GUYANE FRANÇAISE

PARACOU

Dispositif sylvicole expérimental de Paracou (Guyane Française)

Aperçus sur l'état et la dynamique des peuplements 13 ans après installation

Sylvie Gourlet-Fleury - Mai 2000

Silvolab - GUYANE

CIRAD

Silvolab - GUYANE
Groupement d'Intérêt Scientifique
pour la Recherche Forestière en Guyane

Rapport final

Dispositif sylvicole expérimental de Paracou (Guyane française)
Aperçus sur l'état et la dynamique des peuplements 13 ans après installation

Sylvie Gourlet-Fleury

CIRAD

Silvolab GUYANE

Mai 2000

DÉPARTEMENT DE LA GUYANE
CONSEIL GÉNÉRAL GUYANE

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
PREFECTURE DE LA REGION GUYANE

REGION GUYANE

Dispositif sylvicole expérimental de Paracou (Guyane française)

Aperçus sur l'état et la dynamique des peuplements 13 ans après installation

SOMMAIRE

Avant-propos **1**
1 - Quelques rappels **2**
2 - Méthodes d'évaluation de la reconstitution des peuplements et/ou de certaines populations **4**
2.1 - Projection du taux actuel de reconstitution en effectifs 4
2.2 - Projection du bilan actuel en surface terrière 5
2.3 - Formule de "l'API Dimako" 6
3 - Evolution des principaux paramètres du peuplement à Paracou **9**
3.1 - Evolution des effectifs et de la surface terrière 9
3.2 - Evolution de la structure diamétrique 13
3.3 - Evolution de la mortalité 15
3.4 - Evolution du recrutement 25
3.5 - Evolution des accroissements 27
3.6 - Evolution du bilan 34
3.7 - Simulations de la reconstitution du stock des gros individus 37
4. Etude de quelques espèces **40**
4.1. *Dicorynia guianensis* (Caesalpiniaceae) 49
4.1.1. Effectifs et surface terrière 49
4.1.2. Structure diamétrique 49
4.1.3. Recrutement et mortalité 51
4.1.4. Accroissements 55
4.1.5. Bilan 61
4.1.6. - Simulations de la reconstitution du stock des gros individus 63
4.2. *Qualea rosea et Ruizteriana albiflora* (Vochysiaceae) 67
4.2.1. Effectifs et surface terrière 67
4.2.2. Structure diamétrique 67
4.2.3. Recrutement et mortalité 70
4.2.4. Accroissements 71
4.2.5. Bilan 77
4.2.6. - Simulations de la reconstitution du stock des gros individus 79

4.3. *Carapa procera* (Meliaceae) 82
4.3.1. Effectifs et surface terrière 82
4.3.2. Structure diamétrique 82
4.3.4. Accroissements 86
4.3.5. Bilan 91
4.3.6. - Simulations de la reconstitution du stock des gros individus 93
4.4. *Sextonia rubra* (Lauraceae) 95
4.4.1. Effectifs et surface terrière 95
4.4.2. Structure diamétrique 96
4.4.3. Recrutement et mortalité 98
4.4.4. Accroissements 100
4.4.5. Bilan 105
4.4.6. - Simulations de la reconstitution du stock des gros individus 107
4.5. *Vouacapoua americana* (Caesalpiniaceae) 111
4.5.1. Effectifs et surface terrière 111
4.5.2. Structure diamétrique 112
4.5.3. Recrutement et mortalité 112
4.5.4. Accroissements 116
4.5.5. Bilan 121
4.5.6. - Simulations de la reconstitution du stock des gros individus 123
4.6. *Bocoa prouacensis* (Caesalpiniaceae) 126
4.6.1. Effectifs et surface terrière 126
4.6.2. Structure diamétrique 127
4.6.3. Recrutement et mortalité 127
4.6.4. Accroissements 130
4.6.5. Bilan 135
4.6.6. - Simulations de la reconstitution du stock des gros individus 137
4.7. *Manilkara bidentata* (Sapotaceae) 140
4.7.1. Effectifs et surface terrière 140
4.7.2. Structure diamétrique 140
4.7.3. Recrutement et mortalité 142
4.7.4. Accroissements 145
4.7.5. Bilan 149
4.7.6. - Simulations de la reconstitution du stock des gros individus 152
4.8. *Goupia glabra* (Celastraceae) 155
4.8.1. Effectifs et surface terrière 155
4.8.2. Structure diamétrique 155
4.8.3. Recrutement et mortalité 156
4.8.4. Accroissements 159
4.8.5. Bilan 163
4.8.6. - Simulations de la reconstitution du stock des gros individus 165

4.9. *Moronobea coccinea* et *Symphonia globulifera* (Clusiaceae) 168
4.9.1. Effectifs et surface terrière 168
4.9.2. Structure diamétrique 168
4.9.3. Recrutement et mortalité 169
4.9.4. Accroissements 172
4.9.5. Bilan 176
4.9.6. - Simulations de la reconstitution du stock des gros individus 178
4.10. *Virola michelii* et *Virola surinamensis* (Myristicaceae) 181
4.10.1. Effectifs et surface terrière 181
4.10.2. Structure diamétrique 181
4.10.3. Recrutement et mortalité 182
4.10.4. Accroissements 185
4.10.5. Bilan 189
4.10.6. - Simulations de la reconstitution du stock des gros individus 191
4.11. *Caryocar glabrum* (Caryocaraceae) 194
4.11.1. Effectifs et surface terrière 194
4.11.2. Structure diamétrique 194
4.11.3. Recrutement et mortalité 197
4.11.4. Accroissements 199
4.11.5. Bilan 203
4.11.6. - Simulations de la reconstitution du stock des gros individus 205
4.12. Les autres 207
4.12.1. Effectifs et surface terrière 208
4.12.2. Structure diamétrique 210
4.12.3. Recrutement et mortalité 211
4.12.4. Accroissements 216
4.12.5. Bilan 223
4.12.6. - Simulations de la reconstitution du stock des gros individus 226
5. Synthèse 234
5.1. A Paracou 234
5.2. Extension au cas des massifs aménagés par l'ONF 250
Références bibliographiques 252

Dispositif sylvicole expérimental de Paracou (Guyane française)

Aperçus sur l'état et la dynamique des peuplements 13 ans après installation

Ces aperçus ont été obtenus à partir des données d'inventaire collectées annuellement à Paracou par une équipe du CIRAD-forêt, constituée de Pascal Petronelli, Thierry Claude, Michel Baisié, Ficadici Kago, Sizo Kanel, Petrus Naisso, Onoefé Ngwete et Max Passou. Cette collecte représente chaque année 4 mois de travail de terrain, et nécessite un mois supplémentaire de contrôles après apurement.

Avant-propos

Le lecteur trouvera, dans ce rapport, un certain nombre de tableaux et de graphiques présentant les différentes caractéristiques de la dynamique des peuplements sur les parcelles, ainsi que celles de plusieurs populations d'espèces présentant un intérêt économique (réel ou potentiel) et, à ce titre, intéressant plus particulièrement l'ONF.

L'objectif est de fournir des données permettant d'apprécier la réaction de ces peuplements et populations à différentes intensités de traitement sylvicole, bientôt 12 ans après la fin de leur application, et d'en tirer les enseignements en matière de conduite potentielle au sein des massifs aménagés sur la bande côtière. Nous n'avons pas cherché à réaliser d'étude détaillée sur les facteurs explicatifs de tel ou tel comportement, le facteur supposé avoir l'effet majoritaire étant le "traitement" même s'il faut garder à l'esprit les limites que peut présenter cette approche.

Par ailleurs, nos commentaires ne sont étayés que par un minimum de résultats de tests statistiques. Il s'agit davantage de présenter des tableaux de bord que d'effectuer une véritable analyse des données, celle-ci devant être réalisée dans le cadre d'un ouvrage scientifique en préparation (synthèse des principaux travaux effectués à Paracou durant les dix dernières années).

En pratique, après quelques rappels sur le dispositif (chapitre 1), le chapitre 2 présente les méthodes de calcul qui sont utilisées dans les chapitres suivants pour évaluer la reconstitution des peuplements après exploitation. Le chapitre 3 est consacré à la dynamique des peuplements dans leur ensemble, et le chapitre 4 à la dynamique d'espèces particulières. Le chapitre 5 tire les principales conséquences des résultats présentés et revient sur la notion de rotation dans les massifs aménagés.

1 - Quelques rappels

Les objectifs du dispositif, sa localisation, ses caractéristiques initiales, les caractéristiques des traitements mis en oeuvre et leur impact immédiat sur les peuplements, sont présentés dans un certain nombre de rapports auxquels nous renvoyons le lecteur : Maître (1982), Bergonzini et Schmitt (1985), Schmitt (1984, 1985, 1989), Schmitt et Perrot (1988), Schmitt et Bariteau (1990), Favrichon (1995), Prothéry (1995), Gourlet-Fleury (1997). Nous ne rappelons ici que quelques éléments essentiels pour la compréhension de ce qui suit.

Le dispositif est constitué de 12 parcelles de 9 ha installées en 1984 (voir fig.1), sur lesquelles ont été appliqués trois types d'interventions sylvicoles (chaque type répété trois fois) d'intensité croissante :

- traitement 1 (T_1) : exploitation forestière de type "traditionnel" pour le bois-d'oeuvre. Prélèvement d'environ 10 tiges par hectare faisant plus de 50 à 60 cm de diamètre à 1m30 et appartenant à une cinquantaine d'espèces différentes ;
- traitement 2 (T_2) : exploitation forestière pour le bois-d'oeuvre suivie d'une éclaircie par dévitalisation, éliminant les arbres sans intérêt commercial potentiel de plus de 40 cm de diamètre à 1m30 (soit en moyenne 30 individus par hectare) ;
- traitement 3 (T_3) : exploitation forestière pour le bois-d'oeuvre du même type que les précédentes, suivie d'une exploitation devant fournir du bois combustible (tiges d'espèces non commerciales faisant entre 40 et 50 cm de diamètre : environ 15 individus par hectare), et d'une éclaircie par dévitalisation (tiges d'espèces non commerciales faisant plus de 50 cm de diamètre, soit 20 individus supplémentaires en moyenne).

Trois parcelles laissées intactes constituent le groupe des témoins (T_0).

Le tableau 1 ci-après présente le calendrier des interventions réalisées sur les 9 parcelles traitées.

Tableau 1. Calendrier des interventions sur le dispositif de Paracou. L'exploitation (E) a touché les 9 parcelles traitées, les parcelles du traitement 3 faisant l'objet du prélèvement le plus important. L'éclaircie par empoisonnement des arbres (D) a affecté les six parcelles des traitements 2 et 3.

Années	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Intervention			**-E---**									
					-D-							

E : exploitation forestière, qui s'est déroulée du 6/10/86 au 21/05/87.
D : éclaircie par dévitalisation, du 8/12/87 au 22/01/88.

En 1990, le dispositif s'est agrandi de trois parcelles supplémentaires (13, 14, 15) du même type que les précédentes, inventoriées annuellement depuis, destinées à la mise en oeuvre éventuelle d'un nouveau type d'intervention sylvicole (nous les désignerons par "T_4"). En 1991/1992 enfin, une dernière parcelle de 25 ha d'un seul tenant a été installée dans le but de mener diverses études sur le fonctionnement de l'écosystème forestier non perturbé (genèse des répartitions spatiales, phénologie, génétique des populations).

Le travail qui suit porte essentiellement sur les données des 12 parcelles les plus anciennes.

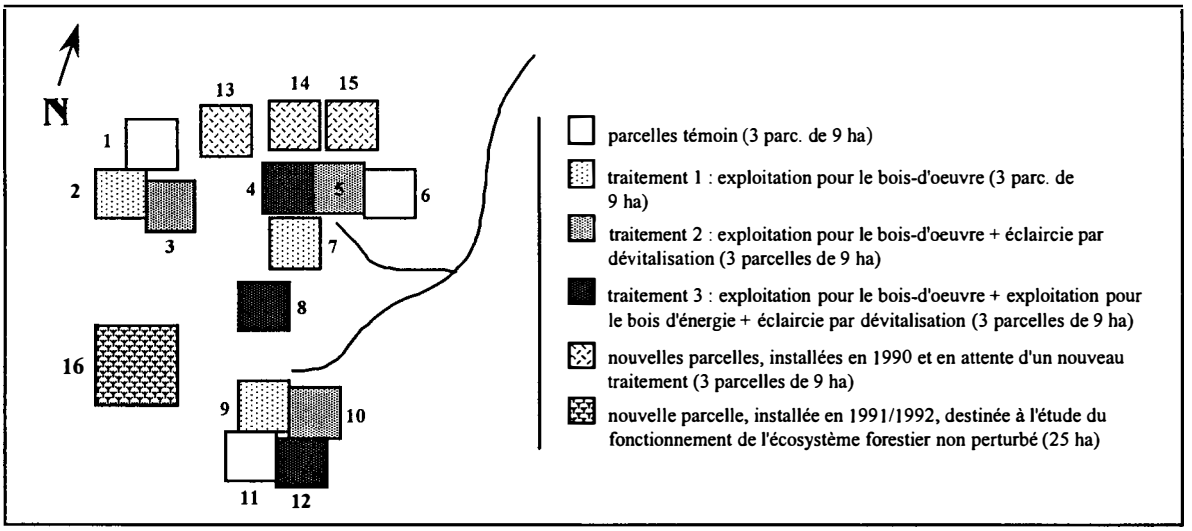


Fig.1. Vue d'ensemble du dispositif sylvicole de Paracou.

