

Joseph BANDZOUZI
Institut de Développement rural, Brazzaville, Congo
Dominique SCHWARTZ (1)
ORSTOM, Pointe-Noire, Congo

**MODES DE PRÉLÈVEMENT, VARIABILITÉ SPATIALE DES SOLS
ET OPTIMISATION DE L'ÉCHANTILLONNAGE
(ÉCHELLES DE L'ARE ET DE LA PARCELLE)
SOUS PLANTATIONS D'EUCALYPTUS (POINTE-NOIRE, CONGO)**

1. Introduction

Pour des raisons de coût, les analyses de sols à but agronomique sont le plus souvent effectuées sur des échantillons de sols moyens, constitués d'un nombre X plus ou moins élevé de prélèvements élémentaires.

Cette méthode, satisfaisante lorsqu'il s'agit de caractériser sommairement des parcelles, ne permet pas d'appréhender des caractéristiques édaphiques essentielles lorsque l'on s'intéresse au fonctionnement du sol et à son évolution dans le temps :

- impossibilité de caractériser la variabilité spatiale du sol, qui repose sur l'analyse d'un nombre important de profils ;
- impossibilité d'affirmer que des différences relevées entre deux parcelles sont significatives sur un plan statistique ;
- impossibilité de suivre l'évolution dans le temps d'une parcelle.

Les planteurs d'Eucalyptus du Congo, CTFT, puis UAIC ont été confrontés à ce problème. Leurs plans de fertilisation reposent sur des analyses de caractérisation. Mais ces analyses ne permettent pas de suivre l'évolution des sols après 10 ou 15 ans de plantations. A titre d'exemple, un des problèmes qui se pose est de savoir si les plantations d'eucalyptus induisent avec le temps une dégradation physique des sols en favorisant le lessivage. Pour répondre à cette question les planteurs ont comparé les analyses granulométriques de trois profils de sols (un par parcelle) à quelques années d'intervalle. Il est clair que le résultat ne pouvait pas être interprété.

Une première approche de ces problèmes de variabilité spatiale des sols de plantations d'eucalyptus a été tentée dans le cadre d'un mémoire de fin d'études de l'Institut de Développement rural (IDR) du Congo (BANDZOUZI, 1993). C'est ce travail que nous allons résumer ici.

(1) Actuellement CEREG, 3, rue de l'Argonne, 67083 Strasbourg cedex.

2. Matériel et méthodes

2.1. Sols

Les plantations d'eucalyptus du littoral congolais couvrent environ 50 000 ha. Elles sont établies sur des sols ferrallitiques psammitiques, c'est-à-dire très sableux. Il s'agit en fait de sols profonds, peu différenciés (JAMET et RIEFFEL, 1976) et présentant une variabilité spatiale assez faible. La teneur en argile des horizons de surface est de l'ordre de 3 à 6 % et augmente régulièrement jusqu'à 12-15 % en profondeur. La teneur en carbone des horizons de surface est de l'ordre de 0,8 %, les pH sont de l'ordre de 5. Ces sols à capacité d'échange réduite sont très désaturés : pour caricaturer, ce sont des tas de sable peu propices à une activité agricole. La plantation d'espèces arborées à croissance rapide est un des seuls moyens de les mettre en valeur.

2.2. Méthodes

Les sites de prélèvement ont fait l'objet d'un choix rigoureux. Les critères de sélection ont été les suivants :

- situation topographique plane ;
- toutes parcelles plantées avec le même hybride : PF1 ;
- homogénéité pédologique et culturale des parcelles.

Dans un premier temps, on a travaillé à l'échelle de l'are. On a choisi quatre parcelles (une savane témoin, trois plantations âgées respectivement de 6 mois, 5 et 11 ans). Sur chaque parcelle on a effectué 30 prélèvements selon trois modes de prélèvement : linéaire, quadrillage, aléatoire (fig. 1). Les analyses effectuées sont les suivantes C, pH (sur les 30 échantillons) et granulométrie (15 échant.) Le pas de prélèvement des modes linéaires et quadrillé était de 2,5 m (différent des pas de plantations = 3 x 4 m). Les différents résultats (comparaisons intermodes de prélèvements et évolution des parcelles) ont été comparés à l'aide du test T de Student. On a également estimé le nombre minimal N de prélèvements pour arriver à une précision de 5 % à l'aide du test suivant :

$$N = (100/P)^2 * (T/\mu)^2 * \sigma^2$$

avec :

