

Etude sur parcelles comparatives de l'évolution des sols ferrallitiques sous différents modes de mise en culture en zones forestière et préforestière de Côte d'Ivoire

Roland MOREAU

Pédologue ORSTOM, 70-74, route d'Aulnay, 93140 Bondy

RÉSUMÉ

L'importance et la rapidité des modifications du sol au cours des premières années de mise en culture sont étudiées en fonction des modalités d'exploitation et de l'état initial du sol et de la végétation, sur quatre sites de défrichement en zone forestière et préforestière. L'influence de la mise en culture est appréciée par comparaison entre parcelle témoin et parcelle cultivée d'un même couple implantées avant défrichement.

Les caractéristiques structurales, organo-biologiques et chimiques (dans le cas de brûlis) sont rapidement et fortement affectées par la mise en culture. De façon générale, ces caractéristiques du sol connaissent une dégradation, mais avec des exceptions remarquables pour certaines qui se trouvent améliorées : azote nitrique, ainsi que bases échangeables et pH sur brûlis.

Dès le stade de défrichement, une hiérarchie des paramètres étudiés peut s'établir en fonction de leur variation relative. Le classement ne se trouve généralement pas remis en cause ultérieurement au cours des premières années de culture, malgré l'incidence des pratiques culturales. Par ordre d'importance décroissant des variations relatives, on trouve : azote nitrique, instabilité structurale (Is), bases échangeables (sur brûlis), azote ammoniacal, activité phosphatase, quotient de minéralisation (QM), enfin carbone et azote totaux.

L'exploitation intensive mécanisée entraîne les transformations les plus importantes des caractéristiques physiques et organo-biologiques du sol. A l'opposé, l'exploitation traditionnelle (Tai) n'imposant que des contraintes d'exploitation de faible niveau entraîne les modifications défavorables les plus faibles. Le brûlis est particulièrement bénéfique dans le cas des sols ferrallitiques désaturés par son action positive sur les bases échangeables et le pH.

L'évolution du sol sous l'effet de la mise en culture est à la fois conditionnée par l'état du sol et de son environnement au stade initial et par les conditions d'exploitation ultérieure (modalités et contraintes). L'étude des processus et mécanismes d'évolution des sols cultivés implique que soit pris en compte l'ensemble de ces deux séries de facteurs conditionnants.

MOTS-CLÉS : Sol ferrallitique — Défrichement — Mode d'exploitation — Evolution sol cultivé — Profil cultural — Structure — Porosité — Erosion — Carbone — Azote — Phosphatase — Bases échangeables - pH.

ABSTRACT

STUDY ON COMPARATIVE PLOTS OF THE EVOLUTION OF FERRALLITIC SOILS UNDER THE INFLUENCE OF DIFFERENT TYPES OF LAND RECLAMATION AND CULTIVATION IN THE FOREST AND MARGINAL FOREST AREAS OF THE IVORY COAST

Objectives and study area

A study of the intensity and rapidity of the soil modifications in the first years of cultivation is conducted as related to the types of cultivation, the soil initial state and vegetation in four clearing sites situated in the forest and marginal forest areas (tables I and III). The influence of cultivation is evaluated by comparing the uncultivated and the cultivated plots belonging to the same pair and set up before clearing. In each site, plots have been set up on one or two types of soil which are among the most representative of the soil mantle and are interesting from an agricultural point of view.

The composite sampling including 30 elementary samples taken at 0-10, 10-20, 20-30, 30-50 cm and then every 20 cm up to 90 cm in 30 sub-plots has been achieved in each plot (500 m² at Abouakro and 1470 m² elsewhere). Soil samples have been taken at near intervals (1 to 3 months) over the first three years and then at wider intervals.

Evolution of the morphological and physical characteristics

The mechanized clearing causes more soil disturbances than the manual clearing. Moreover, disturbances are more intense in the cleared forest zones than in the cleared savanna zones. The morphological and physical characteristics are subject to the most intense and rapid disturbances due to cultivation such as degradation and widening of the structure, decrease in porosity and permeability... The cultural profiles under mechanized cultivation display big lateral and vertical differences due to the juxtaposition of masses of soil whose properties are quite different (plate 1).

The degradation of the characteristics occurs as soon as the soil is cleared. The increase in the structural instability (*I_s*) is all the stronger as one goes from the conventional clearing (plots T11, T12) to the complete manual clearing (DP1-DP2-EN) and to the mechanized clearing (plots EN, AB1, AB2, AB3) : plates 2 (fig. 1) and 3. The ferrallitic soils in central Ivory Coast are characterized by a very small range of optimum humidities as far as the tilling conditions are concerned and they are particularly sensitive to compaction under mechanized cultivation. The phenomena of fragmentation, compaction and consolidation play an essential role in the differentiation of the microstructures some of which being specific of the cultivated horizons. Cultivation and the soil tillage also contribute to the formation of surface thin layers or « dermites ».

Erosion is still low under conventional cultivation on burning as is the case at Tai but it suffers a strong increase when the soil is subject to ploughing, thus being multiplied by 50 or 100 as compared to the conventional cultivation.

Evolution of the analytical characteristics

In addition to the physical characteristics, the most outstanding types of evolution concern the organo-biological characteristics and some chemical characteristics. The results which are given graphically on an annual basis in plates 2 and 3 are expressed in terms of percentages of the relative variations of the cultivated plot as compared to the uncultivated plot at a depth of 0-30 cm.

Considering the whole cases and the periods studied after clearing, the relative decrease in total carbon does not exceed - 15 to - 17 % of the initial amount (- 1,5 to - 2 ‰ in absolute value). The variations in total nitrogen are of the same order of magnitude as those observed in carbon and there is no significant evolution in C/N. The decrease in the mineralization ratio is significant (Δ % = - 50 to - 60) under mechanized cultivation, but it is stronger at Adiopodoumé (DP1, DP2) than at Abouakro (AB1, AB2, AB3) ; there is no considerable variation under conventional cultivation at Tai (T11, T12).

At ENSA, (EN) the compost which was used before sampling at the end of the first year exerts a short term favourable influence on the total carbon and nitrogen, the mineralization ratio, the phosphatase activity and the nitric nitrogen. But, this influence is no longer observed in the following year (plate 2). No significant influence of the compost is observed on the ammoniacal nitrogen even at the end of the first year.

Soil cultivation leads to a decrease in the ammoniacal nitrogen in the evergreen forest areas (DP1, DP2, EN, T11, T12) and in the semi-deciduous forest new growth areas (AB1) from the third year. On the contrary, the evolution is positive in the savanna plots (AB2, AB3). Of all the parameters studied, nitric nitrogen displays the highest relative variations which are always positive as compared to the uncultivated plot. The relative increase is considerable in the cleared savanna areas (AB2 and AB3), while there is no significant variation in the cleared areas of forest new growth (AB).

The phosphatase activity decreases gradually in the cleared savanna areas (AB2, AB3) and the decrease is stronger in the cleared forest areas mainly under mechanized cultivation with Δ % ranging from - 40 to - 60 (DP1, DP2, EN, AB1). At Tai, the return to forest fallow (T11, T12) leads to a rapid improvement in the phosphatase activity.

The increase in the exchangeable bases is observed only in the burnt plots (DP1, DP2, T11, T12) where it depends on the efficiency of burning (Δ % = + 40 to + 100). Then, the relative evolution remains not very significant at Abouakro (AB1, AB2, AB3) where the soil is close to saturation at the initial state (Table III). However, one can observe a gradual decrease which is all the more considerable as the soil is less rich in exchangeable bases at the initial state (AB3). At ENSA, the use of compost associated with mineral fertilizers (Table I) has a lasting and favourable effect only on the exchangeable bases and pH at least up to the second year (EN). The improvement resulting from burning decreases gradually but it is still clearly positive after a period of four to five years at Adiopodoumé (DP1, DP2). At Tai, the relative increase in the exchangeable bases (85 % of which is due to calcium) becomes lower under fallow in T12 (midslope) but it retains the same values in T11 (downslope) ; both types of soil show in fact the same percentage of exchangeable bases.

In the absence of any significant variation in the exchange capacity, the saturation value and pH follow an evolution which is similar to that of the exchangeable bases (Plate 4). The favourable influence of burning on pH is observed along with a decrease in the exchangeable aluminium.

Conclusions

The structural, organo-biological and chemical characteristics (in the case of burning) are subject to the most rapid and intense disturbances due to cultivation. Degradation affects most of these soil characteristics with the exception of some of them which are improved such as nitric nitrogen, exchangeable bases and pH on burning.

