

# Variabilité spatiale de la productivité d'un Andosol Leptique de la région de Foumbot, Ouest Cameroun

J.D. Ngandeu Mboyo<sub>(1)</sub>, R. Yongue-Fouateu<sub>(1)</sub>, M. Yemefack<sub>(2)</sub> et P. Bilong<sub>(1)</sub>

1) Département des Sciences de la Terre, Université de Yaoundé I, BP 812 Yaoundé Cameroun.

2) Institut de la Recherche Agricole pour le Développement (IRAD) Nkolbisson, BP. 2067 Yaoundé, Cameroun.

## RÉSUMÉ

La ferme PROLEG de Foumbot, spécialisée dans la culture des légumes verts, est établie sur un Andosol Leptique. Malgré des pratiques culturales identiques sur toute son étendue, on note une disparité dans le rendement en maïs et en haricot vert des trois principales parties de celle-ci. Une étude de la variabilité spatiale de la fertilité du sol a été entreprise dans le but d'identifier les causes de la disparité du rendement parcellaire. L'objectif de cette étude était d'inventorier et d'évaluer les facteurs de la variabilité des caractéristiques des sols à l'intérieur de cette ferme, à travers une étude pédologique détaillée et une analyse spatiale de la distribution de certains facteurs de la productivité des sols. Il en résulte que bien que la fertilité chimique des sols sur roches volcaniques soit reconnue, d'autres caractéristiques des sols peuvent influencer de manière notable la fertilité globale de ces sols. Il s'agit pour le cas présent de la topographie, du taux d'éléments fins dans le sol et de la profondeur totale du sol accessible aux racines des plantes dont la variabilité spatiale contribue de façon significative à la variabilité des rendements des cultures.

## Mots clés

Andosol Leptique - aptitudes des terres- haricots verts - maïs - krigeage ordinaire - Foumbot - Ouest Cameroun.

**SUMMARY****SPATIAL VARIABILITY OF THE PRODUCTIVITY OF A LEPTIC ANDOSOL AT FOUMBOT, WEST CAMEROON**

The PROLEG farm in Foubot, specialized in the production of maize and green vegetables, is established on a Leptic Andosol. Despite the uniformity of cultural practices used to farm this land, significant and recurrent yield discrepancy was observed between three main parts of the farm. A soil fertility assessment was carried out in order to identify factors leading to spatial variation in crop yields. The objectives of this study were to identify and evaluate factors of soil variability within this farm, through a detailed-scale soil survey and a spatial analysis of the distribution pattern of some soil productivity parameters. The results showed that despite the intrinsic chemical fertility of soils developed on volcanic rocks, some other soil characteristics could strongly influence the global fertility of these soils. For instance, spatial variability of the topography, soil depth and the percentage of fine elements in the soil appeared to be the main factors controlling the variability of crop yield on this farm.

**Key-words**

Leptic Andosol – cropping land suitability - green beans - maize - toposequence - ordinary kriging -Foubot - West Cameroon.

**RESUMEN****VARIABILIDAD ESPACIAL DE LA PRODUCTIVIDAD DE UN ANDOSOL LÉPTICO DE LA REGIÓN DE FOUMBOT, OESTE DE CAMERÚN**

La explotación PROLEG de Foubot, especializada en el cultivo de legumbres verdes, se encuentra sobre un Andosol léptico. A pesar de prácticas de cultivos idénticas en toda la superficie, se nota una disparidad en el rendimiento en maíz y en judías verdes en las tres principales zonas de la explotación. Se hizo un estudio de la variabilidad espacial de la fertilidad del suelo para identificar y evaluar los factores de la variabilidad del rendimiento parcelario. El objetivo de este estudio fue inventariar y evaluar los factores de la variabilidad de las características de los suelos al interior de esta granja, a través de un estudio pedológico de detalle y un análisis espacial de la distribución de algunos factores de la productividad de los suelos. Resulta que, aunque la fertilidad química de los suelos sobre rocas volcánicas está reconocida, otras características de los suelos pueden influir de manera notable la fertilidad global de estos suelos. En el caso presente, se trata de la topografía, del contenido en elementos finos del suelo y de la profundidad total del suelo accesible a las raíces de las plantas cuya variabilidad espacial contribuye de manera significativa a la variabilidad de los rendimientos de los cultivos.

**Palabras clave**

Aptitudes agrícolas de las tierras, judías verdes, maíz, kriging ordinario, Foubot, oeste de Camerún.

La variabilité spatiale des caractéristiques physiques, chimiques et morphologiques des sols est un fait établi depuis de longues années (Burrough, 1993). Elle peut aller de l'échelle régionale (Guimaraes Couto *et al.*, 1997; Brejda *et al.*, 2000) à l'échelle d'une parcelle de terre sous exploitation agricole (Earl *et al.*, 2003; Godwin and Miller, 2003). Elle est due soit aux facteurs intervenant dans la formation des sols, soit au type d'utilisation et de gestion des terres (Nye and Greenland, 1964; Kotto-Same *et al.*, 1997). Elle a pour corollaire la variabilité de la fertilité des sols, ce qui induit une variabilité spatiale dans les rendements des cultures.

Une cartographie précise de la variabilité spatiale des caractéristiques des sols serait d'un intérêt économique certain pour les agriculteurs car elle leur permettrait d'optimiser les rendements de manière rationnelle. Cette démarche a suscité un intérêt croissant chez les chercheurs exerçant dans le domaine de l'agriculture de précision où de nombreux travaux ont été consacrés à la variabilité spatiale des caractéristiques des sols à l'intérieur d'une parcelle de terre sous exploitation agricole. Bien que la majorité de ces travaux aient été faits sur des parcelles d'agriculture hautement modernisée (Godwin and Miller, 2003), des parcelles d'agriculture itinérante et d'agriculture de subsistance ont également fait l'objet de nombreuses études (Mapa and Kumaragamage, 1996; Van Groenigen *et al.*, 2000; Yemefack *et al.*, 2005). Ces études montrent que certains paramètres très importants pour la productivité des sols variaient même à courte distance.