μ = moyenne sur le premier échantillonnage de Na échantillons

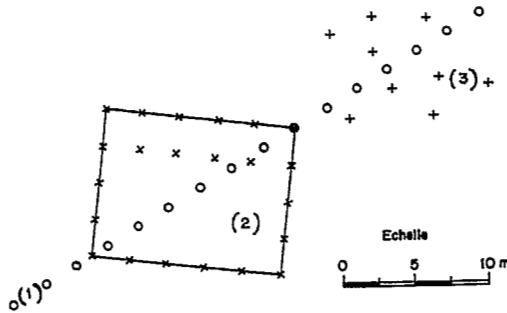
σ = écart type correspondant

P = précision souhaitée en % (ici 5 %)

T = t de la table de Student pour Na-1 degrés de liberté

Figure 1 : Représentation schématique des modes de prélèvement.

(1) = mode linéaire ; (2) = selon un quadrillage régulier ; (3) = mode aléatoire.



Dans un second temps, on a réitéré l'opération à l'échelle de la parcelle (10-30 ha), en ne conservant que le mode linéaire et aléatoire, avec un pas de 30 m (pH).

Enfin, on a suivi l'évolution dans le temps de ces variables sur 9 couples de parcelles de 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9 et 10 ans, ainsi qu'une savane témoin. Il n'y a pas de parcelles de 6 ans, car l'UAIC n'avait pas procédé à des plantations l'année correspondante. Cette troisième étape découlait directement des résultats précédents, qui semblaient indiquer que les caractères du sol évoluaient avec l'âge des plantations. Sur ces 19 parcelles, l'analyse a porté sur un échantillon moyen de 30 prises élémentaires, effectuées selon un mode linéaire, avec un pas de 30 m.

3. Résultats

3.1. Variabilité à l'échelle de l'are

3.1.1. Comparaison des modes de prélèvements

- Il n'y a pas de différences entre les modes de prélèvement linéaires et selon un quadrillage.
- En général, le mode de prélèvement de type aléatoire est proche des deux autres. Dans quelques cas, il y a des différences significatives : les prélèvements ne sont pas tout à fait aléatoires, mais ces différences sont très faibles dans l'absolu.

Au vu de ces résultats, le mode de prélèvement aléatoire, moins rigoureux, a été écarté de la suite des opérations, et le mode linéaire, plus facile à mettre en œuvre que le quadrillage, a été retenu.

3.1.2. Établissement du nombre minimal de prises pour avoir un échantillon représentatif à 5 %

Les résultats sont étroitement corrélés au degré de variabilité de la variable considérée.

Pour les pH eau et KCL, il suffit de deux échantillons élémentaires pour constituer une prise représentative à 5 %. Pour le carbone organique, le nombre d'échantillons oscille entre 20 et 43 : 21 (savane), 28 (6 mois), 20 (5 ans), 43 (11 ans). Il n'y a pas de corrélation avec l'âge des parcelles ($\rho = 0,1$). Il convient de rapprocher ces résultats de données préliminaires de Trouvée (1992) : 18 (5 ans), 24 (10 ans), 23 (15 ans). En ce qui concerne l'argile, le nombre de prises élémentaires nécessaire est considérable : 91 (savane), 136 (6 mois), 27 (5 ans), 74 (11 ans). Pour la teneur en sable, il suffit de deux échantillons. Ce paradoxe apparent s'explique aisément par le déséquilibre de la composition granulométrique, marquée par la prédominance des sables. Or, dans l'absolu, 3 % d'écart sur 90 % de sable, cela ne représente pas grand-chose, alors que sur 6 % d'argile, c'est énorme. Il s'en suit de ce dernier résultat qu'il est quasiment illusoire de suivre l'évolution dans le temps des teneurs en argile.

3.2. Variabilité à l'échelle de la parcelle

3.2.1. Variabilité à l'échelle de la parcelle (pH)

- La variabilité spatiale à l'échelle de la parcelle est du même ordre de grandeur qu'à l'échelle de l'are.
- Le nombre de prises élémentaires est donc du même ordre de grandeur.