As soon as the soil is cleared, one can establish a classification of the parameters under study as related to the intensity of their relative variation. Generally, this classification is not challenged in the first years of cultivation despite the impact of the cultural methods (Plate 3). Generally, the decreasing order of the relative variations is as follows : nitric nitrogen, structural instability (Is), exchangeable bases (on burning), ammoniacal nitrogen, phosphatase activity, coefficient of mineralization, total carbon and nitrogen.

The degradation of the soil general characteristics leads to a downward levelling ; therefore, the soils which are subject to the least favourable conditions at the initial state show the lowest relative degradation under the influence of cultivation : such is the case of the cleared savanna area at Abouakro. The mechanized intensive cultivation leads to the most significant transformations in the physical and organo-biological soil characteristics. On the contrary, only small constraints are forced upon the conventional cultivation, thus leading to the lowest unfavourable modifications. Burning is particularly favourable to the unsaturated ferrallitic soils due to its positive effect on the exchangeable bases and pH.

Particularly in case of intensive cultivation, pH seems to be bound to decrease in the more or less long term, even with saturated soils at the initial state. However, a better knowledge of the causes of the long term remaining effects of burning which occurs in some places could certainly help finding better means to cope with the pH decrease.

The soil evolution under the influence of cultivation depends both on the soil condition and its environment at the initial state and on the conditions of subsequent cultivation (methods and constraints). The study of the processes of evolution concerning the cultivated soils suggests that these two types of determinants should be taken into account.

KEY WORDS : Ferrallitic soil — Clearing — Type of cultivation — Cultivated soil evolution — Structure — Porosity — Erosion — Carbon — Nitrogen — Phosphatase — Exchangeable bases — pH.

Dès la fin des années soixante, le gouvernement ivoirien se préoccupait des conséquences du développement des défrichements et de l'introduction des méthodes d'exploitation nouvelles sur la conservation de son patrimoine naturel et notamment des sols. Avec le souci de préserver le potentiel de fertilité, il encourageait les études de comportement des sols cultivés afin de préciser l'influence des différents modes d'exploitation sur l'évolution des sols et d'acquérir des données de références devant faciliter la mise au point de méthodes culturales mieux adaptées aux conditions du milieu. C'est dans cette perspective qu'ont été développées dans les régions forestières et préforestières, les études dont il est question dans cette note.

Il s'agit d'études suivies destinées à apprécier l'importance et la rapidité des modifications du sol au cours des premières années de mise en culture, en fonction des modes de défrichage et d'exploitation et en relation avec l'état initial du sol et de la végétation dans différentes zones écologiques. Ces études comparatives doivent contribuer à une meilleure connaissance des causes et des modalités de transformation des sols sous l'effet des contraintes culturales.

SITUATION ET CARACTÈRES DES SITES D'ÉTUDE

Les recherches ont été conduites en Moyenne et Basse Côte d'Ivoire, sur des sites choisis en fonction des opérations de défrichement réalisées et de la possibilité d'y effectuer une étude suivie pendant plusieurs années.

Trois régions sont concernées :

— La région Centre, à l'Est de Bouaké, études réalisées sur les blocs culturaux de l'A.V.B. (1) (Abouakro).

— La région d'Abidjan : au Centre ORSTOM d'Adiopodoumé et sur le domaine de l'ENSA (2) d'Abidjan (forêt d'Abobo).

— Le Sud Ouest dans le cadre du programme MAB (3) à Taï.

Comme on le voit sur le tableau I, les conditions à l'état initial sont différentes selon les sites, mais elles peuvent également l'être sur un même site : végétation différente (savane, recru forestier) à Abouakro, sols différents (mi-pente, bas de pente) à Taï.

Dans tous les cas, l'exploitation était basée sur des cultures annuelles, mais avec des conditions différentes (type de plante, rotation, pratiques culturales) d'un endroit à l'autre : tableau I.

MÉTHODE D'ÉTUDE

Toutes les études suivies ont été réalisées sur des couples de parcelles (parcelle cultivée — parcelle témoin) implantés avant les travaux de défrichage. Dans ces conditions, l'influence de la mise en culture est appréciée, au cours du temps, par différence entre parcelle témoin et parcelle cultivée, en dégageant au mieux l'incidence d'autres facteurs de variabilité susceptibles d'intervenir (facteurs naturels : climatiques notamment, ou humains : échantillonnage et conditionnement des échantillons, effets de série au niveau des

1. Autorité pour l'aménagement de la Vallée du Bandama.

2. Ecole Normale Supérieure Agronomique.

3. « Man and Biosphere » project. UNESCO.

tallation des parcelles, des événements accidentels naturels ou liés aux interventions de défrichage et de culture peuvent entraîner localement des modifications spécifiques susceptibles d'interférer sur l'expression des résultats et d'en diminuer la valeur interprétative concernant l'évolution du sol à l'échelle de la parcelle. On s'est efforcé de pallier à cet inconvénient aussi simplement que possible :

— en neutralisant les zones affectées lorsqu'il s'agit de cas tout à fait exceptionnels : déracinement de gros arbres, présence de termitière, événement culturel inhabituel ;

— en traitant de façon séparée les cas extrêmes afin de fixer l'éventail des cas de situation et utiliser les résultats pour enrichir l'analyse générale du comportement réactionnel du sol aux différentes contraintes : cas des brûlis par exemple.

D'autres chercheurs ont également étudié en Côte d'Ivoire forestière et préforestière, l'influence de la mise en culture par comparaison entre parcelle cultivée et parcelle témoin. Dans la région Centre, et notamment à Abouakro, P. de BLIC a plus particulièrement étudié l'évolution des caractéristiques physiques des sols sous l'effet de la mise en culture ; à Taï, J. COLLINET a étudié l'incidence de la mise en culture traditionnelle sur l'érosion des sols ; plusieurs jeunes chercheurs ont aussi contribué temporairement à ces travaux. Nous évoquerons également leurs résultats dans la présentation sommaire qui va suivre.

RÉSULTATS : INFLUENCE DE LA MISE EN CULTURE

L'étude suivie du sol sur couple de parcelles permet d'apprécier l'effet mise en culture par comparaison directe des caractéristiques du sol entre parcelle témoin et parcelle cultivée, en fonction des opérations de défrichage et des pratiques culturales qui interviennent au cours du temps. Ces données comparatives vont être évoquées dans la présente note.

Mais les résultats obtenus à intervalles relativement rapprochés (mensuels) sur les parcelles, permettent également de mettre en évidence des processus évolutifs en relation avec des mécanismes majeurs d'expression et de conservation des caractéristiques de fertilité du sol, dans les conditions naturelles. De la même façon, il est important de déterminer la nature et l'importance des modifications enregistrées sur les parcelles cultivées par rapport aux conditions naturelles, en ce qui concerne ces processus, pour affiner l'analyse du comportement du sol vis-à-vis des contraintes d'exploitation. Ce travail d'interprétation plus approfondie ne sera pas développé ici.

EVOLUTION DES CARACTÉRISTIQUES MORPHOLOGIQUES ET PHYSIQUES

Les perturbations mécaniques et les modifications morphologiques interviennent dès le stade de défrichage dans le cas des défrichements mécanisés (bulldozer) et cela de façon plus importante sur défriche de forêt que sur défriche de savane : tassement et zones de manœuvre des engins chenillés, zone de dessouchage, amoncellement hétérogène de débris

végétaux et de terre de différents horizons, décapage à certains endroits... Les conditions d'humidité prévalant au moment des travaux favorisent certains traits de perturbation : tassement, compaction.

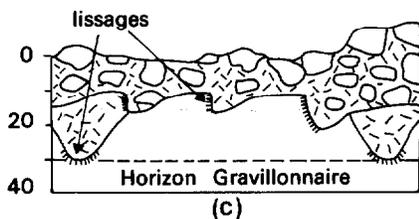
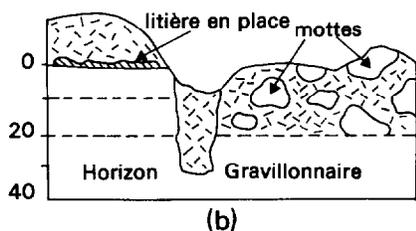
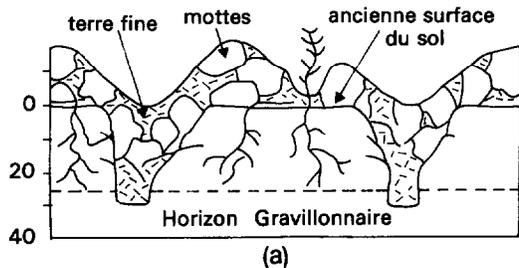
Le défrichage mécanisé complété par un sous-solage destiné à extirper les racines à moyenne profondeur laisse le sol dans un état de perturbation et d'hétérogénéité marqué, avec des limites très irrégulières du niveau perturbé (en surface et en profondeur). Ces caractères ne sont que dans une certaine mesure corrigés par les travaux ultérieurs de préparation du sol : labour ou pseudo-labour (Planche 1 — fig. 1). Dans l'ensemble des situations étudiées, la limite inférieure du niveau perturbé n'excède qu'exceptionnellement 30 à 40 cm.

