

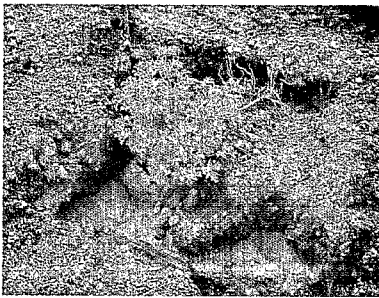


JACQUES TASSIN
CIRAD-Forêt

SYLVAIN PERRET
CIRAD-SAR

RACHEL CATTET
Université Paris XII

IMPACT DU *CALLIANDRA* SUR LA POROSITÉ D'UN ANDOSOL



▲ Erosion dans une parcelle de géranium.
Erosion in a geranium plot.

Etude de l'enracinement d'une haie de *Calliandra calothyrsus*.
Study of the rooting system of a Calliandra calothyrsus hedge. ▶



Face aux graves problèmes d'érosion sévissant dans les Hauts de la Réunion, les auteurs se sont intéressés au rôle que peuvent jouer les haies arbustives pour réduire le ruissellement des eaux de pluie.

Exposés à un climat agressif et positionnés sur de fortes pentes, les andosols cultivés des Hauts de la Réunion sont fragilisés par des pratiques culturales qui en favorisent la dessiccation. Leur structure s'agrège alors en pseudosables hydrophobes et aisément mobilisables par flottaison (ROSELLO, 1984). L'érosion par ruissellement devient alors importante, comme l'illustre par exemple la zone maraîchère de Piton Hyacinthe où 1 m de sol a disparu en une dizaine d'années (PERRET, 1993).

L'essor récent des productions horticoles dans cette région conduit les agriculteurs à adopter des pratiques d'embocagement du parcellaire, notamment à l'aide de haies fourragères à *Calliandra calothyrsus* (ROEDERER, 1991).

Afin de mieux connaître le mode de fonctionnement de ces aménagements vis-à-vis du ruissellement, il convenait d'évaluer l'impact de la haie de *Calliandra calothyrsus*, et notamment de son enracinement, sur certains paramètres physiques et hydriques des andosols : porosité, distribution porale et conductivité hydraulique.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'étude a porté sur un réseau de haies isohypses situé à 900 m d'altitude sur la commune de Trois Basins, à la faveur de deux stages d'étudiants (MARÉCHAUX, 1993 ; CATTET, 1994).

Des observations préliminaires sur l'enracinement de *Calliandra calothyrsus* ont été conduites sous trois haies respectivement âgées de 1, 2 et 3 ans, après aménagement de profils d'une profondeur correspondant à la limite inférieure de l'horizon (B) et à l'aide d'une grille de maille élémentaire de 5 cm x 5 cm. Les racines d'un diamètre supérieur à 1 mm ont été dénombrées pour chaque maille (MARÉCHAUX, 1993).

Il a ensuite été fait usage de l'infiltrométrie à succion contrôlée (GUILLUY et PERRET, 1991) pour évaluer la porosité et la conductivité des sols au voisinage d'une haie de 4 ans. Les mesures ont été réalisées en recourant à des embases de 250 mm et 80 mm positionnées directement sous la haie (en amont

Haies de *Calliandra calothyrsus* en courbes de niveau.
Calliandra calothyrsus hedges along contour lines.



et en aval) et à 1,50 m en aval de la haie. Quatre succions ont été pratiquées : 0 mm (saturation), -10 mm, -30 mm et -60 mm, avec 5 répétitions pour chacune d'entre elles. Des mesures complémentaires d'humidité pondérale (W %) ont été réalisées à partir d'un échantillon prélevé dans le bulbe d'infiltration pour chaque répétition. La densité apparente sèche (d.app.) a été déterminée à partir de prélèvements effectués à proximité de l'infiltromètre. Ont alors été calculés :

- l'humidité volumique (Hv % = d.app. W %),
- l'indice d'eau ($I_w = W \% \times 2,7$),
- l'indice des vides ($I_v = I_w / Hv \% - 1$),
- le taux de saturation des vides (Sat % = $I_w / I_v \times 100$) et
- le spectre poral ($X \% = (I_{w1} - I_{w2}) \times 100 / I_{ws}$, où I_{w1} et I_{w2} sont les indices d'eau aux succions 1 et 2 avec succion 1 > succion 2, et I_{ws} est l'indice d'eau à saturation).

