

REPARTITIONS SPATIALES ET SYLVICULTURE  
EN FORET GUYANAISE

par

**C. CABRERA-GAILLARD**

et

**J. GIGNOUX**

## RESUME

De nombreux travaux actuels prouvent l'importance de l'étude des relations du peuplement ligneux avec l'espace. A l'aide des données du dispositif CTFT de Paracou (Guyane française), nous avons tenté de montrer l'intérêt des diverses méthodes d'étude des répartitions spatiales.

Les méthodes simples (analyse cartographique, statistiques descriptives) permettent de se faire une première idée des répartitions spatiales. La méthode des quadrats contigus (méthode de Greig-Smith) distingue bien certaines répartitions spatiales. La méthode des distances au plus proche voisin (méthode de Diggle) peut fournir des paramètres quantitatifs décrivant les répartitions spatiales étudiées.

Les répartitions spatiales de douze essences ont été caractérisées, avec des paramètres quantitatifs pour deux d'entre elles. Les méthodes statistiques nous ont fourni quelques éléments de réponse concernant certaines questions :

- Qu'apporte l'étude de la répartition spatiale du peuplement entier aux théories de la sylvigénèse ?
- Les techniques d'inventaire sylvicole sont-elles adaptées à la répartition spatiale des arbres exploitables ?
- L'effet des traitements sylvicoles pratiqués à Paracou est-il conforme aux objectifs en ce qui concerne l'éclaircie ?

Que ce soit pour la recherche ou pour la gestion d'écosystèmes forestiers, ces méthodes nous ont prouvé leur intérêt.

RESUME . . . . .	1
REPARTITIONS SPATIALES ET SYLVICULTURE EN FORET GUYANAISE . 2	
1 - Données de base - outils d'analyse . . . . .	3
1.1 Données de base . . . . .	3
1.2 Outils d'analyse : les méthodes d'étude des répartitions spatiales . . . . .	4
2 - Premiers contacts avec les répartitions spatiales. Méthodes élémentaires . . . . .	5
2.1 Analyse cartographique et statistiques élémentaires . . . . .	5
2.2 Les essences ont-elles des répartitions spatiales caractéristiques ? première approche . . . . .	5
3 - La méthode des quadrats contigus (Greig-Smith, 1952) . 6	
3.1 Principes de la méthode . . . . .	6
3.2 Répartition spatiale des essences sélectionnées . 7	
3.3 Peut-on tester des hypothèses écologiques à l'aide de la méthode de Greig-Smith ? . . . . .	8
* étude de la répartition spatiale des trouées . 8	
* répartition spatiale des classes de diamètre . 8	
4 - La méthode des distances au plus proche voisin (Diggle, 1973, cité par Upton et Fingleton, 1983) . . . . .	9
4.1 Principes de la méthode . . . . .	9
4.2 Répartition spatiale des essences sélectionnées .10	
4.3 Test d'hypothèses sylvicoles . . . . .	11
* étude des arbres exploitables . . . . .	11
* étude de l'effet des traitements (exploitation et dévitalisation) . . . . .	11
5 - Méthode complémentaire de la méthode de Diggle : la classification automatique . . . . .	12
5.1 Principes et intérêts de la méthode . . . . .	12
5.2 Etude de deux essences à l'aide de la méthode de Diggle complétée par la classification automatique 13	
* L'angélique ( <i>Dicorynia guianensis</i> ) . . . . .	13
* le Wapa ( <i>Eperua spp.</i> ) . . . . .	13
6 - Discussion des résultats . . . . .	14
6.1 Evaluation des méthodes d'étude des répartitions spatiales . . . . .	14
6.2 Connaissance de l'écosystème forestier guyanais .15	
6.3 Application de l'étude des répartitions spatiales à la sylviculture . . . . .	16
BIBLIOGRAPHIE . . . . .	18
ANNEXES . . . . .	20

**REPARTITIONS SPATIALES ET SYLVICULTURE**  
**EN FORET GUYANAISE**

par C. Cabrera et J. Gignoux

Un des impératifs auxquels est confrontée la sylviculture en forêt tropicale humide est de réussir à concilier exploitation suffisamment intensive de ces écosystèmes et renouvellement de la ressource qu'ils constituent. L'étude des essences actuellement commercialisées s'inscrit tout naturellement dans cette logique. De nombreuses questions se posent : connaissance du tempérament des espèces, place dans l'écosystème de ces espèces, réactions aux traitements sylvicoles ...

Classiquement, la recherche forestière étudie des variables mesurées sur des unités de surface ; l'hypothèse implicite d'une telle démarche est celle d'une répartition régulière ou aléatoire de ces variables sur la surface considérée. Néanmoins, la théorie des variables régionalisées (Duplat et Perrotte, 1981) permet de revenir sur cette hypothèse, a priori peu réaliste, en supposant que les variables mesurées sont dotées d'une structure spatiale déterminée. D'autre part, des études récentes concernant la régénération naturelle (Bertrand, 1987 ; Bariteau, 1989), la dissémination des graines (Forget, 1988) et les sols forestiers tropicaux (Barthès, 1988) ont conclu à une répartition spatiale non aléatoire des arbres de moins de 10 cm de diamètre. Cabrera (1988) a montré que l'irrégularité spatiale de l'éclaircie pratiquée en forêt de Yapo (Côte d'Ivoire) pouvait expliquer les différences de croissance observées entre individus d'une même parcelle. Tous ces exemples montrent assez clairement l'importance de la variabilité spatiale des phénomènes. Tenter de prendre en compte la répartition spatiale des variables étudiées en recherche forestière peut donc se révéler fructueux.

De nombreuses méthodes statistiques ont été proposées pour l'étude des répartitions spatiales. Nous nous sommes fixés comme premier objectif de faire un tri parmi ces méthodes, et d'étudier leurs performances respectives. Travaillant en forêt guyanaise, nous avons aussi tenté de caractériser le peuplement ou des sous-ensembles du peuplement (essences commerciales, classes de diamètres) du point de vue de la répartition spatiale des arbres : peut-on, par exemple, attribuer à une espèce donnée une répartition spatiale caractéristique ? Enfin, notre troisième but a été l'évaluation de l'impact de traitements sylvicoles réels sur les répartitions spatiales observées.

## 1 - DONNEES DE BASE - OUTILS D'ANALYSE

### 1.1 Données de base

Le présent travail a utilisé les données du dispositif expérimental du CTFT de Paracou, mis en place en 1982, situé près de Sinnamary en Guyane Française (figure 1). Ce dispositif comprend 12 parcelles de 9 ha chacune, réparties en 4 blocs par traitements :

Traitement 1 : exploitation prospective traditionnelle enlevant 30 m<sup>3</sup>/ha.

Traitement 2 : exploitation prospective traditionnelle enlevant 30 m<sup>3</sup>/ha et élimination d'essences secondaires par dévitalisation, soit environ 80 m<sup>3</sup>/ha.

Traitement 3 : exploitation intensive : 30 m<sup>3</sup> de bois d'oeuvre et 30 m<sup>3</sup>/ha de bois énergie, avec dévitalisation de 50 m<sup>3</sup>/ha d'essences secondaires.

Traitement "0" : Non intervention, témoin permanent.

Seule la zone centrale de 6,25 ha des parcelles est étudiée, l'ensemble de la parcelle subissant les traitements. Dans cette zone centrale, tous les arbres de plus de 10 cm de diamètre sont numérotés, cartographiés, identifiés et mesurés annuellement depuis 1984 (circonférence à 1,30 m ou au-dessus des contreforts). 64 essences ont été distinguées, dont 58 principales divisées en trois catégories suivant leurs utilisations : ébénisterie / tranchage (17 essences), menuiserie (25 essences), déroulage (16 essences).

Les traitements ont été effectués de la manière suivante : exploitation sur toutes les parcelles en 1986 et dévitalisation en 1987 ; chaque parcelle a donc été son propre témoin pendant deux ans.

La saisie, le stockage et le traitement de ces données (environ 600.000 mesures sur 46.000 arbres depuis 1984) sont entièrement informatisés. On trouve notamment parmi les programmes de traitement les méthodes d'étude des répartitions spatiales que nous avons utilisées, ainsi que des programmes de cartographie du peuplement.

Pour les études concernant seulement quelques essences, nous avons dû procéder à une sélection qui s'est fondée sur les critères suivants :

. l'indice "d'importance" ("importance value index" de Curtis & Machintosh, 1950, cités par Loffeier, 1989), qui donne la représentativité écologique d'un taxon dans une zone donnée (figure 2). Cet indice est calculé à partir de la densité, de la surface terrière et de la fréquence d'un taxon par rapport au peuplement total ; son utilisation a été limitée pour notre étude par l'identification botanique des essences.

. le classement technologique du CTFT, indicateur de l'importance économique des essences.

. les études préalables existantes : plusieurs essences ont été étudiées en Guyane française : mode de dissémination, régénération naturelle et rapport sol-végétation.

. le nombre d'espèces par essence : il était souhaitable de n'étudier que les essences écologiquement significatives, c'est à dire composées d'une espèce unique. Cependant, comme 18 essences sur 58 répertoriées, dont quelques unes très importantes numériquement, comprennent plusieurs espèces à Paracou, nous n'avons pu éviter d'étudier certains de ces regroupements.

. le nombre d'individus identifiés à Paracou : les méthodes statistiques utilisées donnent des résultats valides pour des nombres d'individus minimaux d'environ 500 individus sur les 12 parcelles.

A partir de ces critères, nous avons sélectionné les essences suivantes (voir annexe 1) : angélique, wacapou, wapa, gonfolo, manil, inguipipa, kobé, toso passa, gaulettes, mahos noirs, mahos rouges et kimbotto.

### 1.2 Outils d'analyse : les méthodes d'étude des répartitions spatiales

Nous nous sommes intéressés à plusieurs types de méthodes : tout d'abord des méthodes simples et peu coûteuses mettant en jeu la seule cartographie des individus ou des calculs élémentaires. Nous sommes passés ensuite aux méthodes statistiques que Chessel (1978), classe en plusieurs groupes suivant qu'elles utilisent des cartographies de points ou des comptages par grilles de quadrats et qu'elles mettent en jeu des calculs de ressemblance ou de dissemblance.

On distingue 3 grands types de répartitions spatiales : répartition aléatoire, régulière ou agrégative (voir annexe 2), le troisième type regroupant la majorité des situations observées. Le but des méthodes statistiques existantes est en général de caractériser les répartitions observées en les classant dans une de ces catégories.

## 2 - PREMIERS CONTACTS AVEC LES REPARTITIONS SPATIALES. METHODES ELEMENTAIRES

### 2.1 Analyse cartographique et statistiques élémentaires

A partir de cartes par espèces ou classes de diamètre des individus (voir annexe 3) et de cartes topographiques ou pédologiques (Barthès 1988) pour certaines parcelles, ainsi que de cartes de la régénération naturelle (Bertrand, 1987) nous avons tenté :

- d'identifier "à l'oeil" des structures spatiales existantes
- de relever des corrélations entre répartition des arbres et topographie, pédologie ou répartition des plantules.
- de noter d'éventuelles relations entre espèces différentes.

L'interprétation visuelle permet en général de bien distinguer les répartitions spatiales marquées sans qu'il soit nécessaire de faire des analyses statistiques. Dans de telles situations, le rôle des méthodes statistiques sera de fournir une description quantitative et pas seulement qualitative de la situation étudiée, sous forme par exemple de paramètres d'une loi de distribution mathématique. Pour les situations difficiles à interpréter à l'oeil, on attendra des méthodes statistiques les résultats qualitatifs permettant de caractériser les répartitions spatiales observées.

Des calculs statistiques élémentaires (écart-type et coefficient de variation de la densité d'arbres sur chaque parcelle, histogramme des distances au plus proche voisin de chaque arbre) permettent de se faire une idée de la nature des répartitions spatiales. Néanmoins, ces calculs élémentaires ne permettent pas de tester d'hypothèse concernant les répartitions spatiales ; ils fournissent seulement une indication des recherches à poursuivre.

### 2.2 Les essences ont-elles des répartitions spatiales caractéristiques ? première approche.

Le tableau 1 synthétise les résultats de l'analyse cartographique pour les 12 essences sélectionnées. Si on arrive fréquemment à voir apparaître des répartitions rattachables à quelques types connus (Chessel 1978, voir annexe 2), il est souvent difficile de généraliser les résultats. Néanmoins, certaines espèces comme l'angélique, le wacapou, le wapa ou le gonfolo ont des répartitions très typées.

Des quelques statistiques calculées pour les essences concernées, le coefficient de variation est la plus intéressante puisqu'il permet de comparer les essences entre elles. On constate que les espèces à répartition en plaques (wacapou, wapa, gonfolo, mahos rouges) ont les plus forts coefficients de variation (supérieur à 60 %), que les espèces à répartition jugée aléatoire (Galette, mahos noirs, manils, kobé) ont des coefficients plus faibles (21,7 à 27,2), à l'exception de

l'inguipipa et qu'enfin les essences agrégatives à petits ou moyens agrégats (angélique, manil, kimboto, toso passa) présentent des coefficients intermédiaires (compris entre 37,9 et 45,8). Le coefficient de variation peut donc être un bon indicateur du type de répartition spatiale.

Nous avons aussi comparé les cartes deux à deux. Il apparaît des complémentarités pour beaucoup d'essences, mais dans quelques parcelles seulement, ce qui n'est bien sûr pas généralisable. Cependant, le wacapou et le wapa semblent avoir des répartitions spatiales corrélées négativement, bien que les régressions densité wacapou/wapa et surface terrière wacapou/wapa n'indiquent pas de relation très forte ( $r^2 = 0,42$  et  $r^2 = 0,34$  respectivement, figure 3).

Il apparaît que l'interprétation visuelle des cartes des individus assortie de quelques statistiques élémentaires permet de mettre en évidence certains aspects des répartitions spatiales. Cette méthode ayant de nombreuses limites (subjectivité, manque de rigueur, difficulté d'interprétation de statistiques trop réductrices), nous avons cherché à savoir si des méthodes plus sophistiquées permettraient d'affiner ces premiers résultats.

### 3 - LA METHODE DES QUADRATS CONTIGUS (GREIG-SMITH, 1952)

#### 3.1 Principes de la méthode

Cette méthode utilise des grilles de comptage de points. L'espace à étudier est divisé en quadrats dans lesquels on compte le nombre d'individus présents.

Partant d'une grille de  $2^n \times 2^n$  quadrats on regroupe les quadrats contigus deux à deux (soit en lignes, soit en colonnes). On regroupe ainsi successivement les quadrats de chaque niveau d'analyse, alternativement en lignes et en colonnes jusqu'à n'obtenir plus qu'un quadrat égal à la parcelle étudiée (figure 4). A chaque niveau d'analyse  $r$ , on calcule la somme des carrés des nombres d'individus par quadrat :

$$T_r = \sum x_{ij}^2 \text{ avec } x_{ij} = \text{effectif du quadrat } (i, j).$$

On calcule ensuite  $G_r = 2 T_r - T_{2r}$  ( $T_{2r}$  étant le niveau d'analyse suivant). Un calcul élémentaire permet de montrer que  $G_r = \sum (x_{ij} - x_{i+1,j})^2$ , c'est à dire que  $G_r$  représente une variance intra quadrats (calculée sur les effectifs des deux quadrats de niveau précédent).

Greig Smith propose alors d'utiliser les résultats classiques de l'analyse de variance pour interpréter ces résultats : on dispose d'une série de sommes de carrés qu'on voudrait pouvoir comparer entre elles. D'après lui, le rapport  $G_r/G_1$  suit une loi de Fisher à  $N/2r$  et  $N/2$  degrés de liberté ( $N$

étant le nombre de quadrats de départ =  $2^n \times 2^n$ ). On peut alors effectuer un test de Fisher au niveau de signification qu'on souhaite.