Le défrichage intégral manuel (Adiopodoumé) n'affecte le sol que de façon superficielle (hor. A), à l'exception des excavations profondes nécessaires pour le dessouchage des gros arbres, et dans ce cas, la perturbation a été réduite en prenant soin, pour reboucher les excavations, de déposer la terre selon l'ordre de superposition correspondant à la différenciation verticale naturelle du sol.

Le défrichage traditionnel qui consiste en un simple essartage et brûlage (Taï) laisse naturellement le sol totalement indemne de perturbation.

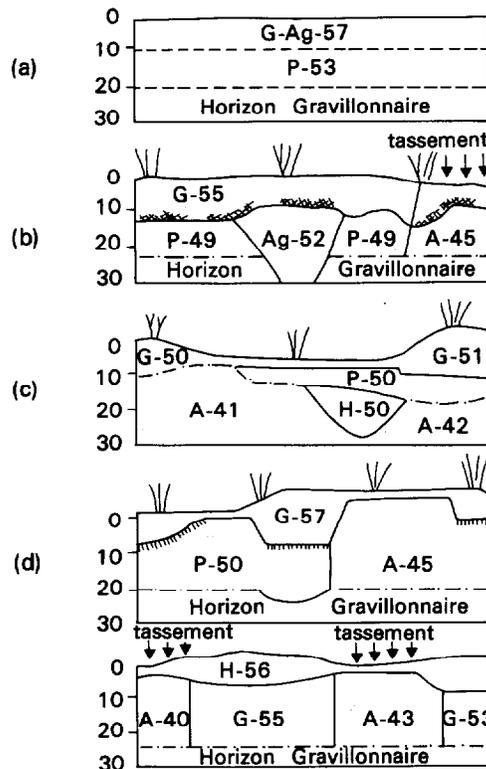
De BLIC (1978) a montré que les sols de la région Centre de Côte d'Ivoire sont particulièrement sensibles au tassement, surtout les sols issus de granites comme à Abouakro : densité maximum atteinte pour des valeurs proches de la capacité de rétention (courbes de compactage Proctor). Par ailleurs, la cohésion augmente rapidement avec la dessiccation, mais davantage dans les sols sur schistes et roches vertes que sur granite. Il convient donc de travailler les premiers à l'état encore frais ou humide (cohésion moindre, sans trop de susceptibilité au tassement), les seconds à des humidités bien inférieures au point de ressuyage. De toute façon, ces sols présentent une gamme d'humidités optimales pour les conditions de travail très étroite ; cela n'est pas sans rapport avec les dégradations physiques relativement rapides et importantes qui accompagnent leur exploitation dans les conditions où elle est réalisée.

Après le défrichage, les travaux culturaux mécanisés amplifient certains traits de modification du sol résultant du défrichage ; ils peuvent en réduire d'autres. Dans le cas général, on observe une accentuation des différenciations latérales et verticales (de BLIC, 1975-1978 ; E.A. AKODO, 1977 ; de BLIC et MOREAU, 1979) : dégradation de la structure, compaction et tassement discontinu mais à répétition périodique dans l'espace, limite de travail brutale correspondant souvent avec une limite pédologique dont elle accentue le contraste, liseré de compaction horizontal évoluant ensuite vers une semelle de labour. La juxtaposition dans le profil et au sein même de l'horizon de travail de volumes présentant des propriétés bien différentes : la porosité notamment (planche 1 — fig.2), et l'existence de transitions brutales constituent un élément défavorable au bon développement des racines, à la dynamique de l'eau et à l'exploitation du potentiel de fertilité du sol.



1

VOLUMES STRUCTURAUX		58 Porosité %
A - Amérode		végétaux enfouis
Ag - Anguclode		semelle de labour lissée
G - Grumoclude		limite culturale
H - Hétéroclode		limite pédologique
P - Pauciclude		limite pédo-culturale
G-Ag - Grumo-anguclode		



2

PLANCHE 1

Fig.1. — Profils culturaux sur défriche récente. a : Défriche de savane, sous-solage. b : Défriche forestière, sous-solage. c : Après sous-solage et passage de Rome-plow (D'après Ph. de BLIC et R. MOREAU, 1979)

Fig.2. — Structure et porosité. a : Sol témoin de savane. b : Cinq mois après défriche de savane (différenciation verticale, raie de sous-solage). c : Cinq mois après défriche de savane (cas d'un horizon intermédiaire très compact, raie de sous-solage). d : Dix huit mois après défriche de savane (différenciation verticale et latérale). e : Deux ans et demi après défriche de savane (très forte différenciation latérale) (D'après Ph. de BLIC et R. MOREAU, 1979)

A Abouakro, l'hétérogénéité du profil s'exprime d'autant mieux (outre le fait que le sol est particulièrement susceptible aux contraintes mécaniques) que le travail du sol est relativement peu profond (15-20 cm) et d'épaisseur très irrégulière dans l'espace et également dans le temps, d'une intervention à l'autre (outils à disques). Dans ces conditions, il se produit un effet cumulatif des différentes empreintes, sans que l'ensemble se trouve totalement oblitéré par une nouvelle intervention. Des écarts de porosité de 10 à 15 % (en valeur absolue), entre des volumes juxtaposés sur le même niveau, ne sont pas rares dans ces sols cultivés.

A Adiopodoumé, sur des sols plus sableux et sous climat plus humide, le labour plus profond : 30 cm (charrue à soc) reprend pratiquement à chaque fois la totalité de l'horizon de travail ; toutefois, celui-ci enregistre l'effet des contraintes physiques qui se manifestent pour un cycle cultural ; des zones de compaction existent également ici avec une réduction de porosité pouvant atteindre 5 à 8 % (en valeur absolue). Cependant, il se développe dans ces sols un niveau de compaction sous l'horizon de travail (semelle de labour, avec structure à tendance feuilletée à la partie supérieure) n'apparaissant que de façon intermittente et peu distincte (effet

TABLEAU II

Comparaison de la porosité du sol sous forêt et sous culture ancienne à Adiopodoumé (d'après EA-AKODO, 1977)

Profondeurs cm :	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70
Porosité sous vieille culture % :	<u>41,2</u>	42,2	42,6	<u>35,2</u>	41,9	42,3	39,2
Porosité sous forêt % :	52,0	44,0	43,0	42,7	40,8	41,9	41,2

de tassement de la zone de fond de raie) pendant les premières années de mise en culture, tendant ensuite à se généraliser pour constituer un trait caractéristique du sol dans les parcelles de vieille culture. La comparaison des valeurs de porosité sous vieille culture et sous forêt à Adiopodoumé (Tableau II) fait bien apparaître la péjoration de cette donnée sous l'effet de la culture, particulièrement au niveau 0-10 et aussi à 30-40 cm.

Sous l'effet de la culture traditionnelle (sans travail du sol) à Taï, les modifications morphologiques les plus nettes sont liées à la décomposition des racines préexistantes : les plus fines (mm) et superficielles : la 1^{ère} année, les plus grossières (cm) et sous-jacentes : la 2^e année, et à la réduction de l'activité biologique après l'ouverture de la forêt : en particulier la disparition des turricules nombreux sous forêt. On observe alors une « fonte » des grumeaux dans l'horizon superficiel forestier pour aboutir à une structure particulière, mais sans qu'apparaisse de compaction caractérisée de l'horizon. On n'enregistre généralement pas de variation significative de la porosité sur défriche naturelle par rapport à la forêt (FRISTCH, 1981). Dès le retour sous jachère forestière, se manifeste une rapide reprise des vers de terre favorisant le développement d'une structure partiellement grumeleuse.