RÉSULTATS

CARACTÉRISATION DE L'ENRACINEMENT ET RESTRUCTURATION DU SOL

□ **Sous la haie de 1 an**, l'enracinement de *Calliandra calothyrsus* se cantonne à l'horizon A, d'une épaisseur de 10 cm, et aux 30 premiers cm de l'horizon B. Aucune restructuration du sol ne semble véritablement s'opérer.

□ **Sous la haie de 2 ans**, en revanche, on relève une différence structurale de l'horizon A selon la distance à l'axe de la haie. A 70 cm de la haie, la structure de cet horizon est homogène, de type particulaire et pulvérulent, et donc aisément mobilisable par les eaux de ruissel-



Enracinement de *Calliandra calothyrsus* sur andosol.
Calliandra calothyrsus rooting system in andosol.

lement. A moins de 50 cm, on observe au contraire en surface de nombreux turricules de vers de terre

qui confèrent à cet horizon une structure mieux agrégée.

Sous la haie de 2 ans, la colonisation du sol par les racines est importante. A 30 cm de l'axe de la haie se présentent des racines traçantes, subérisées, qui prospectent l'horizon (B) jusqu'à 70 cm de profondeur, ainsi que des racines plus fines, blanchâtres, qui sont les ramifications fonctionnelles des précédentes. Les mêmes observations faites sous la haie de 2 ans sont reproduites sous la haie de 3 ans.

RÔLE DE LA HAIE POUR AMÉLIORER LA MACROPOROSITÉ

□ **Densité apparente sèche** : une différence significative ($P = 0,007$ au seuil de 5 % pour 43 ddl) apparaît entre les densités apparentes sèches relevées en amont et en aval sous la haie, d'une part (d.app. = 0,67), et celles relevées à 1,50 m en aval de la haie, d'autre part (d.app. = 0,71).

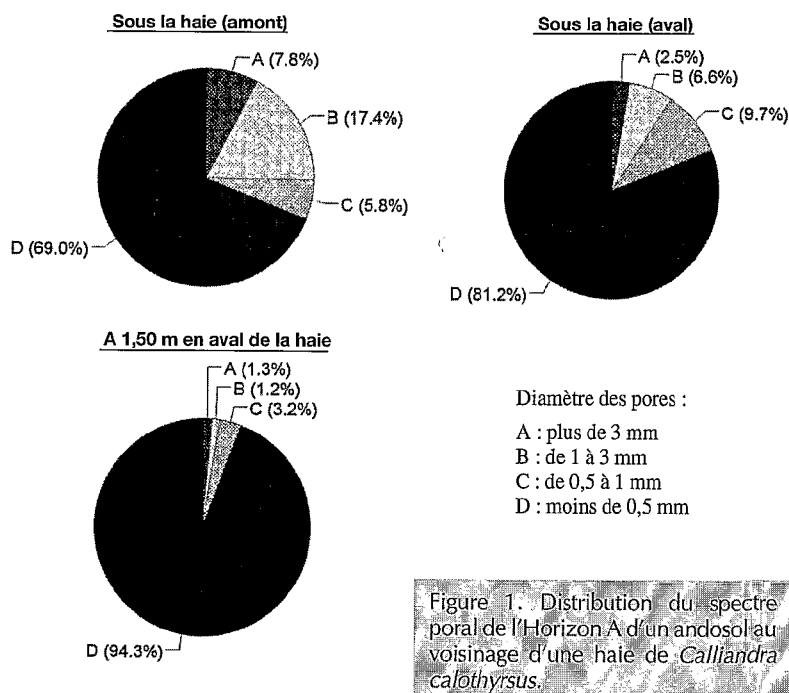


Figure 1. Distribution du spectre poral de l'Horizon A d'un andosol au voisinage d'une haie de *Calliandra calothyrsus*.

**DISTRIBUTION DE LA TAILLE MOYENNE DES AGRÉGATS
EN HORIZON A D'UN ANDOSOL, AU VOISINAGE
D'UNE HAIE DE CALLIANDRA CALOTHYRSUS
(d'après PERRET *et al.*, 1994)**

Position	Diamètre moyen des agrégats (mm)
sous la haie	2,36
à 1 m de la haie	1,60
au centre de la parcelle	1,10

□ **Indices des vides (I_v)** : l'indice des vides est plus élevé sous la haie ($I_v = 3,05$) qu'à 1,50 m en aval ($I_v = 2,80$).

