

**SÉPARATION QUANTITATIVE DES RACINES DE GRANDS ÉCHANTILLONS DE SOL
PAR PNEUMO-HYDRO ELUTRIATION**

Chotte J.L.* , Laurent J.Y. et Rossi J.P.

Centre Orstom de Fort de France

Résumé

La masse racinaire représente le paramètre essentiel de nombreuses études agropédologiques (e.g. nutrition minérale des plantes, cycle de la matière organique...). La mesure par pesée de la masse de racines séparées puis extraites d'un échantillon de sol est la méthode la plus couramment utilisée. L'apparition d'appareils semi-automatiques de tri des racines permettant d'alléger fortement les procédures de lavage et d'extraction des racines a rendu cette méthode plus performante.

Pour étudier l'importance des racines dans les processus de conservation et/ou de restauration de la fertilité des sols à la Martinique, nous avons adapté un de ces appareils au traitement de grands échantillons (sol >20 kg). L'appareil, d'une hauteur totale de 1,50m, est constitué de tubes en PVC (diamètre = 100 mm). Les racines sont séparées du sol à la base de l'appareil par des jets d'eau sous pression. Elles sont ensuite entraînées verticalement sous l'effet conjugué du courant d'eau et d'un courant de bulles d'air produites par un compresseur. Au sommet de l'appareil, les racines sont entraînées horizontalement pour être recueillies sur une colonne de deux tamis amovibles. Les sables (> 250 µm) qui sédimentent à la base de l'appareil sont évacués en continu.

Les débits d'eau et d'air sont choisis afin d'obtenir des résultats statistiquement égaux (test de la plus petite moyenne significative: PLSD de Fisher) à ceux obtenus par séparation manuelle. L'appareil est conçu afin de traiter 300 g sol . 5 min⁻¹ soit environ 25 kg de sol par jour. Cet appareil a été testé et adapté à diverses situations agropédologiques.

Mots clés: Racines, masse, pneumo-hydro elutriation, grands échantillons

Introduction

Le système racinaire d'une plante peut-être caractérisé par de nombreux paramètres (masse, rapport racines vivantes sur racines mortes, longueur et longueur par volume de sol, surface, distance moyenne entre deux racines, architecture et relations racines-sol) dont l'importance dans l'étude de la nutrition minérale et hydrique des plantes et la dynamique de la matière organique des sols n'est plus à démontrer. On peut classer les

* adresse actuelle: Orstom C° CSIRO, Division of Soils, PB N°2, Waite Road, Glen Osmond, SA5064, Australia