Les caractéristiques physiques et structurales apparaissent toujours parmi les plus fortement et rapidement affectées par la mise en culture : élargissement de la structure, diminution de la porosité et de la perméabilité (M. AKODO, 1977 ; de BLIC et MOREAU, 1979 ; MOREAU, 1979). L'instabilité structurale que reflète l'indice *I_s* s'accroît fortement dès le stade de défrichement (MOREAU, 1982), avec un ordre d'importance croissant en passant du défrichement traditionnel (Taï) au défrichement intégral manuel (Adiopodoumé), puis au défrichement intégral mécanisé (ENSA-Abouakro) : Planches 2 (fig. 1) et 3. On a pu constater, à Abouakro, que la diminution de stabilité structurale très rapide au cours des travaux de défrichement n'est pas en relation étroite avec la variation du taux de matière organique et montrer que l'ameublissement et la désorganisation de l'assemblage naturel du sol devaient être considérés comme facteurs d'affaiblissement de la stabilité structurale : susceptibilité accrue des agrégats à l'action de l'eau

(MOREAU, 1978). Naturellement, l'influence directe des contraintes mécaniques intervenant durant les opérations ne peut qu'accentuer les phénomènes de dégradation.

Après avoir étudié la micromorphologie de la partie supérieure des sols cultivés sur les blocs A.V.B. dans la région Centre, de BLIC (1979) indique que les phénomènes de fragmentation, de compaction et de reprise en masse, jouent un rôle essentiel dans la différenciation des microstructures et de leur transformation au cours du cycle cultural. L'auteur décrit plusieurs types de microstructure dont certaines sont dominantes et spécifiques des milieux travaillés : « microstructure d'entassement libre à micro-fragments anguleux » et « microstructures composites ».

L'effet de battance se trouve favorisé par la dégradation des caractéristiques structurales qui accompagne la mise en culture intensive, d'autant mieux que la protection du sol se trouve moins bien assurée par la végétation. La formation des pellicules superficielles n'est pas spécifique des sols cultivés, mais il est sûr qu'elle s'y manifeste de façon beaucoup plus générale. A partir des études réalisées sur les blocs A.V.B. de la région Centre, de BLIC (1979) a établi une classification micromorphologique des différents types de pellicule superficielle ou « dermilite », observés pour les sols sur granite et les sols sur schistes et précise que ces dermilites semblent être le plus souvent polygéniques : résultant à la fois de phénomènes de battance et des apports par ruissellement.

On sait que la mise en culture favorise généralement l'érosion (disparition du couvert végétal, dégradation physique du sol). Il n'a pas été observé de phénomène érosif spectaculaire sur les parcelles étudiées, à l'exception du défrichement d'Adiopodoumé où les précipitations exceptionnelles du mois de juin 1976 (1260 mm), alors que le terrain venait d'être ouvert, ont entraîné une érosion en rigole relativement importante, initiée à partir d'un fossé de bordure de piste qui a permis le déversement des eaux de surface : les zones affectées ont été aménagées et neutralisées pour l'étude suivie sur AB1 et AB2.

On ne possède pas de données précises concernant l'érosion à la suite de la mise en culture sur les sites soumis à l'exploitation mécanisée à Abouakro, Adiopodoumé et ENSA (1). Mais à Taï, l'érosion a également fait l'objet d'une étude

(1) Notons, toutefois que d'importants résultats concernant le phénomène d'érosion sur sols naturels et cultivés ont été obtenus par ailleurs, dans les deux régions concernées (ROOSE, 1981).