Si la variance  $G_r$  d'un niveau d'analyse donnée est significativement plus élevée que celle du premier niveau d'analyse, on conclut à une répartition spatiale de type agrégatif au niveau d'analyse considéré : en effet, une variance plus élevée que celle du premier niveau est révélatrice d'une hétérogénéité spatiale dont la maille correspond à la taille des quadrats utilisés.

Cette méthode présente l'avantage d'une grande simplicité de mise en oeuvre puisqu'elle n'utilise que des résultats assez classiques. En outre, les grilles de comptages constituent des données beaucoup plus faciles à collecter que des cartographies individu par individu. Enfin, la méthode permet de distinguer les répartitions spatiales agrégatives des autres types de répartitions spatiales et d'avoir une idée de la taille des agrégats, ce qui va déjà plus loin qu'une simple description qualitative de la situation observée.

Ses inconvénients majeurs (Upton & Fingleton, 1983) sont la nécessité d'utiliser des parcelles carrées (ou à la rigueur rectangulaires), de ne pouvoir analyser que des grilles dont le nombre de quadrats est une puissance paire de 2, de n'analyser que des puissances successives de 2, ce qui conduit à une faible précision des résultats pour les quadrats de grande taille, et d'introduire un biais par la constitution de quadrats alternativement carrés et rectangulaires. Enfin, on peut remarquer que l'analyse obtenue en commençant le regroupement des quadrats par lignes ne donne en général pas les mêmes résultats que l'analyse avec regroupement initial par colonnes ; d'après Bergonzini (1989, comm. pers.) ce défaut apparent peut en fait se révéler plein d'enseignements.

### 3.2 Répartition spatiale des essences sélectionnées

Une analyse de quatre des essences les plus représentées (gaulettes, mahos noirs, kimbotos, mahos rouges) dans les parcelles 7 et 8 a été réalisée (tableau 2). Les difficultés d'interprétation sont grandes. Néanmoins, on retrouve bien la répartition spatiale caractérisée du wapa, en agrégats très nets; l'échelle des agrégats est difficile à définir, mais l'interprétation visuelle des cartes montrait bien que le wapa se répartit en grandes plaques de taille supérieure à celle d'une parcelle, ce qui explique que la méthode de Greig-Smith ne puisse pas fournir une taille d'agrégats cohérente.

Pour les autres essences, on obtient des résultats mitigés :

- le manil aurait une répartition aléatoire sur la parcelle 8 et agrégative sur la parcelle 7 ; ce fait étant lié à une différence de densité importante entre les deux parcelles, on peut avancer l'hypothèse d'une répartition spatiale agrégative du manil à faible densité, les agrégats tendant

à fusionner à plus forte densité.

- les gaulettes seraient agrégatives, avec une taille d'agrégats très variable ; ce résultat est contradictoire avec celui de l'analyse cartographique.
- enfin, les mahos noirs sont nettement agrégatifs sur la parcelle 8, moins sur la parcelle 7, ce qui est aussi contradictoire avec l'analyse cartographique.

Ces premiers résultats incitent à la prudence : on constate, pour certaines espèces, une grande variabilité des résultats d'une parcelle à l'autre ; en particulier, il est difficile de définir la surface des agrégats. D'autre part, les résultats ne concordent avec l'analyse cartographique que pour les essences à répartition spatiale très caractéristique (wapas).

### 3.3 Peut-on tester des hypothèses écologiques à l'aide de la méthode de Greig-Smith ?

#### \* étude de la répartition spatiale des trouées.

Quels que soient les théories et concepts de la sylvigénèse - trouées, chablis, sylvigénèse par substitution - la forêt tropicale humide se régénère à partir de la libération de l'espace occasionnée par la mort d'un arbre. Même si la proportion de surface considérée est faible (d'après Rollet (1983), les trouées n'occupent que 4,2 % de la surface en forêt amazonienne), on peut espérer mettre en évidence cette dynamique à travers l'analyse de la répartition spatiale du peuplement entier.

Le tableau 3 regroupe les résultats des analyses par la méthode de Greig Smith sur les 12 parcelles de Paracou pour le peuplement entier avant traitement. Sauf pour les parcelles 7 et 8, l'analyse est toujours significative à un niveau ou un autre, le niveau le plus fréquent étant le niveau 256 (quadrats de 125 x 125 m). Les résultats, assez variables indiquent clairement l'existence d'une hétérogénéité spatiale dont l'échelle n'apparaît pas nettement, bien que des variations de densité à l'échelle de 125 x 62,5 ou 125 x 125 m soient fréquentes. Cette dernière échelle est de 10 à 20 fois supérieure aux surfaces de chablis mentionnées par Riera (1983) en forêt guyanaise (550 à 1200 m<sup>2</sup>), mais correspond assez bien aux surfaces décrites par Florence (1981) en forêt gabonaise pour des chablis multiples ou complexes (4500 à 10500 m<sup>2</sup>).

On peut remarquer pour certaines parcelles une correspondance avec la topographie : les zones les moins denses sont en général les zones de bas fonds. D'autre part, l'échelle 125 x 62,5 ou 125 x 125 m correspond assez bien à l'échelle des reliefs élémentaires.

#### \* répartition spatiale des classes de diamètre

Dans cet exemple nous avons cherché à suivre l'évolution de

la structure spatiale en fonction du diamètre des arbres. En effet, on observe depuis les plantules jusqu'aux arbres adultes des distances de plus en plus importantes entre individus ; ceci doit se manifester au niveau de la répartition spatiale.

Nous avons choisi pour mener cette étude les parcelles 7 et 8, qui ont présenté au cours de l'étude précédente une faible hétérogénéité spatiale (tableau 3) ; nous risquons moins ainsi de confondre ce que nous cherchons avec d'autres phénomènes.

Les résultats (tableau 4) montrent une tendance à l'agrégation plus forte pour les petits diamètres que pour les grosses tiges. Ceci n'est donc pas en contradiction avec l'hypothèse de mortalité par compétition, qui serait plus forte au sein des agrégats et tendrait à diminuer le degré d'agrégation de la répartition spatiale. D'autre part, on constate que les résultats sont assez différents selon la grille de départ utilisée, bien que la même tendance générale s'observe.

#### 4 - LA METHODE DES DISTANCES AU PLUS PROCHE VOISIN (DIGGLE, 1973, cité par UPTON ET FINGLETON, 1983)

##### 4.1 Principes de la méthode

Dans cette méthode, on part d'une cartographie précise des points constituant la répartition spatiale à étudier. On calcule pour chaque point la distance  $w$  à son plus proche voisin. Ceci permet de calculer une distribution empirique des distances au plus proche voisin  $\hat{G}(w)$ .

On cherche alors à comparer cette distribution de distances à des distributions connues, afin de pouvoir déterminer la nature de la répartition spatiale étudiée. Or, la distribution des distances dans le cas d'une répartition spatiale aléatoire est connue : on a  $G(w) = 1 - e^{-\mu\pi w^2}$ ,  $\mu$  représentant la densité de la parcelle étudiée. Diggle propose alors de tester l'hypothèse nulle "la répartition spatiale est de type aléatoire" au moyen de la statistique de test  $dw = \sup_w | G(w) - \hat{G}(w) |$ .

Pour ce faire, on utilise la méthode de Monte Carlo, qui s'appuie sur la comparaison de la statistique  $dw_{obs}$  observée à 99 autres statistiques  $dw_1$ , obtenues à partir de 99 simulations de répartitions aléatoires. Si  $dw_{obs}$  est supérieur à au moins 95 des  $dw$  simulés, on conclut au rejet de l'hypothèse nulle. De plus, si  $\hat{G}(w) > G(w)$  on a une répartition agrégative alors que pour  $\hat{G}(w) < G(w)$  on a une répartition régulière.

Parallèlement à ce premier test, Diggle en a proposé un second basé sur le calcul des distances entre des points d'échantillonnage fixés et les arbres à étudier ( $dx$ ). Construit de façon tout à fait similaire au précédent, ce test serait un meilleur détecteur des répartitions spatiales agrégatives (Diggle, 1979) alors que le précédent détecterait mieux les répartitions spatiales régulières.

Le programme utilisé au CTFT fournit comme résultats le niveau de signification des tests et des graphiques représentant le dw observé et l'enveloppe des 99 dw simulés (figure 5).

L'étude des sorties graphiques du programme obtenues pour des distributions spatiales artificielles de paramètres connus nous a permis de quantifier certaines caractéristiques des répartitions spatiales. La méthode de Diggle permet, pour des répartitions spatiales régulières de prédire de façon très sûre la distance entre les arbres, ainsi que le degré de régularité de la distribution ; pour des distributions agrégatives, on peut avoir une estimation de la distance moyenne entre agrégats (figure 6).

La méthode de Diggle présente donc l'avantage de fournir des résultats quantitatifs assez fiables ; elle permet de distinguer les répartitions spatiales régulières, qui sont difficiles à détecter par la méthode de Greig Smith. De plus, la forme de la parcelle étudiée peut être quelconque.

Ses inconvénients sont surtout techniques : les effets de bords ne peuvent pas être pris en compte dans le calcul de la distribution théorique des distances ; la distance au plus proche voisin ne prend en compte qu'une seule direction de l'espace. Enfin, la nécessité de disposer d'une cartographie complète des individus est une contrainte non négligeable.

#### 4.2 Répartition spatiale des essences sélectionnées

Ces analyses ont été menées pour la plupart à partir des données des parcelles 7 et 8, sauf dans les cas où les effectifs présents sur ces parcelles n'étaient pas suffisants pour assurer une bonne fiabilité des résultats statistiques (tableau 5).

Sur les 12 essences étudiées, quatre seulement donnent des tests tous non significatifs (inguipipa, gaulettes, manil et maho noir). Silva et Lopes, (1982), travaillant en forêt amazonienne (état du Parà, Brésil), ont obtenu deux espèces à répartition spatiale aléatoire sur 12 (avec un test statistique différent). Forman et Hahn (1980) en ont trouvé 3 sur 14 espèces étudiées en forêt semi-décidue (Iles Vierges, Caraïbes). Nos résultats n'ont donc rien de surprenant. D'autre part, il est remarquable que, sur ces 4 espèces, 3 aient été classées comme aléatoires par l'analyse visuelle. Deux de ces espèces avaient été classées comme agrégatives par la méthode de Greig-Smith.

Deux espèces présentent une répartition agrégative sans aucun doute possible : le wapa et l'angélique. Ce sont sûrement les deux espèces présentant les répartitions spatiales les plus caractéristiques de toutes celles que nous avons étudiées. Il est intéressant de noter que les tailles d'agrégats sont totalement différentes pour ces deux espèces.

Enfin, les autres espèces présentent des degrés d'agrégation plus ou moins variés : on conclut à une distribution agrégative

pour le toso passa (le test dx étant meilleur détecteur d'agrégation que le test dw (Diggle, 1979)) ; le gonfolo et le maho rouge auraient une répartition spatiale agrégative dans certaines parcelles, mais pas dans toutes ; enfin, le kimboto, le kobé et le wacapou auraient une répartition spatiale à tendance plutôt aléatoire, mais avec des hétérogénéités sur certaines parcelles.

### 4.3 Test d'hypothèses sylvicoles

Nous avons cherché à répondre à deux questions :

- l'hypothèse de répartition spatiale aléatoire du peuplement étudié, sur laquelle reposent la plupart des techniques d'inventaire est-elle justifiée ?
- quel est l'effet réel des traitements sylvicoles appliqués à Paracou ?

#### **\* étude des arbres exploitables (voir annexe 4)**

A Paracou, le diamètre d'exploitabilité varie selon les essences de 40 à 60 cm (Schmitt, 1989). Nous avons considéré un diamètre d'exploitabilité de 50 cm. Les résultats (tableau 6) montrent qu'on peut sans trop d'erreur considérer que les arbres exploitables ont une répartition spatiale aléatoire, ce qui valide a posteriori toutes les techniques d'inventaire reposant sur l'hypothèse de répartition spatiale aléatoire des arbres à exploiter.

En complétant ces résultats par quelques statistiques simples calculées sur les distances au plus proche voisin, on peut acquérir une information supplémentaire : les distances au plus proche voisin s'échelonnent de 3,4 à 73,5 m avec un coefficient de variation de 42,6 %, indication utile pour la détermination de la taille des placettes à utiliser.

#### **\* étude de l'effet des traitements (exploitation et dévitalisation - voir annexe 4)**

A Paracou, l'exploitation comme la dévitalisation ont éliminé tous les arbres au-dessus d'un diamètre donné dans les essences concernées par le traitement. Compte tenu du rôle fondamental de l'élimination d'arbres dominants dans la sylvigénèse, nous avons étudié la répartition spatiale des arbres morts juste après l'exploitation (campagne 4, 1986) et celle des arbres morts juste après la dévitalisation (campagne 5, 1987), afin d'avoir une idée de l'homogénéité des traitements et donc de l'impact qu'ils pourront avoir sur la régénération ou l'accroissement des individus libérés par l'éclaircie.

L'analyse de la répartition spatiale de tous les arbres morts lors de l'exploitation (la codification de la mortalité dans les fichiers informatiques ne permettant pas de séparer mortalité artificielle et mortalité naturelle) montre que 8 des 9 parcelles traitées présentent une répartition spatiale agrégative de la mortalité (tableau 7). Ceci peut s'expliquer par

la mortalité de petits arbres due à la chute des individus exploités. Ce mécanisme - similaire aux chablis - engendrant une mortalité agrégative semble confirmé par la répartition spatiale de la mortalité naturelle sur les parcelles témoin, qui est également agrégative. La distance entre agrégats d'arbres morts varie de 19-28 m pour le traitement 1 (exploitation traditionnelle) à 12-14 m pour le traitement 3 (exploitation intensive + dévitalisation) : ces traitements auront donc un effet différent sur la répartition de l'énergie lumineuse ; les surfaces non touchées par l'éclaircie sont sûrement plus importantes pour le traitement 1. L'analyse cartographique de la mortalité après exploitation met en évidence des zones vides plutôt que des agrégats pour les traitements 1 et 2 (exploitation traditionnelle + dévitalisation). Le traitement 3 semble avoir une répartition spatiale des arbres morts qui tend plus vers l'aléatoire.

L'analyse de la mortalité après dévitalisation (traitement 2 et 3) donne des répartitions spatiales aléatoires sur 5 des 6 parcelles concernées (tableau 8). Il convient dès à présent d'être prudent, puisque nous avons étudié les arbres ayant subi la dévitalisation et non les arbres réellement morts par dévitalisation ; il s'agit donc ici d'évaluation du projet et non de sa réalisation. Ce projet est conforme à son objectif puisqu'il permet de passer d'une éclaircie hétérogène (répartition spatiale agrégative des arbres morts après exploitation) à une éclaircie homogène (répartition spatiale aléatoire des arbres morts après dévitalisation). Il reste à savoir si l'évolution ultérieure des arbres dévitalisés ne va pas conduire à la formation de chablis, ce qui irait à l'encontre des objectifs visés.

## 5 - METHODE COMPLEMENTAIRE DE LA METHODE DE DIGGLE : LA CLASSIFICATION AUTOMATIQUE.

Comme la plupart des répartitions spatiales naturelles sont de type agrégatif et que la méthode de Diggle nous permet d'estimer une distance moyenne entre agrégats, nous avons cherché par d'autres méthodes à obtenir d'autres paramètres caractéristiques des répartitions spatiales agrégatives, comme par exemple le nombre d'agrégats par unité de surface ou leur taille.

### 5.1 Principes et intérêts de la méthode

Nous avons donc utilisé les méthodes classiques de classification automatique hiérarchique, qui consistent, à partir d'un ensemble de points, à regrouper successivement les agrégats (initialement les points) les plus proches. On obtient alors un arbre des regroupements qui, interrompu à une hauteur donnée, fournit un nombre d'agrégats. Des calculs complémentaires (SAS STAT, 1987) permettent de choisir le niveau de l'arbre le plus pertinent, donc d'obtenir le nombre d'agrégats le plus vraisemblable.

