



# ETUDE DE L'INFLUENCE DU SOL ET DU SUBSTRAT GEOLOGIQUE SUR LA STRUCTURE D'UN PEUPLEMENT FORESTIER GUYANAIS

(Massif de Counami)

Jean-Maurice DURAND, Nicolas HOSGOOD, Marion TOUTCHKOV

Encadrement : Vincent FREYCON (CIRAD)

Octobre 2002

## REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier en premier lieu Vincent pour son enthousiasme, sa disponibilité et ses remarques avisées.

Une mention spéciale à nos compagnons de terrain : Michel, Onofé et Pétrus, pour leur bonne humeur, leur patience et tout ce qu'ils nous ont appris.

Enfin, merci à Mériem, Eric et tout le personnel de l'ENGREF pour l'organisation impeccable de ce module.

# SOMMAIRE

<b>I. CONTEXTE DE L'ETUDE .....</b>	<b>4</b>
<b>II. MATERIEL ET METHODES .....</b>	<b>4</b>
II.1. LE SITE D'ETUDE .....	4
II.2. L'INSTALLATION DES PLACETTES ET LA COLLECTE DES DONNEES .....	6
II. 2. 1. <i>Conditions sur les caractéristiques des placettes</i> .....	6
II. 2.2 . <i>Installation effective des placettes</i> .....	7
<b>III. TRAITEMENT DES DONNEES .....</b>	<b>8</b>
III.1. MÉTHODE D'ANALYSE .....	8
III.2. RESULTATS .....	8
III. 2. 1. <i>Analyse statistique inter-placettes</i> .....	8
III. 2.2. <i>Analyse qualitative inter-placettes</i> .....	9
III. 2.3. <i>Analyse qualitative de la répartition spatiale des arbres (placettes DLS)</i> .....	10
<b>IV. DISCUSSION DES RESULTATS.....</b>	<b>13</b>
IV.1. ANALYSE STATISTIQUE INTER-PLACETTES .....	13
IV.2. ANALYSE QUALITATIVE INTER-PLACETTES .....	14
IV.3. ANALYSE QUALITATIVE DE LA REPARTITION SPATIALE DES ARBRES.....	14
<b>V. CONCLUSION .....</b>	<b>15</b>
 <b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	 <b>16</b>
 <b>ANNEXE 1 : LOCALISATION DES PLACETTES 2002 .....</b>	 <b>17</b>
<b>ANNEXE 2 : TABLEAU RECAPITULATIF DES DONNEES MOYENNES PAR PLACETTES .....</b>	<b>18</b>
<b>ANNEXE 3 : RESULTATS DES ANALYSES DE VARIANCE.....</b>	<b>19</b>
<b>ANNEXE 4 : REPARTITION DES DIAMETRES PAR PLACETTE.....</b>	<b>21</b>

# **Etude de l'influence du sol et du substrat géologique sur la structure d'un peuplement forestier guyanais (Massif de Counami)**

Jean – Maurice Durand, Nicolas Hosgood, Marion Toutchkov

septembre 2002

## **I. Contexte de l'étude**

Menée sous la houlette de Vincent Freycon, du CIRAD, la présente étude s'insère dans un ensemble de travaux prolongeant le projet Analyse Multi-Echelles du couvert forestier (A.M.E.)\*. L'objectif du volet B de ce projet était d'étudier les relations entre la géomorphologie et les sols, d'une part, et entre les sols et la végétation, d'autre part. Les travaux de terrain nécessaires s'étaient déroulés sur le massif forestier de Counami.

Ce même site a été le cadre de la phase terrain de notre étude, qui en comportait deux :

- l'installation de placettes de 1200 m<sup>2</sup> sur deux substrats géologiques différents (les schistes Bonidoro et Orapu), et sur des sols à drainage latéral superficiel (DLS) ;
- l'analyse de la structure du peuplement forestier mature à partir des données recueillies sur ces placettes, ainsi que sur huit autres précédemment délimitées sur des sols à drainage vertical libre (DVL).

L'objet de ce rapport est d'évaluer les effets du substrat géologique et de la nature du drainage du sol sur la structure du peuplement. Les résultats obtenus à Counami pourront être ultérieurement comparés avec ceux de la piste de St-Elie (Sabatier *et al.*, 1997) et de Crique Plomb (Paget, 1999), le protocole expérimental suivi ayant été le même dans les trois sites.

## **II. Matériel et méthodes**

### **II.1. Le site d'étude**

Cette étude a été réalisée sur le massif forestier de Counami. D'une superficie de 12 000 hectares, il est situé en Guyane française au Sud d'Iracoubo (environ 53° Ouest et 5° Nord).

