô combien plus efficace et durable !

Bibliographie

Tous les travaux cités dans le présent article sont extraits de l'ouvrage collectif : **"Les terres Hardé, caractérisation et réhabilitation dans le bassin du Lac Tchad"**, 1993, édition du CIRAD-Forêt, 45 bis, avenue de la Belle Gabrielle, 94736 Nogent-sur-Marne (France), et en particulier les articles suivants :

Christian SEIGNOBOS, HARDÉ ET KARAL DU NORD-CAMEROUN, leur perception par les populations agro-pastorales du Diamaré

Christine TRIBOULET, IDENTIFICATION ET ÉVALUATION DES ÉTATS DE SURFACE À PARTIR D'IMAGES SPOT, le cas des sols dénudés de la région de Maroua

Bernard THEBE, HYDROLOGIE D'UN MICRO BASSIN VERSANT OÙ DOMINENT LES SOLS HARDÉ

Lamine SEINY BOUKAR, Roger PONTANIER, HYDRODYNAMIQUE D'UN SOL HARDÉ DU NORD-CAMEROUN, caractéristiques et comportement

Josiane SEGHERI, Christian FLORET, DYNAMIQUE SAISONNIERE DE LA VÉGÉTATION EN SAVANE SAHÉLO-SOUDANIENNE, le cas des sols Hardé

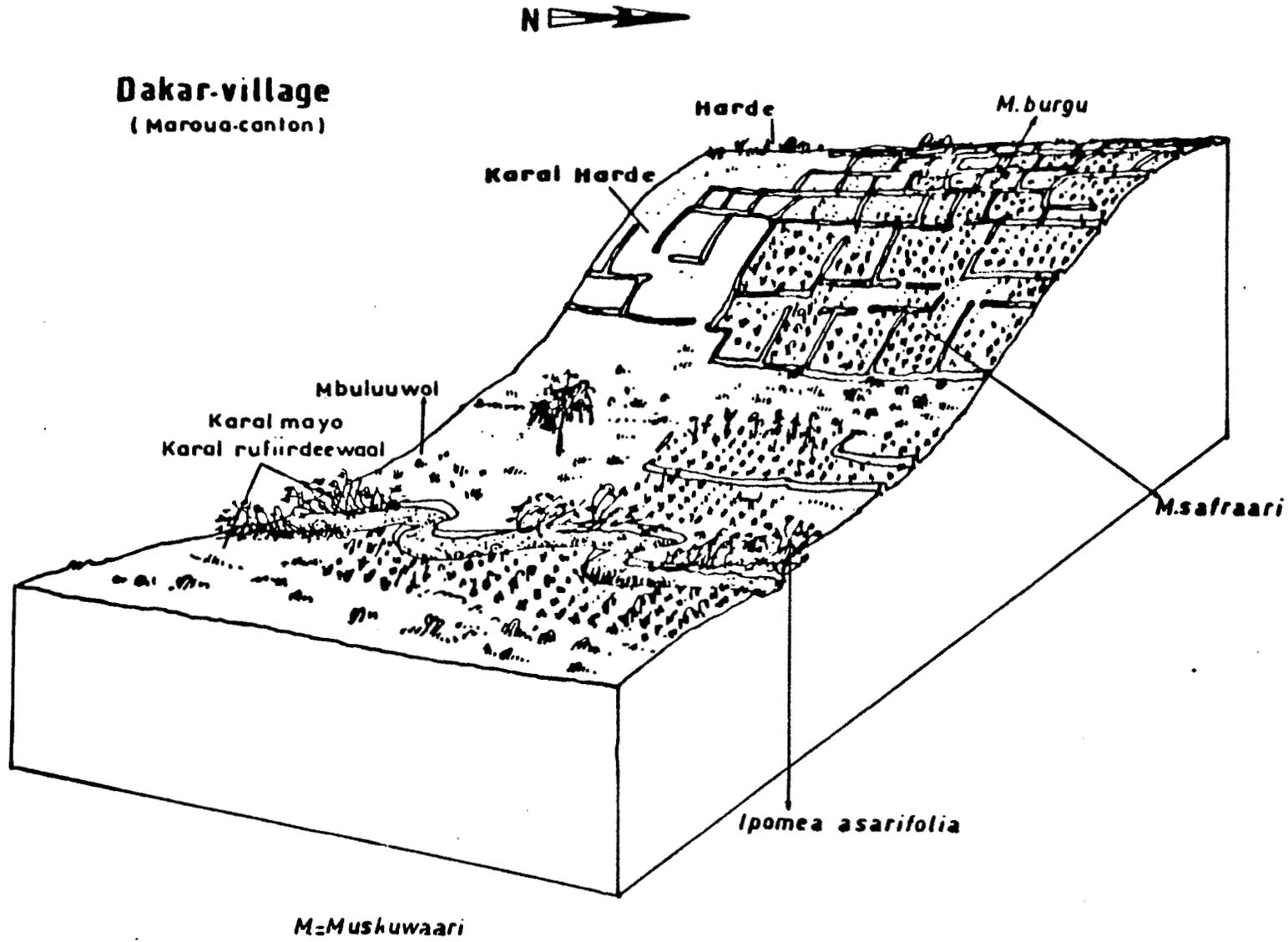
Jean-Michel HARMAND, REBOISEMENT D'UN SOL HARDÉ, effet des techniques d'aménagement de surface