De plus, disposant de l'arbre des regroupements, on connaît le nombre d'individus par agrégats.

Cette méthode s'est révélée être un bon outil complémentaire de la méthode de Diggle. La méthode "Diggle + classification automatique" permet donc d'obtenir les paramètres suivants :

- . distance moyenne entre agrégats
  - . nombre d'agrégats par parcelle
  - . taille (en nombre d'individus) des agrégats
- } densité d'agrégats

### 5.2 Etude de deux essences à l'aide de la méthode de Diggle complétée par la classification automatique

Nous avons plus particulièrement étudié l'angélique et le wapa, deux essences à répartitions spatiales à la fois très nettes et très différentes, bien représentées au sein du peuplement et très utilisées.

#### . L'Angélique (*Dicorynia guianensis*):

Nous avons étudié sa répartition spatiale dans toutes les parcelles contenant plus de trente individus (seuil d'application de la méthode de Diggle, selon Upton & Fingleton, 1983).

Les résultats de l'analyse (tableau 9) suggèrent une répartition agrégative sur toutes les parcelles étudiées ; de plus, on peut calculer à l'aide des sorties graphiques du logiciel utilisé une distance entre agrégats assortie d'un intervalle de confiance pour chaque parcelle. La précision est d'environ 50 %, ce qui est faible, mais donne une bonne idée de la fiabilité de ces résultats.

La classification automatique permet, par diverses méthodes (SAS STAT 1987) - nous en avons employé deux - d'obtenir un nombre d'agrégats par parcelle ainsi qu'une cartographie de ces agrégats. La méthode la plus réaliste ("mode", méthode "density linkage") dégage en général un nombre d'agrégats tout à fait cohérent avec l'analyse cartographique. Disposant de la cartographie des agrégats, on peut alors calculer le nombre moyen d'individus par agrégats.

Les agrégats de l'angélique sont de petite taille, comptant de 11 à 43 individus. Les arbres s'y répartissent à des distances le plus souvent comprises entre 8 et 10 m ; les agrégats - 2 à 5 par parcelle - sont distants les uns des autres de 48 à 151 m (moyenne = 78 m).

#### . Le Wapa (*Eperua falcata* et *Eperua grandiflora*) :

Cette essence présente l'inconvénient d'être composée de deux espèces : nos conclusions n'auront donc pas de valeur écologique.

Si les résultats obtenus pour l'angélique concordent à peu près avec l'interprétation visuelle des cartes, il n'en va pas de même pour le wapa : les distances entre agrégats présentent le même ordre de grandeur et de variabilité que pour l'angélique (tableau 10) ; la taille des agrégats obtenue par la méthode de Greig-Smith est très variable ; mais c'est surtout le nombre d'agrégats par parcelle qui semble ne pas correspondre avec la réalité observée (même si l'on a apparemment deux échelles d'agrégation, permettant de retrouver 8 à 12 agrégats sur toutes les parcelles étudiées au sein d'agrégats de plus grande taille, au nombre de 3 à 8 par parcelle d'après la classification automatique).

Cette distorsion peut sans doute s'expliquer par la répartition spatiale particulière du wapa, en grandes plaques de taille supérieure à une parcelle : les résultats seront très différents selon qu'on se trouve en bordure de plaque ou au centre d'une plaque.

## **6 - DISCUSSION DES RESULTATS**

### **6.1 Evaluation des méthodes d'étude des répartitions spatiales**

Les trois méthodes d'étude des répartitions spatiales que nous avons utilisées reposent sur trois perceptions différentes de l'espace : l'analyse cartographique et les statistiques élémentaires reposent sur une appréhension de l'espace dans sa totalité ; la méthode de Greig-Smith découpe l'espace en quadrats, alors que la méthode de Diggle (éventuellement complétée par la classification automatique) est fondée sur des distributions de distances entre individus. Ces trois approches différentes conduisent à des complémentarités, parfois à des conflits entre méthodes. On peut souligner les faits suivants :

- l'analyse cartographique, bien que subjective, est indispensable dans les cas où les structures spatiales dépassent en superficie les parcelles utilisées pour les méthodes de Greig-Smith et de Diggle : sans analyse cartographique, il est impossible de déduire de la méthode de Diggle (tableau 5) que le gonfolo et le wacapou ont des répartitions en plaques ;

- la méthode de Greig Smith est plus sensible aux hétérogénéités spatiales que la méthode de Diggle (comparer les résultats concernant les gaulettes, les mahos noirs et le manil, tableaux 2 et 5) ; cette dernière fournit des résultats assez proches de l'interprétation visuelle des cartes (tableau 5).

- l'outil "le plus performant" d'un point de vue statistique est la méthode de Diggle, complétée par la classification automatique qui permet d'estimer des paramètres susceptibles

de conduire à une modélisation par une fonction de distribution mathématique des répartitions spatiales observées (tableaux 9 et 10).

Il apparaît donc que, pour toute étude de répartitions spatiales de points, ces trois méthodes présentent une complémentarité intéressante ; on pourrait éventuellement se contenter des deux premières pour des informations rapides, mais la méthode de Diggle est indispensable dès qu'on veut préciser les résultats obtenus.

On a pu constater, en étudiant la répartition spatiale des classes de diamètre par la méthode de Greig Smith (3.3, tableau 3), que les résultats obtenus en partant de grilles de quadrats différentes (grille 16 x 16 ou grille 32 x 32) étaient très différents. On peut interpréter ceci de la façon suivante : la méthode de Greig Smith analyse une grille de valeurs représentant les variations d'une variable continue (la densité en individus) dans l'espace ; si la maille de la grille est trop fine par rapport au phénomène étudié, elle représente alors des variations d'une variable discrète binaire (la densité ne prend plus que les valeurs 1 ou 0) dans l'espace ; Duplat et Perrotte (1981) analysent ce phénomène en parlant de microstructure du peuplement (présence ou non d'un arbre en un lieu donné) et de macrostructure (variation à l'échelle hectométrique de la densité en arbres). Or, les phénomènes qui nous intéressent ici sont liés à la macrostructure ; pour peu que la maille de la grille initiale soit mal choisie, nos résultats seront impossibles à interpréter de façon satisfaisante.

D'autre part, les répartitions en plaques de taille supérieure à une parcelle (wapa, wacapou, voir tableau 1) mettent en évidence l'importance de l'échelle d'observation : selon que l'on se trouve en milieu de plaque, en bordure ou en dehors, les résultats seront très différents (5.2). Upton et Fingleton (1983) montrent bien qu'une répartition spatiale peut être considérée comme régulière ou agrégative suivant l'échelle d'observation. Les résultats obtenus n'ont donc de signification qu'assortis de l'échelle d'observation à laquelle ils ont été obtenus.

Les résultats des diverses hypothèses écologiques ou sylvicoles testées (3.3 et 4.3) montrent qu'il est impossible de tirer directement des conclusions concernant les mécanismes ayant engendré les structures spatiales. Si l'on peut souvent faire un lien entre l'hypothèse et le résultat obtenu, ce lien doit toujours reposer sur une argumentation écologique : les méthodes statistiques utilisées ici sont strictement descriptives.

## 6.2 Connaissance de l'écosystème forestier guyanais

Nos résultats, s'ils ne permettent pas, conformément à la dernière remarque du paragraphe précédent, de tester directement des hypothèses concernant l'écologie du peuplement, nous fournissent néanmoins des arguments supplémentaires pour appuyer

ou réfuter ces hypothèses. Ils permettent parfois aussi d'émettre de nouvelles hypothèses.

L'étude du peuplement entier par la méthode de Greig Smith (3.3) donne une échelle d'hétérogénéité de la structure spatiale qui est plus facile à mettre en relation avec la topographie qu'avec les données dont nous disposons sur les chablis en forêt guyanaise. Ce résultat, pourrait donc nous amener à émettre l'hypothèse d'une répartition spatiale liée à la topographie et plus particulièrement à l'hydromorphie, puisque les zones les moins denses correspondent fréquemment aux bas fonds : l'hydromorphie serait une contrainte importante pour le peuplement, ce que confirment de nombreuses observations physiologiques (Sarrailh, 1990, comm. pers.)

La répartition spatiale des classes de diamètre (3.3) décrite par la méthode de Greig-Smith conforte l'hypothèse d'une mortalité dépendant de la densité, qui tiendrait, à partir d'une répartition spatiale agrégative des jeunes individus, à arriver à une répartition spatiale aléatoire ou même régulière des adultes.

L'étude des 12 essences sélectionnées nous a permis de caractériser certaines d'entre elles (2.2, 3.2, 4.2), parfois de façon précise (5.2). La plupart des essences ont des distributions agrégatives (9 sur 12 d'après l'analyse cartographique, 8 sur 12 d'après la méthode de Diggle, et 4 sur les 4 étudiées par la méthode de Greig-Smith) ; on observe cependant beaucoup de variations dans ces types de répartitions spatiales : les taille, densité, netteté des agrégats sont très différents d'une essence à l'autre. On trouve des essences réparties en grandes plaques (wapas, gonfolos, wacapou, mahos rouges), d'autres en petits agrégats (angélique, manils). Il est possible que ces deux grands types de répartitions spatiales résultent de mécanismes différents, qu'il serait intéressant d'étudier.

Enfin, les wapas de 10 à 30 cm (5.2) présentent une répartition spatiale à deux degrés : petits agrégats (une dizaine d'individus) regroupés en grandes plaques. Néanmoins, les deux espèces n'étant pas distinguées, il est impossible d'émettre des hypothèses concernant la genèse de cette structure.

### 6.3 Application de l'étude des répartitions spatiales à la sylviculture

L'étude des arbres exploitables (4.3) permet de conclure à la validité des techniques d'inventaire basées sur l'hypothèse d'une répartition spatiale aléatoire des arbres exploitables ; l'échantillonnage aléatoire simple ou en grappes est adapté à ce type d'inventaire.

Nous avons pu montrer (4.3) que l'exploitation traditionnelle (30 m<sup>3</sup>/ha de bois d'oeuvre) telle qu'elle est pratiquée en Guyane ne conduit pas à une éclaircie homogène : il

reste des zones intouchées, alors que d'autres sont vides ; une exploitation plus intensive (30 m<sup>3</sup>/ha de bois d'oeuvre + 30 m<sup>3</sup>/ha de bois d'énergie) donne une éclaircie un peu plus homogène. La dévitalisation permet de rendre plus homogène l'éclaircie résultant d'une exploitation. Pour ce qui concerne seulement l'homogénéité de l'éclaircie, les traitements les plus favorables sont donc le traitement 2 (exploitation traditionnelle + dévitalisation) et le traitement 3 (exploitation intensive + dévitalisation).

*Parmi les nombreuses méthodes d'étude des répartitions spatiales, nous en avons utilisé et testé trois ; il apparaît intéressant, lorsqu'on veut étudier des répartitions spatiales, d'utiliser plusieurs méthodes basées sur des perceptions différentes de l'espace, en raison des complémentarités qu'elles possèdent. Il ne faut jamais perdre de vue les deux problèmes fondamentaux posés par l'échelle d'observation et l'interprétation des résultats fournis par les diverses méthodes.*

*En écologie, l'étude des répartitions spatiales peut amener à formuler ou à compléter des hypothèses ; mais l'explication et la description des mécanismes générateurs des structures spatiales reste du domaine de l'écologie et de la dynamique des populations.*

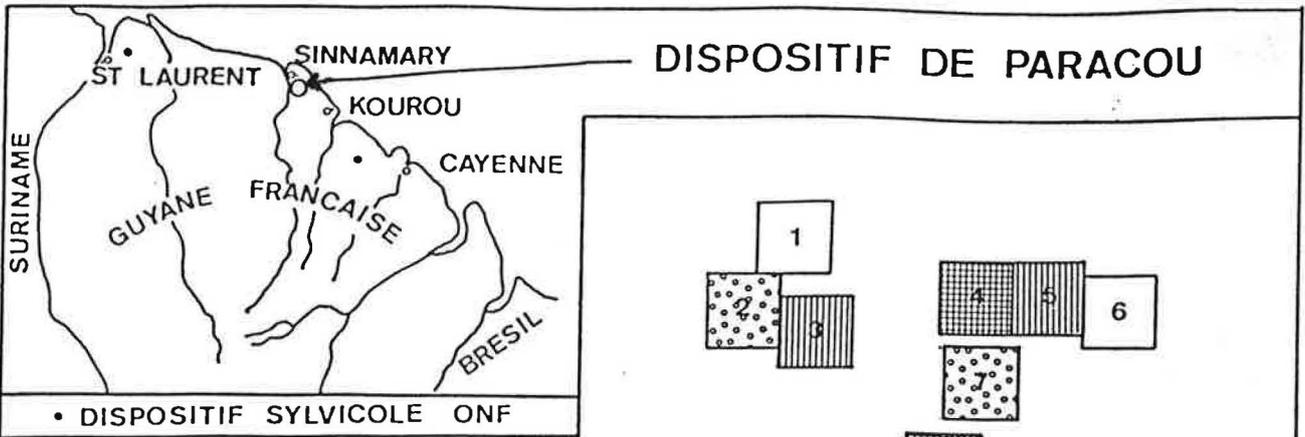
*Enfin, l'étude des répartitions spatiales permet de tester certaines hypothèses sur lesquelles reposent des règles sylvicoles classiques, et aussi d'évaluer l'effet de traitements réels sur le peuplement.*

## BIBLIOGRAPHIE

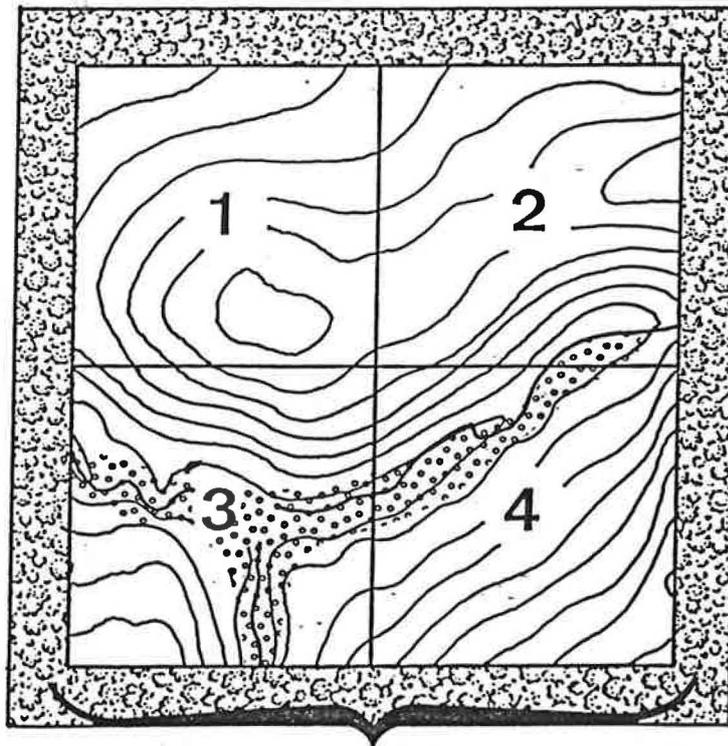
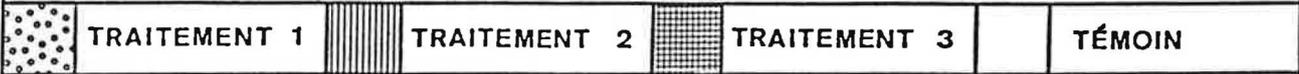
1. BARITEAU, M. (1989). Régénération naturelle en forêt guyanaise. INRA, station de recherches forestières Guyane. 15 p.
2. BARTHES, B. (1988). Où pousse cet arbre ? Premiers résultats à l'étude des relations sol-végétation en forêt de Paracou (Guyane) ; cas du wapa et du gonfolo. ORSTOM-Cayenne, CTFT-Kourou. 33p.
3. BERTRAND, C. (1987). Contribution à l'étude de l'impact des traitements sylvicoles sur la régénération naturelle en Guyane. Mémoire ESAT 1. CNEARC-ENGREF-INRA. 69p.
4. CHESSEL, D. (1978). Description non paramétrique de la dispersion spatiale des individus d'une espèce. Laboratoire de Biométrie, Université Claude Bernard, Lyon I. 135 p.
5. CABRERA, C. (1988). Aménagement de la forêt dense humide sempervirente : contribution à une étude des traitements sylvicoles. Cas de la forêt de Yapou, Côte d'Ivoire. Mémoire ESAT 1, CNEARC-ENGREF, 71 p.
6. DUPLAT, P. & PERROTTE, G. (1981). Inventaire et estimation de l'accroissement des peuplements forestiers. ONF, 432 p.
7. DIGGLE, P.J. (1979). On parameters estimation and goodness of fit testing for spatial points patterns. *Biometrics*, 87-101.
8. FLORENCE, J. (1981). Chablis et sylvigénèse dans une forêt dense humide sempervirente du Gabon. Thèse de l'Université Louis Pasteur de Strasbourg, 261 p.
9. FORGET, P.M. (1988). Dissemiation et régénération naturelle de huit espèces d'arbres en forêt guyanaise. Thèse 3<sup>e</sup> cycle. Université Pierre et Marie Curie, Paris. 245p.
10. FORMAN, R.T. et HAHN, C.D. (1980). Spatial patterns of trees in a Carribbean semi-evergreen forest. *Ecology*, 61 : 1267-1274
11. GIGNOUX, J. (1989). Etude des répartitions spatiales : utilisation de la méthode Diggle. Document de travail, CTFT-Guyane, 8p.
12. GREIG-SMITH, P. (1952). The use en random and contiguous

quadrats in the study of plant communities. *Annals of Botany*, 116 : 296-316.