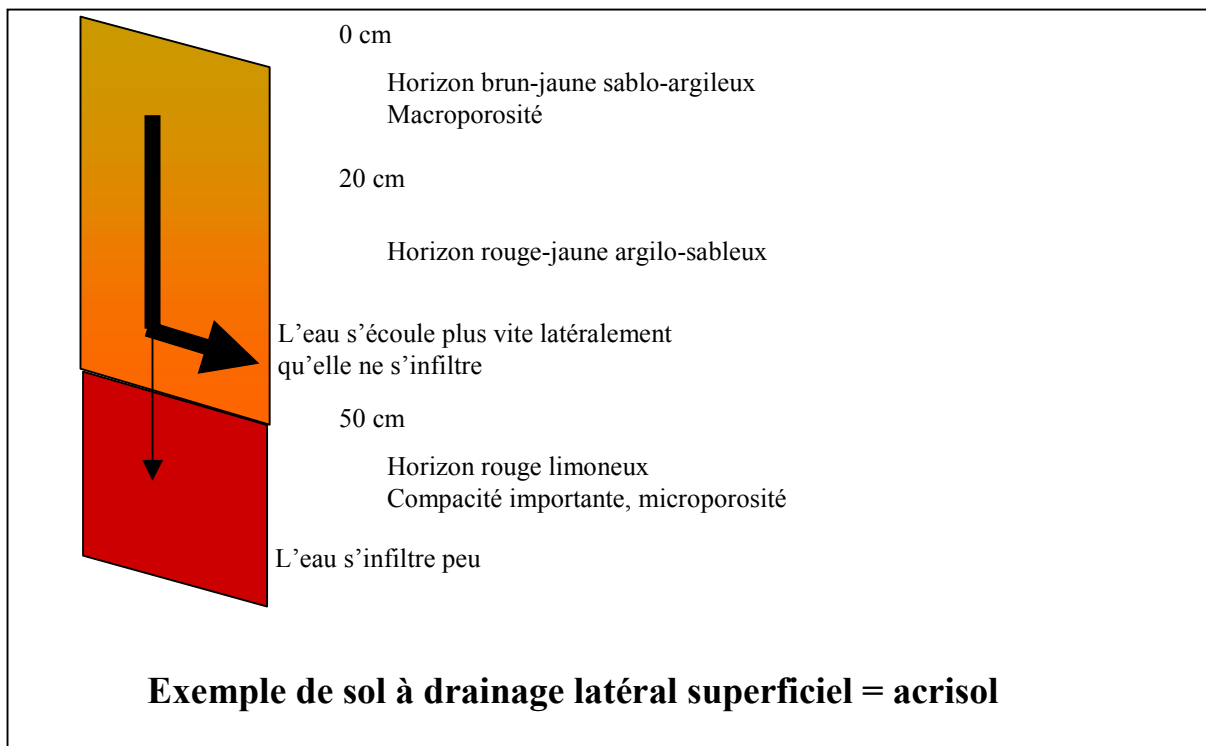
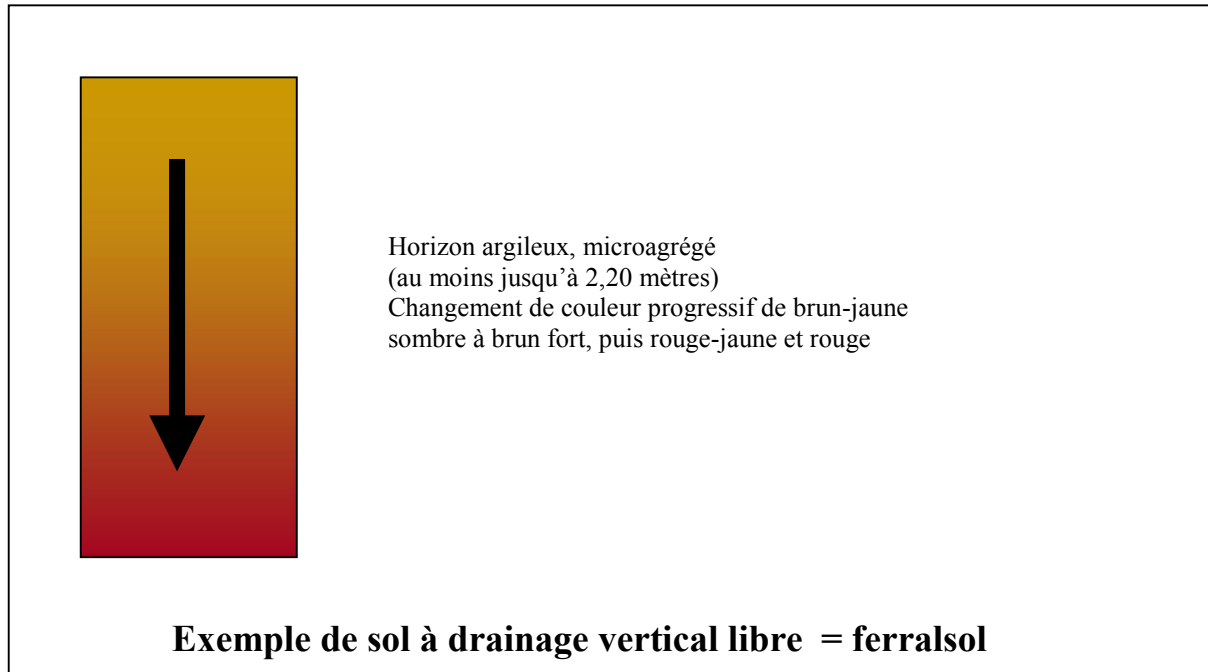
Le choix de ce site a été orienté par la présence des deux substrats géologiques déjà étudiés à la piste de St-Elie et à Crique Plomb, à savoir les schistes des séries Bonidoro et

---

\* Financé dans le cadre du 11<sup>ème</sup> C.P.E.R.

Orapu. L'influence de ces deux substrats sur la végétation pourrait s'exercer de manière différente car les sols générés par les schistes Orapu sont plutôt argileux tandis que les sols sur Bonidoro sont plus sableux.

De plus, dans cette zone les deux types de sols à étudier sont présents : les sols DVL se trouvent souvent sur les sommets des collines et les sols DLS sur les versants (ce qui correspondrait à un stade moyen d'érosion des collines).



Le paysage est marqué par un ensemble de collines de faible altitude (50 – 60 m en moyenne). Les pentes peuvent par contre être relativement fortes (jusqu'à 50 %). Le couvert forestier est de type sempervirent humide riche en Caesalpiniciacées.

## **II.2. L'installation des placettes et la collecte des données**

### ***II. 2. 1. Conditions sur les caractéristiques des placettes***

- **Taille des placettes**

Classiquement, la taille d'une placette est définie en écologie grâce à la notion d'aire minimale\*. Dans notre cas, il n'a pas été fait appel à cette notion. En effet, en forêt tropicale humide, quel que soit l'échantillonnage pratiqué, le nombre d'espèces croît avec la surface étudiée, sans se stabiliser. Ainsi, la taille des placettes doit à la fois (Paget, 1999) :

- être assez petite pour garantir l'homogénéité topographique, pédologique et sylvigénétique ;

- être assez grande pour que le nombre d'arbres contenus suffise à analyser les structures dendrométriques.