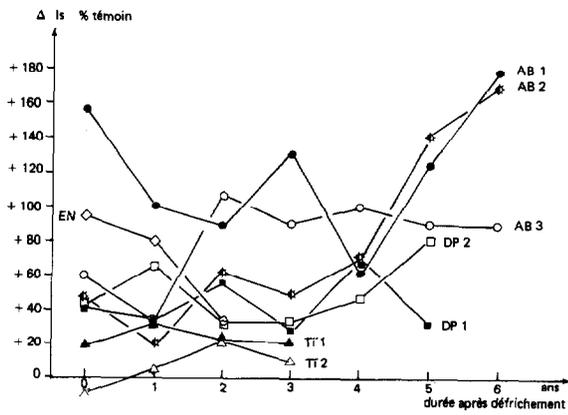


Fig. 1. — Evolution de la stabilité structurale

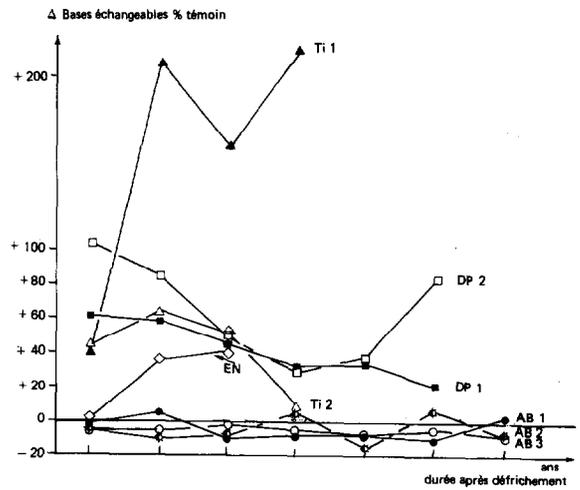


Fig. 2. — Evolution de la somme des bases échangeables

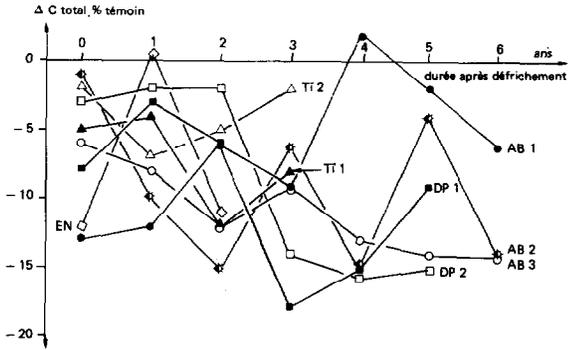


Fig. 3. — Evolution du carbone total

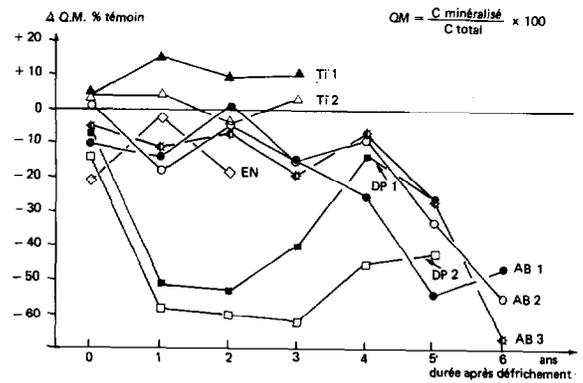


Fig. 4. — Evolution du coefficient de minéralisation du carbone

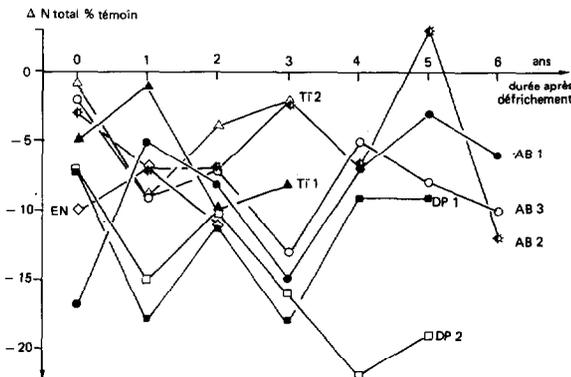


Fig. 5. — Evolution de l'azote total

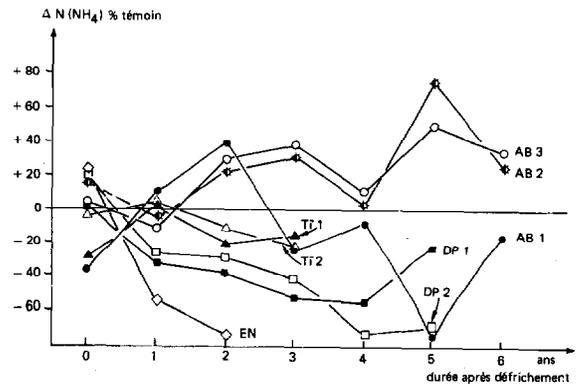


Fig. 6. — Evolution de l'azote amoniacal

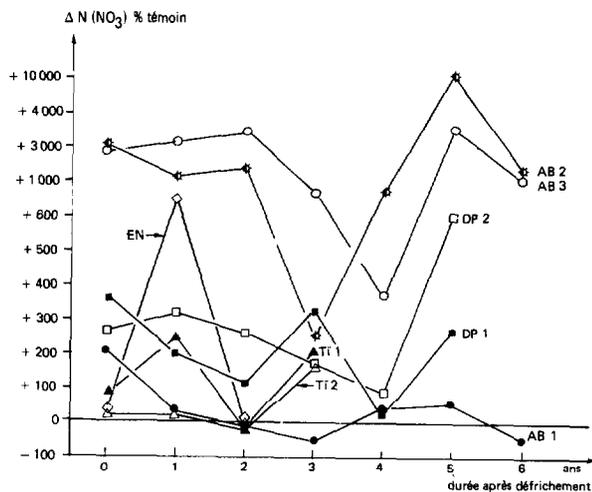


Fig. 7. — Evolution de l'azote nitrique

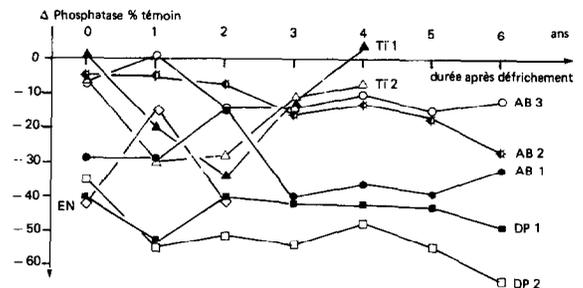


Fig. 8. — Evolution de l'activité phosphatase

Evolution des sols ferrallitiques sous différents modes de mise en culture

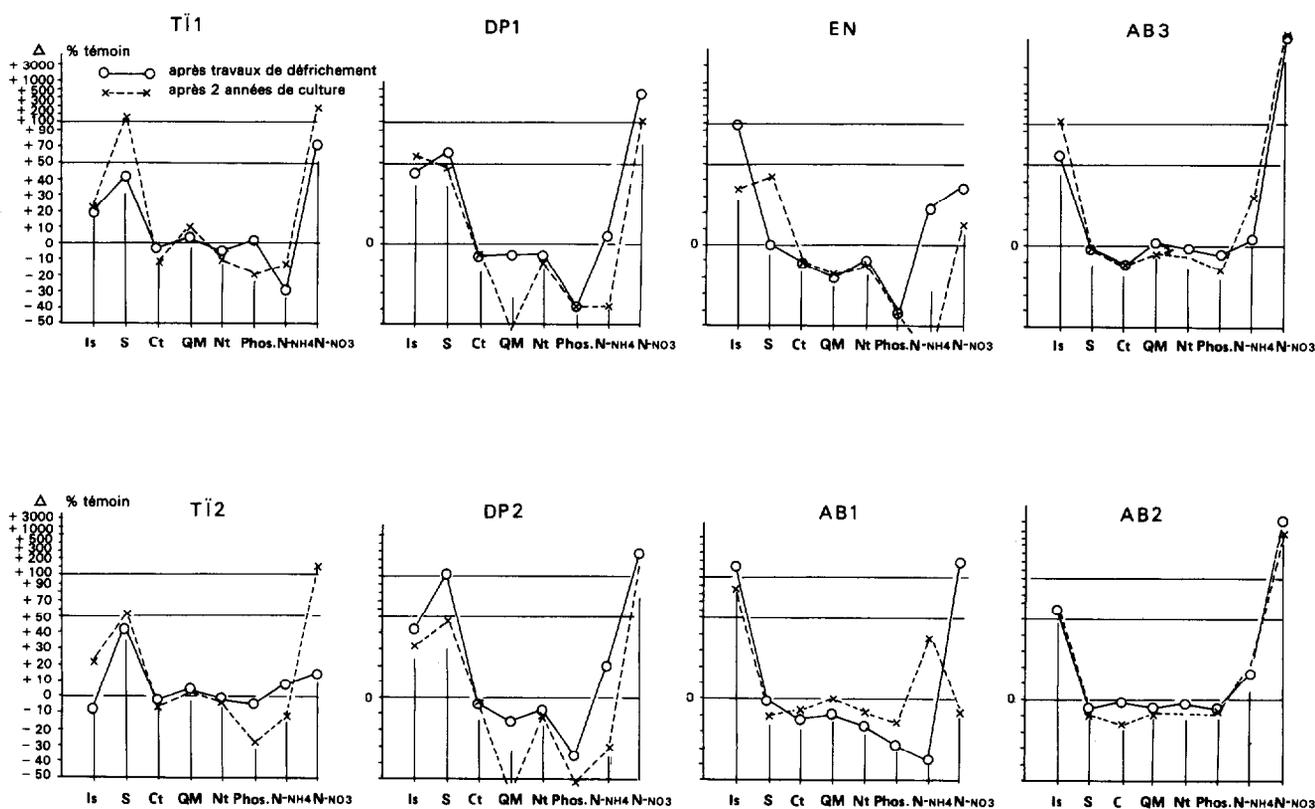


PLANCHE III

Variations relatives des paramètres suivis entre 0-30 cm de profondeur

suivie comparative sur deux bassins versants : l'un défriché, l'autre conservé sous forêt naturelle. Les résultats obtenus (COLLINET, 1983-1984) indiquent que l'érosion sous culture traditionnelle telle qu'elle est pratiquée à Taï reste faible : 200-300 kg/ha de terre par an sur un sol de bas de pente

comparable à la parcelle T11. Par contre, l'étude expérimentale a montré qu'un labour du sol à la houe multiplie l'érosion par un facteur de 50 à 100, selon les conditions d'humectation préalable. Sur le même sol, l'édification de buttes (culture d'igname) diminue sensiblement l'érosion par rap-

TABLEAU III
Caractéristiques du sol à l'état initial

		Argile limon fin %	Is (Hénin)	Capacité d'échange (mé/100g)	Bases échangeables (mé/100g)	pH eau	Carbone total (%)	Carbone minéralisable (Q. M.)	Azote total (%)	N-NH ₄ (10 ⁻⁵)	N-NO ₃ (10 ⁻⁵)	phosphatase ug phenol/ %
Abouakro	AB1	26,6	0,77	7,91	6,99	6,4	12,71	0,75	1,15	4,44	0,61	87
	AB2	34,5	0,90	7,27	5,96	6,6	11,36	0,97	0,82	3,37	0,05	42
	AB3	29,3	0,91	5,17	4,52	6,5	9,31	1,01	0,69	3,45	0,06	42
Adiopodoumé	DP1	11,5	0,37	6,06	0,80	4,7	9,84	0,78	0,84	0,71	0,02	58
	DP2	11,6	0,40	5,62	0,56	4,5	9,26	0,79	0,76	0,63	0,02	50
ENSA	E N	18,3	0,57	8,08	0,44	4,4	16,20	0,42	1,14	0,81	0,03	74
Tou	T11	20,4	1,18	3,39	0,37	4,8	8,01	0,81	0,59	2,43	0,05	71
	T12	19,6	1,23	3,75	1,26	5,1	9,17	1,10	0,74	1,87	0,06	84

port au sol labouré (dans les mêmes conditions, cette technique paraît peu efficace sur un sol de sommet, gravillonnaire dès la surface).

EVOLUTION DES CARACTÉRISTIQUES ORGANO-BIOLOGIQUES ET CHIMIQUES

Outre l'indice d'instabilité structurale : I_s , les traits d'évolution les plus marquants, parmi les caractéristiques analytiques suivies, concernent les paramètres organo-biologiques : carbone, azote, activité phosphatase, et chimiques : bases échangeables, pH (MOREAU, 1982). Ces résultats sont graphiquement résumés sur les planches II et III où, par souci de simplification, n'ont été considérées que les variations annuelles, à partir du défrichement, sur l'épaisseur 0-30 cm du sol ; les valeurs indiquées correspondent aux variations relatives de la défriche en pourcentage du témoin non cultivé (Δ % témoin).

Cependant, les valeurs d'un même paramètre peuvent être très différentes selon les sols, à l'état initial (tabl. III), et l'appréciation exacte de l'importance des modifications sous l'effet de la mise en culture doit également s'appuyer sur la valeur absolue des variations pour chaque paramètre.

EVOLUTION DES CARACTÉRISTIQUES ORGANO-BIOLOGIQUES

— Carbone

La diminution relative de la teneur en Carbone total (Pl. 2 — Fig. 3), se manifeste dès la mise en culture après les travaux de défrichement et préparation du sol, mais ce n'est que sur les défrichements mécanisés de forêt que les valeurs dépassent — 10 % : parcelles EN (— 1 % en valeur absolue) et AB1 (— 1,8 % en valeur absolue).

Par la suite, l'évolution est fonction des conditions de culture. Mais plusieurs traits de comportement significatifs peuvent être notés :

— Abouakro : sur défriche de forêt (parcelle AB1), reprise du stock organique jusqu'à l'optimum de 4^e année (après l'enfouissement du *Stylosanthes*) puis rechute sous riz et surtout igname (6^e année) ; sur défriche de savane (AB2 et AB3), les valeurs diminuent en cours des deux premières années et n'excèdent pas, par la suite, — 1,5 à — 1,9 % (valeur absolue) dans les cas les plus défavorables :

— ENSA : l'effet important immédiat (1 an) (1), mais peu durable (2 ans) du Compost « Humuci ».