□ **Spectre de macroporosité** : l'augmentation de la succion entraîne un drainage de pores de plus en plus fins et une réduction de l'épaisseur des couches d'hydratation qui couvrent les particules solides. La loi de JURIN-LAPLACE donne le diamètre maximal des pores remplis d'eau à une succion donnée (PERRET et GUILLUY, 1991), et on détermine, selon la formule citée plus haut, la valeur X % exprimant le pourcentage en volume des pores concernés par la vidange en eau

entre deux états d'hydratation. Cela a permis d'établir un spectre des pores de taille supérieure à 300 μm (cf. fig. 1, p. 93). Les valeurs X % révèlent une différence significative pour l'ensemble de la macroporosité totale (pores de diamètre supérieur à 500 μm) qui s'élève sous la haie à 31 % en amont et à 18,8 % en aval. A 1,50 m à l'aval de la haie, la macroporosité ne représente plus que 5,7 % de la porosité totale.

Sous la haie, la conductivité à saturation varie peu de l'amont vers l'aval. En revanche, elle est 4 fois plus élevée sous la haie (côté aval) que sur sol nu à 1,50 m à l'aval de celle-ci (cf. fig. 2).

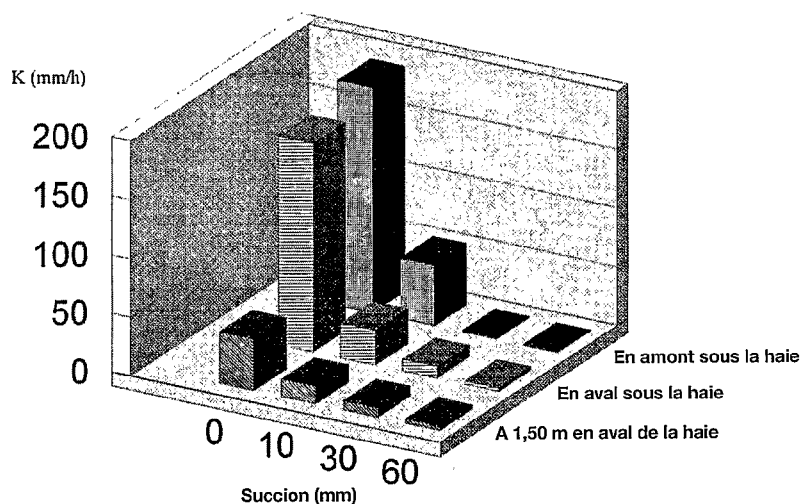


Figure 2. Conductivité de l'horizon A d'un andosol au voisinage d'une haie de *Calliandra calothyrsus* et sous différentes suctions contrôlées.

DISCUSSION ET CONCLUSION

L'étude laisse clairement apparaître une restructuration de l'horizon A au voisinage de la haie comme l'avaient suggéré PERRET *et al.* (1994), cf. tableau ci-contre.

L'amélioration de la structure de cet horizon, sous l'influence de la haie (enracinement, restitution de matière organique) et de la macrofaune du sol qui lui est associée, permet une meilleure infiltration des eaux de pluie et limite le ruissellement et le transport des matériaux vers l'aval.

Les résultats laissent, en outre, apparaître une macroporosité plus élevée en amont de la haie isohypse. Il semble que cette différence puisse être imputée au fait que les résidus de cultures et de taille du *Calliandra* s'accumulent de façon plus concentrée en amont qu'en aval, compte tenu notamment du profil en terrasse qui se forme progressivement. L'activité biologique y serait de ce fait plus élevée et la macroporosité s'en trouverait augmentée.

La haie isohypse constitue, de ce fait, une pratique particulièrement efficace pour réduire le ruissellement dans le cadre de la mise en valeur des andosols dans les Hauts de la Réunion. □



REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

CATTET (R.), 1994.

Les brise-vent à la Réunion : premiers essais, premières analyses. Mémoire DESS Université Paris XII / CIRAD-Forêt. Réunion, 86 p.

GUILLUY (D.), PERRET (S.), 1991.

Effets des couvertures permanentes sur la porosité d'andosols cultivés : étude des propriétés physiques et du fonctionnement hydrodynamique de l'horizon cultural. Note technique 02/91. Laboratoire de Physique du Sol, CEEMAT Réunion, 14 p. + annexes.