13. LOFFEIER, M.E. (1989). Sylviculture et sylvigénèse en forêt sempervirente de Goorg (sud-ouest de l'Inde). Institut Français de Pondichéry. Tome XXVI, 211 p.
14. RIERA, B. (1983). Chablis et cicatrisation en forêt guyanaise. Thèse de l'Université Paul Sabatier de Toulouse, 163 p.
15. ROLLET, R. (1979). La régénération naturelle dans les trouées : processus général de la dynamique des forêts tropicales humides. *Bois et forêts des tropiques* (201):3-34.
16. SAS - STAT. (1987). Guide for personal computer. In SAS Institute Inc. N.C. 1028 p.
17. SCHMITT, L. (1989b). Etude des peuplements naturels en forêt dense guyanaise : compte rendu de mise en exploitation forestière du dispositif sylvicole de Paracou. CTFT-Guyane, Kourou. 40 p.
18. SILVA, J.M.N. et LOPES, J. do C.A. (1982). Distribuição espacial dos árvores na Floresta Nacional do tapajós. EMBRAPA-CPATU, Belém, Brazil. 14 p.
19. UPTON, G.J.G. et FINGLETON, B. (1983). Spatial data analysis by example. John Wiley and sons. Chichester, USA, pp. 1-95.



**IMPLANTATION DES PARCELLES**



PLACEAU CENTRAL (6,25 HA) SUBDIVISE EN 4 CARRÉS

TAMPON SUBISSANT LE MEME TRAITEMENT QUE LE PLACEAU CENTRAL

BAS-FOND MARECAGEUX

**SCHEMA D'UNE PARCELLE UNITAIRE DE 9 HA**

FIGURE 1 : Présentation du dispositif de Paracou (d'après Schmitt, 1989).

Indice d'importance

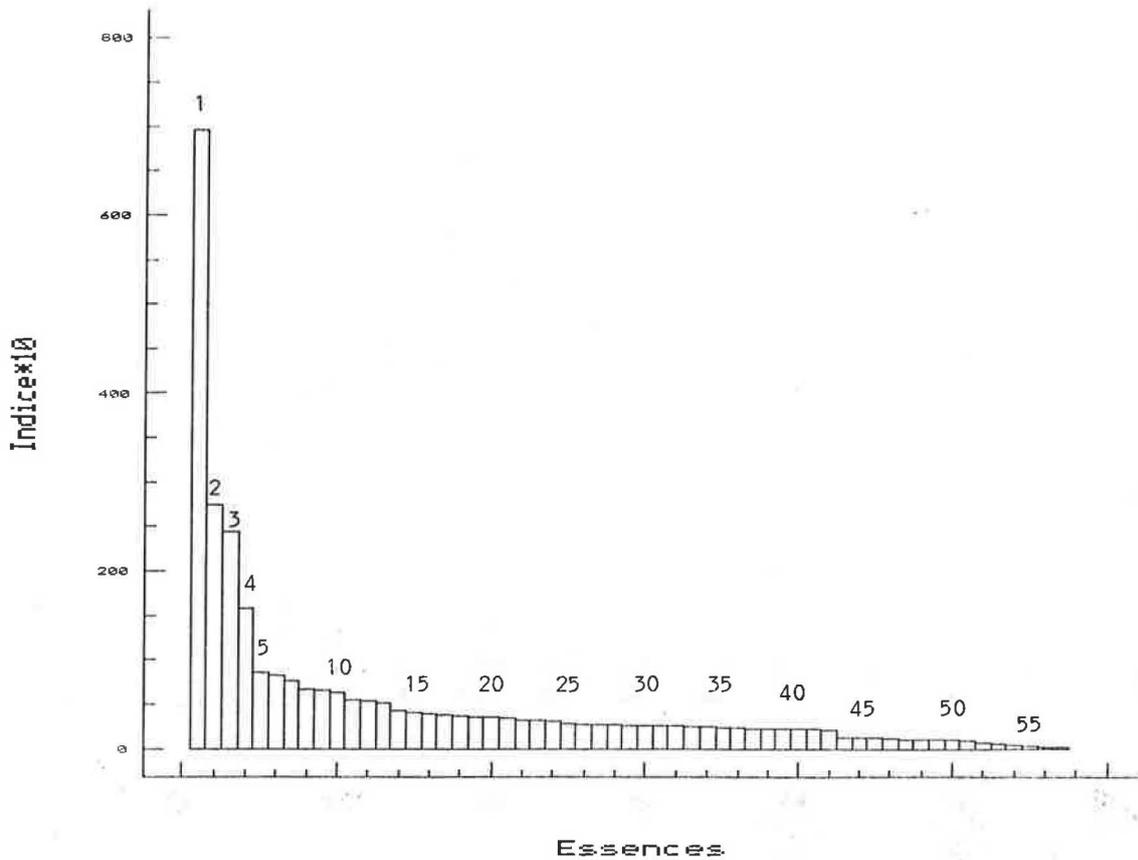


FIGURE 2 : *Indice d'importance des essences à Paracou.*

1	Autres essences cat.4 (405)	30	Assao (204)
2	Gaulettes (401)	31	Bouchi canaboli (303)
3	Mahos noirs (403)	32	Copaya (304)
4	Wapas (224)	33	Parcouri (113)
5	Gonfolos (211)	34	Mapa (313)
6	Kimboto (402)	35	Koumanti oudou (216)
7	Manils (218)	36	Dokali (306)
8	Mahos rouges (404)	37	Canari macaque (107)
9	Wacapou (116)	38	Coeurs dehors (108)
10	Boco (105)	39	Acacia franc (101)
11	Tosso passa (222)	40	Sali (220)
12	Angélique (103)	41	Bois St.Jean (302)
13	Palmiers (501)	42	Kaiman oudou (309)
14	Grignon franc (214)	43	Amarante (102)
15	Carapa (207)	44	Inkasa (111)
16	Inguipipa (308)	45	Koualis (311)
17	Balata pomme (206)	46	Montouchi (112)
18	Kobé (310)	47	Ebène verte (110)
19	Goupi (212)	48	Kouatakaman (216)
20	Wacapou guitin (117)	49	Tonka (221)
21	Cèdres (208)	50	Simarouba (315)
22	Chawari (209)	51	Watapan (225)
23	Diaguidia (210)	52	Grand moni (213)
24	Yayamadous (316)	53	Alimiao (301)
25	Dodomissinga (305)	54	Bagasse (104)
26	St.Martin rouge (115)	55	Fromager (307)
27	Balata franc (205)	56	Anangossi (203)
28	Maho coton (312)	57	St.Martin jaune (219)
29	Paya (114)		

ESSENCE	(CODE)	INDICE
"Autres essences catégorie 4"	405	69.6
Gaulettes	401	27.4
Mahos noirs	403	24.5
Wapas	224	15.8
Gonfolos	211	8.6
Kimboto	402	8.2
Manils	218	7.6
Mahos rouges	404	6.7
Wacapou	116	6.6
Boco	105	6.3
Tosso passa	222	5.5
Angélique	103	5.4
Palmiers	501	5.1
Grignon franc	214	4.3
Carapa	207	4.0
Inguipipa	308	3.9
Balata pomme	206	3.8
Kobé	310	3.7
Goupi	212	3.6
Wacapou gultin	117	3.6
Cèdres	208	3.4
Chawari	209	3.2
Diaguidia	210	3.2
Yayamadou	316	3.1
Dodomissinga	305	2.9
St.-Martin rouge	115	2.7
Balata franc	205	2.7
Maho coton	312	2.7
Satiné rubané	114	2.6
Assao	204	2.6
Bouchi canaboli	303	2.6
Copaya	304	2.6
Parcourl	113	2.5
Mapa	313	2.5
Koumantl oudou	216	2.4
Dokali	206	2.4
Canari macaque	107	2.3
Coeurs dehors	108	2.3
Acacia franc	101	2.2
Sali	220	2.2
Bois St.-Jean	302	2.2
Kaiman oudou	309	2.1
Amarante	102	1.3
Inkasa	111	1.3

ESSENCE	(CODE)	INDICE
Koualis	311	1.3
Montouchi	112	1.2
Ebène verte	110	1.1
Kouatakaman	216	1.1
Tonka	221	1.1
Simarouba	315	1.1
Watapan	225	0.9
Grand moni	213	0.7
Alimiao	301	0.6
Bagasse	104	0.5
Fromager	307	0.3
Anangossi	203	0.2
St.-Martin jaune	219	0.2

Essences	Nb d'espèces de l'essence	Type de distribution (analyse cartographique)	Distribution de la régénération d'après Bertrand (1987)	Influence de facteurs physiques (anal.visuelle)	densité sur 12 parcelles (tiges/ha)	écart type	Coefficient de variation (%)
Angélique	1	petits et moyens agrégats	agrégats rares	pas d'influence	6,88	3,15	45,8
Wacapou	1	plaques de taille supérieure à 1 parc.	trop peu représentée pour l'analyse	?	9,20	8,16	88,7
Wapa	2	plaques très nettes de taille supérieure à une parcelle	agrégats autour des adultes	toxicité aluminique des sols (Barthès, 1988)	23,40	20,60	85,7
Gonfolo	2	plaques de taille supérieure à 1 parc.	agrégats autour des adultes	sols profonds (Barthès,88) pentes abruptes	9,31	6,05	64,9
Manil	2	agrégats abondants tendance à la régularité	agrégats abondants et petits paquets	pas d'influence	15,36	6,44	41,9
Inguipipa	1	aléatoire	non étudiée	?	5,43	2,76	50,9
Kobe	2	agrégats, tendance à la régularité	agrégats rares	zones inondées	4,37	1,19	27,2
Tosso Passa	1	petits paquets dans certaines parcelles	petits paquets	?	13,29	5,03	37,9
Gaulettes	≥ 5	aléatoire ?	aléatoire	?	83,40	18,13	21,7
Mahos noirs	n	aléatoire ?	aléatoire	?	72,89	18,86	25,9
Mahos rouges	5	complexe : plaques et agrégats	non étudiée	zones inondées mais pas exclusivement	19,89	13,42	67,5
Kimboto	1 ?	agrégats de taille variable	agrégats abondants	absent des zones inondées	11,91	5,41	45,4

TABLEAU 1 : Analyse cartographique et statistiques élémentaires pour 12 essences

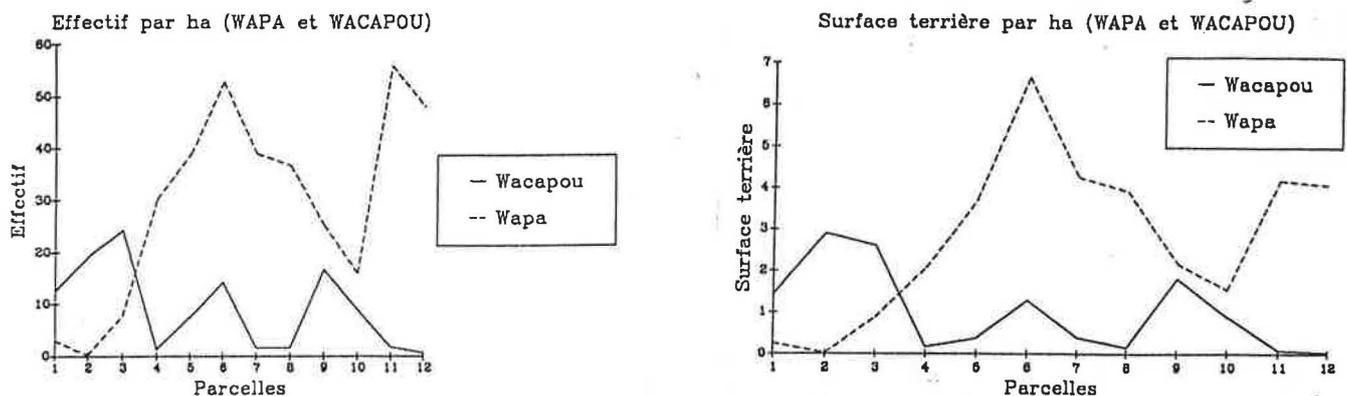
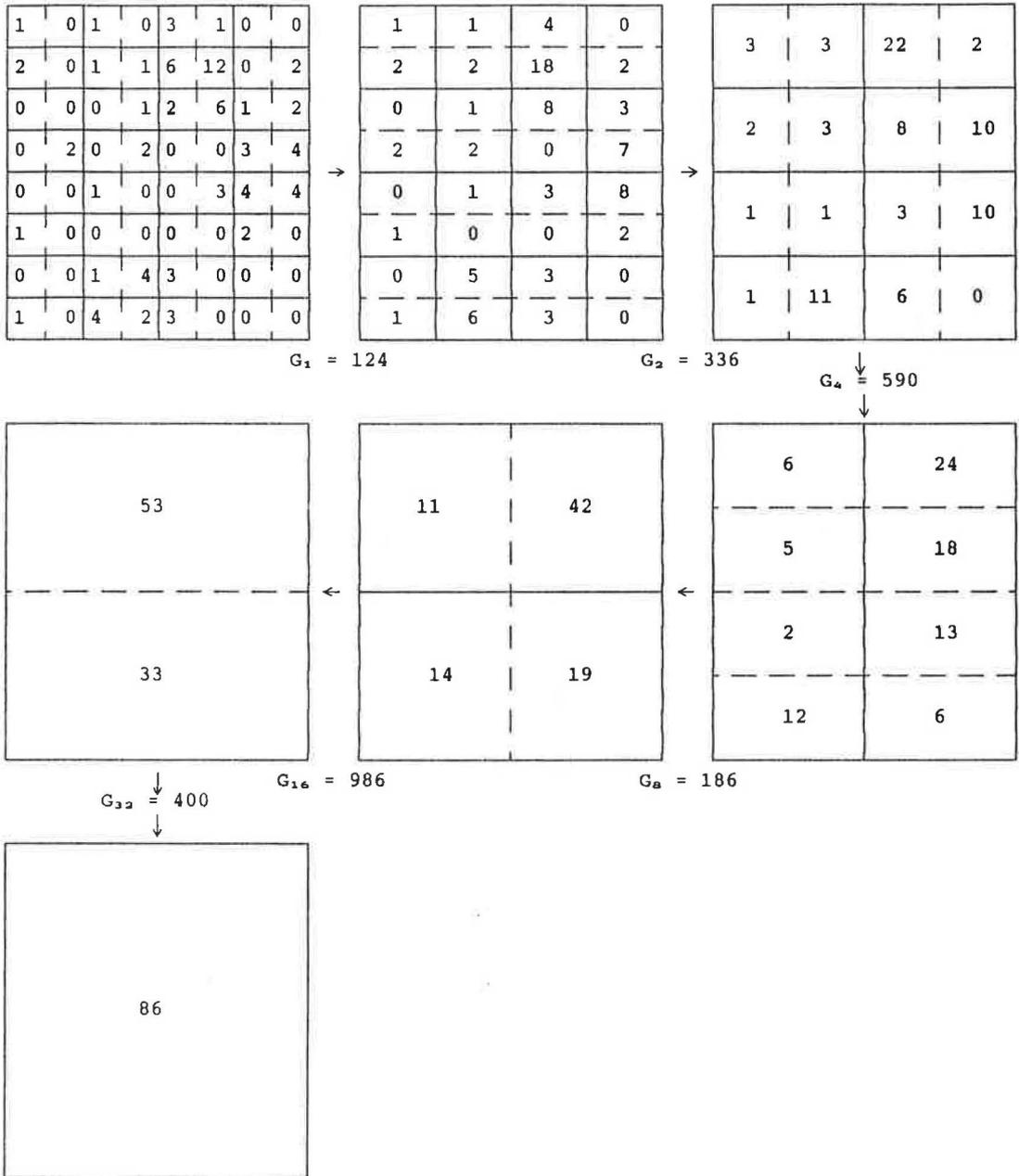


FIGURE 3 : Complémentarité des répartitions spatiales du Wacapou et du Wapa.