Les exploitants de la ferme PROLEG de Fombot à l'ouest du Cameroun ont observé une variabilité très sensible des rendements des cultures sur les principales parcelles de la ferme, malgré l'uniformité des itinéraires techniques pratiqués sur toutes ces parcelles. La maîtrise de la variabilité spatiale de certaines caractéristiques de ces sols s'avère essentielle pour la mise au point des stratégies permettant d'améliorer la productivité de toutes les parcelles de cette ferme et à la détermination du type d'utilisation adéquat des terres susceptible de promouvoir une gestion conservatoire et durable de l'environnement. C'est ce qui a motivé la présente étude dont l'objectif était de procéder à l'inventaire et à l'évaluation des facteurs de la variabilité des sols à l'intérieur de cette ferme, à travers une étude pédologique de détail et une analyse spatiale de la distribution de certains facteurs de la productivité des sols.

## MATÉRIELS ET MÉTHODES

### Le milieu naturel de la région de Fombot

La ferme PROLEG est située à l'entrée de la ville de Fombot, département du Noun, Ouest Cameroun. Elle s'étend entre 5° 29' - 5° 31' de latitude Nord et 10°36' - 10° 37' de longitude Est (*figure 1*). La région de Fombot est localisée dans la vallée du Noun, longue gouttière de 10 à 20 km de large séparant les plateaux Bamiléké et

Bamoun. Ces deux plateaux forment avec ceux du Grassfield, les Hauts Plateaux de l'Ouest-Cameroun (Wandji, 1985).

La zone est soumise à un climat atlantique du type « mousson montagnard » légèrement altéré par la double protection orographique de ces plateaux (Suchel, 1988). Les précipitations annuelles moyennes sont de l'ordre de 1713 mm. La température mensuelle moyenne est de l'ordre de 21 °C à Fombot. La végétation primitive de la région de Fombot autrefois constituée d'une forêt semi décidue (Letouzey, 1968) ne subsiste plus que dans les plaines et vallées inondées où la forêt marécageuse occupe des surfaces non négligeables (Makilo, 1982).

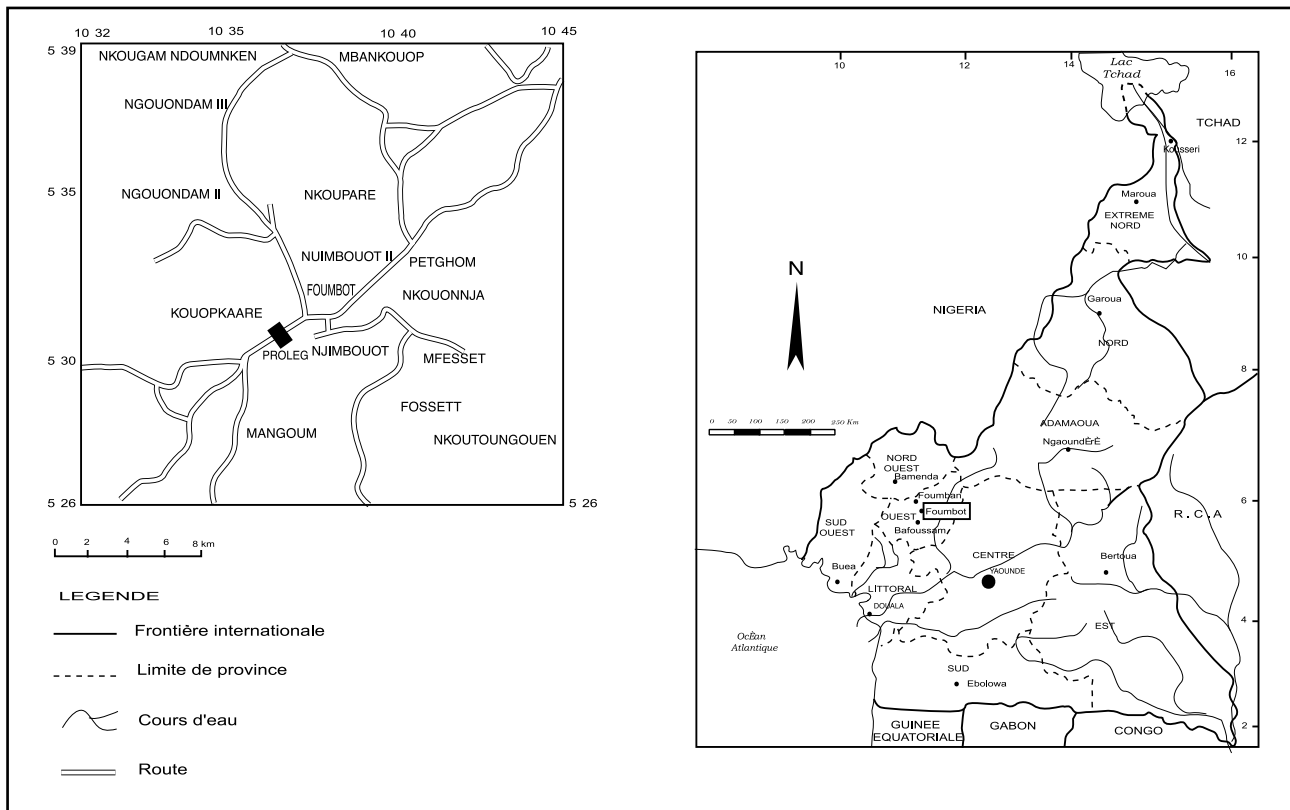
Le socle de la région est formé essentiellement de roches métamorphiques (gneiss et migmatites) intrudées de granitoïdes divers. Ce substratum géologique est recouvert par une épaisse couche de pyroclastites (Wandji, 1985) sur laquelle s'est développé un sol classé, selon la base référentielle mondiale des ressources en sol (FAO-ISRIC, 2006), comme un Andosol Leptique (Skeletique).