MARECHAUX (S.), 1993.

Les haies fourragères dans les Hauts de l'Ouest à la Réunion : l'intégration du

Calliandra calothyrsus pour une protection productive. Mémoire DESS Université Paris XII / CIRAD-Forêt, Réunion, 83 p.

PERRET (S.), 1993.

Propriétés physiques, hydriques et mécaniques des sols andiques de la Réunion. Facteurs d'évolution des horizons culturaux, implications agronomiques et écologiques. Thèse de doctorat ENSAM/CIRAD-SAR, 278 p.

PERRET (S.), MICHELLON (R.), TASSIN (J.), 1994.

Soil loss control and soil properties improvement based on cropping systems with cover plants and hedgerows in Reunion Island. In :

Proc. 3rd ESA Congress, Abano-Padova, 18-22 sept. 1994, p. 736-737.

ROEDERER (Y.), 1991.

Expérimentation forestière et agroforestière. Essais zones sèches, côte ouest. Bois et Forêts des Tropiques 229 (3) : 51-60.

ROSELLO (V.), 1984.

Les sols bruns des Hauts (Ile de la Réunion). Caractérisation minéralogique et microstructurale de matériaux andosoliques. Reconnaissance expérimentale de leur comportement. Thèse de doctorat de spécialité, Université Paris VII, 200 p.

▷ Jacques TASSIN
CIRAD-Forêt
7, Chemin de l'IRAT
Ligne Paradis
97410 SAINT-PIERRE
(Réunion)

▷ Sylvain PERRET
CIRAD-SAR
Station de la Bretagne
97487 SAINT-DENIS CEDEX
(Réunion)

▷ Rachel CATTET
c/o AGRIPOG
B.P. 875
PORT-GENTIL
(Gabon)

Au sommaire du n° 246 de Bois et Forêt des tropiques : In the coming issue :

Nos lecteurs trouveront les principaux articles suivants :

- La protection des bassins versants au lac Alaotra (Madagascar). Jacques TASSIN
- Sélection précoce de l'Eucalyptus au Congo. Jean-Marc BOUVET
- Le chêne de Mongolie (*Quercus mongolica* Fisch. et Turcz.) : Equations de croissance. Li CHANGSHENG, François HOULLIER, Li MENG
- Les causes de la déforestation dans les Andes Michel SCHLAIFER
- Végétation et flore des forêts sommitales des collines de Yaoundé (Cameroun). Gaston ACHOUNDONG
- Foresterie aux Philippines : priorité aux reboisements. Patrick Y. DURAND, Olivier MONTEUUIS

Our English-speaking readers will find one full page English synopses on the following feature articles :

- Protection of lake Alaotra catchment areas in Madagascar. Jacques TASSIN
- Early selection on Eucalyptus in the Congo. Jean-Marc BOUVET
- Growth equations for Mongolian oak (*Quercus mongolica* Fisch. and Turcz.) in China. Li CHANGSHENG, François HOULLIER, Li MENG
- Causes of deforestation in the Andes. Michel SCHLAIFER
- Vegetation and flora of Yaoundé hill forest. Gaston ACHOUNDONG
- Forestry in the Philippines : Priority to reforestation. Patrick Y. DURAND, Olivier MONTEUUIS





R É S U M É

MODIFICATION DE LA POROSITÉ D'UN ANDOSOL RÉUNIONNAIS
SOUS UNE HAIE ISOHYPSE DE *CALLIANDRA CALOTHYRSUS*

Sur les andosols cultivés des Hauts de la Réunion, l'aménagement de haies isohypses de *Calliandra calothyrsus* est préconisé pour favoriser l'infiltration des eaux de ruissellement. Une première approche visuelle laisse apparaître une restructuration favorable de l'horizon A jusqu'à 50 cm de la haie, en relation avec une abondance de racines. L'infiltrométrie à succion contrôlée, associée à des mesures d'humidité pondérale et de densité apparente sèche, atteste, au niveau de la haie, d'une redistribution du spectre poral en faveur des pores de diamètre de plus de 0,5 mm, ainsi que d'une nette augmentation de la conductivité hydraulique à saturation. En outre, sous la haie, cette restructuration se manifeste davantage en amont qu'en aval.