Angélique, parcelle 9.



Résultats de l'analyse :

Nombre de quadrats regroupés (niveau d'analyse)	d.d.l.	F 5%	lignes		colonnes		échelle (m)
			Gr/Gl	résultat	Gr/Gl	résultat	
2	16, 32	1,97	0,50	n.s.	2,71	*	31,2x62,5
4	8, 32	2,25	2,01	n.s.	4,76	*	62,5x62,5
8	4, 32	2,67	1,82	n.s.	1,50	n.s.	62,5x 125
16	2, 32	3,30	2,30	n.s.	7,95	*	125 x 125
32	1, 32	4,15	5,54	*	3,23	n.s.	125 x 250

Légende : n.s. = test non significatif  
\* = test significatif à 5%

Conclusions :

- La répartition spatiale de l'Angélique est agrégative sur la parcelle 9 ;
- L'échelle des agrégats d'après ces résultats et l'analyse cartographique serait de 62,5 x 62,5m.

FIGURE 4 : Exemple d'utilisation de la méthode de Greig-Smith.

Espèce	Parcelle	Nombre arbres	Nombre quadrats initial	Regroupement	Niveau d'analyse significatif									
					1	2	4	8	16	32	64	128		
Manil	7	106	8 x 8	lignes colonnes										
	8	50	8 x 8	lignes colonnes							*	*		*
Wapa	7	243	16 x 16	lignes colonnes			*	*	*	*	*	*	*	*
	8	227	16 x 16	lignes colonnes			*	*	*	*	*	*	*	*
Gaulettes	7	449	16 x 16	lignes colonnes					*	*	*	*	*	*
	8	417	16 x 16	lignes colonnes		*			*	*	*	*	*	*
Maho noir	7	367	16 x 16	lignes colonnes		*						*	*	*
	8	364	16 x 16	lignes colonnes			*	*	*	*	*	*	*	*

\* = test significatif à 5%

NS = test non significatif

TABLEAU 2 : Méthode de Greig Smith - Répartition spatiale de quatre essence importantes (partition initiale en 32 x 32 quadrats, parcelles 7 et 8)

Parcelle	Nombre d'arbres	regroupement initial	Niveau d'analyse (r) significatif											
			1	2	4	8	16	32	64	128	256	512		
1	3840	lignes colonnes									*	*	*	
2	3599	lignes colonnes				*	*	*			*	*	*	*
3	3653	lignes colonnes								*	*	*	*	*
4	4087	lignes colonnes							*	*	*	*	*	*
5	4155	lignes colonnes					*			*	*	*	*	*
6	3620	lignes colonnes		*							*	*	*	*
7	3788	lignes colonnes	NS	NS										
8	3635	lignes colonnes	NS	NS										
9	3923	lignes colonnes						*	*	*	*	*	*	*
10	3863	lignes colonnes							*	*	*	*	*	*
11	4268	lignes colonnes							*	*	*	*	*	*
12	4045	lignes colonnes							*	*	*	*	*	*
Nombre de cas significatifs			0	1	0	1	2	3	9	11	14	11		

Légende : \* = test significatif à 5%  
NS = test non significatif

TABLEAU 3 : Méthode de Greig Smith - Analyse du peuplement entier avant traitement - Grille initiale de 32 x 32 quadrats

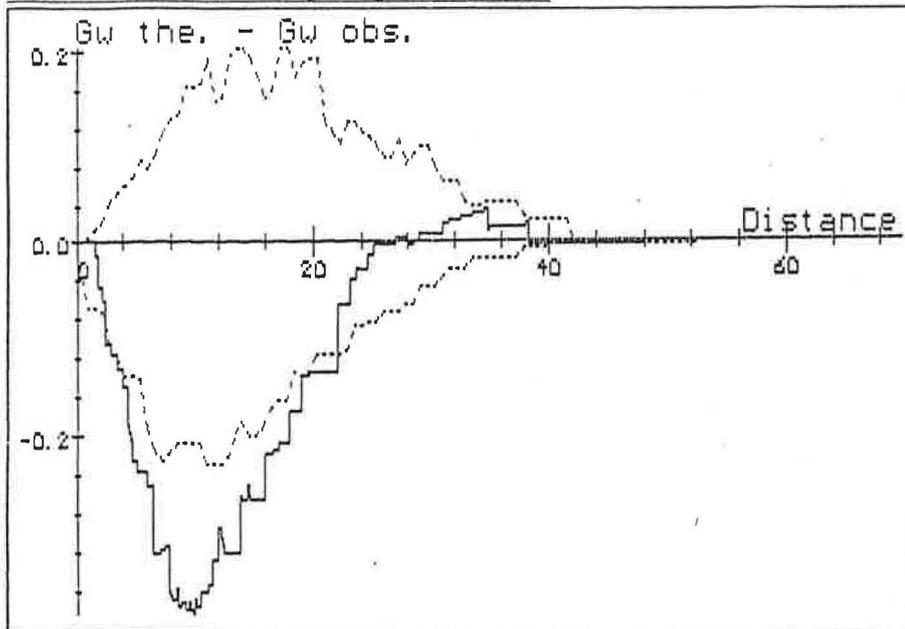
Nombre de quadrat initial	classe de diamètre	Parcelle	Premier regroupement	Niveau d'analyse significatif										Nombre d'arbres
				1	2	4	8	16	32	64	128	256	512	
32 x 32	10-20	7	lignes colonnes	NS					*					2158
		8	lignes colonnes					*	*					2149
	20-35	7	lignes colonnes	NS NS										994
		8	lignes colonnes	NS			*							901
	35 +	7	lignes colonnes	NS	*									558
		8	lignes colonnes	NS NS										524
					1	2	4	8	16	32	64	128		
16 x 16	20-35	7	lignes colonnes								*	*	994	
		8	lignes colonnes			NS	*						901	
	35 +	7	lignes colonnes			NS NS							558	
		8	lignes colonnes			NS NS							524	

NS = test non significatif

\* = test significatif à 5%

**TABLEAU 4 :** Parcelles 7 et 8, résultats de la méthode de Greig Smith par classe de diamètre toutes essences confondues (sauf palmiers) avant traitement

Test des distances au plus proche voisin



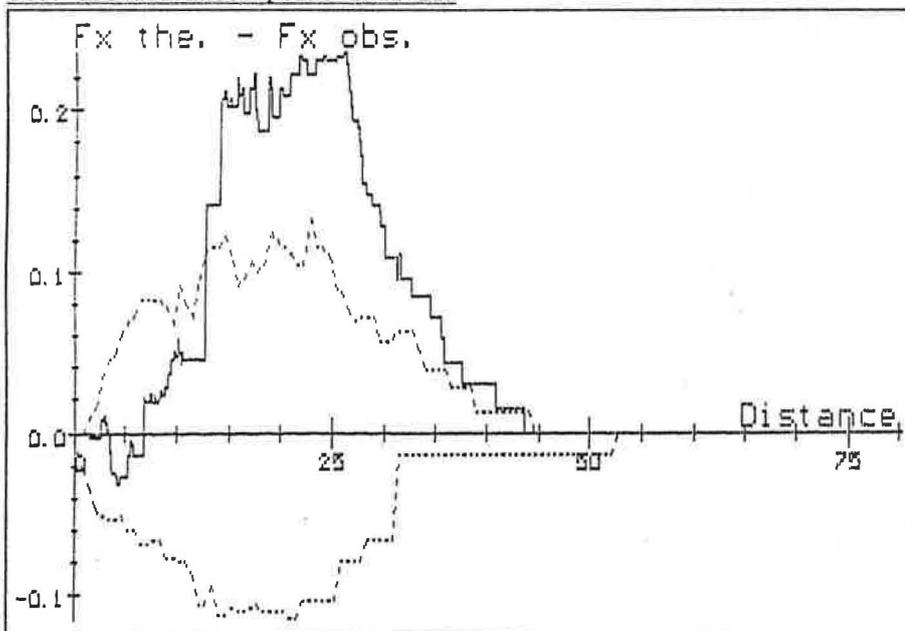
$dw_{max} = 0,382$  pour  $w = 9,8$  m

Résultat des 99 échantillons aléatoires

Valeur (dw)	0,047	0,078	0,093	0,107	0,112	0,119	0,129	0,148	0,161	0,175	0,230
Nb. d'échant. ayant un dw supérieur	1	11	21	31	41	51	61	71	81	91	99

Aucun échantillon aléatoire n'a un dw supérieur à celui observé (0,382)

Test des distances point-individu



$dx_{max} = 0,235$  pour  $x = 25,8$  m

Résultat des 99 échantillons aléatoires

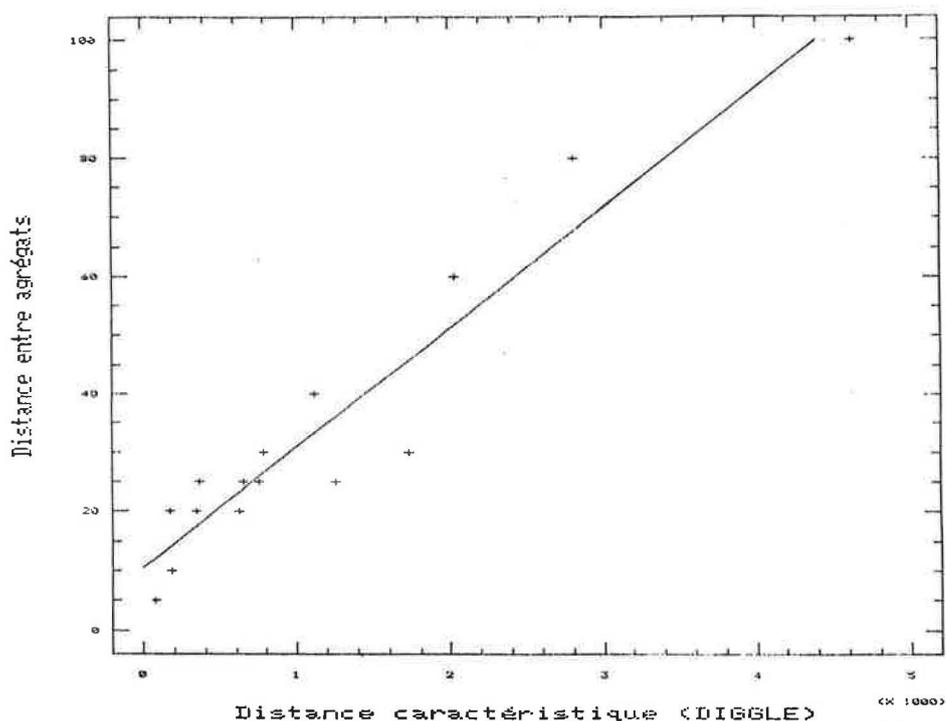
Valeur (dw)	0,038	0,052	0,057	0,063	0,069	0,074	0,079	0,088	0,094	0,107	0,132
Nb. d'échant. ayant un dw supérieur	1	11	21	31	41	51	61	71	81	91	99

Aucun échantillon aléatoire n'a un dw supérieur à celui observé (0,235)  
On conclut à une répartition agrégative.

FIGURE 5 : Exemple d'utilisation de la méthode de Diggle (Angélique, parcelle 9).

$$\text{Régression } Y = 10.8 + 0.0203 \cdot X$$

$$(R^2 = 0.91)$$



Y = distance entre agrégats.

X = carré de la distance caractéristique (abscisse du point où la courbe dx s'annule, fig.5)

FIGURE 6 : Prédiction de la distance entre agrégats par la méthode de Diggle.

(code)	Essences	Parcelle	Nb arbres	Distribution test (dw)	Distribution test (dx)	Rappel interprétation visuelle	Rappel Greig-Smith
(103)	Angélique	1 4	34 50	agrégative agrégative	agrégative agrégative	agrégative	
(116)	Wacapou	9 3	105 154	ns agrégative	ns ns	agrégative (plaques)	
(211)	Gonfolo	7 8	84 68	agrégative ns	agrégative ns	agrégative (plaques)	
(218)	Manil	7 8	106 50	ns ns	ns ns	agrégative	aléatoire agrégative
(222)	Tosso Passa	7 8	99 104	agrégative ns	agrégative agrégative	agrégative	
(224)	Wapa	7 8	243 227	agrégative agrégative	agrégative agrégative	agrégative (plaques)	agrégative
(308)	Inguipipa	9 11	68 61	ns ns	ns ns	aléatoire	
(310)	Kobé	9 10	38 38	ns ns	agrégative ns	agrégative	
(401)	Gaulettes	7 8	449 401	ns ns	ns ns	aléatoire ?	agrégative
(402)	Kimboto	7 8	88 96	agrégative ns	ns ns	agrégative	
(404)	Maho rouge	7 8	367 364	agrégative agrégative	ns agrégative	complexe (plaques + agr.)	
(403)	Maho noir	7 8	449 401	ns ns	ns ns	aléatoire ?	agrégative

TABEAU 5 : Analyses statistiques des 12 essences par la méthode de Diggle.