3.2.2. Comparaison entre les deux échelles spatiales : cas du pH

En général, les différences relevées entre les deux échelles sont faibles, mais souvent significatives (tabl. I). On ne peut transposer directement à l'échelle de la parcelle les résultats obtenus à l'échelle de l'are : il faut donc prélever sur l'ensemble de la parcelle et non pas sur une zone témoin.

3.3. Évolution des parcelles dans le temps

3.3.1. pH

On note dans les trois premières années une forte décroissance du pH eau ; cette décroissance continue ensuite, mais plus lentement (fig. 2). Le pH KCL est stable jusqu'à environ 7 ans, et chute fortement ensuite (fig. 3).

3.3.2. Carbone organique

La teneur en carbone organique est à peu près stable jusqu'à 7 ans (fig. 4) ; elle tend à augmenter ensuite. Ceci pourrait résulter d'une influence de la coupe de la 1^{re} génération, qui a pour effet d'apporter une biomasse supplémentaire au sol (brindilles, feuilles en apport brutal).

Tableau I : comparaison statistique de la variabilité spatiale du pH eau et du pH KCl aux échelles de l'are (première ligne) et de la parcelle (deuxième ligne). Test T de Student (effectifs : 30 + 30 ; degré de liberté = 59).

pH eau				
Parcelle	Moyenne	Écart type	T. obs.	Risque
Savane	5,26	0,10	4,94	1 ‰
	5,05	0,21		
6 mois	4,94	0,13	4,50	1 ‰
	5,08	0,11		
5 ans	4,80	0,20	1,24	N.S.
	4,89	0,18		
11 ans	4,68	0,13	0,33	N.S.
	4,67	0,10		
pH KCl				
Parcelle	Moyenne	Écart type	T. obs.	Risque
Savane	4,33	0,06	6,90	1 ‰
	4,17	0,11		
6 mois	4,27	0,07	6,08	1 ‰
	4,16	0,07		
5 ans	4,20	0,09	6,45	1 ‰
	4,05	0,09		
11 ans	3,76	0,11	1,10	N.S.
	3,73	0,10		

Figure 2 : Evolution du pH eau (moyenne par parcelle) en fonction de l'âge des plantations.

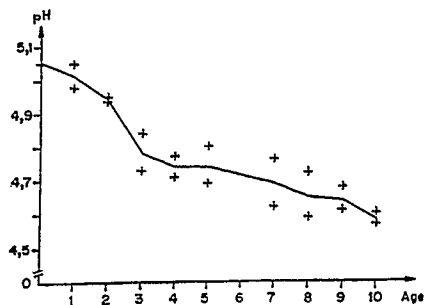


Figure 3 : Évolution du pH KCl (moyenne par parcelle) en fonction de l'âge des plantations.

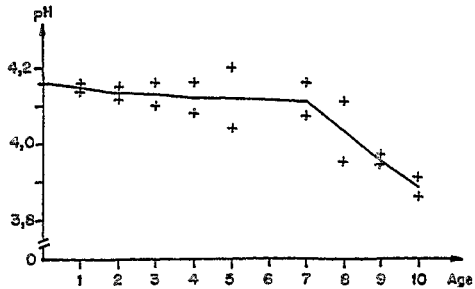
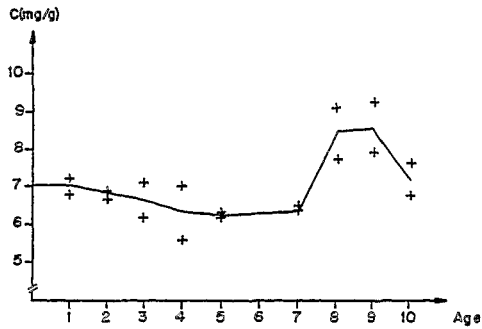


Figure 4 : Évolution de la teneur en carbone (moyenne par parcelle) en fonction de l'âge des plantations.