Mots-clés : Agroforesterie. Andosols. Porosité du sol. Infiltration. Lutte antiérosion. Plante pour restauration du sol. *Calliandra calothyrsus*. Réunion.

A B S T R A C T

ALTERATION IN THE POROSITY OF AN ANDISOIL IN REUNION
UNDER AN ISOHYPSE HEDGE OF *CALLIANDRA CALOTHYRSUS*

In the cultivated andosols in the Reunion Highlands, the development of isohypse hedges of *Calliandra calothyrsus* is recommended to encourage the infiltration of runoff water. An initial visual approach reveals a favourable restructuring of horizon A up to 50 cm from the hedge, in association with an abundance of roots. The controlled suction infiltrometry, combined with soil moisture and bulk density measurements, is evidence, at hedge level, of a redistribution of the poral spectrum in favour of pores with diameter of more than 0.5 mm, as well as a marked increase of hydraulic conductivity at saturation. Beneath the hedge, furthermore, this restructuring is more evident uphill than down.

Key words : Agroforestry. Andisols. Soil pore system. Infiltration. Erosion control. Soil reclamation plants. *Calliandra calothyrsus*.

R E S U M E N

MODIFICACION DE LA POROSIDAD DE UN ANDOSUELO DE LA ISLA DE LA REUNION
BAJO UN SETO ISOHIPSO DE *CALLIANDRA CALOTHYRSUS*

En los andosuelos cultivados de los Altos de La Reunión, se preconiza el acondicionamiento de setos isohipsos de *Calliandra calothyrsus*, para propiciar la infiltración de las aguas de escorrentía. Un primer enfoque visual deja suponer una reestructuración favorable del horizonte A hasta 50 cm del seto vivo, en relación con una abundancia de raíces. La infiltrometría de succión controlada en combinación con mediciones de humedad ponderal y de densidad aparente seca atestiguan, al nivel del seto, una redistribución del espectro poral en provecho de los poros de más de 0,5 mm de diámetro, así como un aumento patente de la conductividad hidráulica hasta el punto de saturación. Además, bajo el seto vivo, esta reestructuración se manifiesta con mayor pujanza en aguas arriba que en aguas abajo.

Palabras clave : Agroforestería. Andosuelos. Sistema poroso del suelo. Infiltración. Control de la erosión. Plantas para recuperación del suelo. *Calliandra calothyrsus*. La Reunión.



IMPACT OF CALLIANDRA ON THE POROSITY OF AN ANDISOIL

The cultivated andisols in the Reunion Highlands are exposed to a fierce climate, and situated on steeply sloping land. Farming practices, which encourage desiccation, are rendering these soils fragile. Their structure then aggregates in hydrophobic pseudo-sand which is easily moved by flotation (ROSELLO, 1984). Erosion by surface runoff then becomes considerable, as is shown, for example, by the Piton Hyacinthe market-garden zone, where one metre of soil has disappeared in about ten years (PERRET, 1993).

The recent boom in horticultural products in this region is causing farmers to adopt the practice of closing in their plots with hedgerows, particularly with the use of forage hedges of *Calliandra calothyrsus* (ROEDERER, 1991).

To get a better idea of the way these systems work in relation to surface runoff, it is helpful to assess the impact of the *Calliandra calothyrsus* hedge, and especially its rooting system, on certain physical and hydric andisole parameters: porosity, poral distribution, and hydraulic conductivity.

MATERIALS AND METHODS

The study concerned a network of isohypse hedges situated at an altitude of 900 metres in the Trois Basins Commune, and was assisted by

two student courses (MARÉCHAUX, 1993; CATTET, 1994).

Preliminary observations on the rooting system of *Calliandra calothyrsus* were made under three hedges, respectively one, two and three years old, after developing profiles with a depth corresponding to the lower limit of horizon (B), and with the aid of an elementary 5 × 5 cm mesh grid. Roots with a diameter greater than 1 mm were counted for each mesh (MARÉCHAUX, 1993).