La ferme PROLEG, vaste de 65 hectares, est une surface péninsulaire dont l'altitude varie entre 1 020 et 1 080 m. Elle est entourée d'édifices volcaniques arrondis et surbaissés dont l'altitude moyenne se situe au-dessus de 1 100 m. La ferme a été subdivisée en huit parcelles (*figure 2*). L'étude détaillée du relief de cette ferme permet d'y distinguer trois principales unités de relief :

- une unité d'altitude moyenne inférieure à 1040 m qui couvre 15 % de la superficie de la ferme. Ses pentes sont de l'ordre de 5 %. C'est la zone de « basses pentes » ;
- une unité d'altitude 1040 – 1060 m couvrant environ 75 % de la superficie de la ferme, avec des pentes inférieures à 3 %. Elle est ici dénommée « zone plane » ;
- une unité d'altitude 1060-1080 m qui couvre 10 % de la superficie de la ferme, avec des pentes de l'ordre de 10 %. C'est la zone de « hauts versants ».

### Etude pédologique

Sur le terrain, la prospection pédologique a consisté à identifier et à délimiter les différentes unités morpho-pédologiques au moyen des sondages à la tarière. Un transect suivant la ligne de plus grande pente a été utilisé pour la recherche des limites d'unités pédologiques. Trois fosses d'observation ont été ouvertes le long de ce transect, chacune sur une des trois unités de relief décrites ci-dessus (*figure 2*). La première fosse (PROLEG1) est située dans les basses pentes et sur la parcelle C où les rendements de cultures sont jugés peu satisfaisants ; la deuxième fosse (PROLEG2) dans la zone plane (parcelle F) où les rendements de cultures sont assez bons ; et la troisième (PROLEG3) dans les hauts versants (parcelle I) où les rendements de cultures sont très insatisfaisants. La description des profils pédologiques s'est effectuée selon le guide de la FAO (FAO, 1990). Un échantillon perturbé de sol a été prélevé dans chacun des horizons génétiques de ces profils en vue de la détermination des propriétés physico-chimiques des sols étudiés. Des échantillons destinés à la mesure de la densité apparente ont

**Figure 1** - Carte de localisation du site de la ferme PROLEG, près de Foubot.**Figure 1** - Location map of the PROLEG farm near Foubot.

été prélevés à l'aide d'un cylindre de 250 cm<sup>3</sup> à deux profondeurs (0-20 et 20-30 cm) dans toute la ferme.

### Analyses physico-chimiques

Ces analyses ont été effectuées au laboratoire des sols de la Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles de l'Université de Dschang suivant les protocoles décrits par Pauwels *et al.* (1992). Les déterminations ont porté sur la granulométrie, la densité apparente, le carbone organique, l'azote total, les bases échangeables, la capacité d'échange cationique (CEC), le pH et le phosphore assimilable (méthode Bray II).

### Analyses statistiques et géostatistiques

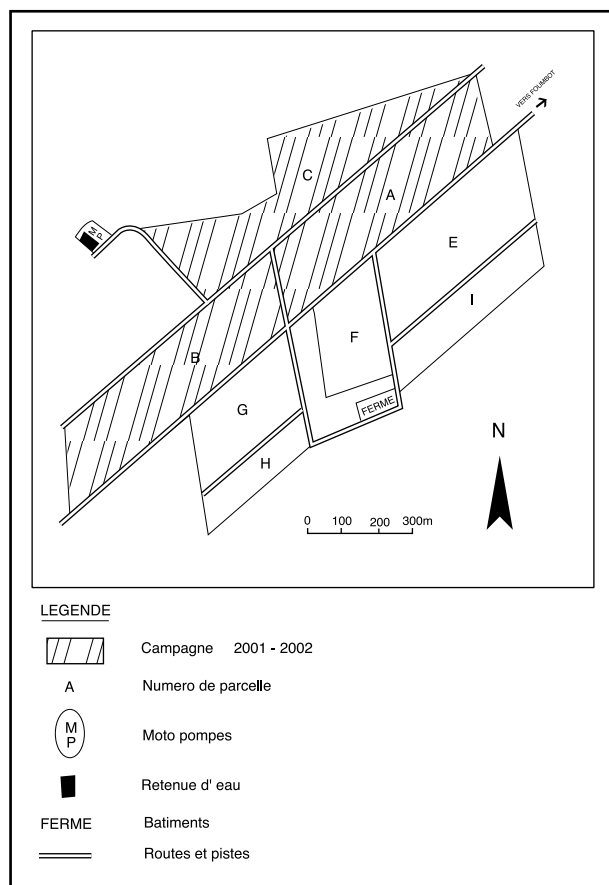
L'étude pédologique a révélé l'existence d'une croûte plus ou moins compacte, juste en dessous de la couche meuble superficielle dont l'épaisseur varie d'une parcelle à l'autre. Ceci nous a amené à faire un échantillonnage systématique de l'épaisseur de cette couche meuble sur 125 points bien répartis dans la ferme (figure 2). Les analyses de variances, la comparaison des moyennes (méthode de Tukey's HSD) et une analyse géostatistique (Isaaks and Srivastava, 1989; Webster and Oliver, 2001) de la distribution de l'épaisseur de

cette couche ont permis d'évaluer l'influence potentielle de celle-ci sur la variabilité de la productivité des sols. Les analyses statistiques ont été effectuées par le logiciel Systat (SYSTAT, 1993), alors que les analyses géostatistiques ont été faites à l'aide des logiciels ILWIS (ITC ILWIS Unit voir liste de références, 2001) et la composante GSTAT (Pebesma and Wesseling, 1998) du programme statistique R (R Development Core Team, 2002). La semivariance a été estimée pour un pas de 20 m et sur 800 m de distance. Les paramètres du semivariogramme (pépite, palier et portée) ont été ajustés à l'aide de la fonction « fit variogram » de GSTAT.