Chaque parcelle de 9 ha est constituée d'un tampon de 25 m de large délimitant une zone centrale de 6ha25 sur laquelle tous les individus de plus de 10 cm de diamètre sont localisés et identifiés. Jusqu'en 1992, l'identification a consisté à distinguer les principales espèces ou groupes d'espèces (EGE) ayant un intérêt commercial potentiel : soient 58 au total, réparties en trois catégories d'utilisation possible (1 : ébénisterie / tranchage / décoration ; 2 : menuiserie / charpente ; 3 : déroulage). S'y ajoutaient une espèce sans intérêt commercial (le Kimboto, *Pradosia cochlearia*), trois EGE regroupant des Chrysobalanaceae et des Lecythidaceae, un EGE « Palmiers » et un groupe « divers ». A partir de 1993, des identifications systématiques complémentaires ont été réalisées et la base de données de Paracou comptait 200 EGE en 1997. Un travail très précis réalisé par l'IRD sur 9 transects de 20 m de large montre qu'un gros effort reste encore à accomplir : le dispositif compte au moins 331 espèces ligneuses susceptibles de dépasser 10 cm de diamètre (Molino, 2000 ou 1999 ?). Cet effort, entrepris en collaboration avec l'IRD, est en cours.

Depuis 1984, une mesure de circonférence est effectuée sur chaque individu de plus de 10 cm de diamètre à 1m30 : tous les ans jusqu'en 1995 (inclus), une fois tous les deux ans depuis. Par ailleurs, on identifie annuellement :

- les arbres morts, avec référence aux principaux types de mortalité (naturelle : morts sur pied (MSP), chablis primaires (CHA1), arbres entraînés par la chute d'autres arbres (CHA2) ; artificielle : arbres abattus lors de l'exploitation ou morts à la suite des dégâts occasionnés, dévitalisés, etc.) ;
- les arbres passant le seuil de précomptage de 10 cm de diamètre ("recrutés") (excepté en 1996, où seule la mortalité a été étudiée).

2 - Méthodes d'évaluation de la reconstitution des peuplements et/ou de certaines populations

L'une des principales questions que se pose le gestionnaire de la ressource forestière porte sur la quantité de bois exploitable à un moment donné et sur le temps qu'il faudra attendre pour retrouver cette quantité. La notion de quantité doit bien entendu être assortie d'une notion de qualité : seules certaines espèces sont exploitées et l'on souhaite les retrouver à chaque passage, sous l'hypothèse (forte) que la demande du marché n'évolue pas.

Dans les chapitres qui suivent, nous avons cherché à estimer la vitesse de reconstitution de la ressource exploitée sur les parcelles de Paracou. Trois méthodes de calcul ont été utilisées, détaillées ci-après.

2.1 - Projection du taux actuel de reconstitution en effectifs

Dans chaque traitement, on considère les classes de diamètre supérieures à 50 cm (resp. supérieures à 55 cm, 60 cm, 65 cm et 70 cm) et on évalue :

- les effectifs perdus entre le début de l'expérimentation (1984) et la fin des interventions dans le peuplement (1987 pour T1 et 1988 pour T2 et T3). Il est à noter que les arbres cassés lors de l'exploitation sont inclus dans ces effectifs, donc que les dégâts d'exploitation sont bien pris en compte ;
- les effectifs "gagnés" sur la période allant de la fin des interventions à l'année 1997.

La formule utilisée est alors la suivante :

$$TR(\%) = \frac{(eff97 - eff87)}{(eff84 - eff87)} \times 100 \qquad [1]$$

(*eff* = effectif cumulé sur l'ensemble des classes considérées) pour le traitement 1. Pour les traitements 2 et 3, ce sont les effectifs de 1988 qui sont pris en compte.

Ce taux est utilisé pour calculer le nombre d'années nécessaires à la reconstitution de 100% du stock initial. La méthode est simple et rapide de mise en oeuvre, mais repose sur deux hypothèses fortes :

1. les accroissements restent stables dans le temps ;
2. le recrutement au-dessus des diamètres de précomptage utilisés (50 cm, 55 cm, 60 cm, 65 cm, 70 cm) reste également stable dans le temps ce qui suppose notamment qu'il n'existe pas de "trous" dans la structure diamétrique initiale du peuplement et/ou de la population considérés.

Nous verrons qu'aucune de ces hypothèses n'est vérifiée dans la réalité. Nous avons conservé ce calcul à titre indicatif.

2.2 - Projection du bilan actuel en surface terrière

Le bilan en surface terrière entre deux années quelconques d'inventaire, t_1 et t_2, est évalué avec la formule suivante :

$$B_{t_1,t_2} = A_{t_1,t_2} - M_{t_1,t_2} + R_{t_1,t_2} \qquad [2]$$

A est l'accroissement en surface terrière entre t_1 et t_2, M la surface terrière perdue par mortalité et R la surface terrière recrutée.

La valeur du bilan annuel fluctue a priori autour de zéro dans les peuplements non perturbés. Lorsque qu'intervient un prélèvement, on s'attend à observer assez rapidement des valeurs positives et on peut déduire des valeurs prises par le bilan le temps nécessaire au retour à la surface terrière initiale. Le calcul est finalement exactement le même que dans le cas précédent, il revient à remplacer les effectifs par la surface terrière dans la formule [1]. Deux différences cependant :

1. l'utilisation de la surface terrière permet de prendre en compte explicitement les accroissements et donc d'être plus pertinent qu'avec de simples calculs sur les effectifs ;
2. nous avons considéré, ici, un seuil de précomptage de 10 cm et non de 50 cm. Le travail sur la fraction du peuplement (resp. de la population) représentée par les gros individus fournirait des résultats très proches de ceux obtenus avec la méthode précédente.

Les deux inconvénients mentionnés au § 2.1 restent d'actualité. Par ailleurs, le diamètre de précomptage retenu entraîne la perte de toute information sur la structure du peuplement et/ou de la population : on travaille sur la surface terrière totale et sa reconstitution peut très bien se faire (ce qui est d'ailleurs le cas) essentiellement dans les petites classes de diamètre et les classes intermédiaires. Il n'y a aucune garantie qu'une surface terrière reconstituée en 40 ans soit synonyme de potentiel exploitable reconstitué en 40 ans.

Nous présentons néanmoins ces résultats car ils nous paraissent fournir une indication :

- de la rapidité avec laquelle le peuplement dans son ensemble va redevenir compétitif ; en effet, la plupart des modèles de dynamique forestière prévoient un dépassement de la valeur de la surface terrière intiale, suivi d'un retour progressif à cette valeur sous l'effet d'une mortalité accrue (ce qui se comprend aisément : l'arrivée massive de jeunes individus favorisés par l'ouverture du peuplement sature les possibilités du milieu et la compétition induite entraîne une augmentation de la mortalité) ;
- de la rapidité avec laquelle des populations particulières sont susceptibles de reconstituer leur potentiel global.

Remarque. Il faut noter que les deux méthodes que nous venons de présenter sont très sensibles à la période choisie pour effectuer le calcul : lorsque l'on est trop proche de la fin du traitement, la mortalité induite grève le bilan. Lorsque la période étudiée est trop courte, le potentiel de réaction du peuplement est mal estimé. Dans le cas des bilans, nous présentons les résultats de calculs effectués en utilisant différentes périodes.

2.3 - Formule de "l'API Dimako"

Cette formule, utilisée par Durrieu de Madron et Forni (1998) dans le cadre d'un projet d'aménagement forestier réalisé au Cameroun ("Aménagement Pilote Intégré" de Dimako) permet de calculer le taux de reconstitution d'un peuplement (resp. d'une population) en prenant explicitement en compte la structure diamétrique de ce peuplement (resp. de cette population), les accroissements individuels moyens et la mortalité. Elle est souple dans la mesure où il est possible d'utiliser des valeurs d'accroissement et de mortalité variables en fonction du temps et du diamètre des individus constituant le peuplement d'avenir, ce qui permet d'obtenir des projections plus fiables (voir plus bas).

La formule est la suivante :

$$TR(\%) = \left\lfloor \frac{N_a(1-D)(1-m)^T}{N_0} \right\rfloor \times 100 \qquad [3]$$

avec N_a : effectif potentiel d'avenir, fonction des accroissements observés. C'est l'effectif présent dans la classe de diamètre $\left[DME - T \times \Delta D_{moy}, DME\right]$, avec DME = diamètre minimum d'exploitation, T = temps écoulé depuis l'exploitation, ΔD_{moy} = accroissement moyen annuel (on peut utiliser différentes valeurs d'accroissement en fonction de la valeur de T) ; N_0 : effectif exploitable (*ie* de diamètre supérieur à DME) à T=0 ; D = taux de dégâts dus à l'exploitation ; m = taux de mortalité annuel (même remarque que pour ΔD_{moy}).

Cette formule représente une version améliorée de la formule [1] (ç'en est une généralisation), lorsque TOUS les individus effectivement présents au-dessus du DME sont exploités : on peut en effet déduire [1] de [3] en posant T = 10 ans (ou 9 ans, si l'on travaille avec les parcelles des traitements 2 et 3), $N_a(1-D)(1-m)^{10} = eff_{97} - eff_{87}$ et $N_0 = eff_{84} - eff_{87}$, avec $eff_{87} = 0$. Dans le cas de la formule [1], le numérateur représente la fraction du peuplement d'avenir qui se retrouve effectivement, au bout de 10 ans (cas du traitement 1) au-dessus du DME, après déduction des dégâts d'abattage et intervention de la mortalité. La formule [3] ne présente pas les inconvénients de la formule [1] dans la mesure où les deux hypothèses mentionnées au § 2.1 n'ont pas besoin d'être vérifiées.

Nous avons utilisé la formule [3] dans les conditions suivantes :

1. le DME est fixé à 50 cm ou 60 cm selon l'espèce étudiée. Pour le peuplement pris dans son ensemble, nous avons effectué les calculs pour les deux valeurs ;
2. les quatre groupes de trois parcelles (T0, T1, T2 et T3) sont analysés séparément, pour rendre compte de la variabilité liée aux caractéristiques des structures diamétriques initiales ;
3. N_0 est l'effectif réellement exploité entre 1986 et 1987 dans les traitements 1 à 3, et c'est l'effectif des individus de plus de 50 cm (resp. 60 cm) présents en 1986 dans le cas des témoins ;
4. l'année 1987, c'est-à-dire l'année suivant immédiatement l'exploitation forestière dans tous les groupes de parcelles, est prise comme point de départ (T=0) pour la simulation de la reconstitution du potentiel. Les effectifs présents dans les classes de diamètre inférieures au DME en 1987 concernent des individus qui ont échappé à la casse, donc les dégâts d'abattage sont pris en compte à ce stade. Il faut noter que de ce fait, le groupe T3 se trouve désavantagé par rapport aux autres, puisque les dégâts y ont, d'une manière générale, été plus sévères (exploitation « bois énergie » portant sur une partie des individus de la classe 40-50 cm) : on peut considérer que tous les scénarios mis en œuvre sont pessimistes pour ce groupe. Dans le cas des témoins, on applique aux effectifs de 1987 le taux de dégâts observé dans le traitement 1 ;
5. on considère que les accroissements des tiges d'avenir sont stimulés par l'exploitation durant les dix premières années, et diminuent ensuite. Deux cas ont été envisagés : (1) une seule exploitation forestière en début de rotation, pas d'intervention ultérieure dans le peuplement : les accroissements sont ceux que l'on observe dans le traitement 1 pendant 10 ans, puis retombent au niveau du témoin par la suite ; (2) on réalise des interventions sylvicoles de manière à maintenir une certaine ouverture du peuplement : les accroissements sont ceux du traitement 2 pendant 10 ans, puis ceux du traitement 1 par la suite.
6. la mortalité « naturelle » est considérée comme constante tout au long de la simulation. C'est le taux de mortalité naturelle moyen observé sur le peuplement d'avenir durant la période allant de 1984/1985 à 1996/1997. Il est estimé à l'aide de la formule suivante (Favrichon *et al.*, 1998) :

$$\hat{m} = \frac{\sum_{t=1}^{T-1} m_{t,t+1}}{\sum_{t=1}^{T-1} N_t}, \qquad [4]$$

avec $m_{t,t+1}$ = nombre d'individus morts entre les années t et t+1 et N_i = nombre total d'individus vivants à l'année t. Le nombre N_s d'individus survivant au bout de T année est ensuite évalué comme suit :

$$N_s = N_a(1-\hat{m})^T \qquad [5]$$

Deux valeurs de mortalité ont été utilisées : (1) la valeur observée dans le traitement 1 ; (2) la valeur maximale observée quel que soit le traitement.