Oscar EYOG-MATIG, MODIFICATION DU RÉGIME HYDRIQUE D'UN SOL PAR LES AMÉNAGEMENTS DE SURFACE, le cas du sol Hardé de Salak

Oscar EYOG MATIG, L'ENRACINEMENT DE QUATRE ESPÈCES LIGNEUSES SUR SOL HARDÉ, influence des techniques de plantation et d'économie de l'eau sur la station de Maroua-Salak

Paul DONFACK, Christian FLORET, RÉGÉNÉRATION DE LA VÉGÉTATION SPONTANÉE D'UN SOL HARDÉ, effet des techniques d'économie de l'eau et du travail du sol

Figure 1



Bloc diagramme du terroir de Dakar village, près de Maroua. Les Hardé se trouvent en général en haut de la série des sols vertiques (koral)

(C. SEIGNOBOS, 1993)

Figure 2

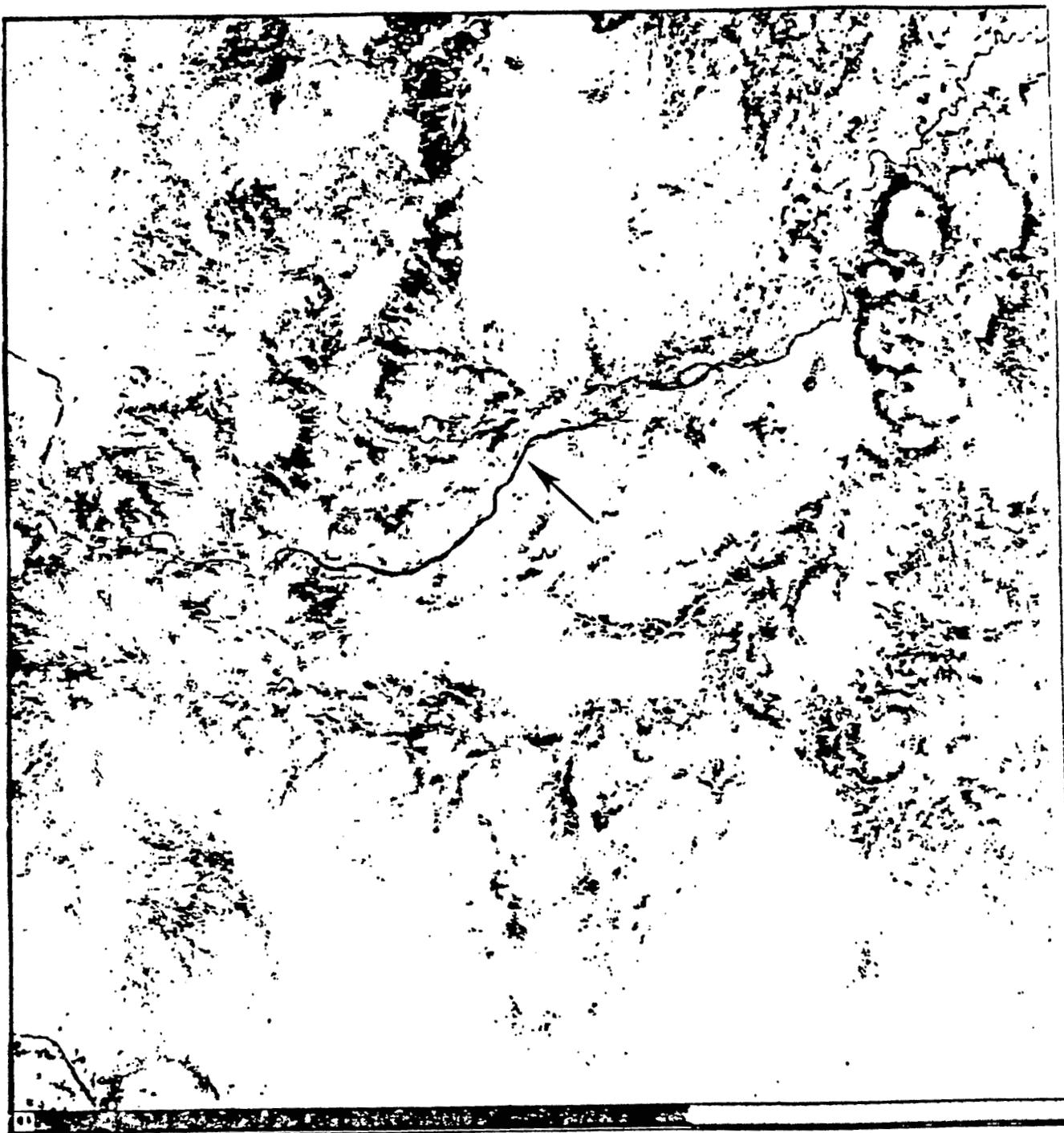


Image bicolore traitement d'images SPOT, région de Maroua, janvier 1987

On reconnaît le tracé du mayo Tsanaga (flèche), dont le lit sableux et desséché à une signature comparable à celle des sols Hardé

Les zones dénudées, représentées par un point noir, couvrent 13 % de l'image.

(C. TRIBOULET, 1993)

Figure 3



Image bicolore, traitement d'images SPOT, région de Maroua, octobre 1988.

En cette fin de saison des pluies, on peut considérer qu'il ne s'agit que des sols Hardé. Mais une partie d'entre eux qui sont couverts d'une fine végétation ne sont pas pris en compte. En faisant un comptage automatique de ces pixels, on obtient une valeur minorée de la surface occupée par les sols Hardé. (3,5 % de l'image). Noter que par rapport à la figure 2, les lits des rivières ont disparu.

(C. TRIBOULET, 1993)

Figure 4
Carte des états de surface représentativité des sites
de simulation de pluie