Use was then made of tension infiltrometry (GUILLUY & PERRET, 1991) to assess the porosity and conductivity of the soil close to a 4-year-old hedge. Measurements were made using 250 mm and 80 mm bases placed directly beneath the hedge (uphill and down) and at 1.50 m downhill from the hedge. Four negative water supply pressures were made: 0 mm (saturation), -10 mm, -30 mm and -60 mm, with 5 repeats for each of them. Additional soil moisture humidity measurements (W %) were made based on a sampling taken in the infiltration bulb for each repeat. The bulk density (b.d.) was calculated on the basis of samplings taken close to the infiltrometry. Then the following were calculated:

- the volumic humidity ($H_v \% = \text{b.d.} \times W \%$),
- the water index ($I_w = W \% \times 2.7$),
- the void index ($I_v = I_w / H_v \% - 1$),

- the void saturation rate ($\text{Sat \%} = I_w / I_v \times 100$) and
- the poral spectrum

$$X \% = (I_{w1} - I_{w2}) \times 100 \times I_{ws}$$

where I_{w1} and I_{w2} are the water indices at suctions 1 and 2, with suction 1 > suction 2, and I_{ws} is the water index at saturation.

RESULTS

DESCRIPTION OF THE ROOTING SYSTEM AND SOIL RESTRUCTURING

□ Under the 1-year-old hedge, the rooting system of *Calliandra calothyrsus* divides at horizon A, with a thickness of 10 cm, and at the first 30 cm of horizon B. No soil structuring really seems to occur.

□ Under the 2-year-old hedge, on the other hand, there is a structural difference in horizon A, depending on the distance of the axis from the hedge. At 70 cm from the hedge, the structure of this horizon is homogeneous and powdery, and thus easily moveable by runoff water. At less than 50 cm, on the contrary, on the surface, there are lots of worm piles which lend this horizon a more aggregated structure.

Under the 2-year-old hedge, there is considerable soil colonization by the roots. At 30 cm from the axis of the hedge there are creeping, suberized roots, which extend to horizon

(B) to a depth of 70 cm, as well as thinner, whitish roots, which are the functional ramifications of the creeping roots. The same observations made under the 2-year-old hedge were repeated under the 3-year-old hedge.

ROLE OF THE HEDGE IN IMPROVING MACROPOROSITY

The results are shown in the table opposite.

□ **Bulk density.** A significant difference ($P = 0.007$ at the threshold of 5 % for 43 ddl) emerges between bulk density densities recorded up- and downhill beneath the hedge, on the one hand (b.d. = 0,67), and those recorded at 1.50 m downhill from the hedge on the other (b.d. = 0.71).

□ **Voids index (I_v).** The index of voids is higher beneath the hedge

Distribution of the average size of aggregates in horizon A of an andisoil, close to a *Calliandra calothyrsus* hedge (from PERRET *et al.*, 1994).

Position	Average diameter of aggregates (mm)
under the hedge	2.36
at 1 m from the hedge	1.60
in the middle of the plot	1.10

($I_v = 3.05$) than at 1.50 m downhill from it ($I_v = 2.80$).

□ **Macroporosity spectrum.** The increased suction gives rise to a drainage of ever fines pores and a reduction in the thickness of the hydration layers covering the solid particles. The JURIN-LAPLACE law gives the maximum diameter of water-filled pores at a given negative water supply pressure (PERRET & GUILLUY, 1991).

Using the above-mentioned formula, the X % value was calculated, expressing the percentage in volume of the pores concerned by water drainage between the two states of hydration. This has helped to draw up a spectrum of pores larger than 300 μm (Fig. 1). The X % values show a noticeable difference for the total macroporosity as a whole (pores with a diameter greater than 500 μm), which increases beneath the hedge by 31 % uphill and 18.8 % downhill. At 1.50 m downhill from the hedge, the macroporosity represents just 5.7 % of the total porosity. Under the hedge, the saturation conductivity varies little between up- and downhill. On the contrary, it is four times higher under the hedge (downhill side) than on bare ground at 1.50 m downhill from it (Fig. 2).