Au cours de l'étude de la variation spatiale de l'épaisseur de la couche meuble du sol, l'objectif principal était d'obtenir une carte à partir des points observés. Pour ce faire, il fallait pouvoir estimer les valeurs à des points non observés. La technique d'interpolation communément utilisée dans ce cas est le krigeage (Isaaks and Srivastava, 1989). Le modèle sphérique ajusté au variogramme expérimental et le système d'équations du krigeage ordinaire ont été utilisés pour cartographier l'épaisseur de la couche meuble de la ferme PROLEG sur une grille de 2,5 x 2,5 m. La régionalisation spatiale fournie par la carte résultante a été comparée aux autres propriétés des sols et aux rendements des cultures sur les différentes parcelles.

**Figure 2 -** Localisation des parcelles, des profils et des points d'observations sur l'épaisseur de la couche superficielle

**Figure 2 -** Location of plots, soil profiles and other observation points



## Evaluation des terres

L'évaluation des terres a été faite suivant la méthode FAO (1976) et les travaux de Beernaert (1991) et de Sys *et al.* (1993).

## RÉSULTATS ET DISCUSSION

### Caractéristiques morphologiques des sols

Les sols des unités de relief décrits ci-dessus ont été classés comme Andosol Leptique. Ils sont peu profonds (60 à 90 cm). Le profil est du type Ap-C, avec un horizon superficiel labouré (Ap). La texture est sablo-limoneuse. Le taux d'éléments grossiers est très élevé dans l'ensemble du profil et représente 30 à 50 % du volume de l'horizon Ap. Il ne s'agit pas de sable quartzueux mais de lapillis en cours d'altération. Les caractéristiques descriptives des trois profils ouverts le long de la toposéquence sont résumées dans le *tableau 1*. Dans la partie supérieure du second horizon pédologi-

que, les éléments grossiers forment avec la terre fine une masse continue, dense, compacte, plus ou moins accessible aux racines. Les racines deviennent traçantes au-dessus de cet horizon dans la zone de basses pentes. Dans les deux autres parties de la ferme, seules quelques rares fines racines y sont présentes et aucune autre activité n'y est décelable. La profondeur d'apparition de cette couche massive varie cependant d'un profil à l'autre. C'est ce qui a conduit à une analyse spatiale de la variabilité de l'épaisseur de la couche meuble sus-jacente.

### Epaisseur de la couche meuble

Sur la base des observations faites sur 125 points de la ferme, l'épaisseur de la couche superficielle meuble du sol varie entre 16 et 28 cm. L'analyse statistique (*tableau 2*) montre les moyennes de  $20 \pm 2,06$  cm sur les hauts versants,  $25 \pm 1,62$  cm sur la zone plane et  $21 \pm 1,51$  cm sur les basses pentes. Cette épaisseur est donc plus faible sur les pentes, zones potentielles de départ des particules sous l'effet de l'érosion, accentuée par le labour plat pratiqué dans la ferme. La zone des hauts versants montre également une grande variabilité justifiée par l'écart type. La zone plane, avec une plus grande épaisseur de la couche superficielle, bénéficierait des apports en éléments fins résultant de l'érosion des versants. Ceci est d'autant plus plausible que les parcelles E et F (*figure 2*) de la zone plane située directement au pied des collines ont les plus grandes épaisseurs dont les moyennes sont de 26 cm alors que pour la même unité de terrain, les parcelles A, B et G, situées plus loin des collines, montrent des épaisseurs moyennes plus petites (23 et 24 cm). Les basses pentes non seulement ne bénéficient pas d'apports, mais seraient aussi soumises à l'action de l'érosion bien que les pentes ici soient plus faibles (3 à 5 %) que sur les hauts versants.

À la suite de ces analyses statistiques sur la variation spatiale de l'épaisseur de la couche meuble du sol, une étude géostatistique a été également réalisée avec pour objectif principal d'obtenir une carte à partir des points observés. L'analyse de la structure spatiale de ces données n'a montré aucune tendance directionnelle préférentielle. De ce fait, une analyse omnidirectionnelle de la semivariance a été appliquée. La *figure 3* montre le semivariogramme et ses caractéristiques. Cette épaisseur a montré une dépendance spatiale de l'ordre de 400 mètres. La variance minimale (pépite) est assez faible (1) par rapport à la variance maximale (7.3). Ceci signifie que plus de 86 % de la semivariance a pu être modélisée par le variogramme sur une distance de 380 m. La carte (*figure 4*) obtenue par krigeage ordinaire a été comparée aux autres propriétés des sols et aux rendements des cultures. Selon la légende de cette carte, les parcelles A, B, E, F et G dont les moyennes des rendements de cultures sont les plus élevées (*tableau 2*), sont toutes en majorité regroupées au-dessus de 23 cm d'épaisseur, alors que les parcelles C, H et I ont des épaisseurs très variables et aussi faibles que les rendements de cultures.