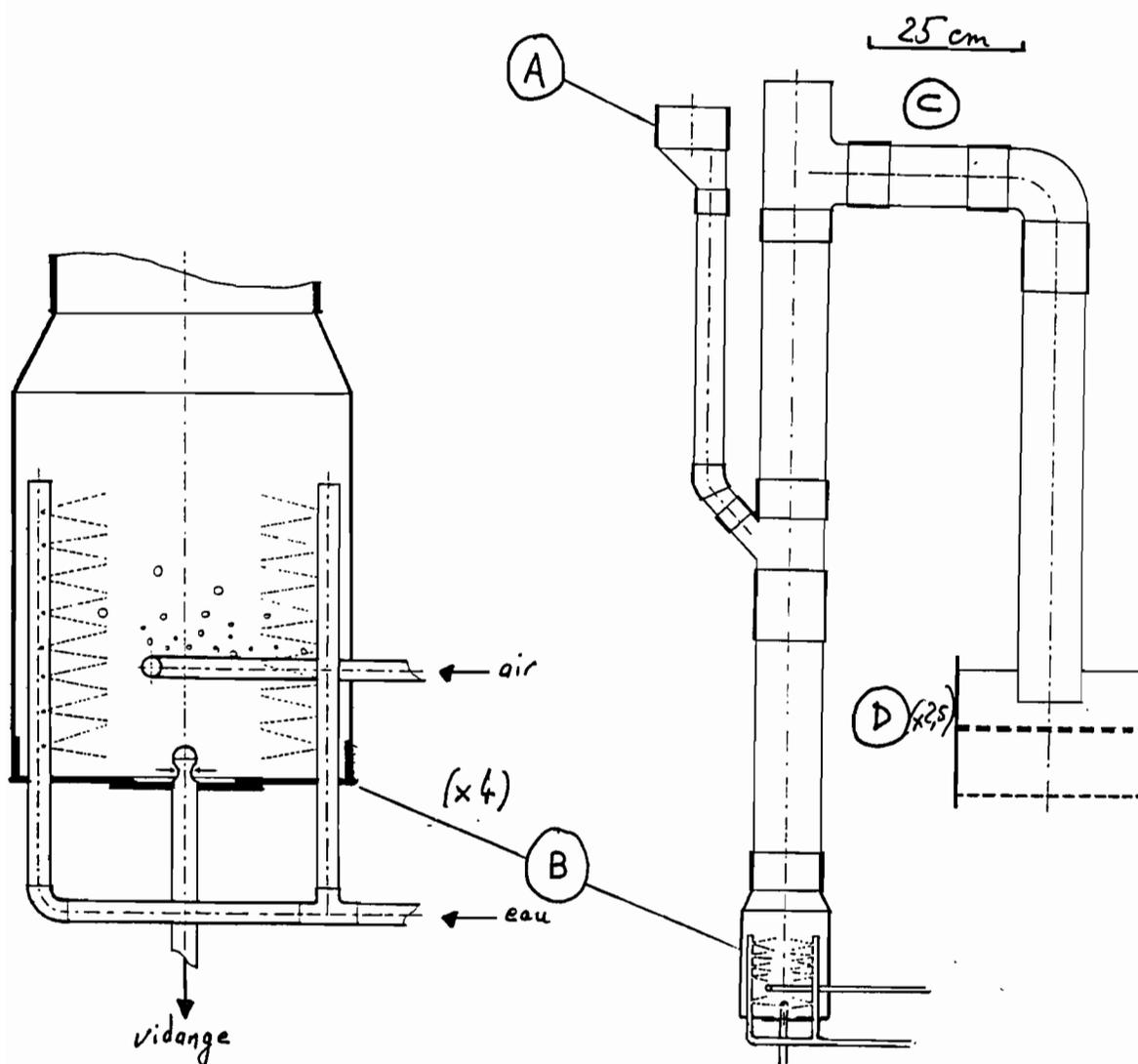
méthodes d'étude du système racinaire en deux catégories: 1) celles qui conservent les relations racines-sol et 2) celles qui ne conservent pas ces relations. Les premières reposent sur l'observation des racines soit sur la face d'un profil recouvert ou non d'une plaque de verre (Pearson and Lund, 1968, Roberts, 1976, Tardieu 1988 a et b) soit au travers d'un tube transparent enfoncé dans le sol (Brown and Upchurch, 1987; Smucker *et al.*, 1987). Parmi les méthodes destructives, la mesure de la masse des racines séparées et triées manuellement d'un prélèvement de sol est celle la plus couramment utilisée. Cette méthode très fiable possède cependant l'inconvénient majeur d'être longue et fastidieuse. Pour réduire les temps de séparation et de tri des appareils semi automatiques ont été conçus (Fehrenbacher and Alexander, 1955; Cahoon and Morton, 1961; Brown and Tilhenius, 1976). Smucker *et al.* (1981) proposent un appareil formé de 9 unités en PVC permettant de séparer quantitativement les racines de 9 échantillons de sol de 125 g chacun en moins de 10 minutes.

Afin d'étudier l'importance des racines dans les processus de conservation et/ou de restauration de la fertilité des sols à la Martinique nous avons adapté cet appareil au traitement en continu de grands échantillons de sol (> 20 kg). Cette communication décrit l'appareil et son adaptation à deux situations agro-pédologiques contrastées: un vertisol sous prairie et un andosol sous canne à sucre.

Description de l'appareil

L'appareil, d'une hauteur totale de 1,50 m, est formé par l'assemblage de tubes en PVC (diamètre interne = 100 mm) de façon à pouvoir être très facilement démonté pour son lavage. L'échantillon de sol est introduit dans l'appareil par la grande ouverture d'un réducteur 100mm/40mm constituant la chambre d'introduction (Figure 1.A.). Il tombe ensuite dans la chambre de dispersion (Figure 1.B.). Cette partie de l'appareil a un diamètre de 130 mm et une hauteur de 150 mm. A ce niveau, le sol est dispersé sous l'action de deux séries de huit jets d'eau sous pression produit par 8 trous percés (diamètre = 500 μ m) dans deux tubes en cuivre verticaux et diamétralement opposés. La pression de l'eau fonction du débit est ajustée par un robinet. Les racines séparées sont alors entraînées hors de la chambre de dispersion sous l'effet conjugué du courant d'eau et d'un courant de bulles d'air produites par 10 trous (diamètre = 500 μ m) percés dans un tube en plastic placé horizontalement dans le tiers inférieur de la chambre de dispersion. L'air sous pression produit par un compresseur est contrôlé par un débitmètre. Les particules minérales qui sédimentent à la base de l'appareil peuvent être évacuées en continu par un orifice de vidange. Les racines entraînées au sommet de l'appareil (Figure 1.C) sont ensuite évacuées horizontalement vers la chambre de récupération où elles tombent sur une colonne de deux tamis amovibles (Figure 1.D).