La combinaison des points 5 et 6 nous a conduits à la mise en oeuvre systématique de quatre scénarios :

	Mortalité du T1	Mortalité maximale observée
Exploitation seule	*Scénario 1*	*Scénario 2*
Exploitation + éclaircies régulières	*Scénario 3*	*Scénario 4*

Tableau 2. Explicitation des scénarios utilisés pour simuler la reconstitution de la fraction exploitée des peuplements et des populations.

Nous reviendrons plus longuement, au chapitre 5, sur la justification de ces scénarios et sur les résultats obtenus.

3 - Evolution des principaux paramètres du peuplement à Paracou

3.1 - Evolution des effectifs et de la surface terrière

Le tableau 3 résume, pour chaque traitement, l'évolution du nombre moyen d'arbres présents sur les parcelles et de la surface terrière correspondante entre 1984 et 1997. Les figures 2 et 3 illustrent ces évolutions.

Tableau 3. Effectifs totaux par hectare (arbres faisant plus de 10 cm de diamètre à 1m30) et surface terrière correspondante, dans chaque groupe de trois parcelles affecté aux différents traitements réalisés à Paracou.

Année	T_0 (parc. 1, 6, 11)		T_1 (parc. 2, 7, 9)		T_2 (parc. 3, 5, 10)		T_3 (parc. 4, 8, 12)		T_4 (parc. 13, 14, 15)	
	N	G (m^2)	N	G(m^2)	N	G(m^2)	N	G(m^2)	N	G(m^2)
1984	625,5	30.9	602,9	30.6	622,8	31.9	627,6	32.1		
1985	626,0	30.9	606,2	30.6	626,8	32.0	626,2	32.0		
1986	625,9	31.0	606,2	30.7	626,7	32.1	625,0	32.1		
1987	621,6	30.8	511,4	25.0	523,4	25.5	441,6	21.3		
1988	617,8	30.7	505,6	24.9	496,1	20.4	424,6	17.6		
1989	614,8	30.7	507,5	25.0	488,5	19.3	423,5	17.1		
1990	613,9	30.8	508,4	25.1	489,6	19.2	430,6	17.2		
1991	615,7	30.8	521,1	25.3	504,5	19.4	449,1	17.3	651,0	-
1992	614,1	30.9	529,1	25.5	513,3	19.7	469,6	17.7	648,1	-
1993	611,1	30.9	532,8	25.7	525,1	20.1	486,7	18.1	640,6	-
1994	607,5	30.9	529,9	25.8	527,0	20.3	490,3	18.5	635,2	-
1995	608,4	31,1	537,9	26,0	546,4	20,8	524,2	19,2	633,6	-
1996	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1997	604,4	31,1	554,0	26,5	583,2	21.9	594,2	20,6	636,1	-

NB. Nous n'avons pas fait figurer l'évolution en surface terrière dans T_4, du fait de la présence d'un certain nombre de gros individus dont la mesure de circonférence doit encore faire l'objet d'un contrôle au relascope.

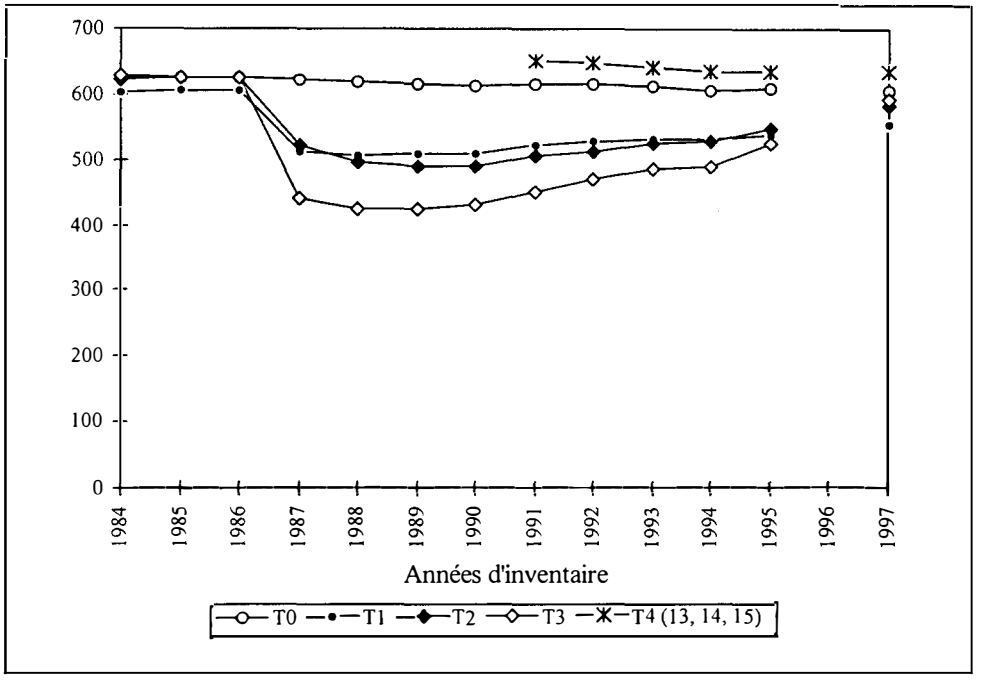


Fig.2. Evolution des effectifs (individus □ 10 cm de diamètre, moyennes par ha) sur les parcelles regroupées par traitement. NB : en 1996, seul l'inventaire des arbres morts a été réalisé.

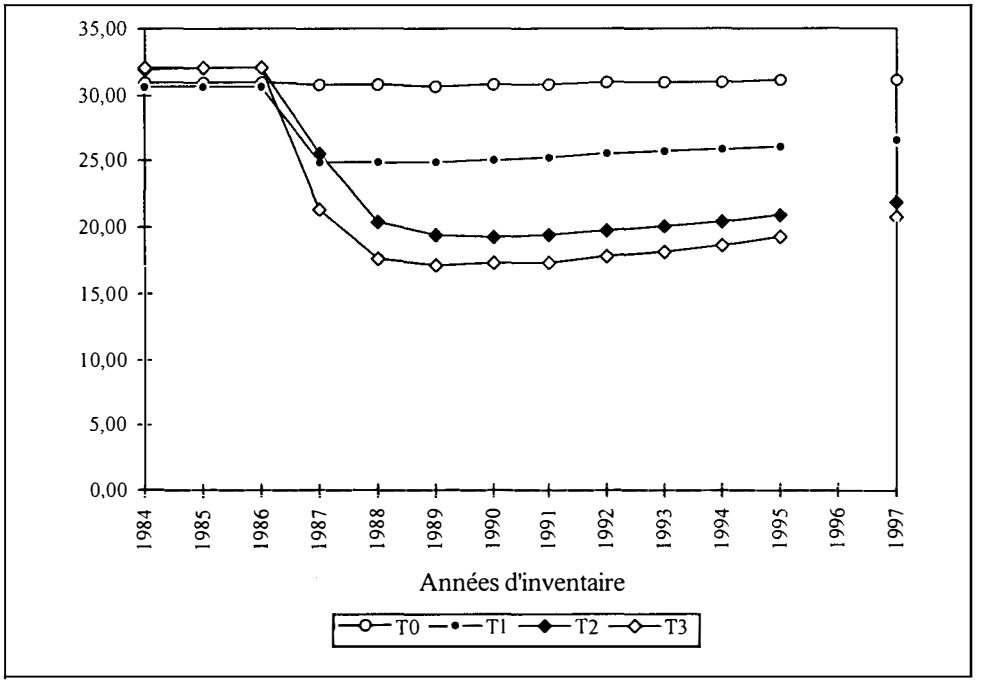


Fig.3. Evolution de la surface terrière (individus □ 10 cm de diamètre, moyennes par ha) sur les parcelles regroupées par traitement. NB : en 1996, seul l'inventaire des arbres morts a été réalisé.

Sur les parcelles témoins, les effectifs décroissent légèrement et de manière continue depuis 1984, en même temps que la surface terrière augmente. Ces évolutions sont faiblement marquées au regard de celles que l'on peut observer sur les parcelles traitées. Elles peuvent correspondre à une fluctuation "normale" autour de valeurs d'équilibre, ou bien résulter d'une perturbation ancienne (qui aurait, d'après le comportement des modèles calibrés sur Paracou, au moins une cinquantaine d'années). Le comportement actuel s'explique par une mortalité faible, une tendance à l'accumulation relative de gros individus et une légère diminution du recrutement depuis 1990.

Les parcelles traitées voient leurs effectifs augmenter rapidement, en particulier celles des traitements 2 et 3 : en 1997, les parcelles de T_3 ont pratiquement atteint le niveau des témoins (la parcelle 3 de T_2 et la parcelle 8 de T_3 ont même dépassé leur effectif de départ : voir tableau a1 en annexe 1). T_2 et T_3 présentent par ailleurs des densités moyennes supérieures à celle du traitement 1 : $T_0 > T_3 > T_2 > T_1$. La relative stagnation perceptible entre 1993 et 1994 est due à un artefact (cf. paragraphe 2.2). La surface terrière, elle, évolue plus lentement (ce qui est logique) et le classement des traitements reste inchangé : $T_0 > T_1 > T_2 > T_3$.

Il s'agit là de comportements moyens qui masquent une assez grande hétérogénéité entre parcelles (voir les tableaux a1 et a2, ainsi que les figures a1 et a2 situées en annexe 1, qui illustrent les mêmes évolutions que ci-dessus mais cette fois par parcelle). Nous avons illustré cette hétérogénéité à l'aide des graphiques de la figure 4 (a à e) (page suivante).

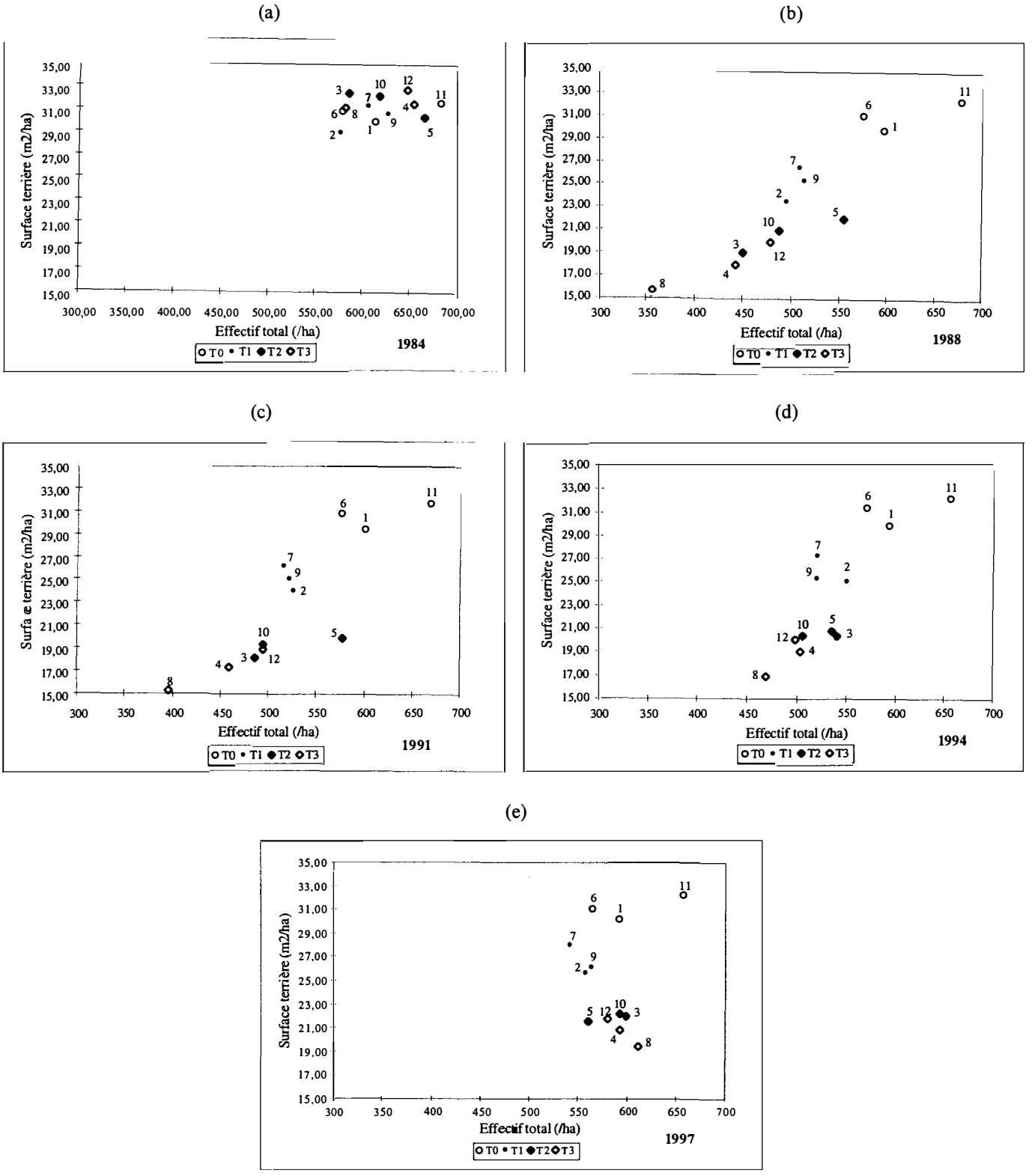


Fig.4. Evolution de la situation des différentes parcelles du point de vue des effectifs et de la surface terrière (individus de plus de 10 cm de diamètre). (a) 1984 : peuplements originels non perturbés ; (b) 1988 : juste après les traitements sylvicoles ; (c) : 1991 ; (d) : 1994 ; (e) : 1997, 10 ans après exploitation et 9 ans après éclaircie.

