

6.17 MATIERE ORGANIQUE ET CONSERVATION DES SOLS EN ZONES TROPICALES FORESTIERES. VOIES ACTUELLES DE RECHERCHE

par

B. Volkoff*, C.C. Cerri** et F. Andreux***

INTRODUCTION

En zone forestière tropicale, beaucoup plus qu'en zones tempérées, lorsque, après défrichage et brûlis, on cultive sans apports d'engrais, on constate un épuisement très rapide du sol. En deux ou trois ans sa productivité s'annule.

On a pu montrer (Fig. 1) que ceci était non seulement dû à l'élimination rapide, par lessivage et érosion, des éléments nutritifs, spécialement ceux qui ont été apportés par le brûlis mais était aussi lié à d'importantes modifications de la stabilité structurale, de la porosité et de la densité du sol. La dégradation des propriétés physiques apparait souvent si poussée que des symptômes d'asphyxie peuvent se manifester au niveau des racines des plantes cultivées.

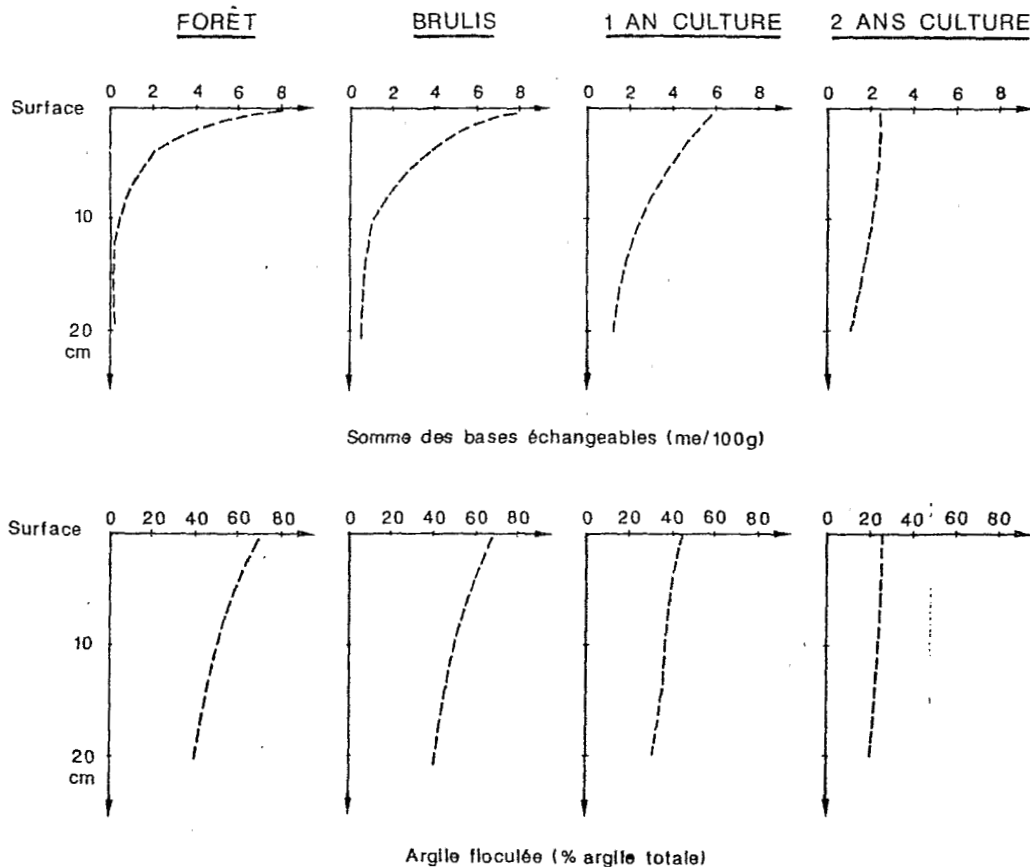


Figure 1 Effet de la culture sur quelques propriétés chimiques et physiques d'un sol ferrallitique d'Amazonie: (a) somme des bases échangeables; (b) taux d'argile flocculée, d'après Martins et al., 1989a

* ORSTOM, Yaoundé (République du Cameroun)

** CENA/USP, Piracicaba, SP (Brésil)

*** CPB/CNRS, Vandoeuvre-les-Nancy, France

Si les principales fonctions de la matière organique sont connues, les mécanismes de son intervention sur la régulation des réserves minérales ou sur les propriétés physiques par exemple, ont rarement été élucidés. De ce fait, l'agronome n'est pas toujours en mesure de contrôler efficacement le facteur matière organique du sol.