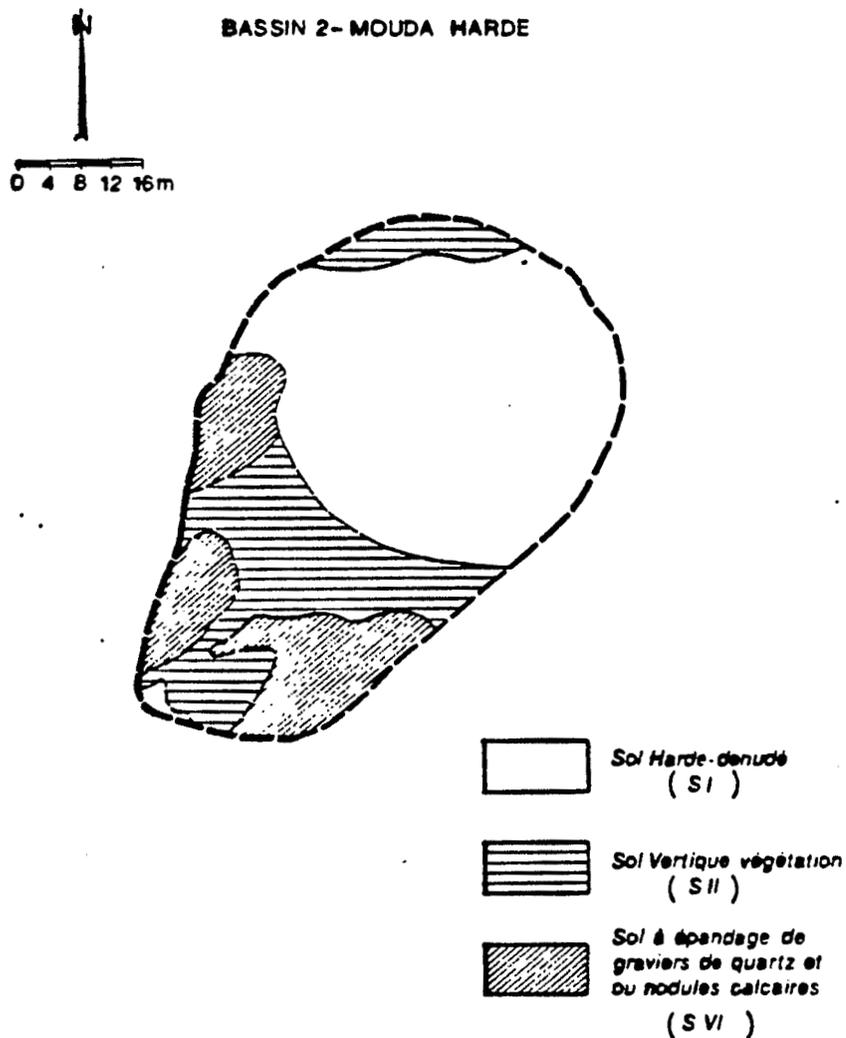


Figure 5
Crue du 8 août 1986