La surface retenue est de 1200 m<sup>2</sup> en projection horizontale. Les placettes sont donc des rectangles de 30 mètres sur 40, les dimensions des côtés étant modulables pour l'adaptation aux contraintes du terrain, mais toujours à superficie constante.

*Attention* : La superficie à atteindre étant une surface projetée, des corrections de pentes ont été nécessaires ( $d_{\text{terrain}} = d_{\text{projeté}} / \cos(\text{déclivité})$ ). En pratique, cette correction se fait d'après la mesure de la pente moyenne sur chaque côté, voire sur des demi-côtés si la visibilité est limitée.

- **Homogénéité du sol**

En tout point de la placette, le sol doit présenter les caractéristiques du type recherché (DLS). L'horizon limoneux doit apparaître avant 1,20 mètre de profondeur. Par contre, l'horizon tacheté, caractéristique d'un autre type de sol (influencé par un battement de nappe), ne doit pas apparaître avant 1,20 mètre.

- **Peuplement mature**

De façon empirique, un peuplement est jugé mature lorsqu'il a atteint son plein développement, c'est-à-dire lorsqu'il est fermé, stable et structuré de manière complexe. En pratique, les trouées et les zones de régénérations sur ancien chablis sont exclues de l'aire du relevé. La recherche de stades matures permet de réduire l'hétérogénéité des peuplements due à la dynamique sylvigénétique.

---

\* Surface représentative d'une communauté végétale, au delà de laquelle le nombre d'espèces inventoriées n'augmente plus que d'une manière négligeable

## ***II. 2.2 . Installation effective des placettes***

Sur le terrain, la constitution des placettes a été réalisée en plusieurs étapes :

- **Sélection d'unités de modelé à étudier**

Pour permettre une meilleure comparaison, il est intéressant de regrouper si possible sur une même colline une placette à DVL et une à DLS.

- **Examen du sol sur une toposéquence**

Deux sondages au minimum ont été effectués à la tarière d'acier (à 2,20 mètres de profondeur, lorsque cela était possible), sur deux angles opposés de la placette. Les échantillons de sol ont été placés dans un pédocomparateur\*. Les profils devaient correspondre au même type de sol.

- **Sélection d'une zone à peuplement mature**

Après prospection de la zone sans instrument, une première délimitation du périmètre a été effectuée. Un piquet d'angle a été posé, puis une corde correspondant à un côté a été tendue, et ainsi de suite pour les quatre côtés. L'azimut a été relevé avec une boussole Suunto. La longueur du côté a été mesurée avec un ruban Masterover de 30 mètres. L'opération a été recommencée jusqu'à ce que le rectangle ne contienne aucune trouée modifiant notablement le couvert et soit parfaitement fermé (avec une tolérance maximale d'un mètre).

- **Quadrillage de la placette**

Le long de chaque côté, des piquets ont été placés tous les cinq mètres (en surface projetée, donc sur le terrain une correction a été appliquée). La placette a pu alors être quadrillée à la corde. Le coin inférieur gauche constitue le point origine du repère ainsi matérialisé. En d'autres termes, l'axe des ordonnées est orienté vers le haut du versant.

- **Recueil des données**

Chaque arbre de diamètre supérieur à 10 cm (mesuré à 1,30 m) a été inventorié. Un numéro a été affecté et cloué sur le tronc, tandis que les coordonnées (X, Y) de la base du tronc (appréciées à l'œil grâce aux cordages, avec une précision de 0,5 m) et la circonférence (mesurée au ruban « chevillères » 3m) ont été inventoriées.

Pour les placettes sur DVL, mises en place en 2001, la hauteur dominante (hauteur relevée au relascope des 12 plus gros arbres, soit les 100 plus gros à l'hectare) a aussi été relevée. Dans un stade futur de l'étude, les espèces seront déterminées, ce qui permettra une étude de leur composition floristique.

Finalement, 12 placettes ont été inventoriées :

- En 2001, 8 sur sol à DVL ( 4 sur schistes Bonidoro et 4 sur schistes Orapu).
- En 2002, 4 sur sol à DLS et schistes Bonidoro (voir carte en annexe 1).

---

\* Un pédocomparateur est un ensemble de boîtes cubiques de 4 cm d'arête, les colonnes correspondant à différents sondages et les lignes à différentes profondeurs (10, 20, 40, 60... cm)

	DVL	DLS
Bonidoro	4 placettes (5,6,10,11)	4 placettes (13,14,15,16)
Orapu	4 placettes (7,8,9,12)	-

### **III. Traitement des données**

#### **III.1. Méthode d'analyse**

Nous avons tout d'abord calculé, pour chacune des 12 placettes prises en compte, la densité du peuplement, la surface terrière (par hectare) et le diamètre moyen\*. En outre, pour les 8 placettes sur sol à DVL où nous disposons des hauteurs des 12 plus gros arbres, nous avons déterminé la hauteur dominante.

Pour les différentes variables (densité, surface terrière, diamètre moyen, hauteur dominante), nous avons réalisé des analyses de variance à un facteur pour comparer :

- l'effet du substrat (schistes Bonidoro ou Orapu) sur les caractéristiques des peuplements situés sur un même sol (DVL) ;
- l'effet du drainage du sol (DVL ou DLS) sur les caractéristiques des peuplements situés sur un même substrat (Bonidoro).

Dans un deuxième temps, nous avons comparé qualitativement les structures des peuplements (répartition des diamètres en nombre) par simple examen des histogrammes .