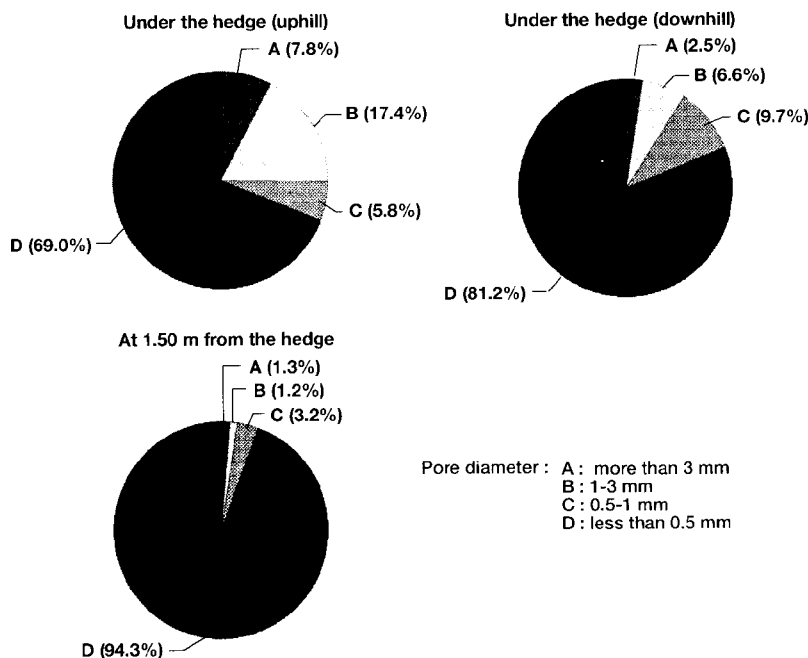


Figure 1. Distribution of the poral spectrum of horizon A of an andisoil close to a *Calliandra calothyrsus* hedge.

DISCUSSION AND CONCLUSION

The study clearly shows a restructuring of horizon A near the hedge, as was suggested in the study by PERRET *et al.* (1994, cf. table above). The improvement to the structure of this horizon, under the influence of the hedge (rooting system, reintroduction of organic matter) and the macrofauna in the soil associated with it, gives a better infiltration of rainwater and limits the surface runoff and conveyance of materials downhill.

The results also show a higher macroporosity uphill from the isohypse hedge. It would seem that this difference may be attributed to the fact that the residue from crops and *Calliandra* pruning accumulate in a more concentrated way uphill than down, bearing in mind, in particular, the terrace profile which is progressively formed. Biological activity appears to be higher as a result, and the macroporosity is probably increased.

Consequently, the isohypse hedge is a particularly effective system for reducing surface runoff, as part of the development of andisols in the Reunion Highlands. □

For bibliography, see the French version.

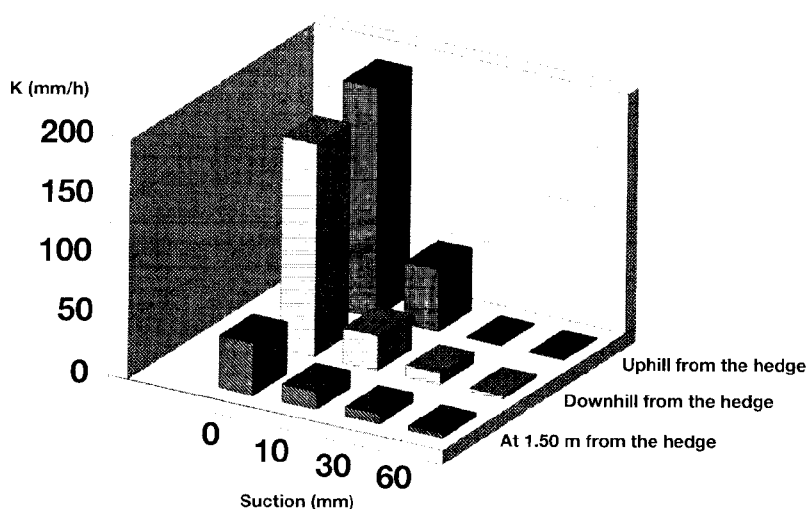


Figure 2. Conductivity of horizon A of an andisol close to a *Calliandra calothyrsus* hedge and under different controlled suctions.

BOOKS IN ENGLISH PUBLISHED BY CIRAD-Forêt

Here are the titles of some important books written in English by CIRAD-Forêt scientists during the last ten years. They are all available at the Publications Department of CIRAD-Forêt in Nogent-sur-Marne :

Faidherbia albida, 68 p.

Manual of forest botany - Tropical Africa

Volume 1 : 194 p.

Volume 2a : 204 p.

Volume 2b : 230 p.

Tropical timber Atlas

Volume 1 : Africa, 208 p.

Tropical timber Atlas

Volume 2 : Asia, Australia, Oceania, 248 p.

Tropical timber Atlas of Latin America, 218 p.

Manual for the Preservation of Wood in the Tropics, 112 p.

New marketable species in Africa

New marketable species in South America

A series of 10 leaflets of 4 p. each