Les voies de recherche actuellement explorées tendent toutes à saisir la dynamique des évolutions organiques, dont le sol est le siège, tant dans des systèmes en équilibre (écosystèmes naturels, agrosystèmes) que dans les systèmes en transformation (passage forêt-culture, passage jachère-culture, etc.). Les caractéristiques de la matière organique du sol sont en effet sous l'étroite dépendance de l'environnement pédo-bio-climatique. Toute transformation de l'environnement affecte automatiquement ces caractéristiques et modifie donc le comportement agronomique du sol.

L'approche est toujours celle des bilans, soit directs, mesure des flux d'entrée et de sortie, soit indirects, quantification des transferts déduits de la comparaison d'états successifs d'un même sol.

On donnera ici quelques exemples d'application de ces méthodes.

1. LES METHODES ET LES RESULTATS

1.1 Méthodes lysimétriques (Cerri et al., 1989)

On recueille et on analyse l'eau des précipitations qui a traversé une certaine épaisseur de sol, sur une surface donnée. On a ainsi suivi, sur une saison des pluies complète, la composition des eaux de drainage prélevées à 20 cm de profondeur et à 120 cm sur un même sol ferrallitique jaune argileux sous forêt et sous défriche et brûlis.

Le Tableau 1 montre les effets du brûlis sur la composition des eaux qui percolent à travers le sol. Il donne les volumes d'eau recueillis et les matières minérales totales entraînées en solution par ces eaux.

Tableau 1: Effet du brûlis sur les volumes d'eau percolés à 20 cm et à 120 cm de profondeur et quantités totales de matières minérales dissoutes durant une saison des pluies, d'après Cerri et al., 1989.

Pluie totale (mm/m ²)	307	
Volume percolé (mm/m ²)	à 20 cm	à 120 cm
Sous forêt	287	245
Sous brûlis	289	292
Matières minérales totales (g/m ²)	à 20 cm	à 120 cm
Sous forêt	6,95	1,40
Sous brûlis	9,50	3,70

Si les différences sont peu significatives pour le volume de l'eau drainée, elles sont fortes pour les matières minérales transférées en solution (on note que ce qui est lessivé à 20 cm n'est pas totalement exporté hors du profil).

La Figure 2 montre la composition de ces eaux: en surface il y a moins de sodium et plus de calcium entraînés sous brûlis que sous forêt, en profondeur il y a nettement plus de sodium et d'aluminium sous brûlis que sous forêt. On note une forte augmentation des taux de nitrates sous brûlis.