— Adiopodoumé : relative stabilité par rapport au stade défrichement pendant 2 ans puis chute en 3^e année : valeurs optimales de ΔC : — 1,5 à — 1,7 % (valeur absolue) ;

— Taï : diminution sensiblement plus importante en Ti1 (bas de pente) qu'en Ti2 (mi-pente), ΔC n'excédant pas respectivement — 1% et — 0,5% (valeur absolue). Une reprise s'amorce dès la 3^e année avec le retour sous jachère forestière.

Sur l'ensemble des résultats et pour la durée des périodes

après défrichement considérées, la diminution relative du carbone total ne dépasse pas — 15 à 17 % du stock initial, soit en valeur absolue : — 1,5 à — 2 %.

Le quotient de minéralisation du carbone : $QM = (C \text{ minéralisable } (2)/C \text{ total}) \times 100$, fournit des courbes évolutives assez différentes selon les sites étudiés (Pl. 2 — Fig. 4). La diminution du QM reste relativement faible à Abouakro au cours des 3 ou 4 premières années (AB1 et AB2, AB3), puis elle s'accroît de façon importante en 5 et 6 années : $\Delta QM = -50$ à 60 % du témoin (— 0,2 à — 0,3 en valeur absolue).

A l'ENSA, le QM présente un comportement analogue à celui du C total en rapport avec l'effet compost.

L'effet dépressif de la mise en culture se manifeste rapidement au cours de la première année, à Adiopodoumé, pour atteindre un palier où $\Delta QM = -50$ à 60 % du témoin), avec une reprise plus significative pour DP1 (culture) que pour DP2 (sol nu) après 4 et 5 ans.

On enregistre à Taï, les variations de QM les plus faibles et non significatives. A noter, toutefois, la tendance nettement positive des valeurs pour Ti1 et la position relative des courbes Ti1 et Ti2 à l'inverse de ce que l'on observe pour le Carbone total.

— Azote

Malgré une variabilité sensiblement plus importante des résultats, l'évolution de l'azote total (Pl. 2 — Fig. 5) apparaît assez analogue à celle du carbone total, avec des variations relatives du même ordre de grandeur. En valeur absolue, ΔN se situe le plus souvent au-dessous de — 0,15 %, n'atteignant qu'exceptionnellement — 0,20 %. Dans ces conditions, C/N ne varie pas de façon significative.

Les formes minérales de l'azote : $N-NH_4$ et $N-NO_3$, particulièrement sensibles aux conditions ambiantes (surtout pour $N-NO_3$) accusent l'effet de mise en culture de façon différente selon les cas de situations (Pl. 2 — Fig. 6 et Fig. 7).

Seules les défriches de savane : AB2 et AB3, à Abouakro, présentent des variations positives d' $N-NH_4$ pendant toute la durée de l'étude : $\Delta N-NH_4 = +0,3$ à $0,8 \times 10^{-5}$. Sur le même site, la défriche forestière (recru semi-décidu) présente une évolution différente avec des valeurs négatives à partir de la 3^e année. Le défrichement intégral suivi de culture mécanisée (DP1, DP2, EN) entraîne une diminution relativement rapide d' $N-NH_4$ la première année, plus progressive ensuite, pour atteindre des valeurs de $\Delta N-NH_4$ dépassant — 50 % du témoin. A noter, que l'effet favorable du compost ne se manifeste pas pour cette donnée à l'ENSA (EN). La mise en culture traditionnelle à Taï, n'entraîne qu'une diminution modérée d' $N-NH_4$ en fin de 2^e année se prolongeant en début de jachère forestière : $\Delta N-NH_4 = -0,1$ à $-0,2 \times 10^{-5}$ (valeur absolue).

$N-NO_3$ présente les plus fortes variations relatives enregistrées et toujours dans le sens positif par rapport au témoin (3). L'augmentation relative de $N-NO_3$ apparaît considéra-

(1) Les prélèvements ont suivi l'apport de compost, avant la culture de 2^e année.

(2) C minéralisé en 7 jours d'incubation à 28° C.

(3) Les très fortes valeurs relatives enregistrées ici résultent également des valeurs très faibles de $N-NO_3$ à l'état initial sous forêt sempervirente (DP1, DP2, EN) et surtout sous savane (AB2, AB3). Le recru forestier semi-décidu (AB1), par contre, est déjà relativement riche en $N-NO_3$ (Tabl. III).

ble sur défriche de savane (AB2-AB3), à l'opposé, sur le même site, la défriche forestière (semi-décidue) ne présente pas de variation significative (AB1). Parmi les défriches de forêt sempervirente, on reconnaît à l'ENSA, à nouveau pour cette donnée, l'effet bénéfique immédiat mais peu durable du compost. Le défrichage traditionnel (Ti1 et Ti2) n'a que des effets modérés et peu significatifs : à 3 ans Δ N-NO₃ n'excède pas $+ 0,10 \times 10^{-5}$ (valeur absolue).

— *Activité phosphatique* (Pl. 2, Fig. 8)

Cette activité enzymatique, considérée comme un critère de l'activité biologique diminue dans tous les cas de mise en culture, mais dans des proportions différentes selon les situations. Au stade du défrichage, seules les défriches intégrales de forêt (AB1, DP1 et DP2, EN) présentent des diminutions significatives importantes : — 40 à — 50 % du témoin (— 20 à 30 ug (1) en valeur absolue). Après cette chute résultant du défrichage, l'évolution est beaucoup plus progressive et un pallier s'établit. A l'ENSA (EN) on peut à nouveau noter l'effet rapide mais peu durable du compost.

L'activité phosphatique enregistre les plus faibles diminutions sur défriche de savane (AB2, AB3) où les valeurs sont déjà faibles à l'état initial. La péjoration s'accroît cependant progressivement au fil des années mais ne dépasse pas la limite de — 10 ug. A Taï, on enregistre une diminution bien significative pendant la phase culturale : jusqu'à — 25 ug, mais elle est suivie d'un rétablissement rapide dès le retour sous jachère forestière.

VARIATIONS DES CARACTÉRISTIQUES CHIMIQUES

Parmi les caractéristiques chimiques (autres que l'azote), ce sont les bases échangeables qui présentent les variations les plus remarquables et cela en fonction des conditions de mise en culture (Pl. 2 — Fig. 2). Le brûlis (DP1, DP2 et Ti1, Ti2) enregistre d'emblée une élévation très significative de la somme des bases échangeables dont l'importance dépend de l'efficacité du brûlage : + 40 à + 100 % du témoin (0,6 à 1 mé/100 g en valeur absolue). Cette efficacité peut être meilleure en 2^e année dans le cas de la culture traditionnelle et renforcer l'effet de 1^{re} année (Ti1). Il n'y a aucune modification des bases échangeables à la suite du défrichage mécanisé (AB1, AB2, AB3 et EN).

A Abouakro où le complexe adsorbant est au voisinage de saturation à l'état initial (Tabl. III), les variations relatives sont faibles et peu significatives. La tendance est à la diminution progressive au cours des années, surtout sur les parcelles les moins bien pourvues à l'origine, mais sans dépasser : — 0,5 à 0,6 mé/100 g. A l'ENSA, l'enrichissement consécutif à l'apport du compost et des fertilisants minéraux (1 an) se maintient au moins jusqu'à l'année suivante (2 ans).

Sur brûlis à Adiopodoumé, l'enrichissement ne se réduit que progressivement sur la parcelle cultivée et fertilisée (DP1), comme sur la parcelle sol nu (DP2) : Δ S = + 0,2 à + 0,4 mé/100 g après 4-5 ans. A Taï, l'élévation relative maximum apparaît beaucoup plus faible sur sol de mi-pente (Ti2) que de bas de pente (Ti1). Toutefois, la différence est moins importante si l'on considère les valeurs absolues :

TABLEAU IV
Evolution annuelle du pH sur les 30 m supérieurs du sol, sur les parcelles défrichées

Années après défrichage	0	1	2	3	4	5	6
Abouakro :							
AB1 unité pH (% tém.)	- 0,2 (-3)	+ 0,1 (+2)	- 0,1	+ 0,2	0,0	- 0,1	0,0
AB2	0,0 (0)	- 0,1 (-2)	- 0,1 (-2)	+ 0,1 (+3)	+ 0,2 (+3)	- 0,1 (-0)	- 0,2 (-3)
AB3	- 0,1 (-3)	- 0,1 (-2)	- 0,2 (-4)	+ 0,1 (+2)	- 0,1 (+2)	- 0,1 (-3)	- 0,1 (-2)
ENSA : EN	+ 0,1 (+2)	0,0 (0)	+ 0,3 (+7)				
Adiopodoumé :							
DP1	+ 0,3 (+11)	+ 0,1 (+2)	+ 0,1 (+2)	+ 0,2 (+3)	0,0 (0)	0,0 (0)	
Taï :							
Ti1	+ 0,2 (+4)	+ 0,7 (+17)	+ 0,5 (+13)	+ 0,5 (+11)			
Ti2	+ 0,2 (+4)	+ 0,3 (+7)	+ 0,3 (+6)	+ 0,2 (+4)			

(1) Résultat exprimé en ug phénol/2 h d'incubation à 30°C/g de sol.