Parcelle	nb arbres	Distance au plus proche voisin				Méthode Diggle	
		moyenne	écart type	C.V.	mode	dw	dx
1	97	19,8	9,29	16,9	12-14	n.s	n.s
2	130	16,7	6,84	41,0	14-16	n.s	n.s
3	131	17,2	7,13	41,5	20-22	n.s	n.s
4	76	22,7	8,37	36,8	22-24	n.s	n.s
5	74	24,4	12,90	52,9	18-20	n.s	n.s
6	128	17,3	6,67	38,6	12-14	n.s	n.s
7	120	17,8	5,89	33,1	20-22	n.s	n.s
8	154	15,8	6,25	39,6	12-14	n.s	n.s
9	106	19,6	7,13	36,3	18-20	n.s	n.s
10	101	20,2	7,51	37,4	18-20	n.s	n.s
11	104	20,1	6,31	31,4	14-16	n.s	n.s
12	119	16,2	7,44	45,9	16-18	n.s	*
Total	1340	18,5	7,88	42,6	14-18		

C.V = coefficient de variation  
n.s = test non significatif  
\* = test significatif à 5 %

**TABEAU 6 : Analyse de la répartition spatiale des arbres exploitables - statistiques élémentaires et méthode de Diggle.**

Parcelle	Surface terrière éliminée	Nombre arbres	Distribution (dw)	Distribution (dx)	Dist. inter-agrégats (m)
Trait. 1					
2	5,2-9,9 m <sup>2</sup> /ha	613	agrégative	agrégative	21 ± 22
7		547	agrégative	agrégative	19 ± 22
9		667	agrégative	agrégative	17 ± 22
Trait. 2					
3	4,0-6,2 m <sup>2</sup> /ha	789	agrégative	agrégative	15 ± 23
5		527	agrégative	agrégative	22 ± 22
10		652	agrégative	agrégative	21 ± 22
Trait. 3					
4	8,3-11,9 m <sup>2</sup> /ha	1191	agrégative	agrégative	21 ± 22
8		1309	agrégative	agrégative	13 ± 23
12		957	agrégative	aléatoire	27 ± 22
Témoins					
1		77	agrégative	agrégative	17 ± 22
6		41	aléatoire	aléatoire	-
11		46	agrégative	agrégative	64 ± 24

**TABEAU 7 : Analyses de la distribution spatiale de la mortalité par la méthode de Diggle - campagne 4, après exploitation.**

Parcelle	Nb arbres	Distribution (dw)	Distribution (dx)	Dist. inter-agrégats (m)
Traitement 2				
3	197	aléatoire	aléatoire	-
5	231	agrégative	aléatoire	-
10	226	aléatoire	aléatoire	-
Traitement 3				
4	168	aléatoire	aléatoire	-
8	117	agrégative	agrégative	22 ± 22
12	149	aléatoire	aléatoire	-
Témoins				
1	67	aléatoire	aléatoire	-
6	43	aléatoire	aléatoire	-
11	39	aléatoire	aléatoire	-

**TABEAU 8 : Analyses de la distribution spatiale de la mortalité par la méthode de Diggle - campagne 5, après dévitalisation.**

Parcelle	Nombre d'arbres	mode distances (*)	Distance (m) inter agrégats (IC 95 %)	Nombre d'agrégats			nombre d'arbres et d'agrégats
				(1)	(2)	(3)	
1	34	12-14	86 ± 28	-	6;18	2;3	11-17
4	50	8-10	66 ± 24	5;10	5;13	2	25
6	36	20-22	66 ± 24	5	7	2;3	12-18
8	57	8-10	48 ± 22	3;6	4;8	5	11
9	86	8-10	48 ± 22	4	4;28	2;3	28-43
10	41	12-14	151 ± 59	3	6;15	-	14
11	45	( 8-10	89 ± 29	3	13	2	15
12	68	( 12-14 10-12	68 ± 24	2;8	-	2;3	34-23

- (\*) mode de la distribution des distances au plus proche voisin.  
(1) calcul du nombre d'agrégats par la méthode de classification automatique "average linteage analysis" (SAS STAT 1987)  
(2)(3) deux calculs différents du nombre d'agrégats par la méthode "density linteage analysis", la plus fiable étant la méthode (3) (SAS STAT 1987).

**TABLEAU 9 : Etude de la répartition spatiale de l'Angélique (*Dycorynia guianensis*)**

Parcelle	Nombre d'arbres	Mode distance	Distance inter agrégats (m)	Nombre d'agrégats (1)	Surface des agrégats (ha) (*)
4	133	8-10	99 ± 32	3;8	0,09;1,56
6	135	10-12	30 ± 22	4;10	0,09
7	131	10-12	66 ± 24	4;11	0,09;0,39;1,56
8	117	6-8	72 ± 25	3;11	0,78;1,56;3,1
9	113	8-10	70 ± 25	8;10	0,39;0,78;1,56
11	225	9-10	37 ± 22	4;11	0,39;0,78
12	191	10-12	45 ± 22	5;12	0,04;0,09;0,78

(\*) : méthode de Greig-Smith.

**TABLEAU 10 : Etude de la répartition spatiale du Wapa (*Eperua sp.*, tiges de 10 à 30 cm), mêmes notations que le tableau 9.**

**ANNEXE 1**

*Liste des essences inventoriées  
à Paracou*

## ANNEXE 1

## LISTE DES ESSENCES DE PLUS DE 10 cm de DIAMETRE

CATEGORIE 1

Code	N. commercial	N. boni	N. scientifique	Famille
101	Acacia franc	bougoubatibatra	<i>Enterolobium schomburkii</i> <i>Bentham</i>	MIMOSACEAE
102	Amarante	papaati, dachitan	<i>Peltogyne</i> spp.	CAESALPINIACEAE
103	Angélique	singapetou	<i>Dicorynia guianensis</i> ( <i>Aubl.</i> ) <i>Amsh</i>	CAESALPINIACEAE
104	Bagasse	kaw oudou	<i>Bagassa</i> spp.	MORACEAE
105	Boco	aieoudou	<i>Bocoa prouacensis</i> <i>Aublet.</i>	PAPILIONACEAE
106*	Bois serpent	sineki oudou	<i>Marmaloxylum racemosum</i>	MIMOSACEAE
107	Canari macaque	kouatapatou	<i>Lecythis davisii</i> <i>Sandw.</i>	LECYTHIDACEAE
108	Coeurs dehors	baaka kiabici	<i>Diploctropis purpurea</i> <i>L.C. Rich.</i>	CAESALPINIACEAE
			<i>Vatairea paraensis</i> <i>Ducke</i>	
109*	Courbaril	ioka	<i>Hymenea courbaril</i> <i>L.</i>	CAESALPINIACEAE
110	Ebène verte	guinaati	<i>Tabebuia serratifolia</i> <i>Nicholson</i>	BIGNONIACEAE
111	Inkasa	yengo	<i>Vatairopsis speciosa</i> <i>Ducke</i>	PAPILIONACEAE
112	Montouchi	mongo goue goue	<i>Pterocarpus rohrii</i> <i>Vahl</i>	CAESALPINIACEAE
113	Parcouri	longo mataaki	<i>Platonia insignis</i> <i>Martius</i>	CLUSIACEAE
114	Satiné rubané	paya	<i>Brosimum rubescens</i> <i>Taub.</i>	MORACEAE
			<i>Swartzia</i> spp.	CAESALPINIACEAE
115	St.Martin rouge	lebikiabici	<i>Anidira coriacea</i> <i>Pulle.</i>	PAPILIONACEAE
116	Wacapou	bounaati	<i>Vouacapoua americana</i> <i>Aubl.</i>	CAESALPINIACEAE
117	Wacapou guitin	bounaati kiabici	<i>Recordoxylon speciosum</i> ( <i>R.Ben.</i> ) <i>Norm.</i>	
			<i>et Max</i>	CAESALPINIACEAE

## ANNEXE 1 (suite...)

## LISTE DES ESSENCES DE PLUS DE 10 cm de DIAMETRE

## CATEGORIE 2

Code	N. commercial	N. boni	N. scientifique	Famille
201*	Acajou (Guyane)	cédé	<i>Cedrela guianensis</i> A.Juss	MELIACEAE
202*	Aieouekou	aieouekou	<i>Dimorphandra hohenkerkii</i> Sprague.	CAESALPINIACEAE
203	Anangossi	anangositi	<i>Terminalia amazonia</i> Exell.	COMBRETACEAE
204	Assao	mongui oudou	<i>Macrosamanea pedicellaris</i> Kleinh.	MIMOSACEAE
205	Balata franc	boiti	<i>Manilkara bidentata</i> (A.DC.)Chev	SAPOTACEAE
206	Balata pomme	boiti	<i>Ragala sanguinolenta</i> (Pierre)Aubr.	SAPOTACEAE
207	Carapa	kaapa	<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	MELIACEAE
			<i>Carapa procera</i> C.DC.	MELIACEAE
208	Cèdres	apici	<i>Licaria</i> spp., <i>Nectandra</i> spp. et <i>Ocotea</i> spp.	LAURACEAE LAURACEAE
209	Chawari	agougagui	<i>Caryocar glabrum</i> (Aubl.)Pers.	CARYOCACEAE
210	Diaguidia	diaguidia	<i>Sclerolobium melinonii</i> Harms.	CAESALPINIACEAE
211	Gonfolo	gonfolo	<i>Qualea rosea</i> Aubl.	
			<i>Ruizteriana albiflora</i> Mercano-Berti	VOCHYSIACEAE
212	Goupi	kopi	<i>Goupia glabra</i> Aublet	GOUPIACEAE
213	Grand moni	gambouchi	<i>Tratinickia rhoifolia</i> Willd.	BURSERACEAE
214	Grignon	wana	<i>Ocotea rubra</i> Mez.	LAURACEAE
215*	Jaboty	felli kouali	<i>Erisma uncinatum</i> Warm.	VOCHYSIACEAE
216	Kouatakaman	kouatakaman	<i>Parkia pendula</i> (Willd.)Benth.	MIMOSACEAE
217	Koumanti oudou	koumanti oudou	<i>Aspidosperma album</i> (Vahl)R.Ben.	APOCYNACEAE
218	Manil (s)	koukouniefou mataaki	<i>Monorobea coccinea</i> Aubl. <i>Symphonia globulifera</i> L.f.	CLUSIACEAE
219	St.Martin jaune	gueli kiabici	<i>Hymenolobium flavium</i> Bth.	PAPILIONACEAE
220	Sali	lebi sali	<i>Tetragastris altissima</i> (Aubl.)Swart	BURSERACEAE
221	Tonka	tonka	<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.)Willd.	PAPILIONACEAE
222	Tosso passa	soso paasa	<i>Iryanthera sagotiana</i> (Benth.)Warb.	MYRISTICACEAE
223	Wandekole	wandekole	<i>Glycydendron amazonicum</i> Duke	EUPHORBIACEAE
224	Wapa	biodou	<i>Eperua falcata</i> Aublet	
			<i>Eperua grandiflora</i> (Aublet)Bentham	CAESALPINIACEAE
225	Wapa rivière	watapan	<i>Macrolobium bifolium</i> (Aubl.)Pers	CAESALPINIACEAE

## ANNEXE 1 (suite...)

## LISTE DES ESSENCES DE PLUS DE 10 cm de DIAMETRE

CATEGORIE 3

Code	N. commercial	N. boni	N. scientifique	Famille
301	Alimiao	pikimissiki	<i>Newtonia sauveolens (Miq.) Brennan</i>	MIMOSACEAE
302	Bois St.jean	tobitoutou	<i>Didymopanax morototoni (Aubl.)Decne et Planch</i>	
			<i>Schefflera paraensis Huber</i>	ARALIACEAE
303	Bouchi canaboli	kana bouli	<i>Simaba multiflora A.Juss.</i>	SIMAROUBACEAE
304	Copaya	yachimambo	<i>Jacaranda copaia (Aublet)D.Don</i>	BIGNONIACEAE
305	Dodomissinga	dodomissinga	<i>Parkia nitida Miq.</i>	MIMOSACEAE
306	Dokali	dokali	<i>Parahancornia amapa Ducke</i>	APOCYNACEAE
307	Fromager	kankantri	<i>Ceiba pentandra Gaerth.</i>	BOMBACACEAE
308	Maho cigare	inguipipa	<i>Couratari pulchra Aubl</i>	LECYTHIDACEAE
309	Kaiman oudou	kaiman oudou	<i>Laetia procera (Poeppig.) Eichler</i>	FLACOURTIACEAE
310	Maho cochon	kobe	<i>Sterculia excelsa Mart.</i>	
			<i>Sterculia pruriens Schum.</i>	STERCULIACEAE
311	Kouali	kouali	<i>Vochysia spp.</i>	VOCHYSIACEAE
312	Maho coton	caton oudou	<i>Eriotheca crassa A.Robyns</i>	
			<i>Eriotheca globosa A.Robyns</i>	BOMBACACEAE
313	Mapa	baaka mapa	<i>Couma guianensis Aublet</i>	APOCYNACEAE
314	Encens	moni	<i>Protium spp., Anacardium spp. et Thyrsodium spp.</i>	BURSEARACEAE
315	Simarouba	assoumaripa	<i>Simarouba amara Aubl.</i>	SIMAROUBACEAE
316	Yayamadou(s)	moulomba	<i>Virola spp.</i>	MYRISTICACEAE

ANNEXE 1 (fin)

LISTE DES ESSENCES DE PLUS DE 10 cm de DIAMETRE

CATEGORIE 4 & 5

Code	N. commercial	N. boni	N. scientifique	Famille
401	Gaulettes	koko	Licania spp. et Parinari spp.	CHRYSOBALANACEAE
402	Kimboto	kimboto	Neopometia ptychandra Aubr. <sup>1</sup>	SAPOTACEAE
403	Maho noir	baikaaki	Eschweilera spp.	LECYTHIDACEAE
404	Maho rouge	lebiloabi	Eschweilera spp.	LECYTHIDACEAE
405	Autres cat. 4			
501	Palmiers			PALMACEAE

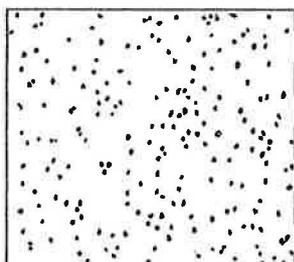
\* essences absentes du dispositif de Paracou

<sup>1</sup> Quelques auteurs affirment que le Kimboto est *Pradosia surinamensis* Aubr. synonyme de *Pouteria surinamensis* Eyma.