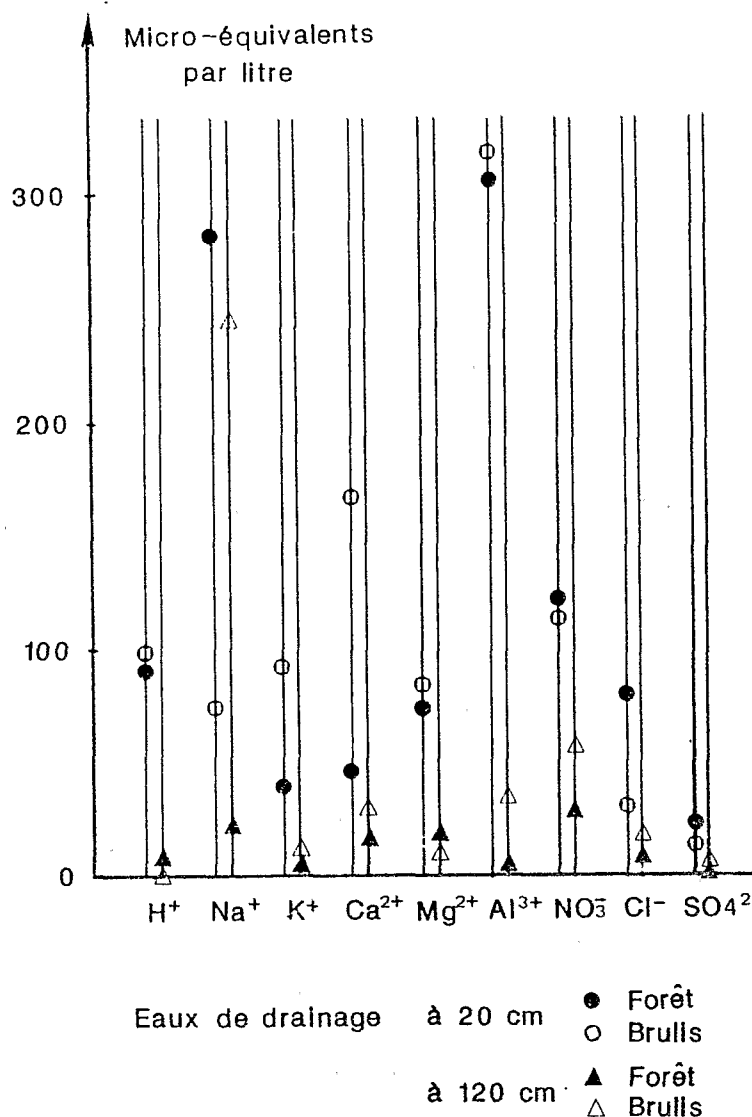


Figure 2 Composition des eaux de drainage recueillies à 20 cm et 120 cm d'un sol ferrallitique d'Amazonie sous forêt naturelle et après brûlis, d'après Cerri et al., 1989

Les études lysimétriques indiquent en définitive que les pertes consécutives au défrichage portent essentiellement sur:

- les nitrates
- les cations minéraux, ces derniers sont exportés en liaison avec des anions organiques.

En ce qui concerne le carbone, on constate que les horizons de surface (0-20 cm) perdent 1 t/ha de carbone mais que ce carbone n'est pas exporté hors du profil, il n'est que transféré plus en profondeur.

2. EVOLUTION DU STOCK ORGANIQUE (Martins et al., 1989c; Choné et al., 1989)

L'entrée principale de carbone sous forêt est la litière : en forêt amazonienne elle représente de 5 à 8 tC/ha (Cerri & Volkoff, 1987; Martins et al., 1989).

On peut rappeler que le stock total de carbone du sol et la biomasse végétale sous forêt sont sensiblement équivalents et évalués à environ 250 tC/ha. Cependant, environ 25% du total se trouvent concentrés dans les premiers centimètres du sol.

La mise en culture (cultures annuelles, prairie) a toujours comme conséquence une modification du stock de matière organique. Ces modifications concernent surtout les horizons superficiels.

Sous culture annuelle on note une décroissance rapide puis une stabilisation (Fig. 3a) de la quantité de carbone total stockée dans les 20 premiers centimètres de sol. Si la culture n'est pas prolongée trop longtemps (3 ans le plus souvent), la jachère qui suit régénère rapidement le stock initial de carbone.