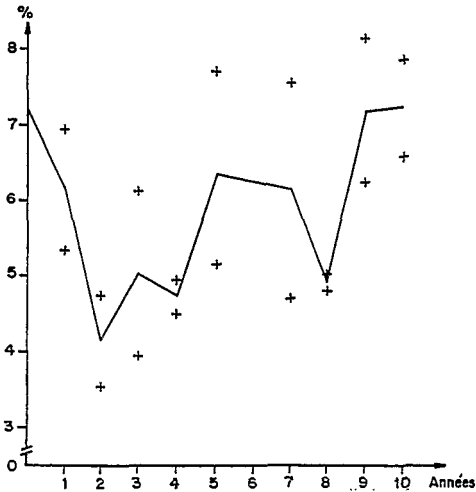
La stabilité des teneurs en carbone sur les sept premières années semble indiquer que la baisse brutale du pH eau n'est pas directement liée au facteur teneur en MO des sols, mais plutôt à des changements dans la composition des matières organiques des litières et du sol : les litières forestières en général sont connues pour être plus acidifiantes que les litières d'herbacées ; les feuilles d'eucalyptus contiennent jusqu'à 30 % de carbone soluble qui percole très rapidement dans les sols.

3.3.3. Argiles

L'évolution des teneurs en argile en fonction de l'âge n'est absolument pas interprétable en première lecture (fig. 5). On note tout d'abord une très forte dispersion des valeurs entre parcelles du même âge, et évolution dans le temps difficilement interprétable.

En fait, ces résultats montrent qu'il existe une variabilité spatiale très forte du matériau à une échelle supérieure à celle de la parcelle, une échelle régionale. Des lentilles plus argileuses correspondant à des variations de faciès dans le dépôt de ces sédiments continentaux ont en effet été décrites localement. Il s'agirait donc d'un héritage du matériau. Une conséquence directe est qu'il est rigoureusement impossible de suivre l'évolution dans le temps des teneurs en argile du sol en comparant des parcelles d'âge différents.

Figure 5 : Évolution de la teneur en argile (moyenne par parcelle) en fonction de l'âge des plantations.



4. Conclusion

Les résultats brièvement exposés ici sont essentiellement de deux ordres.

- La variabilité spatiale obéit à des règles très différentes selon les caractéristiques édaphiques analysées. Elle est très faible pour le pH, moyenne pour le carbone, forte pour les teneurs en argile. Ces résultats sont cohérents avec les données de la littérature (BECKETT et WEBSTER, 1971 ; McBRATNEY et WEBSTER, 1983).
- Des évolutions sensibles interviennent rapidement avec le temps dans les parcelles d'eucalyptus. Mais ces évolutions ne sont perceptibles que pour les caractéristiques édaphiques à faible variabilité. Lorsque la variabilité est très forte, comme c'est le cas pour l'argile, aucune conclusion ne peut être donnée avec ce type d'approche. Il convient d'envisager alors d'autres types d'étude, comme un suivi en cases lysimétriques, par exemple.

5. Bibliographie

- BANDZOUZI J., 1993. Variabilité spatiale de quelques caractéristiques édaphiques (pH carbone, granulométrie) des sols sableux sous eucalyptus du littoral congolais. Applications à l'optimisation de l'échantillonnage et à l'étude de l'évolution dans le temps des parcelles d'eucalyptus. Mémoire I.D.R., Brazzaville, 58 p. + annexes.
- BECKETT J. et WEBSTER R., 1971. Soil variability: a review. *Soils and Fertil.*, 34 : 1-15.
- JAMET R. et RIEFFEL J.M., 1976. Notice explicative n° 65. Carte pédologique du Congo à 1/200 000. Feuille Pointe-Noire, feuille Loubomo. Orstom, Paris, 167 p. + 2 cartes h.t.
- McBRATNEY A.B. et WEBSTER R., 1983. How many observations are needed for regional estimation of soil properties ? *Soil Sci.*, 185, 3 : 177-183.
- TROUVÉ C., 1992. Apport de la géochimie isotopique (d13C) à l'étude du renouvellement des matières organiques et des sucres neutres dans les sols tropicaux soumis à des changements d'écosystèmes. Cas des aménagements forestiers sur les savanes de Pointe-Noire au Congo. Thèse université d'Orléans, 112 p. + annexes.