Enfin, au sein des quatre placettes que nous avons installées (sur sols à DLS), nous disposons des coordonnées des arbres et nous avons donc procédé à une analyse, également qualitative, de leur répartition spatiale. Les objectifs étaient de mettre en évidence une éventuelle influence de la topographie ainsi que la présence notable de zones vides.

#### **III.2. Résultats**

##### ***III. 2. 1. Analyse statistique inter-placettes***

Pour l'ensemble des analyses de variance, nous nous sommes fixés un risque de première espèce,  $\alpha = 5\%$ . Dans chaque cas, nous avons calculé le coefficient de Fischer F. L'effet d'un facteur est significatif si  $P(F_{\text{calculé}} > F_{\text{théorique}}) < 5\%$ .

Par exemple, le tableau n°4 (annexe 3) affiche une valeur de F supérieure à la valeur critique. Ceci montre que le diamètre moyen des arbres des placettes situées sur schistes Bonidoro est significativement influencé par le type de drainage du sol et ceci avec une probabilité de se tromper de 4,6 %.

---

\* Calculé à partir de la surface terrière moyenne par arbre

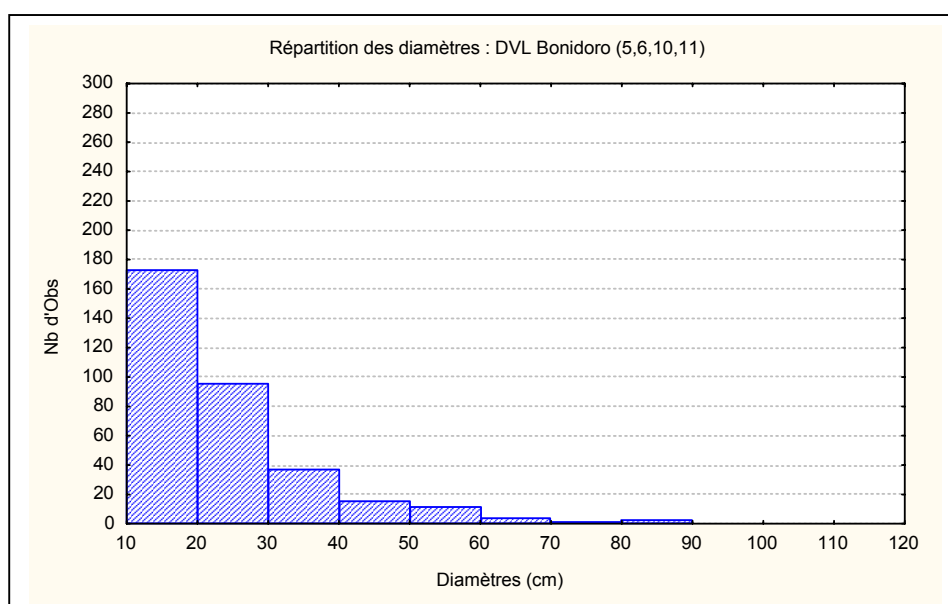
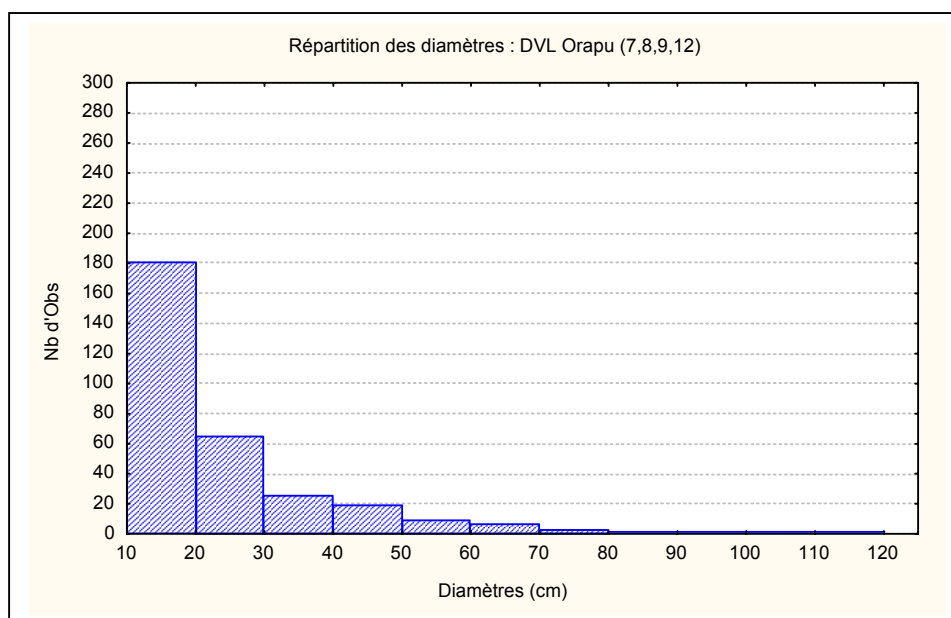