**Tableau 1** - Caractéristiques morphologiques des trois profils ouverts le long de la toposéquence**Table 1** - Morphological characteristics of the three profiles of the toposequence

Horizons et caractéristiques		Caractéristiques du sol		
		Profil PROLEG1	Profil PROLEG2	Profil PROLEG3
Unité de relief		Basses pentes	Zone plane	Hauts versants
Ap	Profondeur	0-22 cm	0-28 cm	0-20 cm
	Couleur	2,5YR2/4	5 YR 2/3	2,5 YR 2/4
	Texture	Sablo-limoneuse avec 20 à 30 % d'éléments grossiers de taille entre 0,5 à 1 cm (lapillis altérés)	Sablo-limoneuse avec 30 à 40 % d'éléments grossiers de taille entre 0,5 à 1,5 cm	Sablo-limoneuse avec 30 à 50 % d'éléments grossiers de taille entre 0,5 à 1,5 cm
	Structure	Grumeleuse à grains moyens	Grumeleuse à grains moyens	Grumeleuse à grains moyens
	Porosité	Moyenne à dominance intergranulaire	Moyenne à dominance intergranulaire	Moyenne à dominance intergranulaire
	Racines	Nombreuses, fines à moyennes d'orientation latérale et subverticale	Nombreuses, fines à moyennes d'orientation sub-latérale et subverticale	Nombreuses, fines à moyennes d'orientation sub-latérale
	Limite	Nette et régulière	Nette et régulière	Nette et régulière
AC	Profondeur	22-50 cm	28 – 50 cm	20-60 cm
	Couleur	10R 3/6	10R 3/4	2,5 YR 3/4
	Texture	Graveleuse avec 60 à 80 % d'éléments grossiers de taille 0,5 à 2 cm	Graveleuse avec 40 à 60 % d'éléments grossiers de taille 0,5 à 2 cm	Graveleuse avec 40 à 60 % d'éléments grossiers de taille 0,5 à 3 cm
	Structure	Massive, compacte et dense sur la partie supérieure	Massive, compacte et particulaire	Massive, compacte et particulaire
	Porosité	Faible	Faible	Faible
	Racines	Elles deviennent brusquement traçantes à la surface de cet horizon	Racines moyennes à fines de direction subverticale à horizontale	Racines moyennes à fines de direction subverticale à horizontale
	Limite	Nette et régulière	Nette et régulière	Nette et régulière
C	Profondeur	50-90 cm	50- 80 cm	
	Couleur	2,5YR 3/4	5 YR 2/3	
	Texture	Graveleuse à nombreux éléments grossiers (1 à 3 cm)	Graveleuse à nombreux éléments grossiers (0.5 à 3 cm)	
	Structure	Particulaire	Particulaire	
	Racines	Absentes	Fines racines de direction verticale	
	Porosité	Forte porosité du type intergranulaire	Forte porosité du type intergranulaire	

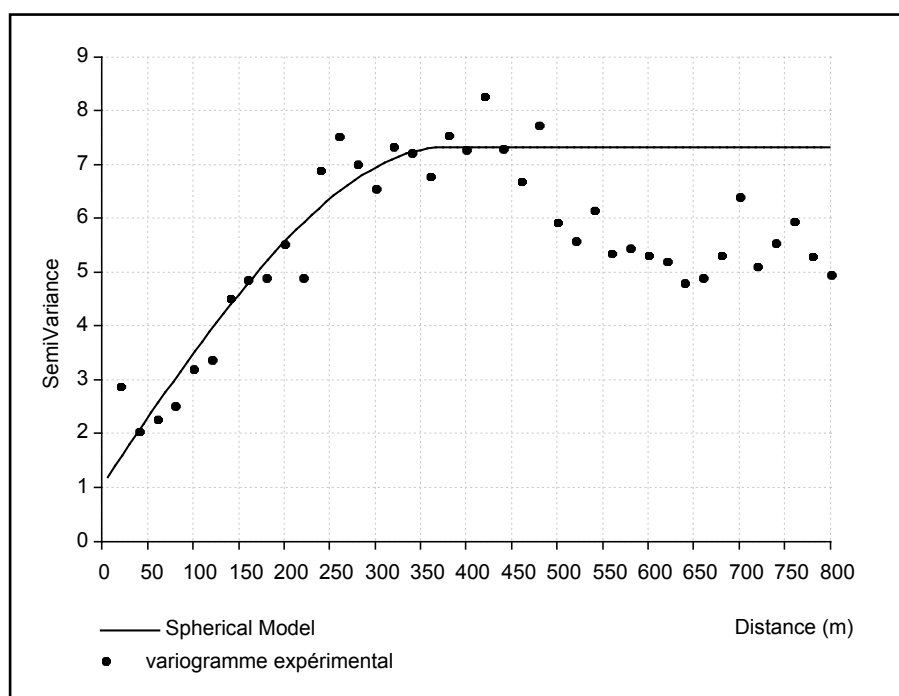
### Caractéristiques physico-chimiques des sols

Le *tableau 3* résume les caractéristiques physico-chimiques des trois profils pédologiques étudiés dans la ferme PROLEG. Dans l'ensemble, la densité apparente montre une augmentation de plus de 65 % de l'horizon Ap (0-20 cm) à la partie supérieure de l'horizon AC suivant (20-30 cm). Ce qui est en accord d'une part avec la structure massive et compacte observée à cette profondeur dans les trois profils et d'autre part avec l'analyse géostatistique

ci-dessus. Ainsi, sur les hauts versants, le taux d'éléments fins (Argile + Limon) est de 22 % (profil PROLEG 3) dans l'horizon Ap dont l'épaisseur moyenne est de 20 cm ; dans la zone plane, il est de 33 % (profil PROLEG 2) pour une profondeur moyenne de 25 cm pour le même horizon et de 21 % dans les basses pentes (PROLEG1) où la couche meuble (horizon Ap) a une profondeur moyenne de 21 cm. Cette variabilité de la teneur en éléments fins des horizons Ap semble influencer de façon significative la quantité d'eau, de gaz et d'éléments nutritifs retenue dans la couche meuble.