Figure 1: Schéma de l'appareil



Étalonnage de l'appareil

L'étalonnage de l'appareil a porté sur les débits d'air et d'eau. Les valeurs testées sont:

- débit d'eau (en litre par minute): 2, 3, 4, 6, 8 et 11
- débit d'air (unité arbitraire lue sur le débitmètre): 10, 20, 40, 70, 100, 150 et 200.

Il y a 42 traitements au total et pour chaque traitement trois répétitions. La colonne de tamis est constituée d'un premier tamis de 1000 μm et d'un second tamis de 200 μm . Le cycle de lavage fixé à 5 minutes est suffisamment long pour ne pas interférer dans l'étalonnage.

Le sol utilisé est un vertisol (Sainte-Anne, Martinique) depuis deux ans sous prairie à pangola (*Digitaria decumbens*). Les racines de cette plante ont un diamètre maximum de 500 μm . On prélève environ 100 kg de sol de la couche 0-10 cm. Le sol est séché à l'air, tamisé à 4 mm, homogénéisé puis quarté (300 g). Pour les sols argileux, une étape préliminaire de dispersion du sol est indispensable car l'énergie mécanique produite dans la chambre de dispersion n'est pas suffisante. L'aliquote prélevé est dispersé durant une nuit dans une solution de NaOH 0,10N à pH. L'échantillon est ensuite soit traité par la machine soit traité manuellement. Le poids sec à 80 °C et la perte au feu à 950°C de la fraction 200-1000 μm obtenue automatiquement par la machine sont comparés (test de la plus petite différence significative: PLSD de Fisher) au poids sec et à la perte au feu de la même fraction isolée manuellement.

Résultats

Etalonnage

L'analyse statistique des résultats n'est pas détaillée (Chotte *et al.* en préparation). Cette analyse montre que le débit d'eau de 3 litres par minute associé aux débits d'air de 20, 40, 70, 100 et 150 ainsi que le débit d'eau de 2 litres par minute associé aux débits d'air de 100 et 200 donnent des résultats statistiquement non différents de ceux obtenus manuellement. Cette large gamme de débits utilisables souligne la souplesse de l'appareil. Le couple débit d'eau-débit d'air retenu est 3-70 afin de ne pas travailler aux valeurs limites de l'appareil.

Exemple 1: vertisol sous prairie

Les racines de pangola (*Digitaria decumbens*) participent activement à l'accroissement du stock organique de l'horizon de surface de vertisol (Chotte, 1988). Afin de préciser la répartition verticale des racines, nous avons mesuré la masse racinaire d'une prairie de 11 ans jusqu'à la roche mère (0-100 cm).

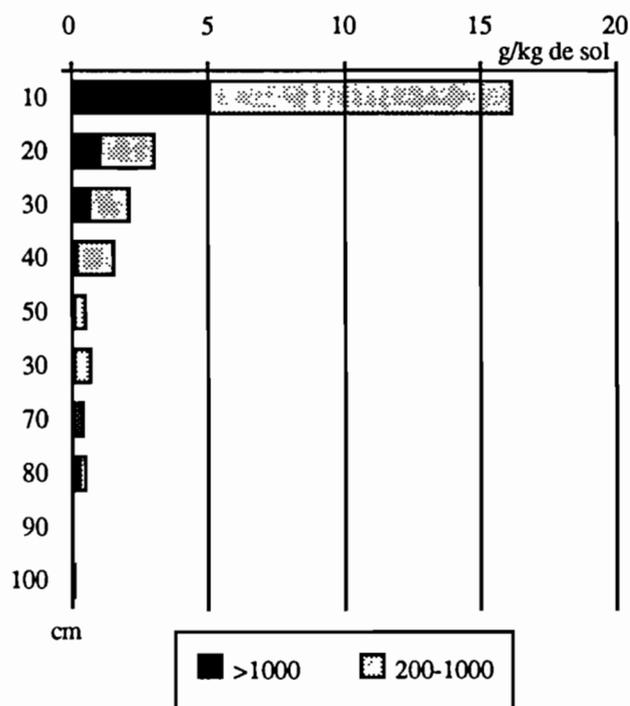
Pour chaque couche de 10 cm d'épaisseur, nous avons prélevé 3 cubes de 10 cm X 10 cm X 10 cm soit environ 5 kg de sol sec par couche et 50 kg de sol au total. Les échantillons sont dispersés dans une solution de soude 0,10 N à pH 10. Les 50 kg de sol sont traités en 2 jours de travail. Les racines sont séparées en deux classes: celles récupérées sur le tamis de 1000 μm (notées >1000) et celles sur le tamis de 200 μm (notées 200-1000).