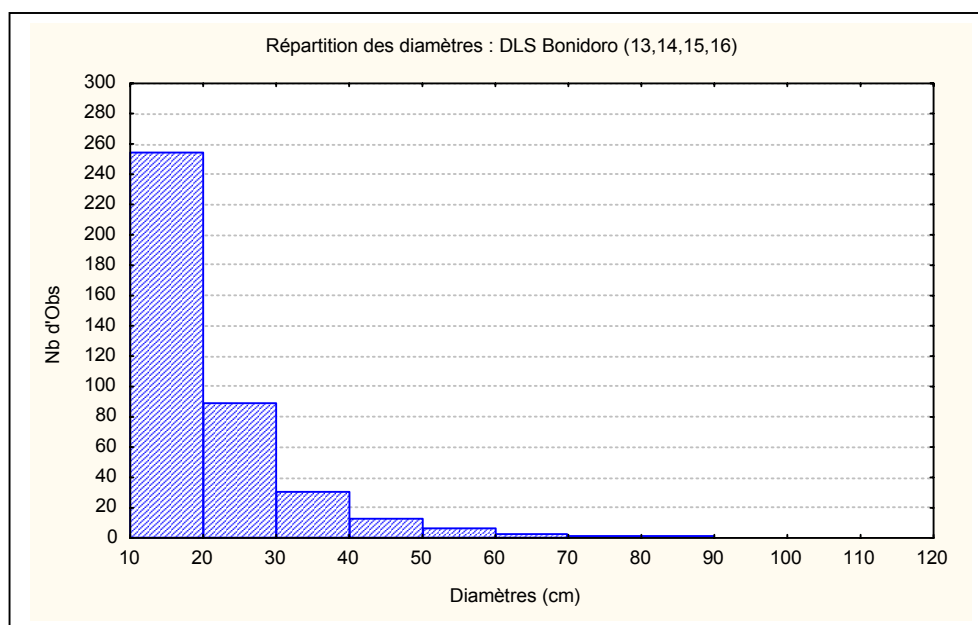
Les tableaux 1 à 7 (cf. annexe 3) résument les résultats principaux des calculs statistiques effectués sur les données recueillies.

Les analyses de variance font ressortir un effet significatif du facteur sol sur le diamètre moyen. Plus précisément, les peuplements sur sols à DVL ont un diamètre moyen (25,3 cm) supérieur à celui des peuplements sur sols à DLS (22,5 cm). Les autres différences ne sont pas significatives pour les autres variables.

### ***III. 2.2. Analyse qualitative inter-placettes***

Nous avons tout d'abord créé un histogramme de répartition des diamètres pour chaque placette (cf. annexe 4). Une première remarque est que sur l'ensemble de ces graphes, la répartition des diamètres suit une loi exponentielle décroissante. Pour comparer l'influence des différents sols et substrats, nous avons tracé trois histogrammes correspondant aux groupes de quatre placettes déjà utilisés.

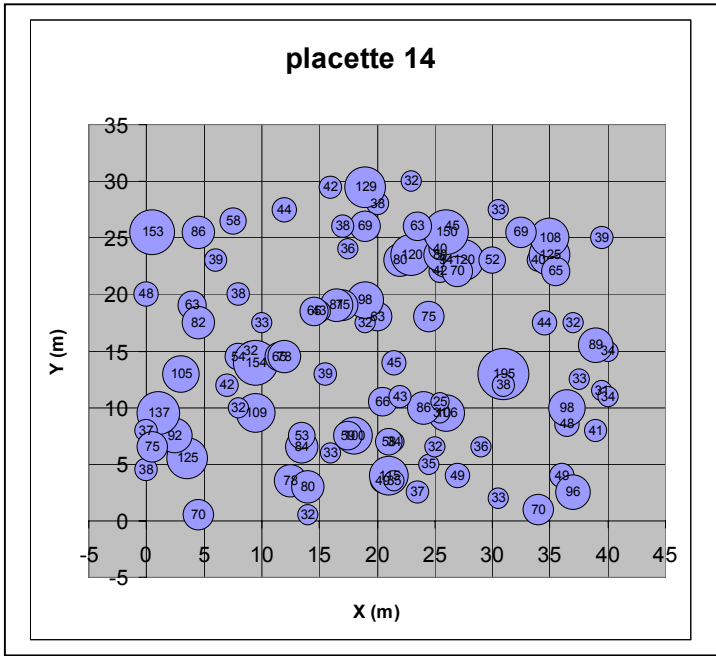
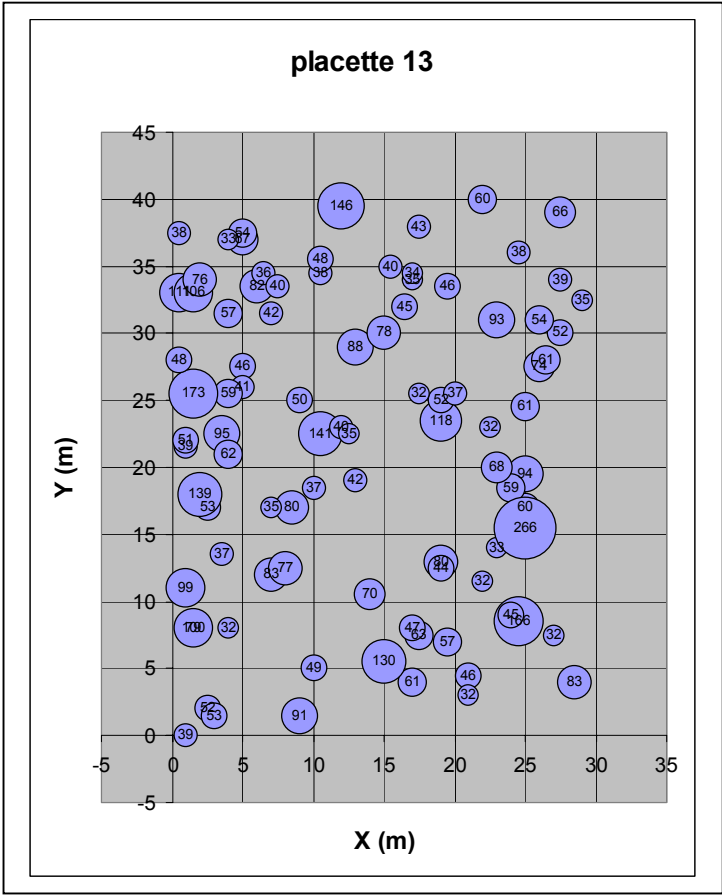