**Tableau 2** - Epaisseur de la couche meuble du sol (cm) à la PROLEG et rendement des cultures.**Table 2** - Thickness of the topsoil layer and crop yield within the PROLEG farm

Partie de la ferme	Parcelle	Nombre de mesures	Moyenne/ parcelle	Erreur Standard	Ecart Type	Moyenne/ Partie (cm)	Ecart Type	Maïs (T/ha)	Haricot vert (T/ha)
Hauts Versants	H	16	21 a	0.36	0.77	20	2.06	3	2
	I	21	19 a	0.32	2.54				
Zone Plane	A	17	24 bc	0.35	1.03	25	1.62	8	4
	B	12	23 b	0.42	1.32				
	E	12	26 c	0.42	1.11				
	F	10	26 c	0.46	0.94				
	G	11	24 c	0.44	0.70				
Basses Pentés	C	26	21 ab	0.28	1.51	21	1.51	3,5	2,5

**Figure 3** - Variogramme expérimental de la variable épaisseur de la couche meuble (points) et le modèle théorique ajusté (courbe)**Figure 3** - Experimental variogram of the topsoil thickness (dots) and its theoretical model fit (solid line).

En effet, du fait de leur grande surface spécifique, l'accroissement du taux d'éléments fins joue un rôle important dans la rétention de l'eau, des nutriments et des gaz dans les sols (Yerima and Van Ranst, 2005).

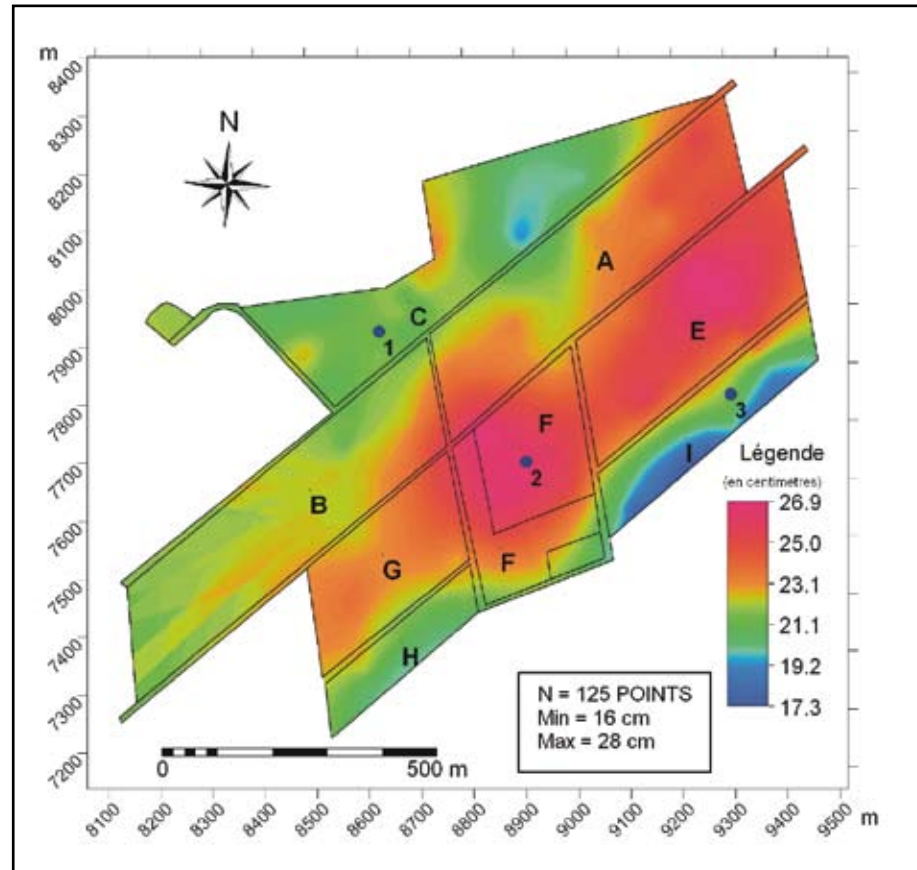
Les autres propriétés physico-chimiques de l'horizon Ap des sols varient peu d'un profil à l'autre et leur influence sur la productivité des sols est susceptible de varier peu. En effet, les résultats de l'évaluation des terres pour le haricot vert (*tableau 4*) suivant la méthode FAO (1976), et les travaux de Beernaert (1991) et de Sys et al (1993), ne montrent aucune différence significative des caractéristiques physicochimiques des différentes parties de la ferme. Les caractéristiques des sols qui semblent constituer une contrainte à des degrés variables suivant les différentes parties de la ferme sont

l'épaisseur de la couche meuble superficielle, la teneur en éléments fins, la densité de l'horizon AC et la topographie.

### La productivité des sols pour le maïs et le haricot vert

À la ferme PROLEG, la production moyenne par tonne à l'hectare en maïs et en haricot vert est résumée dans le *tableau 2*. La zone plane donne des rendements de cultures 2 à 3 fois plus élevés que les hauts versants et les basses pentes. La répartition de ces rendements de cultures suit étroitement la distribution de l'épaisseur de la couche meuble. Malheureusement, les données disponibles sur les rendements des cultures (seulement une moyenne de 3-4

**Figure 4-** Epaisseur de la couche meuble dans la ferme PROLEG obtenue par krigeage ordinaire  
**Figure 4-** Ordinary kriging of topsoil thickness within the PROLEG farm



répétitions) ne permettent pas de faire une bonne analyse quantitative de la relation entre ces variables. Cette relation montre néanmoins qu'à partir de 17-20 cm d'épaisseur de cette couche, une augmentation d'épaisseur produit un gain de 0,5-1 t.ha<sup>-1</sup> pour le maïs et un peu moins de 0,5 t.ha<sup>-1</sup> pour le haricot vert.