La masse totale des racines (>1000 + 200-1000) sur l'ensemble du profil est de 25,712 g.kg^{-1} de sol. Les dix premiers centimètres de sol contiennent environ 16 g.kg^{-1} de sol (Figure 2) soit 62 % de la masse totale. On trouve cependant encore des racines dans les horizons de profondeur (i.e. masse >1000 + 200-1000 dans la couche 90-100 = 0,171

g.kg⁻¹ de sol). Les racines recueillies sur le tamis de 200 µm (200-1000) sont les plus abondantes.

Figure 2: Masse racinaire (en g/kg de sol)

Vertisol sous prairie de 11 ans



Exemple 2: andosol sous canne à sucre

Ce deuxième exemple fait parti d'un projet intitulé "Contribution de la faune du sol au maintien de la fertilité des andosols en zone tropicale humide (Martinique)" (responsable V. Eschenbrenner) financé par le Ministère de l'Environnement (programme SOFT). Ses objectifs sont de déterminer l'importance de la faune du sol sur les propriétés des andosols développés sur cendres et ponces (Sainte-Marie, commune du nord est de la Martinique). Au total huit situations agronomiques sont étudiées. Pour chacune d'entre-elle nous avons prélevé par couche de 10 cm d'épaisseur des volumes de sol de 20 cm x 20 cm x 10 cm jusqu'à 2 m de profondeur soit environ 3 kg de sol par couche et 60 kg de sol au total.

Pour ces situations sur andosol, le principal problème n'est plus l'abondance des argiles et leur dispersion mais la présence de ponces plus ou moins altérées dont la densité est proche de celle des débris racinaires. Il a donc fallu modifier la procédure.

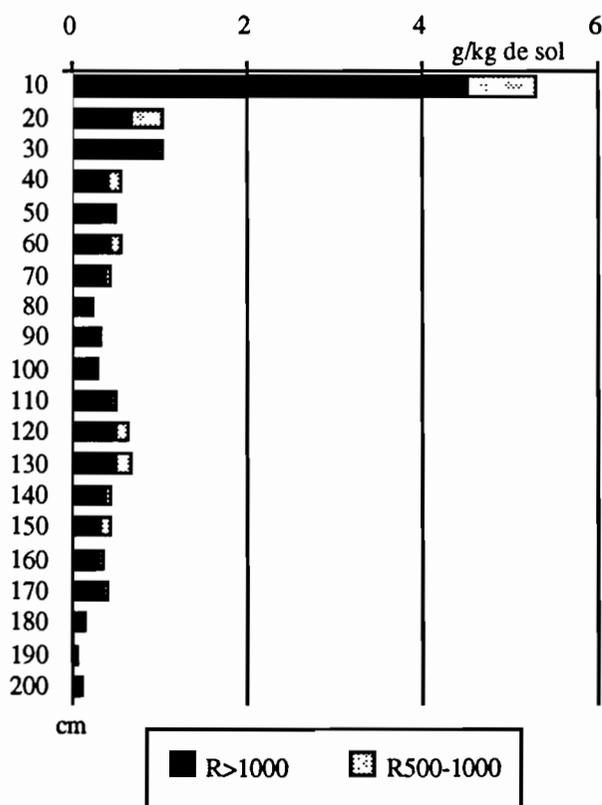
modification de la procédure

Pour ces situations, les échantillons de sol, conservés humide, sont mis à tremper dans de l'eau (rapport sol/eau = 5) durant une nuit puis tamisé à 4 mm pour éliminer les ponces grossières. Un premier essai est réalisé avec les paramètres utilisés pour le vertisol: i) débits d'eau et d'air de 3 l/mm et 70 et ii) un tamis de 1000 μm et un de 200 μm . Cependant l'examen à la loupe binoculaire de la fraction 200-1000 μm révèle la présence d'importante quantité d'imogolite entourant les débris racinaire. Pour éliminer cette pollution, nous avons remplacé le tamis de 200 μm par un tamis de 500 μm . Avec ces modifications, les 60 kg de sol ont été traités en 4 jours.