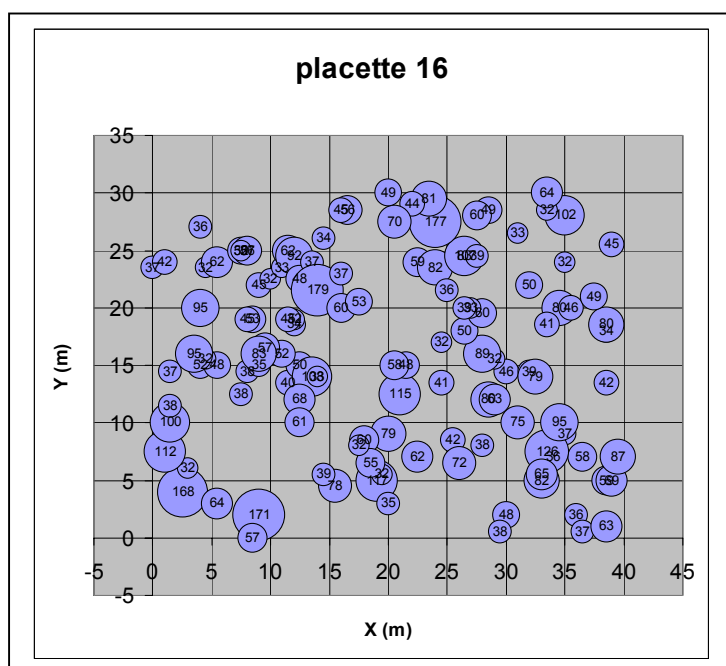
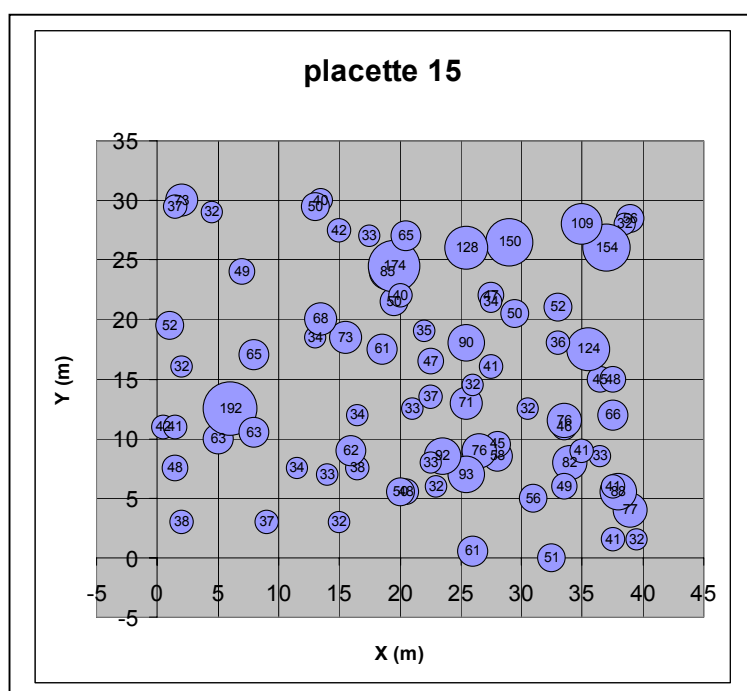


On observe toujours une loi exponentielle décroissante, avec une classe de diamètres 10 – 20 cm particulièrement abondante, notamment sur sol DLS. On remarque aussi que les diamètres sur sols DLS ne dépassent que rarement 60 cm, alors que des arbres de taille exceptionnelle peuvent exister sur sols DVL. *(NB : compte tenu du fait que le diamètre de certains gros arbres n'a pas pu être relevé en 2001, les deux premiers histogrammes devraient présenter encore plus d'arbres de gros diamètre.)*

### ***III. 2.3. Analyse qualitative de la répartition spatiale des arbres (placettes DLS)***

La répartition spatiale et le diamètre des arbres ont été représentés en projection sur les croquis suivants, à partir de leurs coordonnées x et y recueillies sur le terrain.





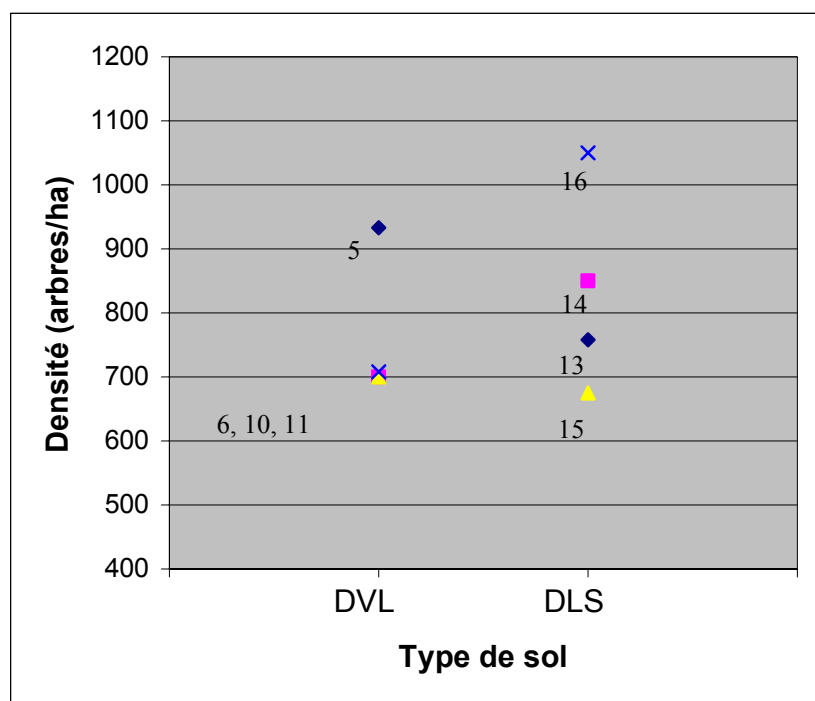
Sur les quatre parcelles, on n'observe pas de différence notable de la répartition des diamètres lorsqu'on progresse selon l'un ou l'autre des deux axes. De même, les différentes classes de diamètres ne sont pas regroupées en bouquets. Toutefois, on remarque des zones vides d'arbres de diamètre supérieur à 10 cm. En plusieurs endroits, elles atteignent une cinquantaine de mètres carrés (soit l'équivalent de 2 carreaux sur les graphiques).