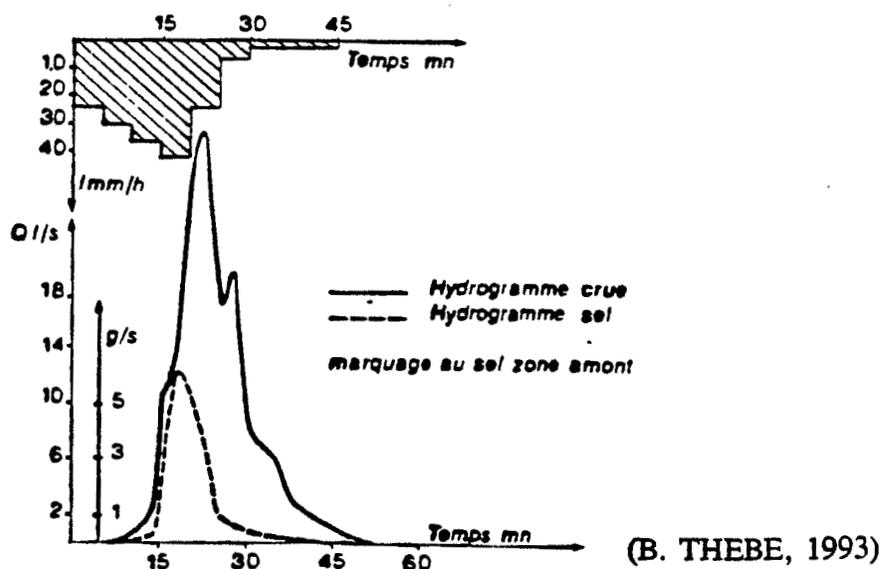