En effet, Sys *et al.* (1993) ont relevé l'influence de la profondeur du sol sur les rendements de ces cultures ainsi que les proportions de la variation de ces rendements en fonction de la profondeur du sol accessibles aux racines. Sur la base de ces corrélations, la situation dans la ferme PROLEG est résumée dans le *tableau 5*. La coïncidence dans ce tableau, des rendements de cultures dans la ferme avec les rendements escomptés par Sys *et al.* (1993) pour chaque profondeur, confirment davantage cet effet de l'épaisseur de la couche meuble sur les rendements. Ainsi, dans cette ferme, seule la zone plane donne 85-95 % du rendement optimum qui est de 8-13 t.ha<sup>-1</sup> pour le maïs, et 60-85 % pour le haricot vert par rapport à l'optimum de 6-8 t.ha<sup>-1</sup>. La zone des basses pentes ne produit que 40-60 % du rendement optimum pour les deux cultures, alors que la zone des hauts versants produit moins de 25 %. En termes d'évaluation des terres, ces deux zones sont susceptibles de ne produire aucun gain aux exploitants. Dans la zone plane en effet, les plantes peuvent bénéficier non seulement de meilleures conditions d'enracinement dues à l'épaisseur totale de la couche meuble, mais aussi des conditions d'un meilleur enrichissement de

cette couche meuble en éléments fins susceptibles de favoriser la rétention de l'eau, des nutriments et des gaz dans le sol.

## CONCLUSION

Les résultats de la présente étude montrent que des caractéristiques des sols autres que les conditions de fertilité chimique peuvent influencer de manière notable le rendement des terres pour une culture donnée. En effet, les conditions climatiques et de fertilité chimique étant identiques sur toute l'étendue de la ferme, il apparaît donc que la topographie, la profondeur totale du sol accessible aux racines des plantes et le taux d'éléments fins sont les principaux facteurs responsables de la variabilité du rendement des différentes cultures pratiquées dans cette ferme.

Bien que la fertilité chimique des sols sur roches volcaniques soit reconnue, l'implantation de toute exploitation agricole moderne de l'envergure de PROLEG, doit toujours être précédée d'études permettant d'identifier les principales contraintes à la culture envisagée et d'entrevoir celles résultant du travail du sol afin d'évaluer l'impact des contraintes irrémédiables sur l'exploitation envisagée avant toute mise en marche du projet.



**Tableau 3 - Résultats analytiques des profils****Table 3 - Laboratory results of soil profile analyses**

Caractéristiques du sol		PROLEG 1 (Basses pentes)			PROLEG 2 (Zone plane)			PROLEG 3 (Hauts versants)	
Profondeur (cm)		0-22	22-50	50-90	0-28	28-50	50-80	0-20	20-60
Granulométrie	Argile %	2	2	9	3	7	2	4	7
	Limon %	19	15	5	30	22	12	18	3
	Sable %	79	84	86	67	71	86	78	90
Densité apparente*	(g.cm <sup>-3</sup> )	0,85	1,34	-	0,84	1,24	-	0,91	1,35
Matières Organiques	CO %	5,52	2,43	0,25	6,01	5,05	0,75	5	1,9
	MO %	9,5	4,2	0,4	10,4	8,7	1,3	8,6	3,3
	N total %	0,49	0,18	0,08	0,52	0,36	0,53	0,42	0,13
	C/N	11,26	13,5	31,3	11,56	14,02	15	11,9	14,6
Acidité	pH H <sub>2</sub> O	5,7	5,7	6,4	5,6	5,4	6,1	5,4	6,2
	pH KCl	5,3	5,3	5,7	5,1	5,1	5,6	5,1	5,5
	ΔpH	0,4	0,4	0,7	0,5	0,3	0,5	0,3	0,7
Bases échangeables (Cmol <sup>+</sup> .kg <sup>-1</sup> )	Ca <sup>++</sup>	14,0	7,41	3,6	15,3	8,21	2,90	12,6	3,4
	Mg <sup>++</sup>	4,02	0,53	0,93	3,79	1,36	1,02	2,46	1,93
	K <sup>+</sup>	1,75	0,49	0,31	1,78	1,28	0,38	1,14	0,78
	Na <sup>+</sup>	0,01	0,03	0,02	0,01	0,01	0,03	0,00	0,02
	S	19,7	8,46	4,88	20,88	10,86	4,33	16,2	6,13
C.E.C. à pH7	Cmol <sup>+</sup> . kg <sup>-1</sup>	26,4	18,1	12,0	28,8	18,5	12,9	25,6	13,8
Taux de saturation	S/T %	75	51,5	58,2	72,5	58,7	34	63,3	44,4
Phosphore assimilable	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> en ppm	81,8	51,5	58,2	66,1	58,2	45,9	75,1	52,6

\* Les valeurs de densité apparente correspondent à deux profondeurs fixes à tous les profils (0-20 et 20-30 cm)

**Tableau 4 - Résultats de l'évaluation des terres pour les haricots verts****Table 4 - Land evaluation results for green beans**

Caractéristiques des terres		PROLEG 1 (Basses pentes)		PROLEG 2 (Zone plane)		PROLEG 3 (Hauts versants)	
		Valeurs	VP1	Valeurs	VP	Valeurs	VP
Pente (t) en degrés		3-5	85	0-1	100	10-15	50
Conditions hydriques (w)	Submersion	Fo	100	Fo	100	Fo	100
	Drainage	Bon	100	Bon	100	Bon	100
Conditions physiques du sol (s)	Texture	SL	75	LS	70	SL	75
	Éléments grossiers (vol %)	28,6	70	28,6	70	26,9	70
	Profondeur du sol (cm)	30	50	80	90	60	70
Conditions de fertilité chimique (f)	CEC argile (Cmol <sup>+</sup> . kg <sup>-1</sup> de sol)	20,3	90	19,2	90	19,6	90
	Saturation en base (S/T)	68,7	100	71,4	100	54	100
	Carbone organique (%)	5,5	100	6,01	100	5	100
	pH eau	5,7	80	5,6	80	5,7	80