## **IV. Discussion des résultats**

### **IV.1. Analyse statistique inter-placettes**

Les sols à drainage vertical libre se montrent plus favorables que les sols à drainage latéral superficiel pour le diamètre moyen. Leur structure propre pourrait expliquer cette différence. Dans le premier cas, la compacité augmente graduellement avec la profondeur, ce qui permet une alimentation en eau des arbres régulière. Dans le second cas, la discontinuité entre les horizons argileux de surface et limoneux plus profonds entraîne un écoulement latéral plus rapide de l'eau en saison sèche et un léger engorgement en saison des pluies. La pénétration racinaire peut aussi être entravée par cette discontinuité.

Concernant la densité, les fortes variances observées pour les sols à DLS expliquent que les résultats ne soient pas significatifs (cf. graphique ci-dessous). En pratique, la densité varie trop d'un peuplement à l'autre pour servir d'indicateur fiable quant aux contraintes édaphiques. Cet état de fait pourrait trouver son origine dans une possible variabilité intrinsèque, ou au choix de peuplements qui ne soient pas complètement matures (influence de chablis anciens ?).



**Comparaison des densités entre sols à DVL et sols à DLS.**

La variance calculée dans le cas de la variable hauteur dominante est aussi très élevée (19,17). Pour expliquer ce chiffre, il serait intéressant d'examiner la répartition spatiale des arbres sur les placettes concernées, pour laquelle nous n'avons pas les données. On peut en effet supposer que la présence plus ou moins marquée de zones vides d'arbres de plus de dix centimètres puisse avoir une influence sur l'homogénéité de la mesure des hauteurs entre placettes.

Afin de diminuer l'influence de ces zones sur les résultats, il serait bon de décaler certaines placettes (la n° 16 par exemple, dans le sens des x croissants).

Globalement, un nombre plus important de placettes inventoriées aurait permis d'affiner les résultats et de rendre certains d'entre eux plus significatifs. En particulier, les études de Paget (1999) ont montré que lorsque sur un groupe donné de placettes la hauteur dominante et le diamètre moyen sont faibles, la densité augmente, et inversement. Ce phénomène peut être relié aux conditions édaphiques.

## **IV.2. Analyse qualitative inter-placettes**

Cette analyse qualitative permet de compléter les conclusions du paragraphe précédent : les graphiques montrent que l'augmentation de la densité sur les sols à fortes contraintes de drainage est surtout due au grand nombre de petits arbres (diamètre compris entre 10 et 20 cm). Il est possible d'envisager que les perches parviennent à se développer grâce à la faible concurrence des gros arbres, rares et peu vigoureux.

L'absence d'arbres de diamètre exceptionnel sur les placettes à drainage latéral superficiel peut être due soit à une croissance plus faible (conditions hydriques plus limitantes), soit à une mort plus précoce (enracinement plus difficile, résistance moindre aux attaques parasitaires).

En ce qui concerne la forme des histogrammes, la décroissance exponentielle observée est typique de peuplements irréguliers.

## **IV.3. Analyse qualitative de la répartition spatiale des arbres (placettes sur sol DLS)**

Sur notre échantillon, l'examen visuel de la répartition spatiale des arbres ne met en évidence aucun zonage lié à la position sur la pente, ce qui tend à confirmer l'homogénéité des sols sur les placettes choisies.

Le mélange intime des différentes classes de diamètres montre que la dynamique sylvigénétique de la forêt se fait par petits chablis dispersés et non par des perturbations à grande échelle (de type incendie).

Les zones vides observées pourraient être dues à des perturbations très localisées du substrat (affleurement de cuirasse par exemple : à vérifier sur le terrain). Cependant, dans la plupart des cas, la présence de nombreux perchis et espèces pionnières, telles que les Mélastomatacées, laisse présager qu'il s'agirait en général d'anciens chablis.

## **V. Conclusion**

Notre étude n'a pas permis de mettre en évidence d'effet significatif du substrat (Bonidoro ou Orapu), sur les variables hauteur dominante, surface terrière et densité.

Elle n'a pas montré non plus d'effet significatif du sol (DVL ou DLS) sur la densité du peuplement, en raison d'une forte variabilité de cette grandeur pour les sols sur DLS.

Par contre, elle a montré que le facteur sol exerçait un effet significatif sur le diamètre moyen : ce dernier est supérieur sur les sols à drainage vertical libre par rapport aux sols à drainage latéral superficiel.

Enfin, une analyse qualitative tend à montrer un effet du sol sur la structure du peuplement forestier. Les sols sur DLS sont riches en arbres de diamètre 10 – 20 cm et pauvres en arbres de diamètre supérieur à 60 cm. Ce constat reste cependant à confirmer par des tests statistiques de comparaison d'histogrammes.

Ces résultats constituent un premier pas dans l'élaboration d'un guide d'identification des potentialités des peuplements selon le type de sol sur lequel ils se développent. La comparaison avec les travaux de Crique Plomb et de St-Elie permettra certainement d'affiner encore les critères à prendre en compte.

## **BIBLIOGRAPHIE**

Freycon V. 2001. Projet “Analyse multi-échelles du couvert forestier”, Volet B. Rapport final, 14 p.

Paget D. 1999. Etude de la diversité spatiale des écosystèmes forestiers guyanais. Réflexion méthodologique et application. Thèse. Engref, Nancy.

Paget D. & Freycon V. 2001. Les relations sol-végétation 10 p. In : Richard-Hansen C. & Le Guen R. *Guyane ou le voyage écologique*. Ed. Le Guen, Garbies, 88-95.