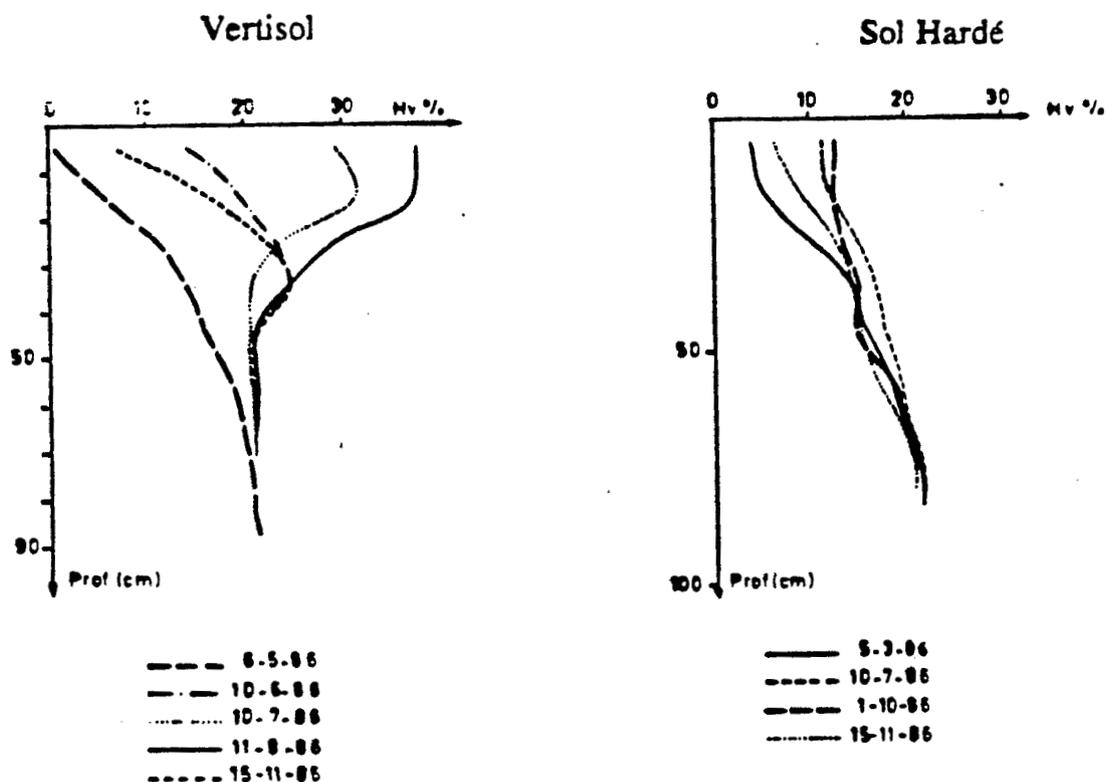
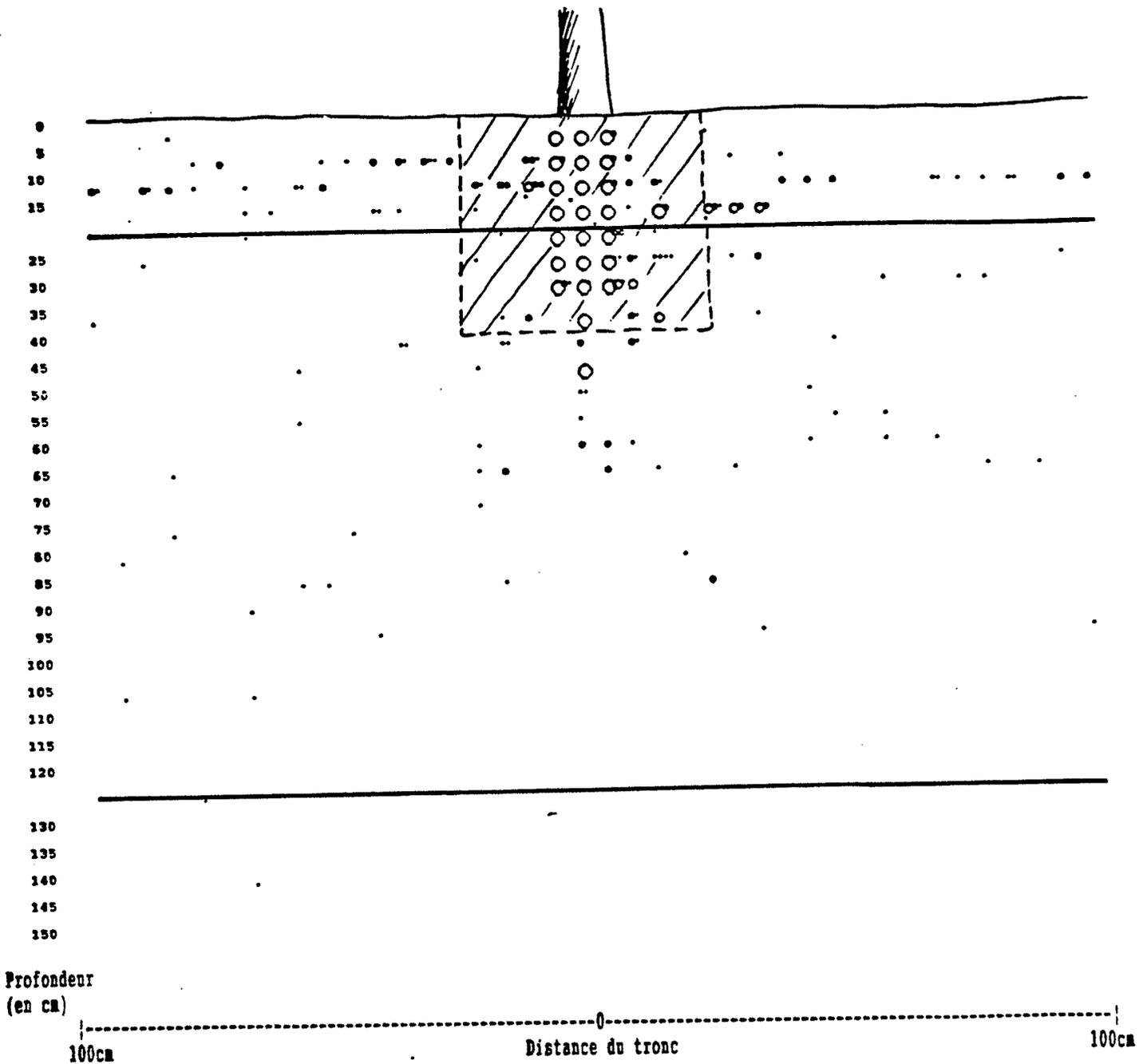