En 1984, dans le peuplement intact, les densités sur les parcelles varient de 576 individus / ha (P2) à 683 individus / ha (P11) (+19% par rapport à P2 !). Les trois nouvelles parcelles 13, 14 et 15 n'ont pas été représentées ici, mais il faut noter que leur densité est en moyenne plus élevée que celle des autres parcelles du dispositif : on observe 693 individus / ha sur P15 en 1991. Les surfaces terrières varient de 29,3 m2/ha (P2) à 33 m2/ha (P12), ce qui est assez considérable : pour fixer les idées, c'est l'équivalent de la surface terrière moyenne exploitée dans le traitement 1. Si l'on observe les parcelles traitement par traitement en 1984, on observe une hétérogénéité intra-traitement à peu près équivalente.

En 1988, immédiatement après les traitements sylvicoles, on constate d'un point de vue strictement statique que si les parcelles du traitement 1 restent "groupées" (cf. fig.4 (b)), celles des traitements 2 et 3 s'échelonnent sur une plage de densité et de surface terrière assez large, avec un regroupement respectivement des parcelles 3 (T_2) et 4 (T_3) et des parcelles 10 (T_2) et 12 (T_3). La parcelle 8 (T_3), initialement proche de la parcelle 3, apparaît nettement comme ayant été la plus touchée.

Par la suite (1991 à 1997), les parcelles du traitement 1 conservent un comportement très homogène (voir également en annexe 1 les fig. a1 (b) et a2 (b)), et les parcelles 10 (T_2) et 12 (T_3) restent bien groupées. Certaines parcelles s'avèrent particulièrement dynamiques, notamment P2 (T_1), P3 (T_2) et P8 (T_3) (voir aussi les graphiques a1 (b), (c) et (d) en annexe 1). Si la dernière voit ses effectifs augmenter très rapidement du fait de l'importance des ouvertures pratiquées dans le peuplement, d'autres phénomènes entrent en jeu dans les parcelles 2 et 3 (parcelles géographiquement proches, dans un secteur qui possède des particularités propres notamment en ce qui concerne la composition floristique. L'existence de conditions pédologiques particulières est soupçonnée mais reste à confirmer). En 1997, l'ensemble des parcelles des traitements 2 et 3 (exceptée la parcelle 8) se trouve dans des conditions de densité et de surface terrière proches (mais avec des dynamiques, des structures et des compositions floristiques différentes).

3.2 - Evolution de la structure diamétrique

La figure 5 ci-dessous montre l'évolution de la structure diamétrique dans les parcelles témoins et dans les trois traitements (voir le tableau a2 correspondant en annexe 1).

Le fait le plus notable est l'évolution des effectifs dans la première classe de diamètre, d'autant plus rapide et importante que le traitement a été fort. Les effectifs dépassent maintenant très nettement la "normale" dans le traitement 3. Dans les classes allant de 15 cm à 35 cm, l'effectif s'est reconstitué dans les traitements 1 et 2, pas encore complètement dans le traitement 3. Le tableau 4 ci-dessous renseigne sur la situation dans les classes supérieures à 50 cm, c'est-à-dire celles qui contiennent potentiellement des arbres exploitables.

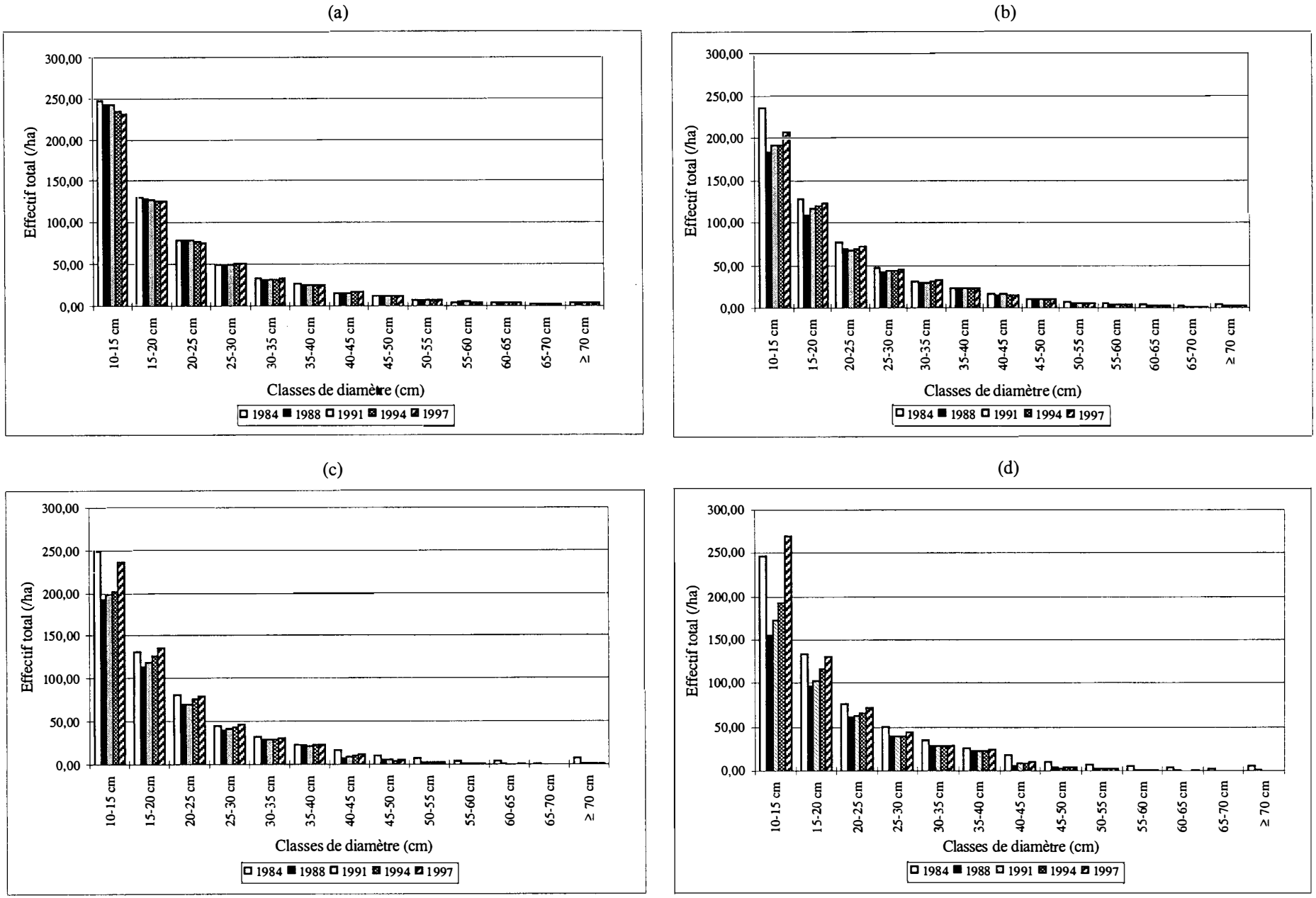


Fig.5. Evolution de la structure diamétrique à Paracou. (a) Dans les parcelles témoins. (b) Dans les parcelles du traitement 1. (c) Dans les parcelles du traitement 2. (d) Dans les parcelles du traitement 3. Toutes les espèces sont prises en compte.

Tableau 4. Evaluation du taux de reconstitution du peuplement dans les classes de diamètre ≥ 50 cm. La formule utilisée est la formule [1], présentée au § 2.1.

Classes de diamètre (cm)	T1	T2	T3
≥ 50 cm	21,32%	-5,68%	-4,46%
≥ 55 cm	15,89%	-9,59%	-8,75%
≥ 60 cm	18,85%	-16,0%	-8,66%
≥ 65 cm	13,16%	-20,55%	-14,29%
≥ 70 cm	8,70%	-19,47%	-18,10%

Dans le traitement 1, on a récupéré en 1997 entre 15 et 21% (selon que l'on s'intéresse aux plus de 50 cm, de 55 cm ou de 60 cm) des effectifs perdus au moment de l'exploitation. En raisonnant très grossièrement et en supposant que ce rythme (soit 2,1% par an) se maintienne, le "stock" des plus de 50 cm se reconstituerait en une cinquantaine d'années. Il s'agit là, a priori, d'un minimum (cf. commentaires du § 2.1).

Les valeurs négatives en T_2 et T_3 s'expliquent par le fait que les classes de diamètre considérées ont globalement perdu des effectifs sur la période 1988-1997, le recrutement au-dessus de 50 cm n'étant pas parvenu à compenser les pertes dues à la mortalité durant la période 1988-1990. Ceci ne permet pas de préjuger de la rapidité à laquelle le potentiel va se reconstituer dans ces traitements. En effet, la mortalité diminue progressivement (voir § 3.3) et les accroissements restent forts, surtout dans les grandes classes de diamètre (voir § 3.5). A partir de l'année 1990, le taux de reconstitution devient positif. Si l'on prend comme référence l'année 1991, on constate qu'en T_2, le stock perdu entre 1986 et 1988 se reconstitue au rythme de 1,1% par an et en T_3 au rythme de 0,7% (et ce n'est qu'un début).

3.3 - Evolution de la mortalité

Le rapport de Schmitt (1989) décrit en détail la mise en oeuvre des traitements sylvicoles et leurs conséquences immédiates sur le peuplement, en ce qui concerne les dégâts et la mortalité immédiate occasionnés. Par ailleurs, une étude très détaillée du phénomène "mortalité" et de son déterminisme a été réalisée à Paracou dans le cadre d'une thèse (Durrieu de Madron, 1993) à laquelle nous renvoyons le lecteur pour plus de précisions.

Le tableau 5 ci-dessous rappelle quelle a été la mortalité directement induite par l'exploitation forestière. Le tableau 6, complété par l'illustration de la fig.6, retrace l'évolution de la mortalité suite aux opérations de dévitalisation. Ce traitement n'a pas produit tout son effet dès l'année de son application : en effet, 26% et 28% des effectifs traités ont survécu respectivement dans les deux traitements, leur mortalité s'étalant par la suite sur plusieurs années. En 1997, 3,9% (en T_2) et 3,6% (en T_3) des arbres empoisonnés sont toujours vivants.

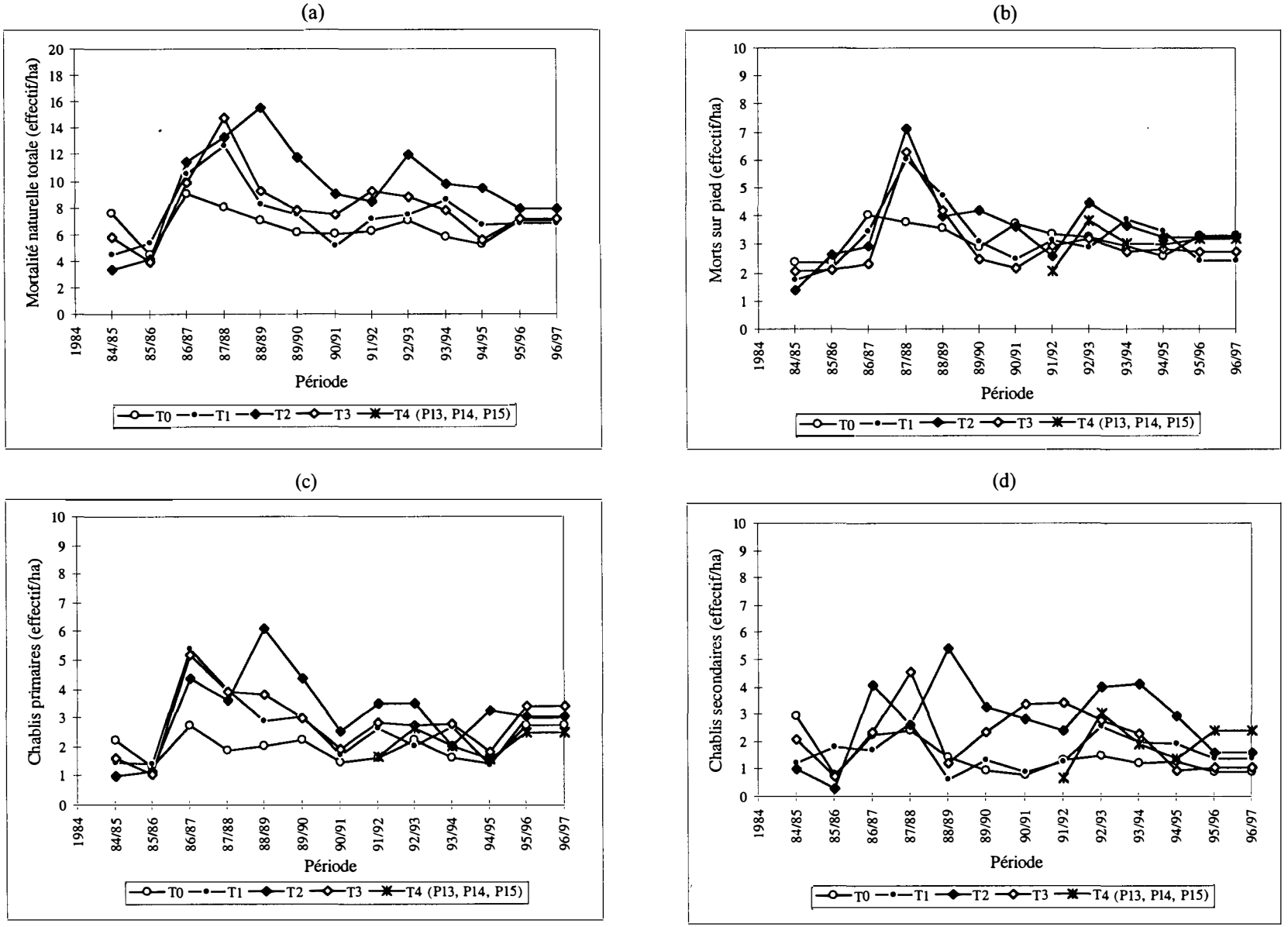


Fig.6. Evolution de la mortalité naturelle à Paracou. (a) Mortalité totale (9990, 9996, 9997). (b) Mortalité sur pied. (c) Chablis primaires. (d) Chablis secondaires. NB : l'échelle des ordonnées est la même sur les figures (b), (c) et (d). NB : les arbres blessés sont pris en compte.