Sabatier D., Grimaldi M., Prévost M.-F., Guillaume J., Godron M., Dosso M. & Curmi P. 1997. The influence of soil cover organization on the floristic and structural heterogeneity of a Guianan rain forest. *Plant ecology* **131** : 81-108.



## Annexe 1 : Localisation des placettes 2002



## **Annexe 2 : Tableau récapitulatif des données moyennes par placettes**

<b>Placette</b>	<b>Substrat</b>	<b>Sols</b>	<b>Densité (a/ha)</b>	<b>Surf. terrière (m2/ha)</b>	<b>Diam. moyen (cm)</b>	<b>Haut. dominante (m)</b>
5	Bonidoro	DVL	933,3	39,04	23,08	32,83
6	Bonidoro	DVL	700,0	33,97	24,86	33,28
7	Orapu	DVL	783,3	50,42	28,63	36,03
8	Orapu	DVL	683,3	42,99	28,30	31,20
9	Orapu	DVL	591,7	31,26	25,94	38,37
10	Bonidoro	DVL	700,0	40,50	27,14	34,07
11	Bonidoro	DVL	708,3	37,57	25,99	34,20
12	Orapu	DVL	616,7	33,57	26,33	41,61
13	Bonidoro	DLS	758,3	34,02	23,90	#
14	Bonidoro	DLS	850,0	36,66	23,43	#
15	Bonidoro	DLS	675,0	24,31	21,41	#
16	Bonidoro	DLS	1050,0	37,24	21,25	#

## **Annexe 3 : Résultats des analyses de variance**

<i>Groupes</i>	<i>Nombre d'échantillons</i>	<i>Somme</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Variance</i>		
Bonidoro	4	134,39	33,60	0,43		
Orapu	4	147,21	36,80	19,17		
<i>Source des variations</i>	<i>s.c.e.</i>	<i>d.d.l.</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité</i>	<i>F critique</i>	
Entre Groupes	20,565	1	2,099	0,198	5,987	
A l'intérieur des groupes	58,787	6				
Total	79,352	7				

**Tableau 1 : Effet du substrat sur la hauteur dominante (m) des arbres situés sur sols DVL**

<i>Groupes</i>	<i>Nombre d'échantillons</i>	<i>Somme</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Variance</i>		
Bonidoro	4	101,07	25,27	3,00		
Orapu	4	109,20	27,30	1,86		
<i>Source des variations</i>	<i>s.c.e.</i>	<i>d.d.l.</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité</i>	<i>F critique</i>	
Entre Groupes	8,263	1	3,402	0,115	5,987	
A l'intérieur des groupes	14,571	6				
Total	22,834	7				

**Tableau 2 : Effet du substrat sur le diamètre moyen (cm) des arbres situés sur sols DVL**

<i>Groupes</i>	<i>Nombre d'échantillons</i>	<i>Somme</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Variance</i>		
Bonidoro	4	3041,67	760,42	13304,40		
Orapu	4	2675,00	668,75	7332,18		
<i>Source des variations</i>	<i>s.c.e.</i>	<i>d.d.l.</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité</i>	<i>F critique</i>	
Entre Groupes	16805,556	1	1,629	0,249	5,987	
A l'intérieur des groupes	61909,722	6				
Total	78715,278	7				

**Tableau 3 : Effet du substrat sur la densité (nombre d'arbres par hectare) des arbres situés sur sols DVL**

<i>Groupes</i>	<i>Nombre d'échantillons</i>	<i>Somme</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Variance</i>		
DVL	4	101,07	25,27	3,00		
DLS	4	90,00	22,50	1,86		
<i>Source des variations</i>	<i>s.c.e.</i>	<i>d.d.l.</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité</i>	<i>F critique</i>	
Entre Groupes	15,315	1	6,307	0,046	5,987	
A l'intérieur des groupes	14,569	6				
Total	29,885	7				

**Tableau 4 : Effet du type de sol sur le diamètre moyen (cm) des arbres situés sur schistes Bonidoro**



<i>Groupes</i>	<i>Nombre d'échantillons</i>	<i>Somme</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Variance</i>
DVL	4	3041,67	760,42	13304,40
DLS	4	3333,33	833,33	25972,22

<i>Source des variations</i>	<i>s.c.e.</i>	<i>d.d.l.</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité</i>	<i>F critique</i>
Entre Groupes	10633,681	1	0,541	0,490	5,987
A l'intérieur des groupes	117829,861	6			
Total	128463,542	7			

**Tableau 5 : Effet du type de sol sur la densité (nombre d'arbres par hectare) des arbres situés sur schistes Bonidoro**

<i>Groupes</i>	<i>Nombre d'échantillons</i>	<i>Somme</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Variance</i>
Bonidoro	4	151,08	37,77	7,84
Orapu	4	158,25	39,56	78,18

<i>Source des variations</i>	<i>s.c.e.</i>	<i>d.d.l.</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité</i>	<i>F critique</i>
Entre Groupes	6,410	1	0,149	0,713	5,987
A l'intérieur des groupes	258,060	6			
Total	264,471	7			

**Tableau 6 : Effet du substrat sur la surface terrière (m<sup>2</sup>/ha) des arbres situés sur sols DVL**

<i>Groupes</i>	<i>Nombre d'échantillons</i>	<i>Somme</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Variance</i>
DVL	4	151,08	37,77	7,84
DLS	4	132,22	33,06	35,95

<i>Source des variations</i>	<i>s.c.e.</i>	<i>d.d.l.</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité</i>	<i>F critique</i>
Entre Groupes	44,461	1	2,030	0,204	5,987
A l'intérieur des groupes	131,385	6			
Total	175,845	7			

**Tableau 7 : Effet du type de sol sur la surface terrière (m<sup>2</sup>/ha) des arbres situés sur schistes Bonidoro**

## Annexe 4 : Répartition des diamètres par placette