Figure 6
Comparaison de l'évolution annuelle des réserves
en eau totale
(S,mm) d'un vertisol et de son faciès de dégradation (Hardé)



(L. SEINY-BOUKAR et R. PONTANIER, 1993)

Figure 8



L E G E N D E	
<p><u>Taille des racines</u></p> <p>○ 20mm ≤ ϕ</p> <p>○ 10mm ≤ ϕ < 20mm</p> <p>● 1mm ≤ ϕ < 10mm</p> <p>· ϕ < 1mm</p>	<p> Trou de plantation</p> <p> Limites inf. et sup. de l'horizon compact</p>

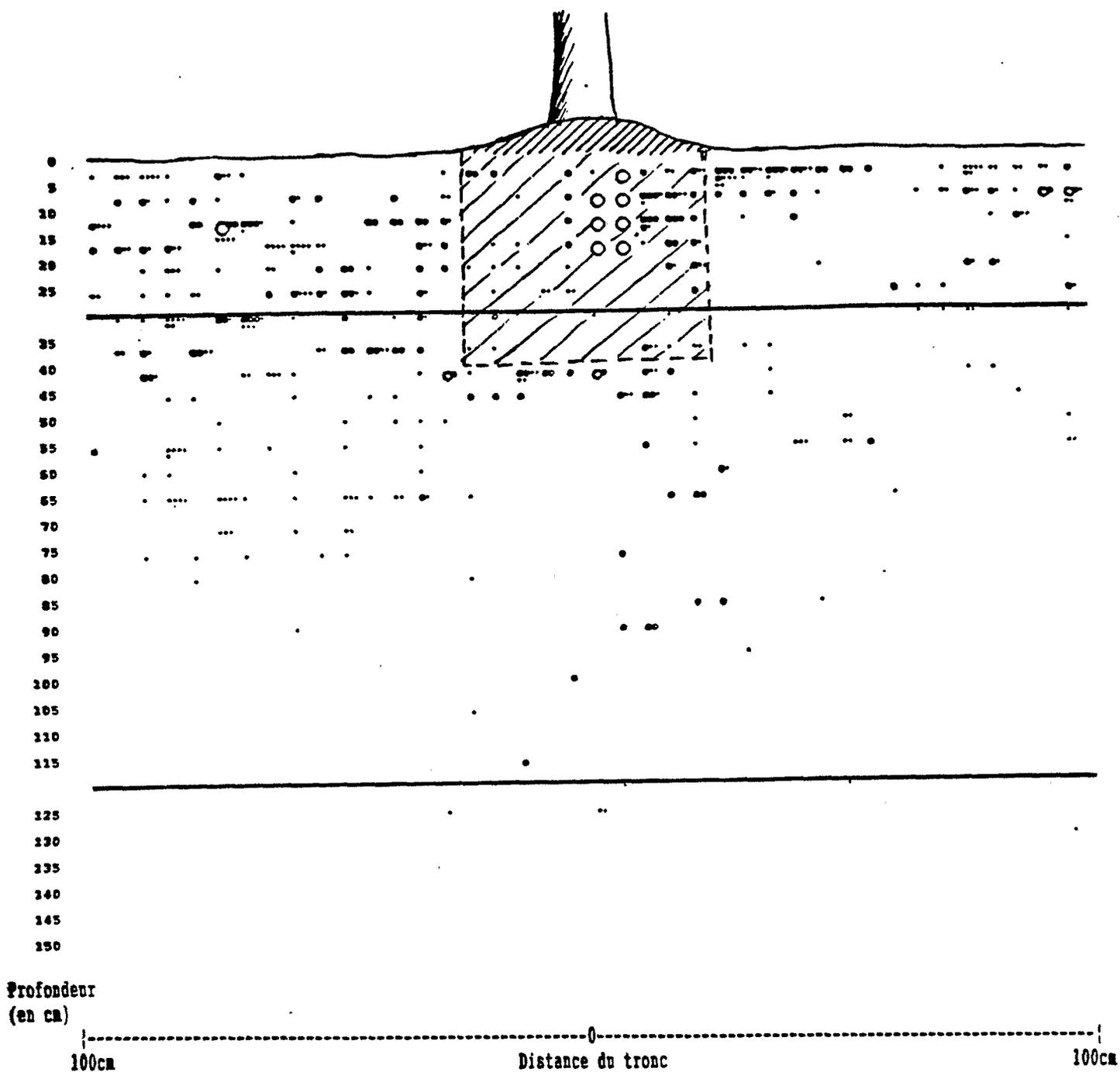
Diagramme de répartition spatiale des racines

Espèce : *Dalbergia sissoo*

Travail du sol : Simple trouaison

(O. EYOG MATIG, 1993)