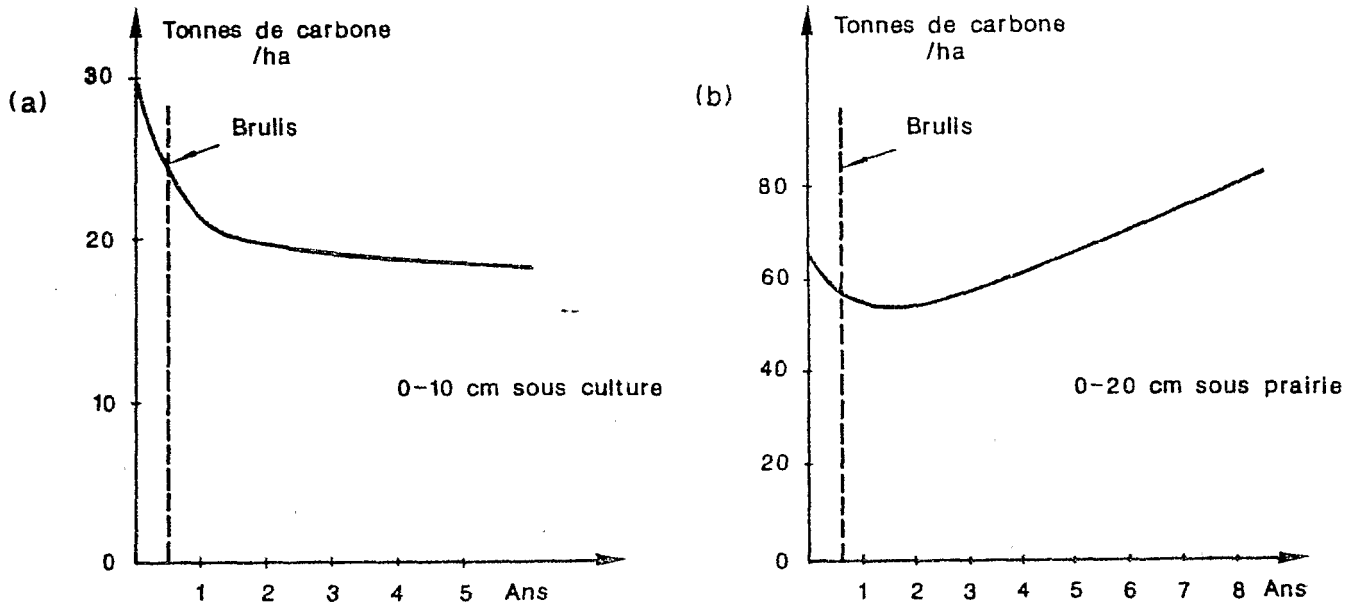


Figure 3 Evolution du stock de carbone après défrichement et culture: (a) dans la couche 0-10 cm sous culture annuelle, d'après Martins et al., 1988c; (b) dans la couche 0-20 cm sous prairie, d'après Choné et al., 1989

Sous pâturage consécutif à un défrichement et brûlis, on note une forte décroissance la première année, puis, après le seconde année, une reconstitution, avec dépassement même, du stock initial de carbone à partir de la septième année (Fig. 3b).

3. NATURE DES CONSTITUANTS ORGANIQUES (Martins et al., 1989a)

La matière organique du sol est globalement constituée de composés néoformés, l'humus, et de fragments végétaux diversement transformés et plus ou moins profondément incorporés dans le sol. On peut par tamisage isoler les fragments végétaux de l'humus. Pour cela on considèrera, ce qui a été vérifié, qu'il n'y a plus de fragments végétaux identifiables dans les fractions granulométriques $<50\mu\text{m}$. Les fragments $>50\mu\text{m}$ peuvent alors être séparés en différentes classes de taille dont on comparera et suivra les variations dans le temps.

On constate ainsi que la diminution du carbone du sol après défrichement est essentiellement liée à celle des fragments végétaux, l'humus tendrait plutôt à augmenter légèrement dans le même temps (Fig. 4). La quantité de fragments végétaux se stabilise assez rapidement du fait des apports racinaires par les cultures.

On peut aussi, à l'aide de réactifs chimiques, compléter le fractionnement de l'humus, et de la même façon suivre l'évolution de sa composition.

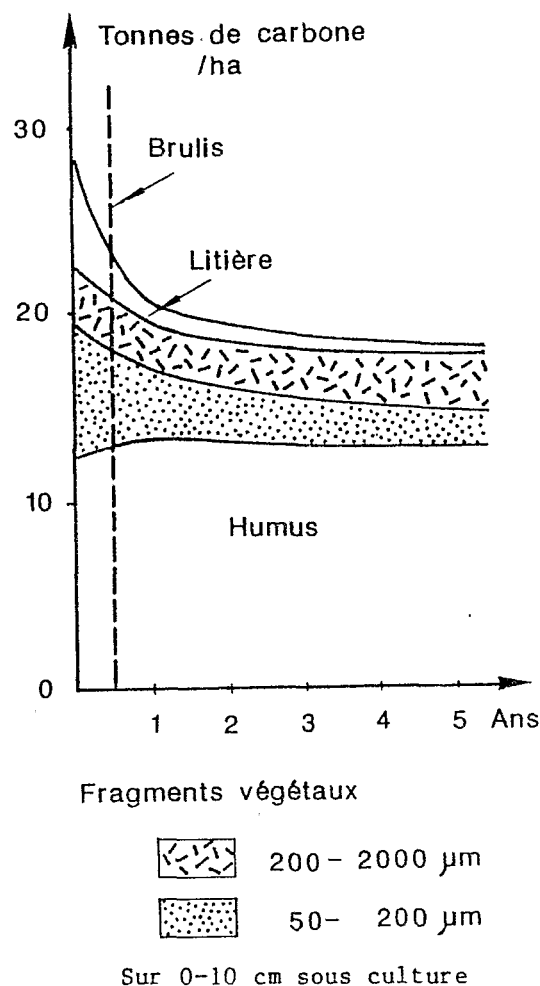


Figure 4 Répartition du stock de carbone entre humus et fragments végétaux dans la couche 0-10 cm d'un sol d'Amazonie cultivé après défrichement, d'après Martins et al.