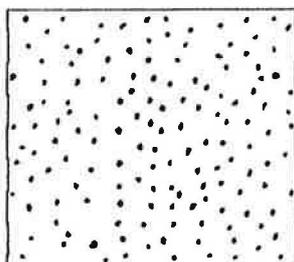
## ANNEXE 2

### Types de répartitions spatiales (d'après Chessel, 1978)

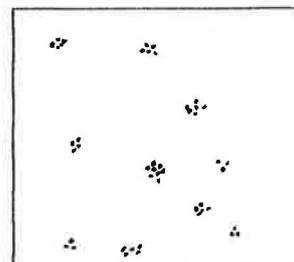
#### Dispersion simple



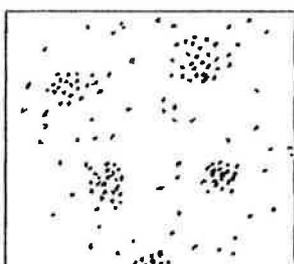
dispersion  
poissonnienne  
(aléatoire)



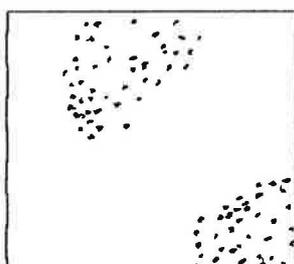
dispersion  
régulière



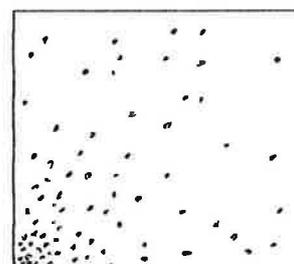
dispersion  
en paquets



agrégats



plaques

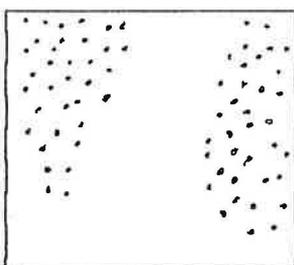


gradient

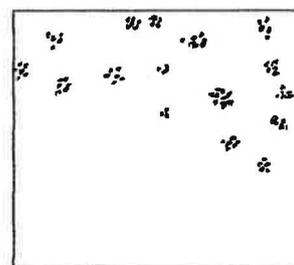
#### Dispersion complexes



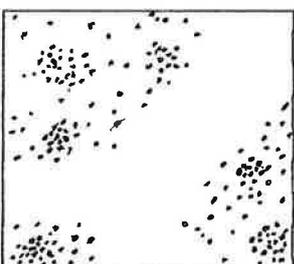
gradient  
et paquets



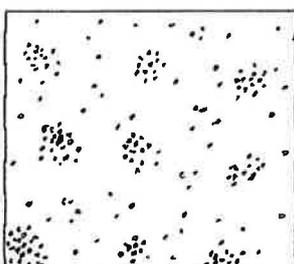
plaques à dispersion  
localement régulière



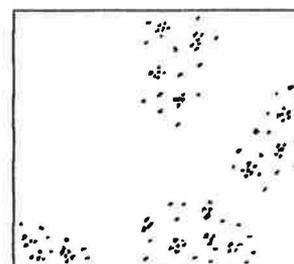
plaques et  
paquets



plaques  
et agrégats



dispersion  
régulière d'agrégats



Trois éléments  
de dispersion

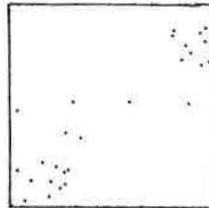
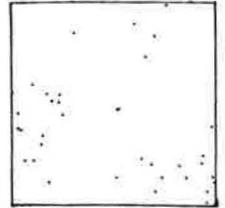
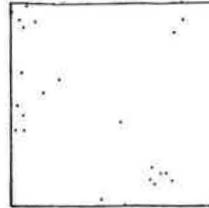
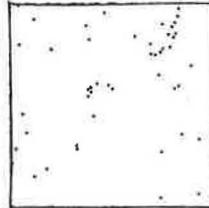
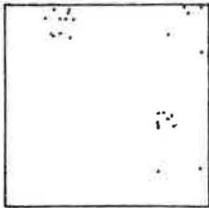
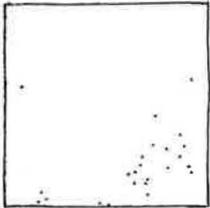
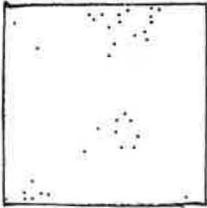
**ANNEXE 3**

*Cartographie des 12 essences étudiées*

**ANGELIQUE**  
(*Dicorynia guianensis*)

CTFT-Guyane

Dispositif Foret Naturelle

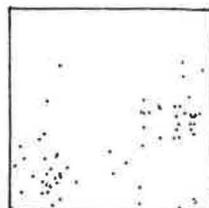
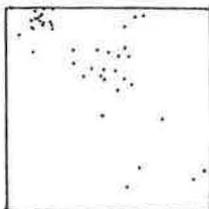
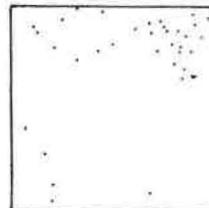
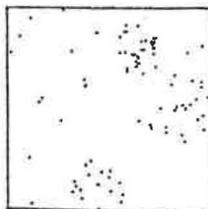
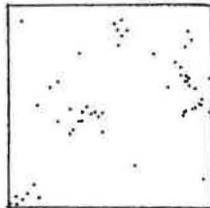


Campagne : 1

Ess : 103

Diam : 10.0 a 900.0

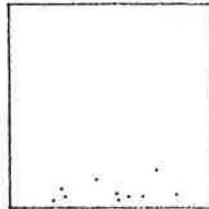
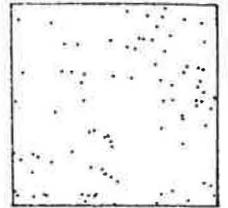
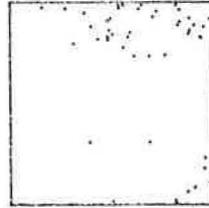
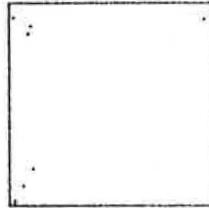
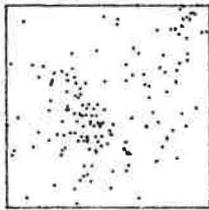
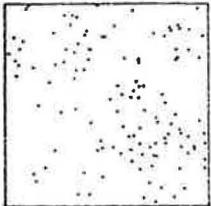
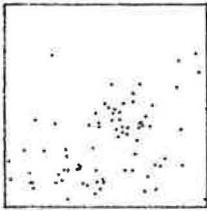
Nbre : 518



**WACAPOU**  
(*Vouacapoua americana*)

CTFT-Guyane

Dispositif Foret Naturelle

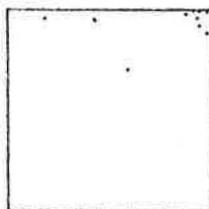
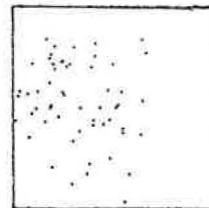
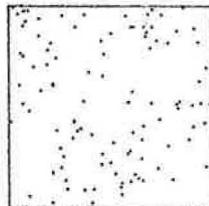


Campagne : 1

. Ess : 116

Diam : 10.0 a 900.0

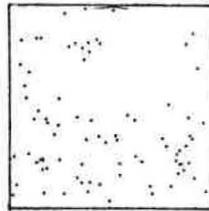
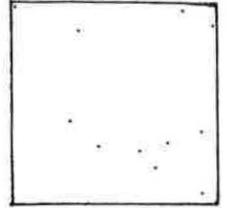
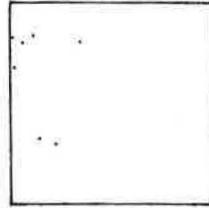
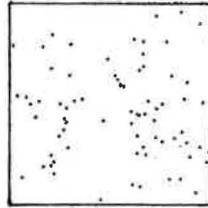
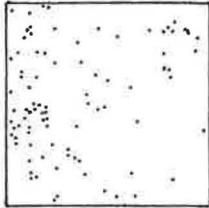
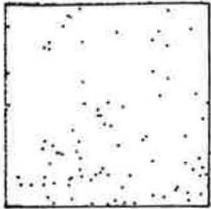
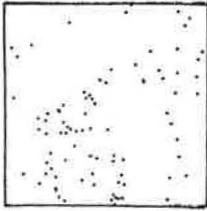
Nbre : 696



**GONFOLOS**  
(*Qualea rosea* - *Ruitzeriana albiflora*)

CTFT-Guyane

Dispositif Foret Naturelle

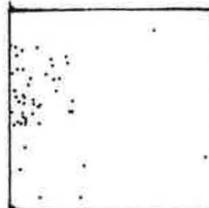
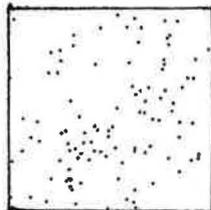
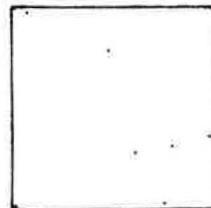
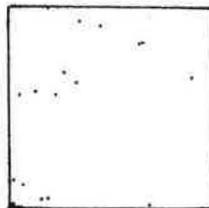
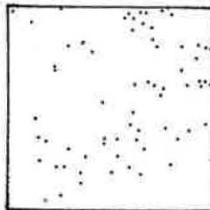


Campagne : 1

Ess : 211

Diam : 10.0 a 900.0

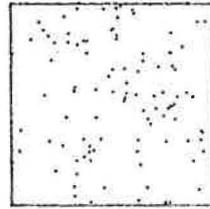
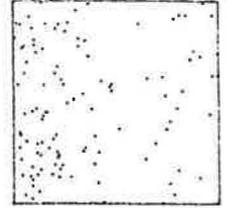
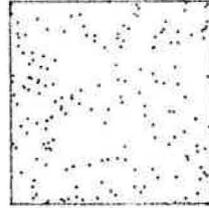
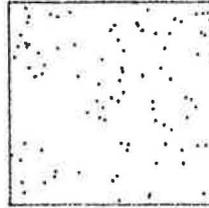
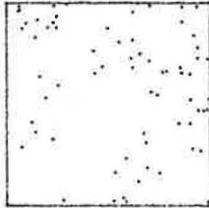
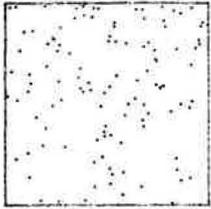
Nbre : 698



**MANILS**  
(*Monorobeia coccinea* - *Symphonia globulifera*)

CTFT-Guyane

Dispositif Foret Naturelle

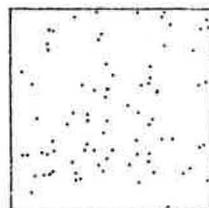
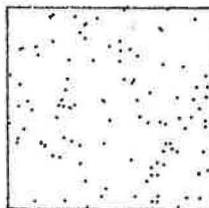
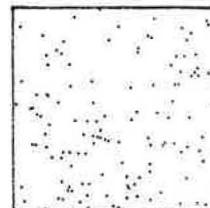
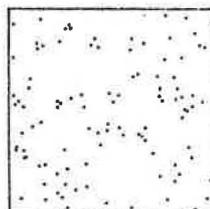
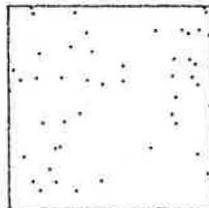


Campagne : 1

Ess : 218

Diam : 10.0 a 900.0

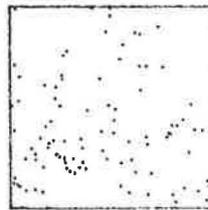
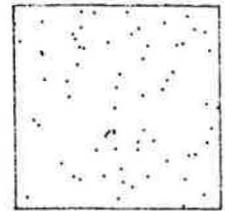
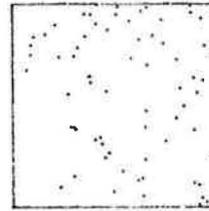
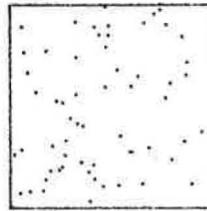
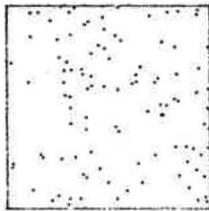
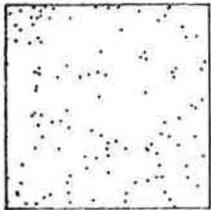
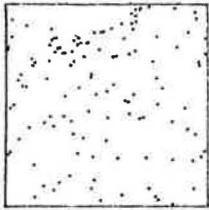
Nbre : 1243



**TOSSO PASSA**  
(*Iryanthera sagotiana*)

CTFT-Guyane

Dispositif Foret Naturelle

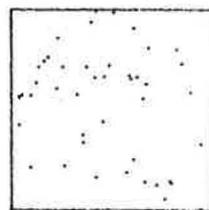
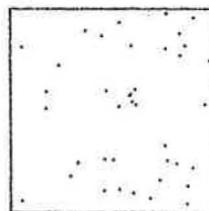
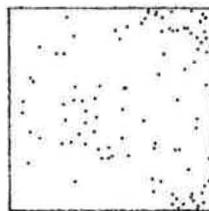


Campagne : 1

Ess : 222

Diam : 10.0 a 900.0

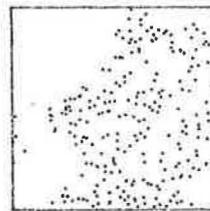
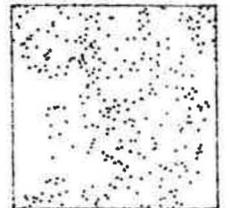
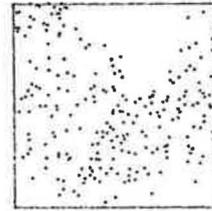
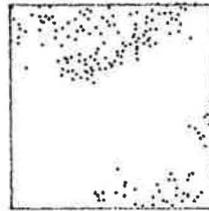
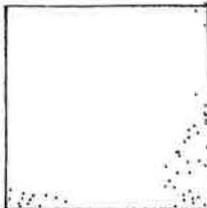
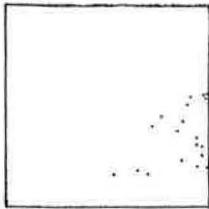
Nbre : 999



**WAPAS**  
(*Eperua falcata* - *Eperua grandiflora*)

CTFT-Guyane

Dispositif Foret Naturelle

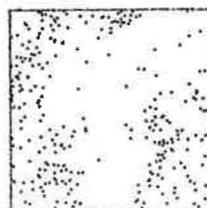
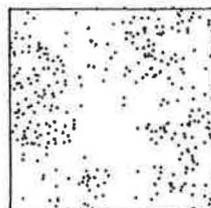
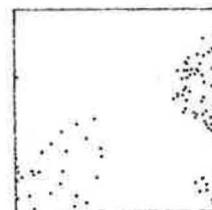
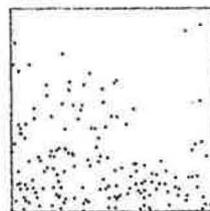
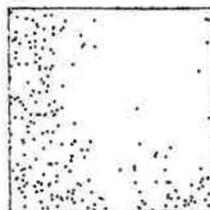


Campagne : 1

Ess : 224

Diam : 10.0 a 900.0

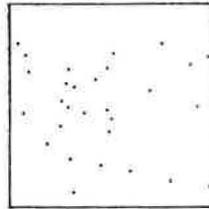
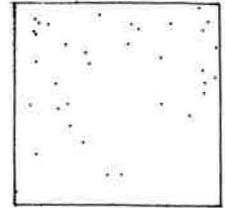
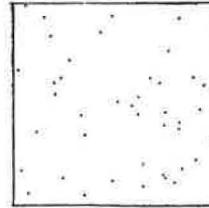
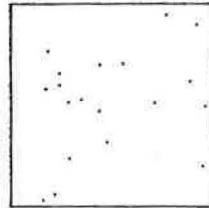
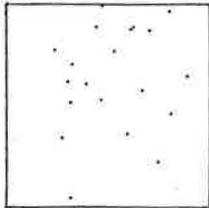
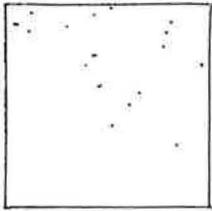
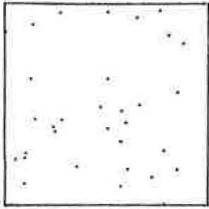
Nbre : 2213



**INGUIPIPA**  
(*Couratari pulchra*)

CTFT-Guyane

Dispositif Foret Naturelle

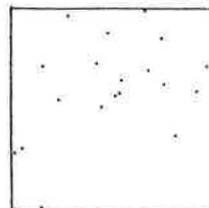
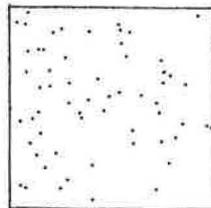
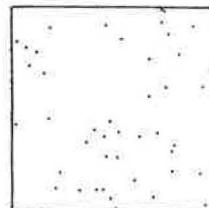
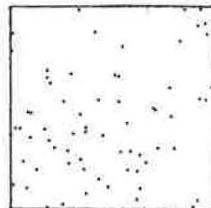
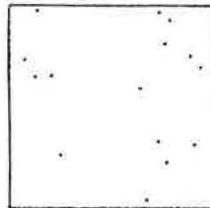