Figure 9



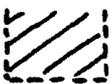
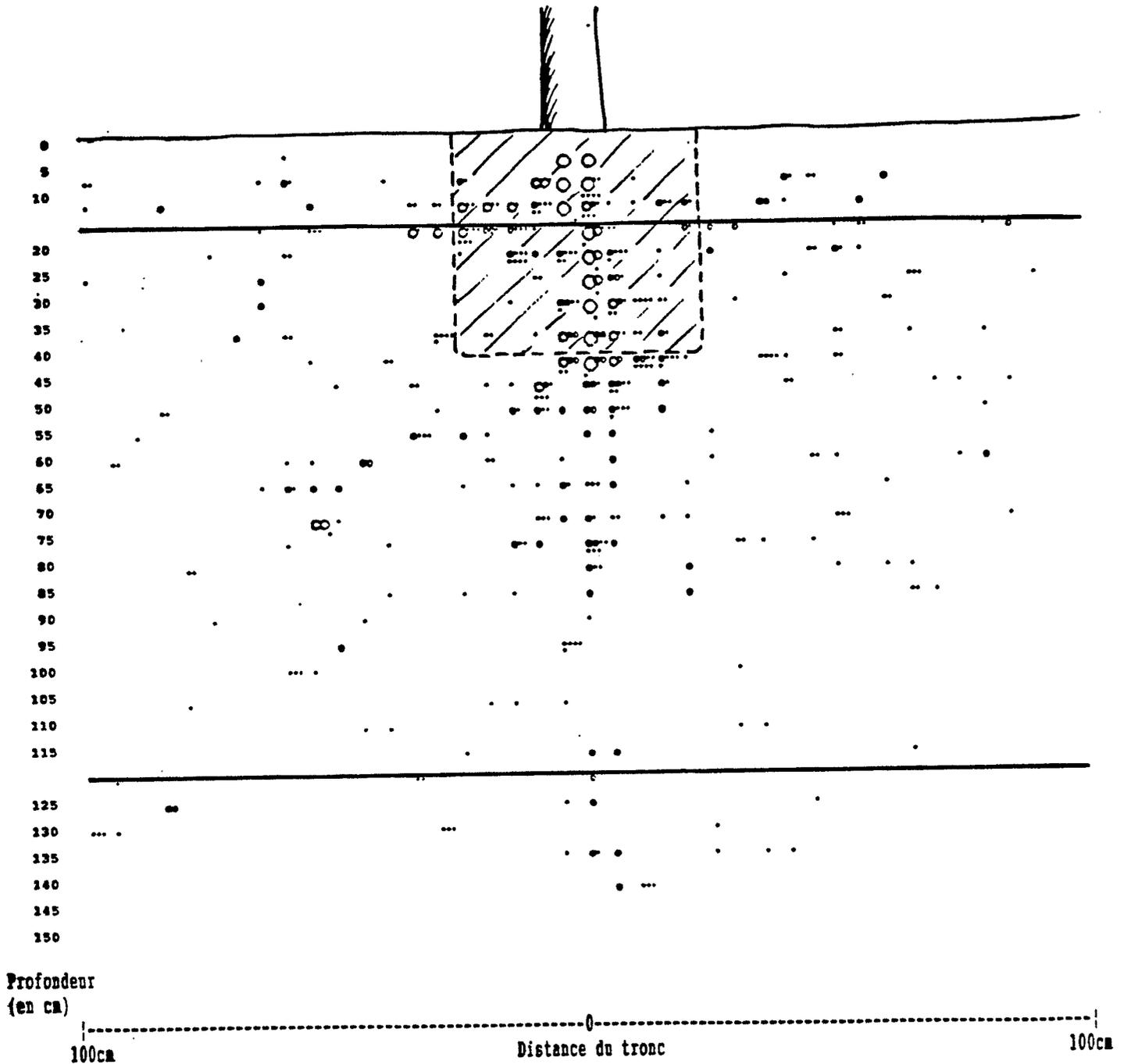
LEGENDE	
<u>Taille des racines</u>	
○ 20mm ≤ ϕ	 Tron de plantation
◉ 10mm ≤ ϕ < 20mm	— Limites inf. et sup. de l'horizon compact
● 5mm ≤ ϕ < 10mm	 Diguette
• ϕ < 5mm	

Diagramme de répartition spatiale des racines
 Espèce : *Dalbergia sissoo*
 Travail du sol : Diguette + trouaison

(O. EYOG MATIG, 1993)

Figure 10



L E G E N D E	
<u>Taille des racines</u>	 Trou de plantation
○ 20mm ≤ φ	— Limites inf. et sup. de l'horizon compact
◌ 10mm ≤ φ < 20mm	
● 1mm ≤ φ < 10mm	
• φ < 1mm	

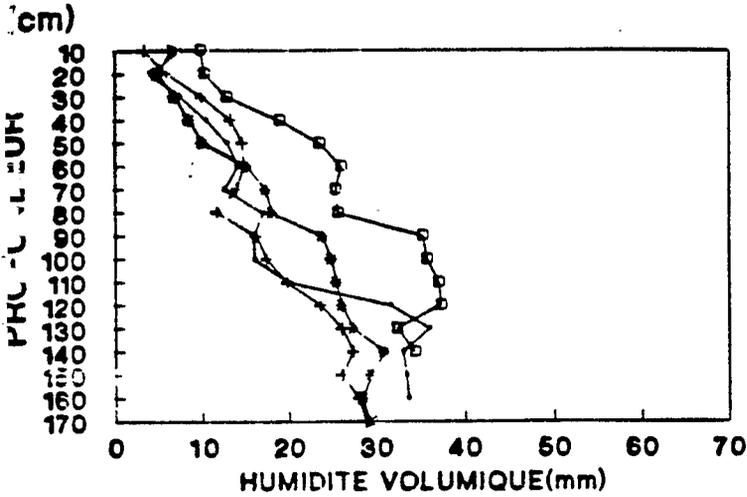
Diagramme de répartition spatiale des racines
 Espèce : *Acacia nilotica*
 Travail du sol : Simple trouaison

(O. EYOG MATIG, 1993)