4. BILANS DE CARBONE

4.1 Quantification des pertes (exemple: mesure de production de CO₂), Kepler et al., 1989

Les études lysimétriques montrent que les pertes par drainage vertical, à l'échelle d'un profil pour un sol ferrallitique argileux bien drainé, sont pratiquement nulles. Les pertes par drainage superficiel et latéral sont toutefois encore insuffisamment mesurées.

La principale cause de pertes est la minéralisation. Cette minéralisation peut être mesurée *in situ* par le CO₂ produit par unité de surface de sol.

La production de CO₂ mesurée est globalement la résultante de la minéralisation de la matière organique du sol et de la respiration des racines. Cette production varie suivant les heures de la journée et suivant la nature et l'état du couvert végétal.

Des données obtenues sous forêt, sous brûlis et sous jeune prairie (Fig. 5) on peut faire les déductions suivantes:

- | | | |
|---|---|-------------|
| - | respiration des racines de la forêt | 10 tC/ha/an |
| - | respiration des racines de la prairie | 20 tC/ha/an |
| - | minéralisation de la M.O. du sol sous forêt | 10 tC/ha/an |

Sous forêt ces pertes par minéralisation, qui mettent en jeu environ 10 tC/ha/an, sont sensiblement compensées par les apports annuels de litière.

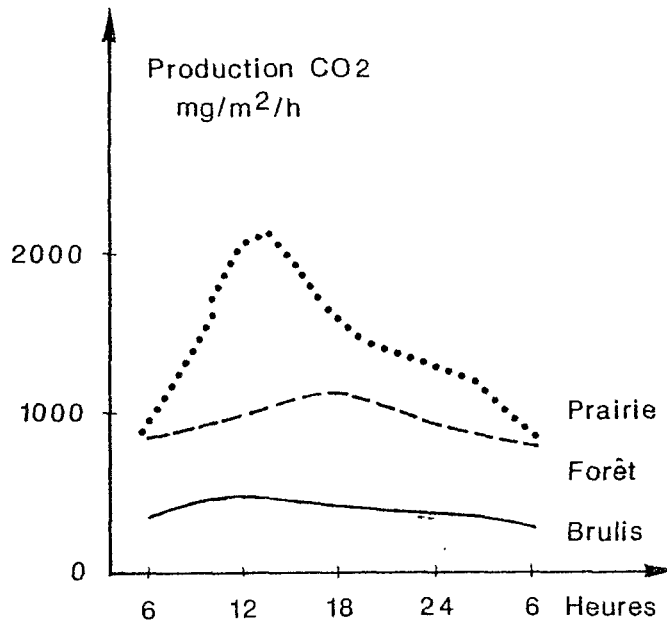


Figure 5 Variations diurnes de la production de CO₂ par un sol sous forêt, après brûlis et sous jeune prairie, d'après Kepler et al., 1989

5. CINÉTIQUE DE L'INCORPORATION DU CARBONE DU SOL (EXEMPLE. UTILISATION 13-C) (d'après Andreux et al., 1989; Cerri et al., 1989)

Lorsqu'on suit l'évolution du stock de carbone du sol après défrichement et culture on constate d'abord une baisse du stock puis une stabilisation ou, dans le cas d'une prairie cultivée et bien entretenue, une remontée.

Les méthodes de traçage isotopique permettent de suivre l'évolution de la matière organique du sol héritée de la forêt et d'accompagner l'incorporation au sol des matières organiques issues des plantes cultivées.

Avec l'isotope 13-C en abondance naturelle comme traceur on montre ainsi qu'après défrichement, brûlis et installation de prairie, 40% du carbone initial de la forêt est perdu en deux ans (Fig. 6). Pendant ce même temps les graminées de la jeune prairie n'apportent que très peu de carbone. Après deux ans, le carbone initial hérité de la forêt continue à diminuer mais très lentement, par contre l'apport par les racines de graminées croît nettement.