Campagne : 1

Ess : 308

Diam : 10.0 a 900.0

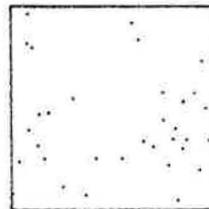
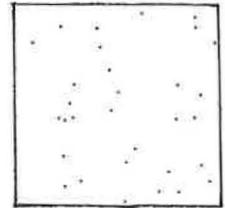
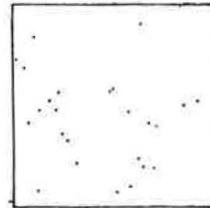
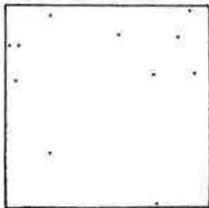
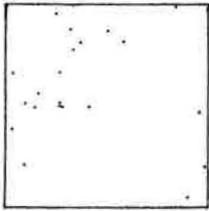
Nbre : 408



**KOBE**  
(*Sterculia excelsa* - *Sterculia prurens*)

CTFT-Guyane

Dispositif Foret Naturelle

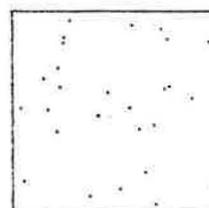
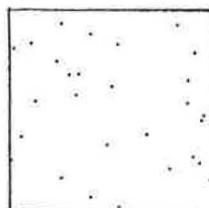
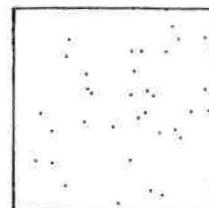
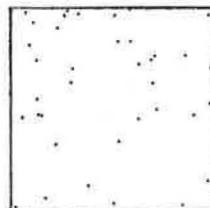
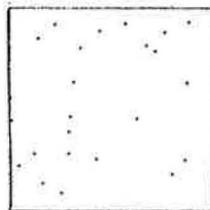


Campagne : 1

Ess : 310

Diam : 10.0 a 900.0

Nbre : 331

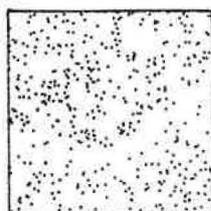
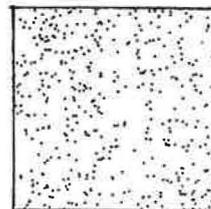
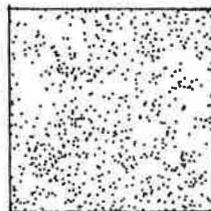
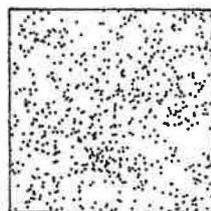
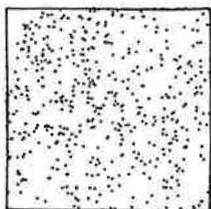
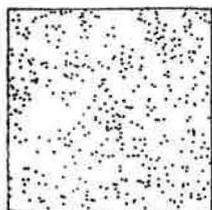
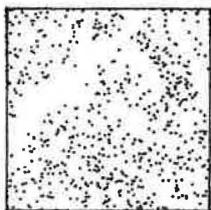


**GAULETTES**

(*Licania spp.* - *Parinari spp.*)

CTFT-Guyane

Dispositif Foret Naturelle

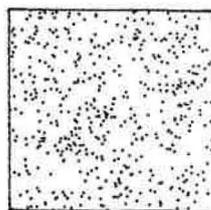
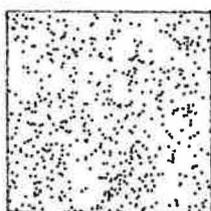
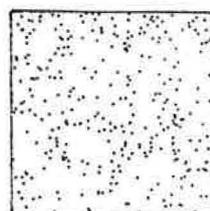
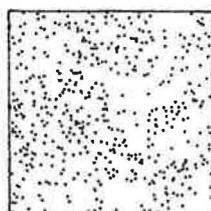
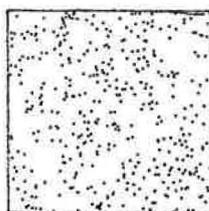


Campagne : 1

Ess : 401

Diam : 10.0 a 900.0

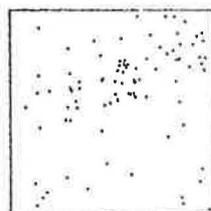
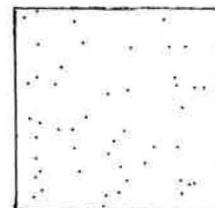
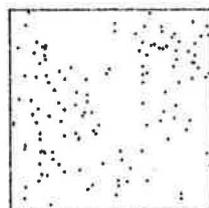
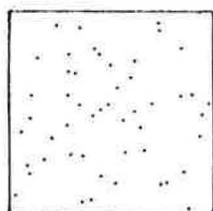
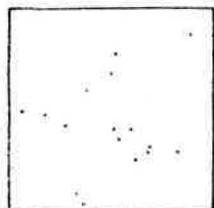
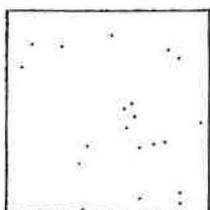
Nbre : 6261



**KIMBOTO**  
(*Neopometia ptychandra*)

CTFT-Guyane

Dispositif Foret Naturelle

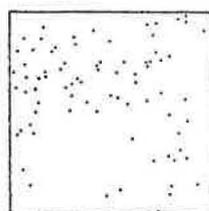
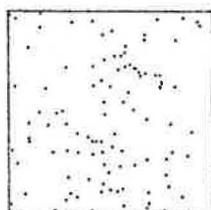
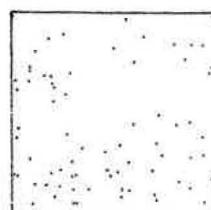
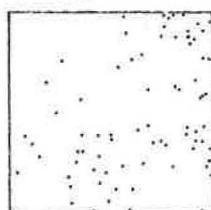
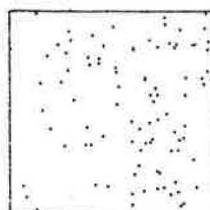


Campagne : 1

Ess : 402

Diam : 10.0 a 900.0

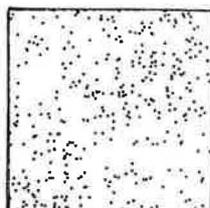
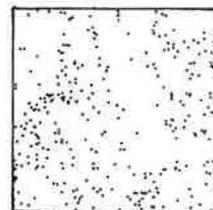
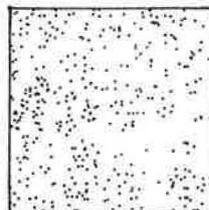
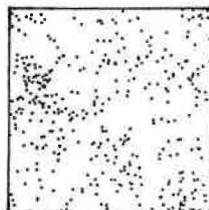
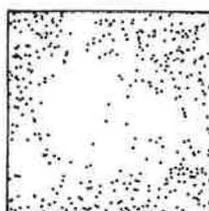
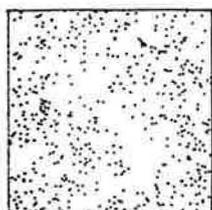
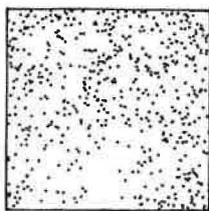
Nbre : 894



**MAHOS NOIRS**  
(*Eschweilera spp.*)

CTFT-Guyane

Dispositif Foret Naturelle

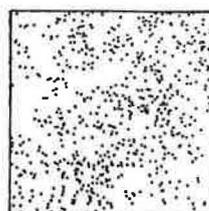
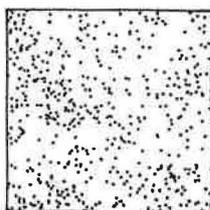
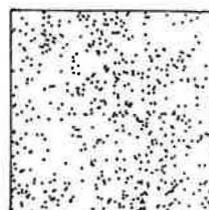
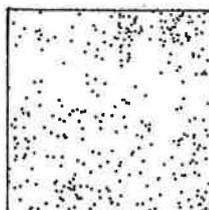
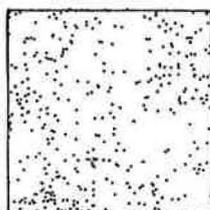


Campagne : 1

Ess : 403

Diam : 10.0 a 900.0

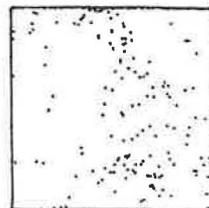
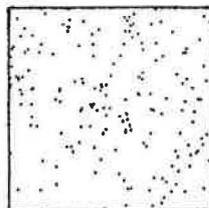
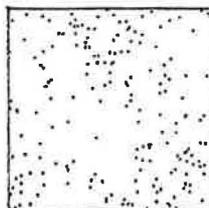
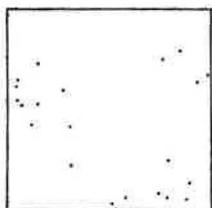
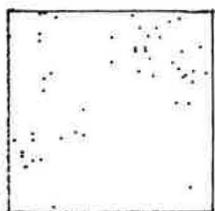
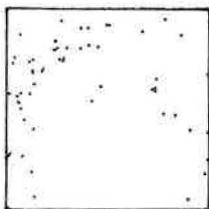
Nbre : 5466



**MAHOS ROUGES**  
(*Eschweilera spp.*)

CTFT-Guyane

Dispositif Foret Naturelle

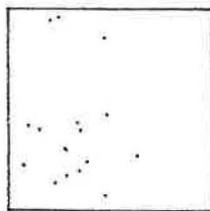
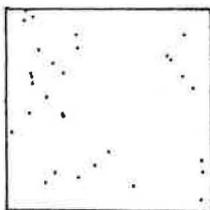
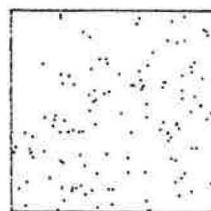
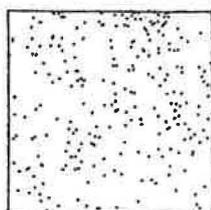
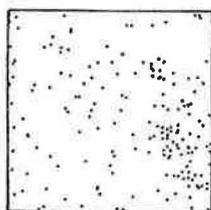


Campagne : 1

Ess : 404

Diam : 10.0 a 900.0

Nbre : 1484



**ANNEXE 4**

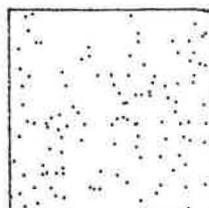
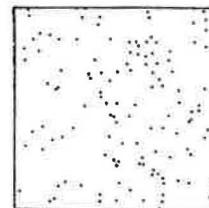
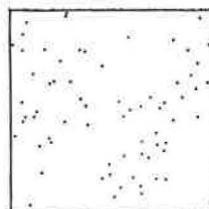
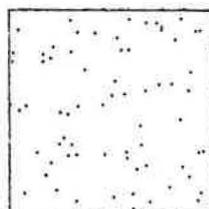
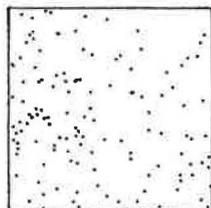
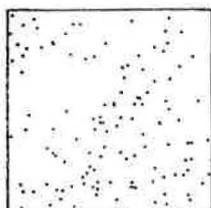
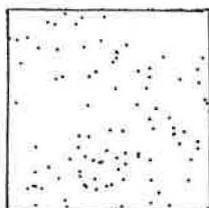
*Cartographie des arbres exploitables  
et de la mortalité*

# ARBRES EXPLOITABLES

(diamètres supérieurs à 50 cm, catégories 1 à 3)

CTFT-Guyane

Dispositif Foret Naturelle

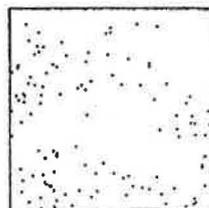
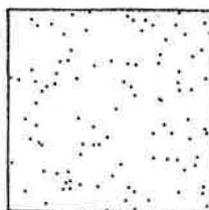
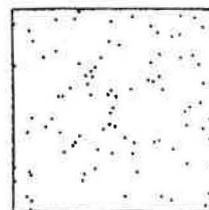
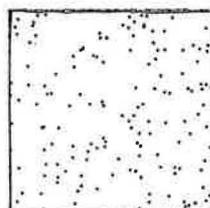


Campagne : 1

Ess : 101 +...

Diam : 50.0 a 900.0

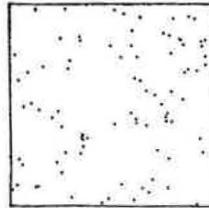
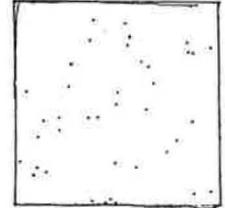
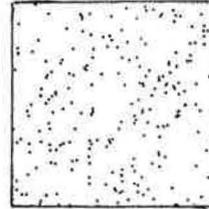
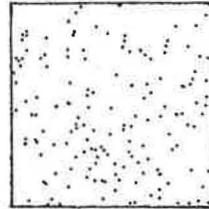
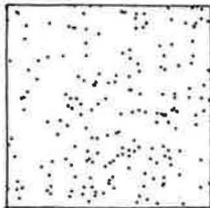
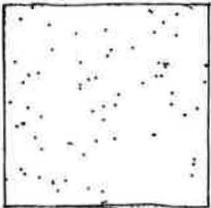
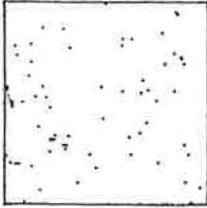
Nbre : 1330



# MORTALITE APRES DEVITALISATION

CTFT-Guyane

Dispositif Foret Naturelle

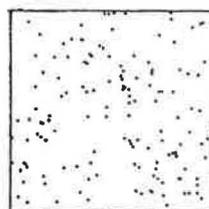
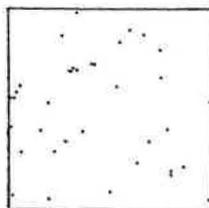
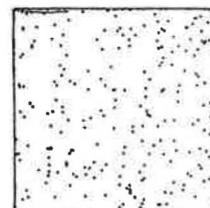
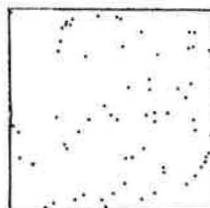
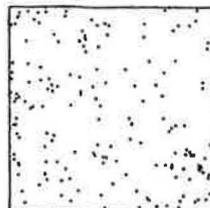


Campagne : 5

Ess : 101 +...

Diam : 998.0 a 999.9

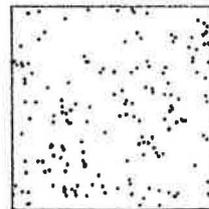
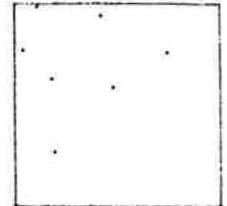
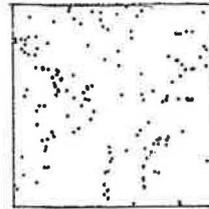
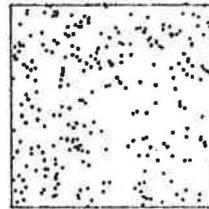
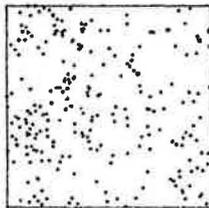
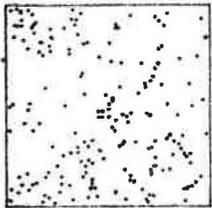
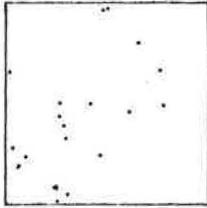
Nbre : 1537



# MORTALITE APRES EXPLOITATION

CTFT-Guyane

Dispositif Foret Naturelle



Campagne : 4

. Ess : 101 +...

Diam : 998.0 a 999.9

Nbre : 2176