Tableau 5. Mortalité directement liée à l'exploitation forestière : elle concerne la période 1986/1987 (effectifs ramenés à l'hectare).

Type de mortalité (effectifs / ha)	T_1	T_2	T_3
Arbres exploités	10,19	10,93	28,91
Arbres directement détruits lors de l'exploitation	70,61	76,15	136,43
Arbres blessés lors de l'exploitation et morts debout	4	4,05	6,19
Arbres blessés lors de l'exploitation et tombés morts au plus un an après exploitation	3,47	4,21	5,07
Arbres blessés lors de l'exploitation et entraînés par la chute d'un autre arbre au plus un an après	0,16	0,32	0,85

Par ailleurs, l'exploitation a occasionné un certain nombre de blessures aux individus demeurant dans le peuplement, sans que ceci entraîne leur mort immédiate : 9% des arbres en T_1 (54,7 par hectare, 9% de la surface terrière initiale), 8,6% en T_2 (53,6 arbres par hectare, 7% de la surface terrière) et 13,4% en T_3 (83,7 arbres par hectare, 11% de la surface terrière). Durrieu de Madron (1993) note que ces arbres blessés lors de l'exploitation et ayant survécu représentent respectivement 7,9, 7,3 et 14,7% des individus vivants dans le peuplement en 1991. En 1997, ces proportions sont de 7,1%, 6,3% et 9,4%. 72,3%, 68,5% et 71,8% des arbres blessés ont survécu.

Tableau 6. Evolution de la mortalité chez les individus dévitalisés (effectifs ramenés à l'hectare).

Dévitalisation (effectifs / ha)	T_2	T_3
Arbres ayant subi le traitement par dévitalisation (1987/1988)	28,75	14,83
Arbres morts dès la première année (1987/1988)	21,44	10,61
Arbres morts au cours de la 2ème année (1988/1989)	3,57	2,03
Arbres morts au cours de la 3ème année (1989/1990)	0,91	0,59
Arbres morts au cours de la 4ème année (1990/1991)	0,69	0,64
Arbres morts au cours de la 5ème année (1991/1992)	0,37	0,32
Arbres morts au cours de la 6ème année (1992/1993)	0,21	0,05
Arbres morts au cours de la 7ème année (1993/1994)	0,27	0,05
Arbres morts au cours de la 8ème année (1994/1995)	0,05	0
Arbres morts entre la 8ème et la 10ème année (1995/1997), soit sur deux ans	0,11	0

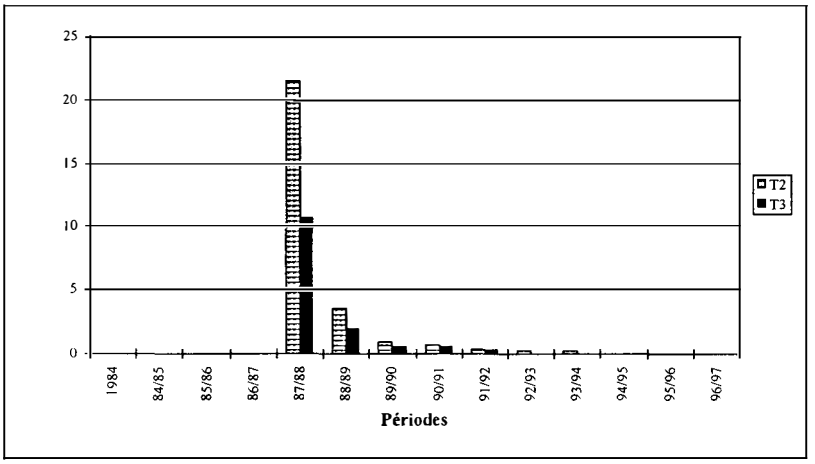


Fig.6. Evolution de la mortalité chez les individus empoisonnés en 1987/1988.

Les tableaux 7 et 8 rassemblent les informations sur la mortalité "naturelle" (par opposition à la mortalité directement liée aux traitements sylvicoles), en séparant l'ensemble des arbres blessés lors de l'exploitation et celui des arbres "intacts".

Tableau 7. Evolution de la mortalité chez les arbres blessés lors de l'exploitation, en effectifs absolus ramenés à l'hectare et en pourcentage du total des arbres morts (mortalité "naturelle") durant la même période.

Période	T_1 (parc. 2, 7, 9)		T_2 (parc. 3, 5, 10)		T_3 (parc. 4, 8, 12)	
	N	%	N	%	N	%
84/85	-	-	-	-	-	-
85/86	-	-	-	-	-	-
86/87	-	-	-	-	-	-
87/88	5,1	**40,3**	5,07	**37,9**	8,69	**58,6**
88/89	2,19	**26,3**	3,09	**19,9**	3,84	**41,4**
89/90	1,39	**18,4**	2,24	**18,9**	2,03	**25,8**
90/91	0,85	**16,5**	1,01	**11,2**	1,55	**20,6**
91/92	1,23	**17,2**	1,01	**11,9**	1,87	**20,0**
92/93	0,96	**12,8**	1,33	**11,1**	1,39	**15,8**
93/94	1,44	**16,8**	1,07	**10,8**	1,55	**19,6**
94/95	1,01	**15,0**	0,91	**9,6**	1,23	**21,7**
95/97*	0,48	**7,0**	0,56	**7,0**	0,75	**10,3**

* Attention : calcul sur une période de deux ans, contrairement aux lignes précédentes. La valeur est cependant ramenée à l'année.

Tableau 8. Evolution de la mortalité naturelle "vraie" (*ie* hors arbres blessés). Entre parenthèses figure la mortalité "naturelle" totale, c'est-à-dire obtenue en considérant indifféremment arbres blessés et intacts. Les données sont fournies en effectifs absolus, ramenés à l'hectare, et en pourcentage de l'effectif vivant présent au début de la période de calcul.

Période	T_0 (parc. 1, 6, 11)		T_1 (parc. 2, 7, 9)		T_2 (parc. 3, 5, 10)		T_3 (parc. 4, 8, 12)		T_4 (parc. 13, 14, 15)	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
84/85	7,6	**1,2**	4,5	**0,7**	3,4	**0,5**	5,8	**0,9**	-	-
85/86	4,5	**0,7**	5,4	**0,9**	4,2	**0,7**	3,9	**0,6**	-	-
86/87	9,1	**1,4**	10,6	**1,7**	11,5	**1,8**	9,9	**1,6**	-	-
87/88	8,1	**1,3**	7,6 (12,7)	**1,5 (2,5)**	8,3 (13,4)	**1,6 (2,6)**	6,1 (14,8)	**1,4 (3,4)**	-	-
88/89	7,0	**1,1**	6,1 (8,3)	**1,2 (1,6)**	12,5 (15,6)	**2,5 (3,1)**	5,4 (9,3)	**1,3 (2,2)**	-	-
89/90	6,1	**1,0**	6,1 (7,5)	**1,2 (1,5)**	9,6 (11,8)	**2,0 (2,4)**	5,8 (7,8)	**1,4 (1,9)**	-	-
90/91	6,0	**1,0**	4,3 (5,2)	**0,8 (1,0)**	8,0 (9,0)	**1,6 (1,8)**	6,0 (7,5)	**1,4 (1,7)**	-	-
91/92	6,4	**1,0**	5,9 (7,2)	**1,1 (1,4)**	7,5 (8,5)	**1,5 (1,7)**	7,5 (9,3)	**1,7 (2,1)**	4,5	**0,7**
92/93	7,0	**1,1**	6,6 (7,5)	**1,2 (1,4)**	10,7 (12,1)	**2,1 (2,3)**	7,4 (8,8)	**1,6 (1,9)**	9,6	**1,5**
93/94	5,9	**1,0**	7,1 (8,6)	**1,3 (1,6)**	8,8 (9,9)	**1,7 (1,9)**	6,4 (7,9)	**1,3 (1,6)**	7,0	**1,1**
94/95	5,3	**0,9**	5,8 (6,8)	**1,1 (1,3)**	8,6 (9,5)	**1,6 (1,8)**	4,4 (5,7)	**0,9 (1,2)**	6,0	**0,9**
95/97*	7,05	**1,2**	6,3 (6,8)	**1,2 (1,3)**	7,4 (8,0)	**1,4 (1,5)**	7,5 (7,3)	**1,2 (1,4)**	8,1	**1,0**

* Attention : calcul sur une période de deux ans, contrairement aux lignes précédentes. La valeur est cependant ramenée à l'année.

La figure 7 illustre les informations des deux tableaux précédents.

Sur les parcelles témoins 1, 6 et 11, la mortalité naturelle totale représente, selon les années, de 0,7% à 1,4% des effectifs totaux (entre 4,5 et 9,1 individus / ha). Elle est du même ordre de grandeur dans les parcelles de T_4. Il s'agit d'un phénomène très variable d'une année sur l'autre, difficile à prévoir et qui a généralement des répercussions importantes sur le bilan en surface terrière du peuplement (voir § 3.6).

Les tableaux a5 et a6 en annexe 1, illustrés par les figures 7 et 8 ci-dessous, montrent comment la mortalité se répartit entre les différents types MSP, CHA1 et CHA2. Globalement, sur les 13 ans de suivi réalisés dans les parcelles témoins, on a observé 48% de MSP, 30% de CHA1 et 22% de CHA2. Là encore, cette répartition est variable selon les années (voir par exemple 84/85 *vs* 90/91, avec toutefois des chiffres à considérer avec précaution en 84/85, époque de rodage des inventaires à Paracou). Sur la période 87/97, la répartition globale est de 50% (MSP), 30,6% (CHA1) et 19,4% (CHA2).

Les traitements sylvicoles affectent indirectement la mortalité "naturelle", telle qu'elle est suivie à Paracou.

Tout d'abord par le biais des blessures infligées lors de l'exploitation et n'entraînant la mort que dans les années suivantes (cf. tableau 7 et fig.7 (a)). Durant la période 87/88, ces arbres blessés ont contribué à la mortalité totale à hauteur de 40,3% (T_1), 37,9% (T_2) et 59% (T_3) selon les traitements. Cette proportion a ensuite chuté assez rapidement pour atteindre 7 à 10% sur la période 95/97 : elle n'est que légèrement supérieure à celle que représentent les arbres blessés vivants dans la population totale en 1997. On peut donc considérer que ces derniers se comportent désormais comme les autres individus et ne contribuent plus anormalement à la mortalité dans les peuplements traités. En ce qui concerne la répartition entre les différents types de morts (voir tableaux a3 et a4, ainsi que la fig. a3 en annexe 1) sur la période 87/97 : la proportion de blessés morts sur pied est identique à ce que l'on observe en témoins dans les traitements 1 et 2. On observe par ailleurs une plus forte proportion de chablis primaires que de chablis secondaires. Notons qu'en effectifs absolus, la mortalité chez les arbres blessés a été plus importante en T_2 qu'en T_1, alors que le nombre d'arbres blessés est à peu près identique : la même observation peut être faite chez les individus intacts (voir fig.7 (a), (b) et (c) et *cf.* plus bas). Ceci est à relier à une intensité d'exploitation et de dégâts immédiats un peu plus importante qu'en T_1 (cf. tableau 5), qui a pu se traduire par des blessures plus sévères et/ou une déstabilisation des peuplements plus importante. En T_3, les arbres blessés ont eu davantage tendance à tomber que dans les deux autres traitements, que ce soit en CHA1 ou en CHA2 : ceci peut être attribué soit à l'importance des dommages causés aux arbres du fait d'une plus grande fréquentation des parcelles par les débardeurs, soit à la déstabilisation du peuplement suite à de trop grandes ouvertures. Là encore, le même phénomène est observé chez les individus laissés indemnes par l'exploitation (cf. plus bas).