La cinétique de décroissance du carbone organique d'origine forestière est donc d'abord rapide puis très lente, ce qui indique que la matière organique du sol comporte un compartiment labile et un compartiment relativement stable. Le turn-over ne concerne donc que cette fraction labile. Les proportions de celle-ci varient suivant le type de sol et les zones climatiques.

CONCLUSIONS

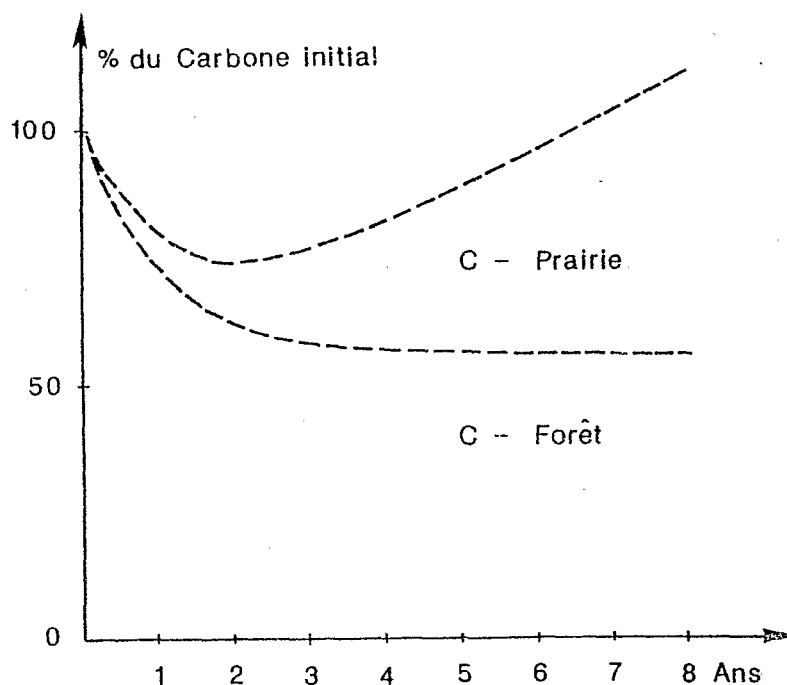
Les recherches actuelles sur la matière organique des sol des zones tropicales forestières visent donc à l'acquisition de données qualitatives et quantitatives surtout devant permettre la modélisation du fonctionnement des écosystèmes et agrosystèmes et la prévision des modifications du stock de matière organique et du comportement du sol.

Les objectifs des recherches se situent à plusieurs niveaux:

1. suivi de l'évolution du stock de carbone dans le système, et plus particulièrement
2. bilans par la mesure des entrées et des pertes;
3. suivi de l'évolution des résidus organiques dans le sol;
4. étude de la nature et des propriétés du compartiment relativement stable, en relation avec l'utilisation agronomique du sol.

Les travaux réalisés au Brésil ont toujours pris le système forestier naturel comme référence. Ceci permet non seulement d'accompagner aisément la dégradation des propriétés physico-chimiques et de la productivité des sols mais aussi de suivre l'évolution de la capacité du sol à régénérer la forêt et d'évaluer les effets des perturbations de l'écosystème naturel sur l'environnement global. La référence forêt naturelle n'est cependant pas indispensable si l'on désire, dans un système d'exploitation donné, mesurer par exemple les effets de l'incorporation des résidus végétaux ou d'une jachère artificielle.

Ces nouvelles approches de l'étude de la matière organique du sol devraient conduire à une optimisation plus aisée des systèmes de production et en même temps à une meilleure connaissance de la dynamique et de l'évolution des milieux forestiers.



Sur 0 - 20 cm sous Prairie

Figure 6 Cinétique de l'incorporation du carbone de la prairie dans le stock organique d'un sol de la forêt amazonienne (d'après Andreux et al., 1989 et Cerri et al., 1989)

**NEUVIÈME RÉUNION
DU SOUS-COMITÉ OUEST ET CENTRE AFRICAIN
DE CORRÉLATION DES SOLS
POUR LA MISE EN VALEUR DES TERRES**

Cotonou, Bénin, 14-23 novembre 1988



ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE

15 MAI 1991

Rome 1989
ORSTOM Fonds Documentaire

N° : 31-934 ex 1

Cote : B M p34