<sup>1</sup> Valeurs paramétriques

\* Le déficit en eau est compensé par l'irrigation, Fo = pas de submersion

**Tableau 5** - Influence de la profondeur du sol sur les rendements des cultures (d'après Beernaert (1991))**Table 5** - Effect of soil thickness on crop yields as defined by Beernaert (1991)

Profondeur du sol (cm)	Haricot vert			Maïs		
	VP du Rdt (%)	Rdt pos. (t.ha <sup>-1</sup> )	(Rdt) Parcelle PROLEG	VP du Rdt (%)	Rdt pos. (t.ha <sup>-1</sup> )	(Rdt) Parcelle PROLEG
> 100	95-100	6-8		95-100	8-13	
75-100	85-95	4-7		85-95	6-10	(8) Zone plane
50-75	60-85	3-6	(4) Zone plane	60-85	4-8	
20-50	40-60	2-4	(2,5) Basses pentes	40-60	2-5.5	(3,5) Basses pentes
< 20	0-25	0-2	(2) Hauts versants	0-25	0-3	(3) Hauts versants

VP=Valeurs paramétriques, Rdt pos. = Rendements possibles.

## BIBLIOGRAPHIE

- Beernaert F., 1991 - Land Evaluation Manual. INIA, Dept. of Land and Water. FAO 86/010, Maputo.
- Brejda J.J., T.B. Moorman, J.L. Smith, D.L. Karlen, D.L. Allan, and T.H. Dao, 2000 - Distribution and Variability of Surface Soil Properties at a Regional Scale. Soil Science Society of America Journal 64, pp. 974-982.
- Burrough P.A., 1993 - Soil variability: a late 20th century view. Soils & Fertilizers 56, pp. 529-562.
- Earl R., J.C. Taylor, G.A. Wood, I. Bradley, I.T. James, T. Waine, J.P. Welsh, R.J. Godwin, and S.M. Knight, 2003 - Soil Factors and their Influence on Within-field Crop Variability, Part I: Field Observation of Soil Variation. Biosystems Engineering 84, pp. 425-440.
- FAO, 1976 - Framework of land evaluation FAO, Rome, Italy.
- FAO, 1990 - Guidelines for soil description. Third edition. FAO, Rome, Italy.
- FAO-ISRIC, 2006 - World Reference Base for soil resources. World Soil Resources Reports 103 - FAO, Rome.
- Godwin R.J., and P.C.H. Miller, 2003 - A Review of the Technologies for Mapping Within-field Variability. Biosystems Engineering 84, pp. 393-407.
- Guimaraes Couto E., A. Stein, and E. Klamt, 1997 - Large area spatial variability of soil chemical properties in central Brazil. Agriculture, Ecosystems & Environment 66, pp. 139-152.
- Isaaks E.H., and R.M. Srivastava, 1989 - Applied Geostatistics Oxford University Press, Oxford, UK.
- ITC, 2001 - ILWIS 3.0 Academic user's guide. ITC, Enschede, NL.
- Kotto-Same J., P.L. Woomer A. Moukam and L. Zapfack, 1997 - Carbon dynamics in slash-and-burn agriculture and land use alternative of the humid forest zone in Cameroon. Agriculture, Ecosystems & Environment 65, pp. 245-256.
- Letouzey R., 1968 - Etude phytogéographique du Cameroun Edition Lechevalier, Paris Ve.
- Makilo, R. 1982 - Etude des sols développés sur matériaux volcaniques récents dans un secteur de l'Ouest Cameroun (région de Fombot). Rapport de stage. DGRST/ORSTOM Yaoundé.
- Mapa R.B., and D. Kumaragamage, 1996 - Variability of soil properties in a tropical Alfisol used for shifting cultivation. Soil Technology 9, pp. 187-197.
- Nye P.H., and D.J. Greenland, 1964 - Changes in the soil after clearing tropical forest. Plant & Soil 21, pp. 101-112.
- Pauwels J.M., AE. Van Ranst, M. Verloo and A. Mvondo Ze, 1992 - Manuel de laboratoire de pédologie: Méthodes d'analyses de sols et de plantes, équipement, gestion de stocks de verrerie et de produits chimiques AGCD et Centre Universitaire de Dschang, Bruxelles, Royaume de Belgique.
- Pebesma E.J. and C.G. Wesseling, 1998 - Gstat: a program for geostatistical modelling, prediction and simulation. Computers & Geosciences 24, pp. 17-31.
- R. Development Core Team (ed.), 2002 - The R Environment for Statistical Computing and Graphics: Reference Index, pp. 1-1123 - The R Foundation for Statistical Computing, Vienna.
- Suchel J.B., 1988 - Les climats du Cameroun. Thèse de doctorat d'Etat, Université de Bordereaux III.
- Sys C., E. Van Ranst, J. Debaveye, and F. Beernaert, 1993 - Land evaluation, part III. Crop requirements. Agriculture publications n°7 - General Administration for Development Cooperation, Brussels, Belgium.
- SYSTAT Inc., 1993 - SYSTAT 5.03 for windows. Systat Inc, Evanston IL, USA.
- Van Groenigen, J.W., M. Gandah, and J. Bouma. 2000 - Soil sampling strategies for precision agriculture research under Sahelian conditions. Soil Science Society of America Journal 64, pp. 1674-1680.
- Wandji P., 1985 - Contribution à l'étude pétrologique, géochimique et géotechnique des projections volcaniques de la région de Fombot. Thèse doct. 3e cycle, Université de Yaoundé.
- Webster R., and M.A. Oliver, 2001 - Geostatistics for environmental scientists Wiley & Sons, Chichester.
- Yemefack M., D.G. Rossiter and R. Njomgang, 2005 - Multi-scale characterization of soil variability within an agricultural landscape mosaic system in southern Cameroon. Geoderma 125, pp. 117-143.
- Yerima B. P. K., and E. Van Ranst, 2005 - Introduction to Soil Science: Soils of the Tropics. Trafford Publishing Oxford, UK.