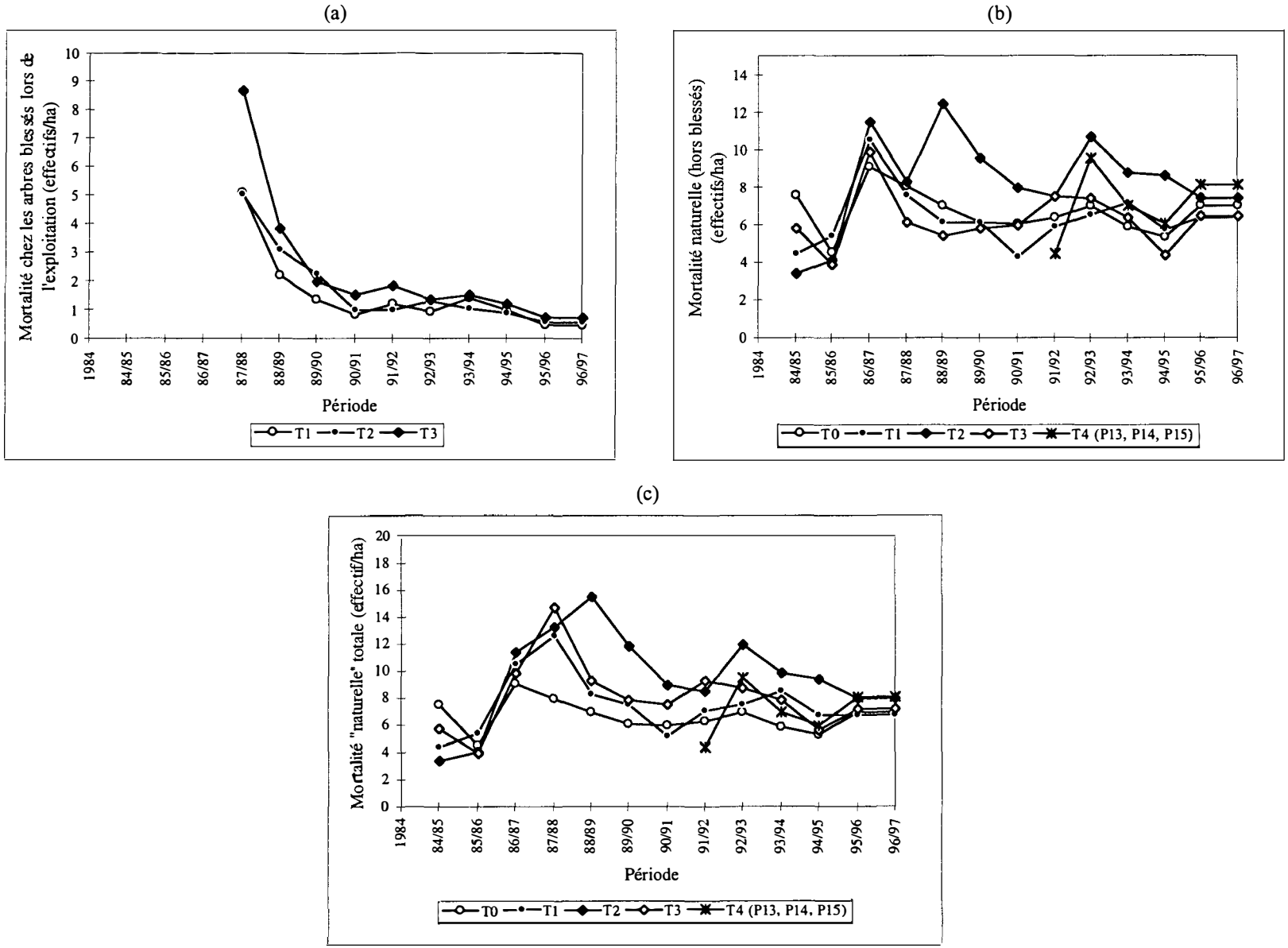


Fig.7. (a) Evolution de la mortalité chez les arbres blessés lors de l'exploitation. (b) Evolution de la mortalité naturelle chez les individus restés intacts suite à l'exploitation. (c) Mortalité "naturelle" totale (individus blessés + individus intacts).

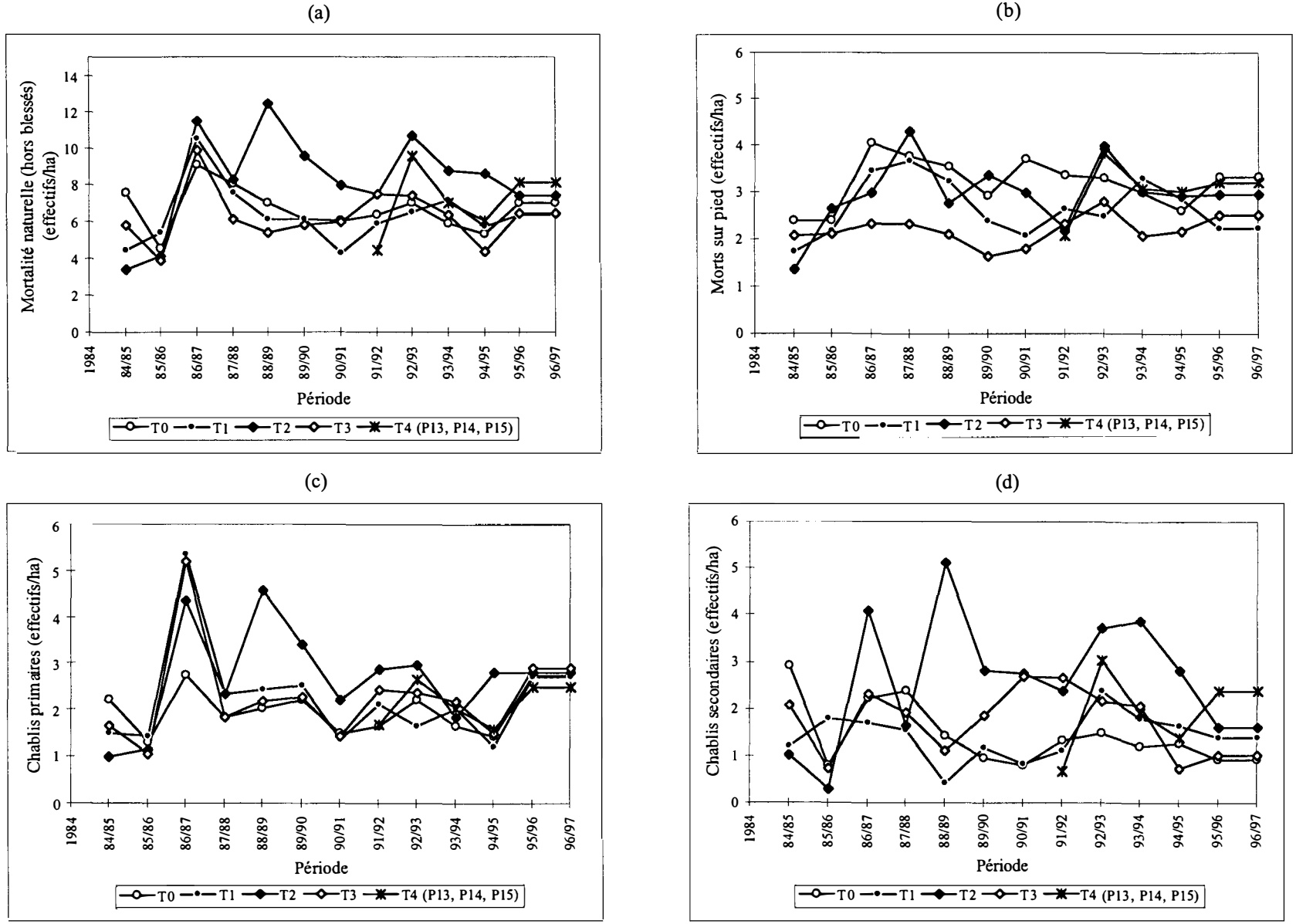


Fig.8. Evolution des différentes composantes de la mortalité naturelle à Paracou, **compte non tenu des individus blessés lors de l'exploitation**. (a) Mortalité totale (9990, 9996, 9997). (b) Mortalité sur pied. (c) Chablis primaires. (d) Chablis secondaires. NB : l'échelle des ordonnées est la même sur les figures (b), (c) et (d).

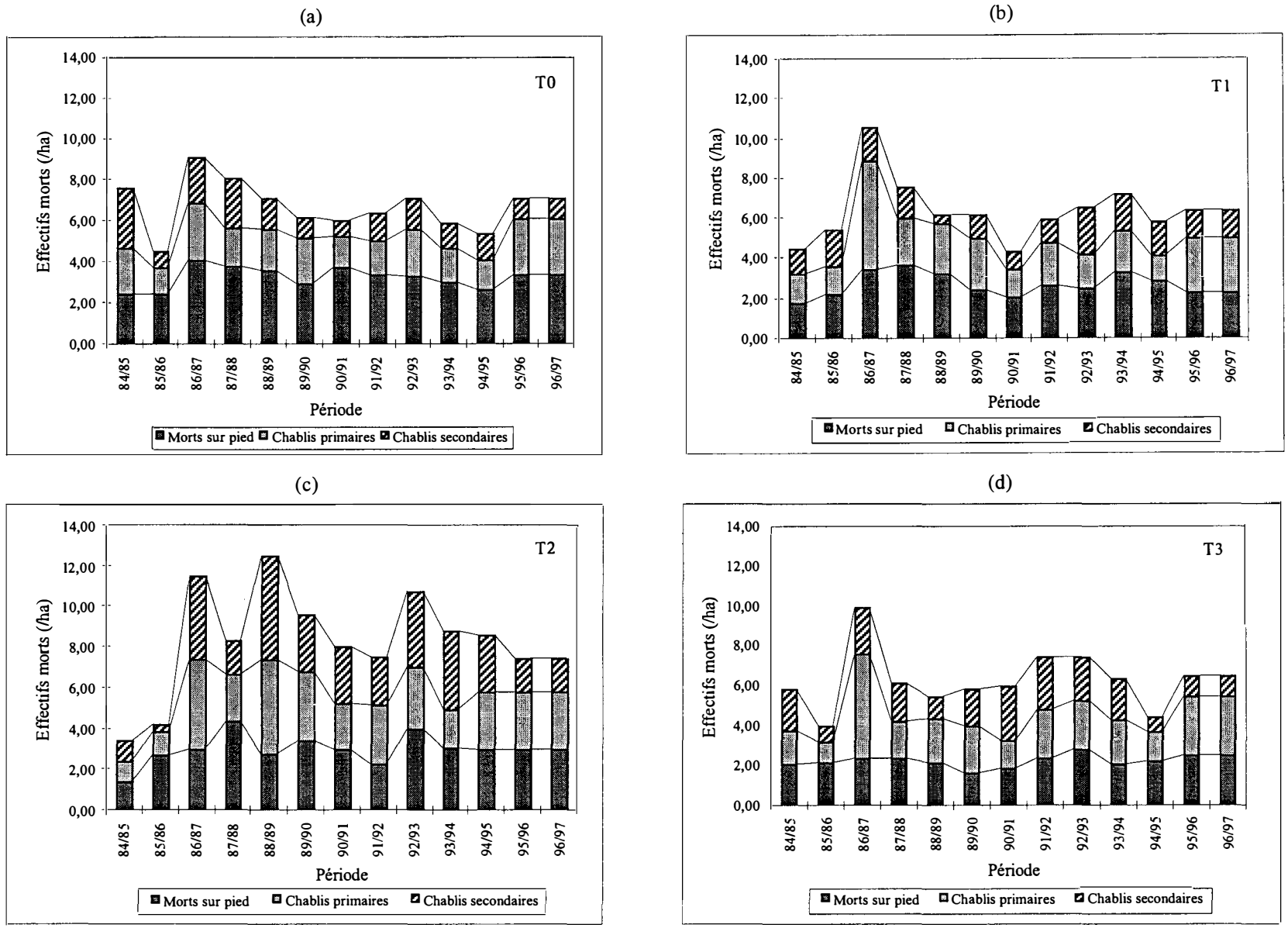


Fig.9. Importance des différents types de mortalité chez les individus demeurés intacts après l'exploitation. (a) Dans les parcelles témoins. (b) Dans le traitement 1. (c) Dans le traitement 2. (d) Dans le traitement 3.