+ 0,5 mé/100 g en Ti2 contre + 0,6 à + 0,7 mé/100 g en Ti1. L'augmentation relative se réduit rapidement avec le retour sous jachère forestière en Ti2 : $\Delta S = + 0,1$ mé/100 g

après 1 an de jachère, tandis qu'elle se maintient parfaitement en Ti1. Les deux types de sol se situent finalement au même niveau de richesse en bases échangeables (S = 1,2 à

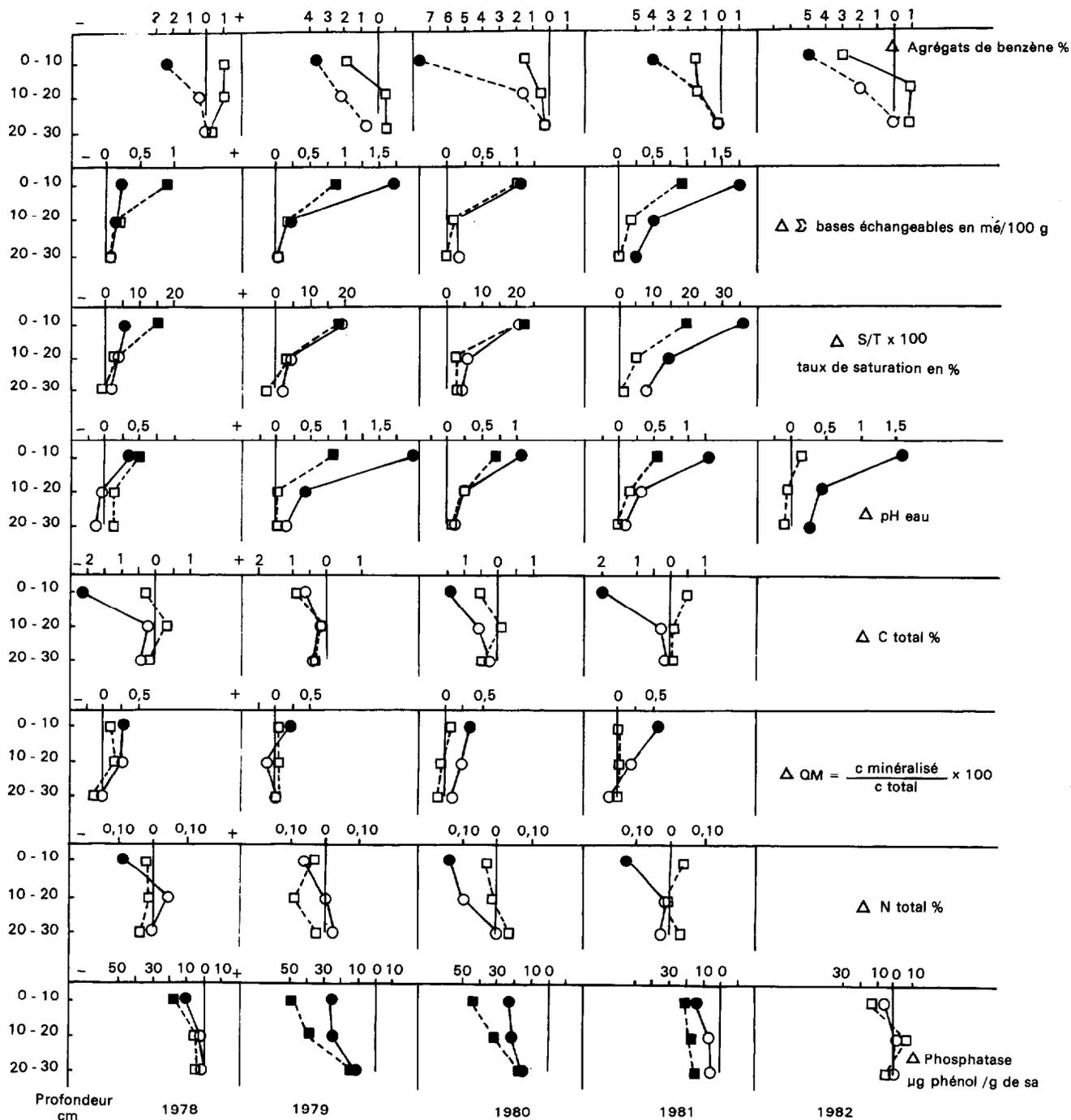


PLANCHE IV

Evolution des caractéristiques du sol après la mise en culture à Tai (parcelles Ti1 : O, Ti2 : □) différence significative (P = 0,05) ●, ■

1,4 mé/100 g) alors que le sol de bas de pente (Ti1) était nettement plus pauvre à l'origine : le bénéfice du brûlis se trouve donc plus avantageux et durable sur ce dernier type de sol.

La capacité d'échange ne semble pas affectée de façon significative par la mise en culture, et il existe une grande analogie entre l'évolution du taux de saturation, du pH et celle de la somme des bases échangeables (Pl. 4).

Le pH varie dans des proportions plus faibles que les bases échangeables sous l'effet de la mise en culture (Tabl. IV). L'élévation du pH sur brûlis reste modérée à Taï et à Adiopodoumé ($\leq 0,5$ unité pH) et l'effet compost ne se manifeste qu'en fin de 2^e année à l'ENSA. Cependant, particulièrement dans le cas des sols peu ou non travaillés, le fait de considérer une valeur moyenne pour les 30 cm supérieurs occulte l'importance des gradients verticaux aussi bien pour le pH que pour les autres caractéristiques du sol. Comme on le constate sur la planche 4, à Taï les variations sont maximum au niveau 0-10 cm et, à l'exception de l'activité phosphatase, n'intéressent pratiquement pas le niveau 20-30 cm. On observe, toutefois, en ce qui concerne les bases échangeables et le pH, une descente du front d'enrichissement après 3 ou 4 ans (1981 et 1982) sur la parcelle Ti1.

Il n'apparaît pas, à la suite de la mise en culture à Abouakro, d'évolution significative du pH sur l'épaisseur 0-30 cm. Mais on enregistre des diminutions significatives dès la 2^e année de culture si l'on considère le niveau 0-10 cm : valeurs de l'ordre de $-0,2$ à $0,4$ unité pH, pouvant atteindre $-0,5$ à $-0,6$ unité pH après 5 et 6 années de culture.

L'élévation de la somme des bases échangeables (représentée à 85 % par le Calcium à Taï), du taux de saturation et du pH sur brûlis s'accompagne également d'une réduction de l'Aluminium échangeable. On enregistre à Taï, pour les échantillons prélevés sur l'ensemble des parcelles (brûlées ou non), une étroite relation entre les valeurs de pH et l'Aluminium échangeable (Cf. DABIN, 1984-1985 : figure 2, page 9 dans ce cahier).

CONCLUSION SUR L'ÉVOLUTION DES SOLS MIS EN CULTURE

A partir de l'expression en valeur relative (% du témoin) des variations enregistrées, il est également possible de comparer de façon directe l'évolution des différentes caractéristiques suivies entre elles et d'apprécier sur l'ensemble les conséquences de la mise en culture des sols, en fonction de la profondeur, du temps et des conditions générales dans les différents cas de situations étudiés. A titre d'exemple, il peut s'agir d'une simple comparaison graphique, comme sur la planche III où ne figurent que 2 séries de résultats : après défrichement et après 2 années de mise en culture, pour le niveau 0-30 cm.

Malgré la diversité des situations, les quelques résultats exposés font ressortir certaines similitudes en ce qui concerne l'évolution du sol. La majorité des caractéristiques connaissent une péjoration sous l'effet de la mise en culture, mais avec des exceptions remarquables pour des données qui sont améliorées : azote nitrique (sauf sur défriche forestière semi-

décidue), bases échangeables et pH sur les brûlis.