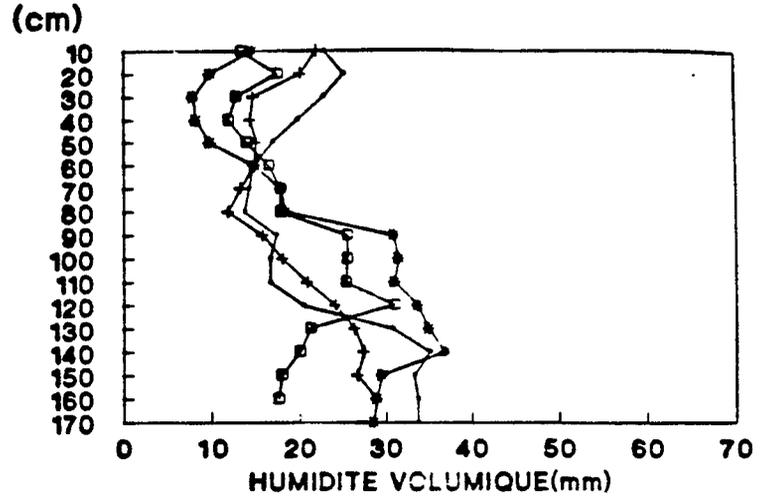
Figure 11

Evolution des profils hydriques du planosol de Salak, au cours de la saison des pluies 1986, pour 4 types de travaux du sol

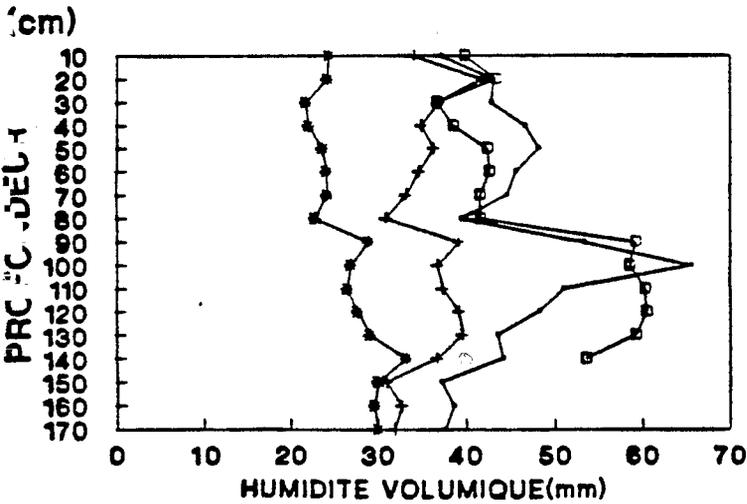
AVRIL 1986



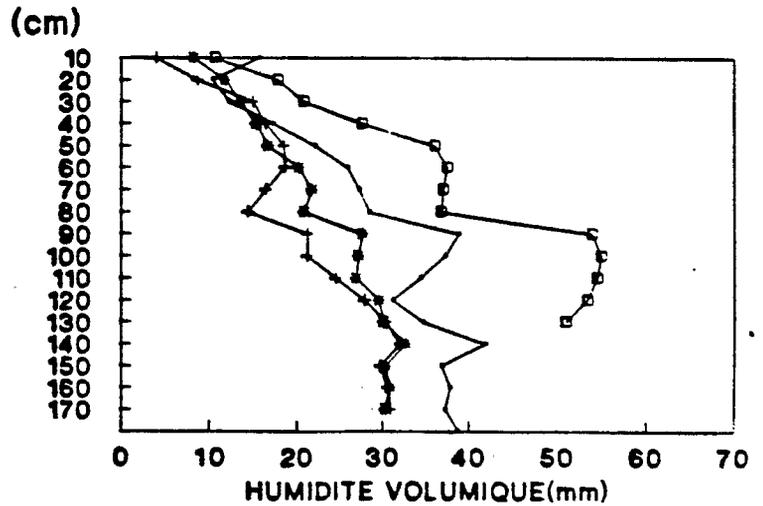
JUIN 1986



SEPTEMBRE 1986



NOVEMBRE 1986



Travaux du sol

- *— SAT : Simple trouaison
- SAS : Sous-solage
- SAD : Diguette
- SAL : Diguette + labour

(O. EYOG MATIG, 1993)

**RESEAU
EROSION**



Référence bibliographique Bulletin du RESEAU EROSION

Pour citer cet article / How to cite this article

Peltier, R. - Régénération des sols dégradés hardé au nord-Cameroun : caractérisation multidisciplinaire du phénomène de dégradation et analyse critique des méthodes de revégétalisation utilisées, pp. 279-303, Bulletin du RESEAU EROSION n° 14, 1994.

Contact Bulletin du RESEAU EROSION : beep@ird.fr