Deuxième type de conséquence indirecte de l'exploitation : l'ouverture des peuplements qui se traduit, à des degrés divers, à la fois par une modification du microclimat local susceptible d'entraîner une augmentation de la MSP et par une déstabilisation (au voisinage des trouées et des pistes) susceptible d'entraîner une augmentation des CHA1 et des CHA2. L'examen des tableaux a5 et a6, des figures 8 (b), (c), (d) et 9 (b), (c), (d) ci-dessus, ainsi que de la figure a4 en annexe 1 montre que :

- la mortalité sur pied chez les individus "indemnes" a en fait été peu modifiée par les traitements. On observe certes, au sein de chaque traitement, une augmentation des effectifs concernés entre la période 84/86 et la période 87/97, mais cette évolution est parallèle à celle que l'on observe dans les parcelles témoins (cf. fig.8 (b)). La plupart du temps, les effectifs de MSP dans les parcelles témoins sont supérieurs à ceux que l'on observe dans les parcelles traitées, si bien que les taux MSP/arbres vivants restent comparables (voir fig.a4 en annexe 1), sauf peut-être en T_2 où ils sont légèrement supérieurs. Sur la période 95/97, les valeurs observées (en effectifs absolus et en taux) sont supérieures à celles de la période précédant les traitements, mais ceci est vrai pour les témoins comme pour les traités ;
- les chablis primaires ont, en effectif absolu, été multipliés par 3 ou 4 (par rapport à la période 84/86) dans tous les traitements (effectifs pratiquement doublés par rapport aux témoins) pendant la période d'exploitation : 86/87. Les effectifs sont ensuite rapidement revenus à un niveau comparable à celui observé dans les témoins, avec une évolution très parallèle année après année (cf. fig.8 (c), années 90/91, 94/95 par exemple) à l'exception des parcelles du traitement 2 (nous revenons plus bas sur le cas de ce traitement). En % de l'effectif vivant, la mortalité reste légèrement supérieure à celle des témoins dans les parcelles traitées. Sur la période 95/97, les valeurs observées (en effectifs absolus et en taux) sont supérieures à celles de la période précédant les traitements, mais ceci est vrai pour les témoins comme pour les traités ;
- les chablis secondaires sont extrêmement variables d'une année à l'autre et chaque traitement présente un comportement particulier : en effectifs absolus, les CHA2 paraissent avoir été peu influencés par l'exploitation en T_1, davantage en T_3 sur la période 88/94 et beaucoup en T_2 depuis l'exploitation. En % de l'effectif vivant, les différences entre T_0 et T_1 sont faibles, alors que les taux restent importants en T_2 et T_3 jusqu'à la période 94/95. Sur la période 95/97 toutefois, les valeurs observées (en effectifs absolus et en taux) sont comparables à celles de la période précédant les traitements.

Il découle de ce qui précède que l'on observe, dans les traitements, une baisse relative de l'importance des MSP par rapport aux autres types de morts, en particulier en T_2 et T_3 (voir fig.9). En première analyse, le stress induit par la modification éventuelle du microclimat (surtout dans le traitement 3) paraît avoir peu joué sur la mortalité, contrairement aux déséquilibres entraînés par les ouvertures. Cette observation peut cependant être discutée si l'on prend en compte l'ensemble des individus blessés et intacts : la mortalité des blessés s'additionne à la mortalité chez les arbres indemnes et il n'est pas certain que tous les MSP chez les blessés soient attribuables aux blessures occasionnées lors de l'exploitation.

Si l'on tient compte de tous les individus morts (blessés et indemnes), en effectifs absolus les T_1 et T_3 ont rejoint le niveau des témoins, le taux de mortalité restant légèrement supérieur (1,3% et 1,4% respectivement contre 1,2% dans les témoins) ; le traitement 2, lui, présente encore une mortalité élevée (en effectifs et en taux) au regard, en particulier, de son comportement avant traitement.

Retour sur le cas du traitement 2. Dans toutes les composantes de la mortalité, mais surtout en ce qui concerne les chablis, ce traitement présente des particularités de comportement. Trois pics de mortalité sont enregistrés, au cours des périodes 86/87, 88/89 et 92/93. La première période correspond à l'exploitation, avec un pic dans les chablis primaires un peu inférieur à celui des autres traitements, mais comparable, et une quantité plus importante de chablis secondaires (difficile à expliquer, la taille moyenne des chablis primaires n'étant pas significativement différente de celle rencontrée dans les autres traitements). La deuxième période correspond à l'année suivant la dévitalisation, avec un pic dans les chablis primaires et surtout dans les chablis secondaires. De l'étude de terrain très précise menée par Durrieu de Madron (1993), il ressort que les individus dévitalisés ont provoqué en T_2, suite à leur chute, la mort par CHA2 de 3,7 individus/ha ce qui correspond au pic enregistré. La mortalité par CHA1 peut être liée à la déstabilisation entraînée par ces chutes. Le dernier pic est lié à une augmentation simultanée de tous les types de mortalité sans correspondance systématique dans les autres traitements excepté en T_4 et en bonne partie en T_0. Cette année 92/93 termine une période (90/93) durant laquelle les précipitations ont été nettement moins abondantes que durant la période précédente (87/90), ce qui pourrait expliquer l'occurrence des MSP. Mais il est difficile de comprendre pourquoi ce phénomène ne se produit pas systématiquement dans toutes les parcelles et pourquoi il aurait joué également sur les chablis.

Remarque. Les tableaux et graphiques présentés dans ce paragraphe diffèrent de ceux présentés par Prothéry en 1995. Ceci s'explique par le fait que nous avons, ici, traité séparément le cas des individus dévitalisés et/ou blessés et toujours vivants à la suite des traitements.

3.4 - Evolution du recrutement

Le tableau 9, illustré par la figure 10, montre comment le recrutement évolue dans les différents traitements.

Tableau 9. Evolution du recrutement dans les différents traitements. Les données sont fournies en effectifs absolus, ramenés à l'hectare, et en pourcentage de l'effectif vivant présent au début de la période de calcul.

Période	T_0 (parc. 1, 6, 11)		T_1 (parc. 2, 7, 9)		T_2 (parc. 3, 5, 10)		T_3 (parc. 4, 8, 12)		T_4 (parc. 13, 14, 15)	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
84/85	8,05	**1,3**	7,73	**1,3**	7,36	**1,2**	4,43	**0,7**	-	-
85/86	4,48	**0,7**	5,44	**0,9**	4,11	**0,7**	2,72	**0,4**	-	-
86/87	4,75	**0,8**	4,16	**0,7**	3,84	**0,6**	3,95	**0,6**	-	-
87/88	4,21	**0,7**	6,88	**1,4**	7,57	**1,5**	8,53	**1,9**	-	-
88/89	4,11	**0,7**	10,24	**2,0**	11,52	**2,3**	10,08	**2,4**	-	-
89/90	5,17	**0,8**	8,48	**1,7**	13,76	**2,8**	15,52	**3,7**	-	-
90/91	7,84	**1,3**	17,87	**3,5**	24,69	**5,0**	26,77	**6,2**	-	-
91/92	4,80	**0,8**	15,20	**2,9**	17,71	**3,5**	30,13	**6,7**	1,55	**0,2**
92/93	4,00	**0,7**	11,25	**2,1**	24,00	**4,7**	25,92	**5,5**	2,03	**0,3**
93/94	2,35	**0,4**	5,65	**1,1**	12,05	**2,3**	11,57	**2,4**	1,60	**0,3**
94/95	6,19	**1,0**	14,83	**2,8**	29,01	**5,5**	39,73	**8,1**	4,48	**0,7**
95/97*	4,94	**0,8**	14,64	**2,7**	25,95	**4,8**	41,95	**8,0**	9,31	**1,5**

* Attention : calcul sur une période de deux ans, contrairement aux lignes précédentes. La valeur est cependant ramenée à l'année.

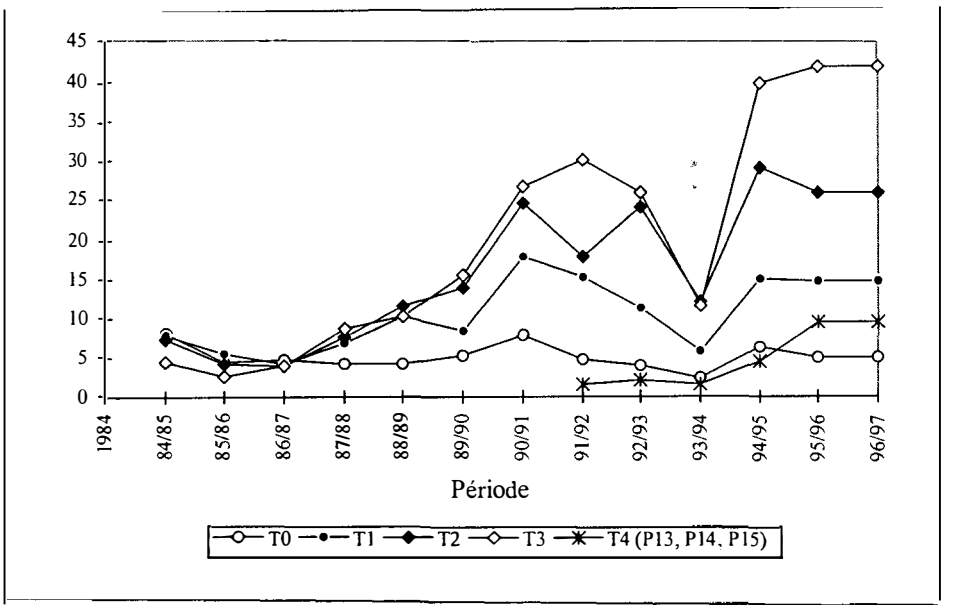


Fig.10. Evolution du recrutement à Paracou.

Il est très intéressant de constater que l'explosion du recrutement amorcée dans les T_2 et T_3 sur la période 89/91 est toujours d'actualité dans ces deux traitements, contrairement à ce qu'a pu faire croire l'examen des données en 1995 : Prothéry (1995) et Gourlet-Fleury (1997) ont conclu que l'effet traitement sur le recrutement se manifestait essentiellement sur la période 90/93 et tendait à revenir à la normale ensuite ce qui est faux. Cette conclusion est due à un artefact de l'inventaire de 1994, durant lequel de nombreux individus passant le seuil de précomptage ont été oubliés.

En T_1, le recrutement reste stabilisé autour de 14 individus/ha, soit un effectif doublé par rapport à une situation non perturbée. En T_2, la situation semble se stabiliser à 24 individus/ha alors qu'en T_3 il est possible que l'effectif monte encore (au-dessus de 40 individus par ha, pratiquement 10% du peuplement vivant et 10 fois les effectifs observés en situation normale).

Entre 1994 et 1997, on voit le traitement 3 se détacher très nettement du traitement 2 ce qui n'était pas le cas auparavant : ceci est dû aux effectifs particulièrement importants d'espèces pionnières qui parviennent au seuil de précomptage. En raisonnant grossièrement, on peut admettre que jusqu'en 1993, les individus passant ce seuil sont issus du peuplement pré-existant dans les parcelles et ont été stimulés de la même manière en T_2 et en T_3 (c'est cohérent avec les données d'accroissement, comme nous le verrons au § 3.5). Ceci donne une idée de la rapidité d'envahissement des parcelles par les espèces pionnières et montre que le traitement 2 a été davantage préservé (NB : il s'agit d'un raisonnement à l'échelle du traitement et pas de la parcelle. La parcelle P3 de T_2 a été davantage perturbée que les deux autres).

Dans le cortège d'espèces héliophiles qui apparaissent dans le recrutement, certaines jouent un rôle particulièrement important dans la différenciation entre parcelles et entre traitements. Il s'agit des Moracées *Cecropia obtusa* et *Cecropia sciadophylla*, de la Clusiacée *Vismia cayennensis* et de l'Anacardiacée *Tapirira guianensis.* Les figures a5 à a8 en annexe 1 montrent l'évolution de leur importance dans le recrutement (le tableau a7 en annexe 1 renseigne sur l'évolution de leurs effectifs[1]) : on se reportera, à titre de comparaison, aux figures 22 ou 28 qui illustrent le comportement d'espèces non pionnières (Angélique et Gonfolos). Les deux espèces de *Cecropia* apparaissent dès 1988 (soit deux ans après exploitation) dans tous les traitements. Certains individus présentent un accroissement en diamètre de plus de 8 cm/an, ce qui explique la rapidité de leur passage au-dessus du diamètre de précomptage. *Tapirira guianensis* et *Vismia cayennensis* (bien qu'ayant germé dans les trouées d'abattage et sur les pistes de débardage au même moment que les *Cecropia* : ***/**** Est-ce que c'est vrai ???? ****/***) apparaissent également dans tous les traitements, mais à partir resp. de 1990 et 1991, soit deux et trois ans plus tard (accroissements moins importants que ceux des *Cecropia*). Ces quatre espèces représentent une proportion d'autant plus importante dans le recrutement que l'intensité du traitement a été forte (sauf *Cecropia sciadophylla* en T3).

---

[1] : Les données reportées pour la période 1984-1993 constituent des minima, la différenciation de ces espèces dans la base de données n'ayant été réalisée qu'à partir de 1993. Les individus présents sur la première période sont ceux qui étaient encore vivants en 1993. Cela dit, le très faible taux de mortalité observé sur ces espèces entre 93 et 97 permet d'affirmer que leur présence au début de l'expérimentation était effectivement anecdotique, proche du niveau observé entre 93 et 97 dans les parcelles témoins.

Entre 1994 et 1995, elles ont à elles seules constitué 29,6% du recrutement en T2 **et 47,4% du recrutement en T3** (resp. 5,9 *Cecropia obtusa*, 4,5 *Cecropia sciadophylla*, 5,3 *Vismia cayennensis* et 3,1 *Tapirira guianensis* sur les 39,7 individus/ha recrutés au total !) !!! En 1997, leur effectif cumulé est de resp. 53,3/ha soit 9,1% du peuplement vivant en T2 et **91,25/ha, soit 15,3% du peuplement vivant en T3**. Il est clair que dans ce dernier traitement, ces individus à croissance très rapide vont représenter, à un moment ou à un autre, une source de compétition non négligeable pour les arbres d'avenir subsistant dans les parcelles et l'on peut se demander jusqu'à quel point l'intensité d'intervention pratiquée ne se révèlera pas contre-productive (moins d'arbres d'avenir, subissant *in fine* une compétition plus importante que dans le traitement 2).