Des modifications très significatives se produisent dès le défrichement et l'on peut établir dès ce stade un classement des paramètres en fonction de l'importance des modifications par rapport au témoin (susceptibilité à la mise en culture). Malgré l'incidence des pratiques culturales sur l'amplitude des variations, ce classement ne se trouve généralement pas remis sérieusement en cause par la suite. Par ordre d'importance décroissante des variations relatives on trouve : azote nitrique, stabilité structurale (Is), bases échangeables (sur brûlis), puis azote ammoniacal, activité phosphatase, quotient de minéralisation, enfin carbone et azote totaux. Ce sont donc les caractéristiques biologiques et structurales qui sont le plus largement et rapidement affectés par la mise en culture, avec, dans le cas des brûlis, les bases échangeables et le pH.

Pour des raisons différentes, les parcelles de savane (AB2, AB3), à Abouakro, et celles de forêt primaire (Ti1, Ti2), à Taï, sont les moins perturbées par la mise en culture et connaissent les évolutions relatives les moins négatives :

- AB2, AB3 : savane de sub-climax anthropique ; caractère du sol déjà relativement plus défavorable que sous recru forestier (AB1) à l'état initial ;
- Ti1, Ti2 : forêt soumise à l'exploitation traditionnelle : faibles contraintes d'exploitation par rapport à la culture intensive mécanisée réalisée en DP1, DP2, EN.

La péjoration des caractéristiques du sol tend à un nivellement par le bas et ce sont naturellement les sols les moins favorisés à l'état initial qui connaissent la plus faible dégradation relative, comme à Abouakro. Toutefois, la supériorité des sols de défriche forestière se maintient au moins pendant plusieurs années dans la région Centre.

Dès la première phase de mise en culture, les caractéristiques du sol se trouvent plus ou moins altérées en fonction du mode de défrichement. Le défrichement mécanisé s'avère le plus perturbateur et entraîne les dégradations les plus fortes des caractéristiques physiques et organo-biologiques du sol. A l'opposé, le défrichement traditionnel provoque les modifications défavorables les plus faibles, avec en prime l'amélioration des bases échangeables et de la réaction du sol résultant du brûlage. D'une façon générale, cette amélioration par l'action du feu est d'autant plus favorable que l'on a affaire à des sols plus acides et elle est à rechercher dans tous les cas de mise en culture des sols ferrallitiques désaturés (y compris s'il s'agit de défrichement au bulldozer).

L'effet bénéfique du brûlis peut subsister plusieurs années mais s'amenuise avec le temps de façon plus ou moins rapide selon le type de sol et les conditions d'exploitation. Dans le cas de mise en culture traditionnelle de forêt, cet effet se trouve renforcé par la répétition du brûlage pendant au moins deux années : à Taï après plus de 5 années de culture traditionnelle et plantation caféière, sur un sol comparable à celui de la parcelle Ti1, l'horizon 0-10 cm est encore pratiquement saturé et avec un pH voisin de la neutralité ; des résultats analogues s'observent également à certains endroits après plu-

sieurs années de recrû forestier. Cependant, particulièrement dans le cas de culture intensive, la chute du pH à plus ou moins longue échéance paraît inéluctable, même lorsqu'il s'agit des sols relativement bien pourvus en bases à l'état initial. On tirerait certainement profit d'une meilleure connaissance des facteurs de remanence de l'effet brûlis, pour la recherche de solutions permettant de lutter plus efficacement contre le phénomène d'acidification.

Il est clair que l'évolution des sols sous l'effet de la mise en culture résulte de la conjonction de deux séries de facteurs :

- l'état initial, avec les caractères intrinsèques du sol et les données du milieu biophysique en général.
- les contraintes d'exploitation, dès le stade de défrichement puis en cours d'exploitation, avec leurs effets cumulatifs (pour des contraintes de même nature, la plus forte oblitère les effets de la plus faible, l'inverse n'étant évi-

demment pas vrai : exemple du labour de 2^e année par rapport au défrichement à Adiopodoumé).

Les possibilités comparatives enrichissent effectivement l'analyse des comportements. Mais, même si des évolutions convergentes peuvent se manifester, chaque cas de situation constitue presque, à la limite, un cas particulier.

Dans chaque cas de situation, l'étude des processus et mécanismes d'évolution des sols cultivés implique que soit clairement défini l'ensemble des deux séries de facteurs conditionnants évoquées ci-dessus. La question des modalités de l'approche terrain en rapport avec la signification des résultats et les objectifs visés est également importante. La nécessité de travailler à différents niveaux d'échelle est évidente, avec cependant un niveau d'approche (et interprétation des données) privilégié qui, en ce qui concerne le comportement du sol vis-à-vis des contraintes culturelles et des relations avec la plante, devrait être celui du profil cultural et de la parcelle.

BIBLIOGRAPHIE

- AKODO (E.A.), 1977. — Etude de l'évolution biochimique des sols ferrallitiques forestiers de Basse Côte d'Ivoire, sous l'effet du défrichement. ORSTOM, Adiopodoumé, 80 p. *multigr.*
- AKODO (M.), 1977. — Evolution de certains caractères physiques des sols du Centre de la Côte d'Ivoire après mise en culture semi-mécanisée. ORSTOM, Adiopodoumé, 63 p. *multigr.*
- BLIC (Ph. de), 1973. — Evolution de quelques sols de Côte d'Ivoire sous l'effet du défrichement et de la culture mécanisée. Premières observations. ORSTOM, Adiopodoumé, 58 p. *multigr.*
- BLIC (Ph. de), 1975. — Comportement des sols après mise en culture mécanisée (Région Centre Côte d'Ivoire). ORSTOM, Adiopodoumé, 47 p. *multigr.*
- BLIC (Ph. de), 1978. — Morphologie et comportement mécanique des sols de la région centre en culture semi-mécanisée. ORSTOM, Adiopodoumé, 166 p. *multigr.*
- BLIC (Ph. de), 1979. — Micromorphologie de la partie supérieure des sols en zone de culture semi-mécanisée dans le Centre ivoirien. ORSTOM, Adiopodoumé — Institut des Sciences de la Terre, Dijon, 63 p., 6 Planches, *multigr.*
- BLIC (Ph. de), MOREAU (R.), 1979. — Structural characteristics changes in ferrallitic soils under mechanical cultivation in the marginal forest areas of the Ivory Coast. *in* : Soil physical and crop production in the tropics. Willy, Chichester : 111-112.
- COLLINET (J.), 1983. — Hydrodynamique superficielle et érosion comparées des sols représentatifs des sites forestiers et cultivés de la station écologique de Taï (Sud-Ouest Ivoirien). Premier bilan sur parcelles expérimentales recevant des pluies naturelles (campagnes 1978-1979-1980) et simulées (campagnes de novembre 1978 et mars 1979). ORSTOM, Adiopodoumé, 15 p., 8 tableaux, 14 Fig., *multigr.*
- COLLINET (J.), 1984. — Hydrodynamique superficielle et érosion comparées de quelques sols ferrallitiques sur défriches forestières traditionnelles (Côte d'Ivoire). Com. International Symposium on challenges in african Hydrology and water resources, Harare, 23-24 juillet. ORSTOM, Adiopodoumé, 15 p., *multigr.*
- DABIN (B.), 1984. — Les sols tropicaux acides. ORSTOM, Bondy, 15 p. *multigr.*
- FRIJSCH (E.), 1981. — Evolution des sols sous recrû forestier après mise en culture traditionnelle dans le Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire. ORSTOM, Adiopodoumé, 74 p. *multigr.*
- MOREAU (R.), 1978. — Influence de l'ameublissement mécanique et de l'infiltration d'eau sur la stabilité structurale d'un sol ferrallitique dans le Centre de la Côte d'Ivoire. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, vol. XVI, n° 4 : 413-424.
- MOREAU (R.), 1979. — Etude suivie des caractéristiques analytiques du sol sur le bloc cultural d'Abouakro (région centre Côte d'Ivoire). Présentation sommaire des résultats obtenus sur les quatre premières années de mise en culture. ORSTOM, Adiopodoumé, 8 p. *multigr.*
- MOREAU (R.), 1982. — Evolution des sols sous différents modes de mise en culture, en Côte d'Ivoire forestière et préforestière. Com. Inter. Symposium on land clearing and development in relation to environmental protection in the humid and sub-humid tropics. IITA Ibadan, 23-26 novembre. ORSTOM, Bondy, 14 p. *multigr.*
- ROOSE (E.), 1981. — Dynamique actuelle des sols ferrallitiques et ferrugineux tropicaux d'Afrique occidentale. *Trav. et Doc. de l'ORSTOM*, n° 130, 569 p.