Sous canne à sucre, la masse totale des racines (> 1000 + 500-1000) sur l'ensemble du profil étudié (0-200 cm) est de 14,713 g/kg de sol et l'horizon 0-10 cm contient près de 40% de la masse totale. La masse racinaire diminue avec la profondeur, mais on remarquera une légère augmentation dans les couches 100 et 120 cm (Figure 3). Les racines récupérées sur le tamis de 1000 μm sont les plus abondantes.

Figure 3: Masse racinaire (en g/kg de sol)

Andosol sous canne à sucre



Conclusions

L'appareil que nous avons construit et testé pour le lavage et le tri par pneumo-hydro-élutriation des racines de grands échantillons de sol est d'une conception très simple et d'un coût réduit (environ 3000 FF compresseur compris, prix Fort de France). Il permet de traiter en continu environ 25 kg de sol par jour. Les racines séparées sont identiques à celles obtenues manuellement.

Pour les sols argileux une étape préalable de dispersion de l'échantillon par une solution de soude (NaOH 0,10 à pH 10) est indispensable. Pour les andosols sur cendres et ponces, les échantillons doivent être conservé humide et subir une pré-tamassage manuel afin d'éliminer les ponces grossières.

La fiabilité et la souplesse d'utilisation de cet appareil font de lui un excellent outil pour l'étude de la masse racinaire.

Bibliographie

- Brown D.A. and D.R. Upchurch. 1987. Minirhizotrons : A summary of methods and instruments in current use, 15-30, IN: (ed. H.M. Taylor), Minirhizotron Observation Tubes: Methods and Applications for Measuring Rhizosphere Dynamics, ASA Special Publication N° 50, Madison.
- Brown G.R. and E.S. Thilenius. 1976. A low-cost machine for separation of roots from soil materials. *J. Range Manag.*, 29, 506-507.
- Cahoon G.A. and E.S. Morton. 1961. An apparatus for the quantitative separation of plant roots from soil. *Am. Soc. Hort. Sci.*, 78, 593-596.
- Chotte J.L. -1988- Importance de l'activité rhizosphérique dans la dynamique de reconstitution du stock organique des sols. (vertisol, Martinique). Traçage isotopique ¹⁵N. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, vol. XXIV, 4, 345-346.
- Fehrenbacher J.B. and J.D. Alexander. 1955. A method for studying corn root distribution using a soil-core sampling machine and a shaker-type washer. *Agron. J.*, 47, 468-472.
- Pearson R.W. and Z.F. Lund. 1968. Direct observation of cotton root growth under field conditions. *Agron. J.*, 60, 442-443.
- Roberts J. 1976. A study of root distribution and growth of *Pinus sylvestris* L. (Scotch pine) plantation in East Anglia. *Plant and Soil*, 44, 607-621.
- Smucker A.J.M., S.L. McBurney and A.K. Srivastava. 1981. Quantitative separation of roots from compacted soil profiles by the hydropneumatic elutriation system. *Agron. J.*, 74, 501-503.
- Smucker A.J.M., J.C. Fergusson, W.P. DeBruyn, R.K. Belford and J.T. Ritchie. 1987. Image analysis of video-recorded plant root systems, 67-80, IN: (ed. H.M. Taylor), Minirhizotron Observation Tubes: Methods and Applications for Measuring Rhizosphere Dynamics, ASA Special Publication N° 50, Madison.
- Tardieu F., 1988 a Analysis of the spatial variability of maize root density. I. Effect of wheel compaction on the spatial arrangement of roots. *Plant and Soil*, 107, 259-266.
- Tardieu F., 1988 b Analysis of the spatial variability of maize root density. II. Distances between roots. *Plant and Soil*, 107, 267-272.

SEPTIEME REUNION DU GROUPE DE REFLEXION
SUR L'ETUDE DE LA SOLUTION DU SOL
EN RELATION AVEC L'ALIMENTATION DES PLANTES
(GRESSAP)

ORSTOM Montpellier - 15 septembre 1994