3.5 - Evolution des accroissements

Le tableau 10 présente l'évolution des accroissements moyens annuels, calculés par périodes de deux ans, en fonction des traitements et des classes de diamètre.

Tableau 10. Evolution des accroissements moyens annuels à Paracou. Les calculs ont été effectués toutes espèces confondues, sur des individus ne présentant aucune anomalie sur la circonférence. N représente l'effectif sur lequel le calcul a été effectué. ΔD est l'accroissement moyen annuel calculé sur une période de deux ans (cm/an). L'indice accolé à N et ΔD indique le traitement concerné.

1984/1986								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	6525	0,108	6322	0,091	6622	0,079	6666	0,084
20-30	2088	0,147	2084	0,142	2076	0,132	2119	0,133
30-40	926	0,189	894	0,165	919	0,166	995	0,149
40-50	438	0,180	434	0,192	427	0,178	450	0,176
50-60	191	0,200	186	0,203	174	0,172	204	0,131
>=60	135	0,169	157	0,235	152	0,230	189	0,160
Moyenne		**0,129**		**0,117**		**0,105**		**0,106**
1989/1991								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	6234	0,096	4968	0,202	5041	0,269	4194	0,270
20-30	1998	0,153	1743	0,241	1658	0,322	1598	0,296
30-40	892	0,173	821	0,243	788	0,322	804	0,298
40-50	441	0,174	370	0,249	187	0,416	157	0,434
50-60	177	0,209	125	0,325	37	0,456	52	0,390
>=60	135	0,183	63	0,379	4	.	5	0,239
Moyenne		**0,121**		**0,220**		**0,290**		**0,284**

1991/1993								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	6648	0,114	5467	0,223	5589	0,350	4825	0,350
20-30	2283	0,177	1944	0,241	1928	0,342	1789	0,297
30-40	1026	0,211	918	0,238	864	0,342	906	0,292
40-50	511	0,218	446	0,249	239	0,444	208	0,378
50-60	213	0,274	152	0,354	58	0,435	62	0,384
>=60	165	0,284	89	0,296	9	0,460	12	0,405
Moyenne		**0,147**		**0,233**		**0,351**		**0,332**
1993/1995								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	6689	0,089	5749	0,220	5950	0,323	5637	0,362
20-30	2400	0,145	2062	0,243	2141	0,368	1915	0,307
30-40	1081	0,160	1007	0,228	926	0,311	944	0,305
40-50	542	0,179	475	0,273	276	0,418	233	0,375
50-60	245	0,217	171	0,290	79	0,487	69	0,354
>=60	179	0,188	105	0,312	17	0,304	14	0,523
Moyenne		**0,117**		**0,231**		**0,336**		**0,345**
1995/1997								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	6610	0,092	5830	0,189	6277	0,292	6185	0,320
20-30	2371	0,161	2109	0,238	2211	0,336	2005	0,313
30-40	1097	0,192	1019	0,234	957	0,305	954	0,274
40-50	551	0,211	496	0,278	295	0,387	261	0,410
50-60	249	0,235	200	0,370	89	0,480	76	0,407
>=60	229	0,248	137	0,333	31	0,210	19	0,448
Moyenne		**0,129**		**0,214**		**0,307**		**0,317**

Les figures 11, 12 et 13, pages suivantes, illustrent l'information contenue dans le tableau 10 de trois manières différentes.

Fig.11, il est possible de comparer directement, pour une période donnée, le comportement des individus dans les différents traitements, en fonction de leur classe de diamètre. **Avant les interventions sylvicoles** (période 1984-1986), on note :

- dans pratiquement tous les groupes de parcelles, une tendance à l'augmentation des accroissements avec la classe de diamètre. Une ANOVA réalisée groupe par groupe montre un effet très significatif de ce facteur. Les comparaisons multiples de moyennes réalisées traitement par traitement isolent systématiquement la première classe (accroissements significativement plus faibles dans cette classe que dans les autres) ;
- une certaine hétérogénéité de comportement entre les traitements dans les grandes classes (Δ 50 cm) ;

- un comportement particulier des parcelles de T_0 : les accroissements y sont nettement plus importants entre 10 et 40 cm de diamètre que dans les autres traitements. Tous diamètres confondus, une ANOVA à un facteur traitement suivie d'un test de comparaison multiple des moyennes montre qu'il existe une différence significative des accroissements entre T_0, T_1 et le groupe T_2/T_3 (qui présente les accroissements les plus faibles).

Après la période des interventions, les accroissements sont considérablement stimulés dans tous les traitements. Entre 1988 et 1991, ils sont en moyenne multipliés par 1,9 (en T_1), 2,8 (en T_2), 2,7 (en T_3) par rapport aux valeurs observées avant traitement. Les accroissements augmentent encore sur la période 1991-1993, puis restent stables sur la période 1993-1995 : le facteur multiplicatif passe à 2 (T_1), 3,3 (T_2) et 3,2 (T_3). Une légère diminution s'amorce sur la période 1995-1997 : les facteurs multiplicatifs passent à 1,8 (T_1), 2,9 (T_2), 3 (T_3) respectivement. Il s'agit là bien sûr de valeurs moyennes. On voit que, selon les classes de diamètre, l'effet des traitements est plus ou moins prononcé. Il est systématiquement plus important dans la première classe, où le facteur multiplicatif a atteint 4,4 dans le traitement 2 pendant la période de plus forte croissance (1991-1993).

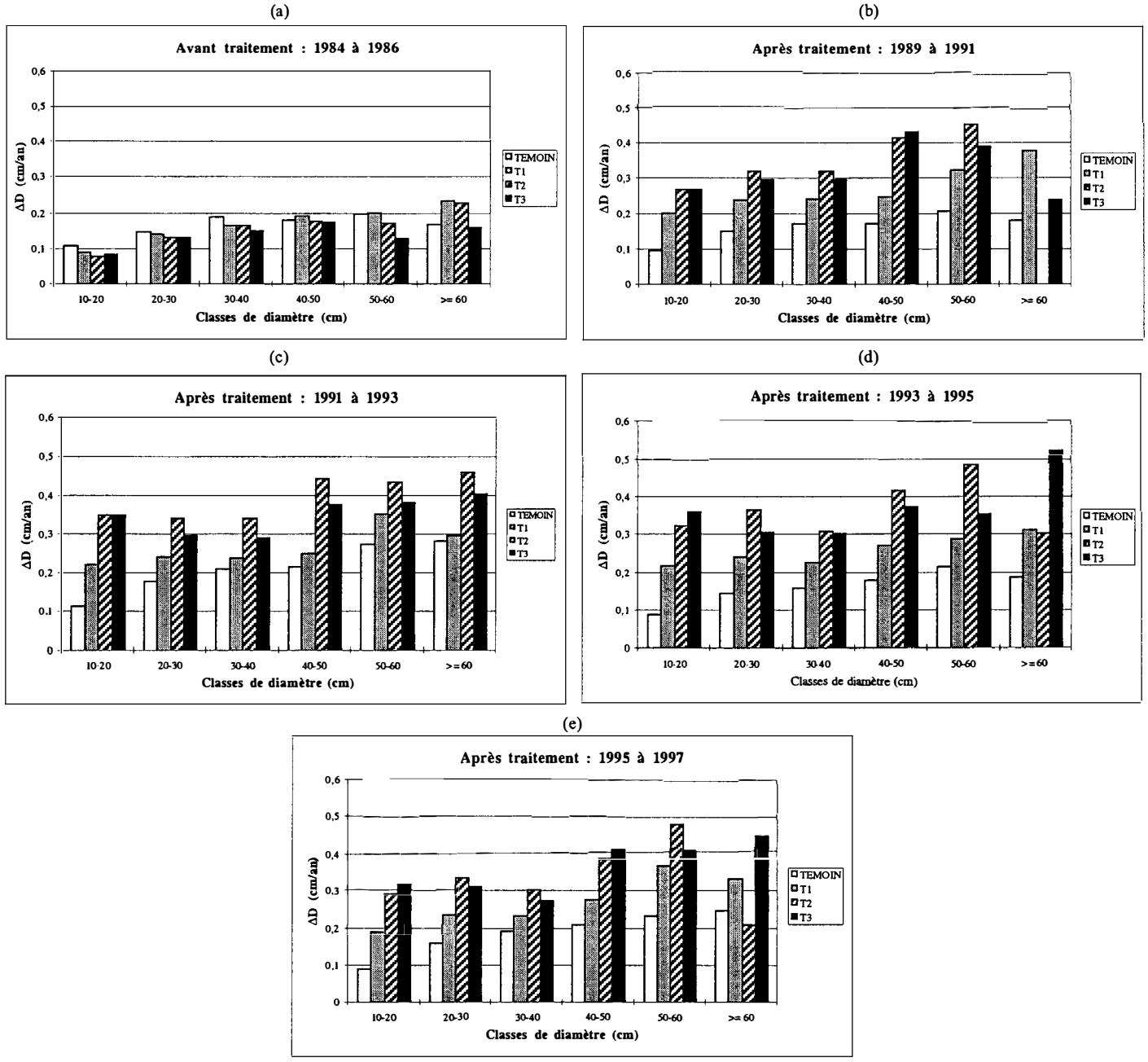


Fig.11. Accroissement moyen annuel (représenté par périodes de deux ans) en diamètre des individus ne présentant pas d'anomalie de circonférence. (a) Période 1984/1986 ; (b) période 1989/1991 ; (c) période 1991/1993 ; (d) période 1993/1995 ; (e) période 1995/1997. NB : les ΔD calculés dans la dernière classe de diamètre le sont sur un effectif très réduit (en particulier dans les parcelles traitées) et doivent être considérés avec prudence.

Il est cependant remarquable de constater que la stimulation a été très forte dans toutes les classes de diamètre, y compris les grandes : les individus ayant atteint la canopée conservent une capacité de réaction très importante aux interventions mêmes "légères". Si l'on met entre parenthèses la classe Δ 60 cm qui présente de trop faibles effectifs, on constate que la tendance "accroissement moyen = fonction linéaire croissante de la classe de diamètre" qui existait initialement (et qui existe toujours en T_0) s'estompe progressivement à partir de 1989 dans les parcelles traitées, d'autant plus vite et plus nettement que le traitement a été intense.

Il est très important de noter que **quelle que soit la période considérée, il n'y a aucune différence significative entre les accroissements observés en T_2 et les accroissements observés en T_3**. L'envahissement des parcelles de T_3 par les pionnières ne peut expliquer ce phénomène, au moins pour ce qui concerne la période antérieure à 1994. Nous invoquons plus volontiers une modification trop importante du microclimat dans les parcelles concernées (assèchement de l'atmosphère, ayant des répercussions sur la photosynthèse ?).

La fig.12 permet de comparer, pour un traitement donné, l'évolution de l'écart entre la situation intiale non perturbée et la situation après perturbation, période par période, en fonction des classes de diamètre. On retrouve l'effet classe de diamètre sur la croissance dans tous les groupes de parcelles avant traitement et sur le témoin quelle que soit la période considérée. On voit également plus clairement quelle a été la période la plus favorable dans chaque groupe de parcelles et dans chaque classe : il est intéressant de noter que les périodes 91-93 et 95-97 ont été caractérisées par les plus forts accroissements dans les parcelles témoins, surtout dans les grandes classes de diamètre : ceci indique probablement un effet pluviométrie (voir Gourlet-Fleury, 1997, p.107) et peut expliquer en partie le maintien d'accroissements aussi importants 8 à 10 ans après traitement.

La fig.13 permet de comparer, dans chaque classe de diamètre, l'évolution des accroissements avec le temps et en fonction des traitements. On peut observer, entre autres, (*i*) l'écart existant entre les différents traitements, très important globalement dans la classe 10-20 cm ; (*ii*) la fréquente supériorité des accroissements en T_2 ; (*iii*) l'infléchissement des accroissements amorcé dans la classe 10-20 cm, alors que, sauf exception, ils restent stables dans les autres classes de diamètre.

En conclusion, 8 à 10 ans après les traitements, l'effet de ceux-ci se manifeste encore très significativement dans tous les groupes de parcelles et on observe une gradation logique $T_0 < T_1 < (T_2\text{-}T_3)$. Il n'existe pas de différence d'accroissement significative entre les individus présents en T_2 et T_3. Un léger fléchissement des accroissements semble s'être amorcé sur la période 1995-1997, mais l'examen de la fig.13 montre que celui-ci n'est sensible que dans la première classe de diamètre. Cette observation paraît logique, étant donné l'intense recrutement en cours : ce sont les plus petits des individus qui affrontent cette nouvelle concurrence. La supériorité des accroissements observés en T_3 peut paraître paradoxale, mais elle s'explique par la prise en compte des valeurs considérables enregistrées chez les espèces pionnières.

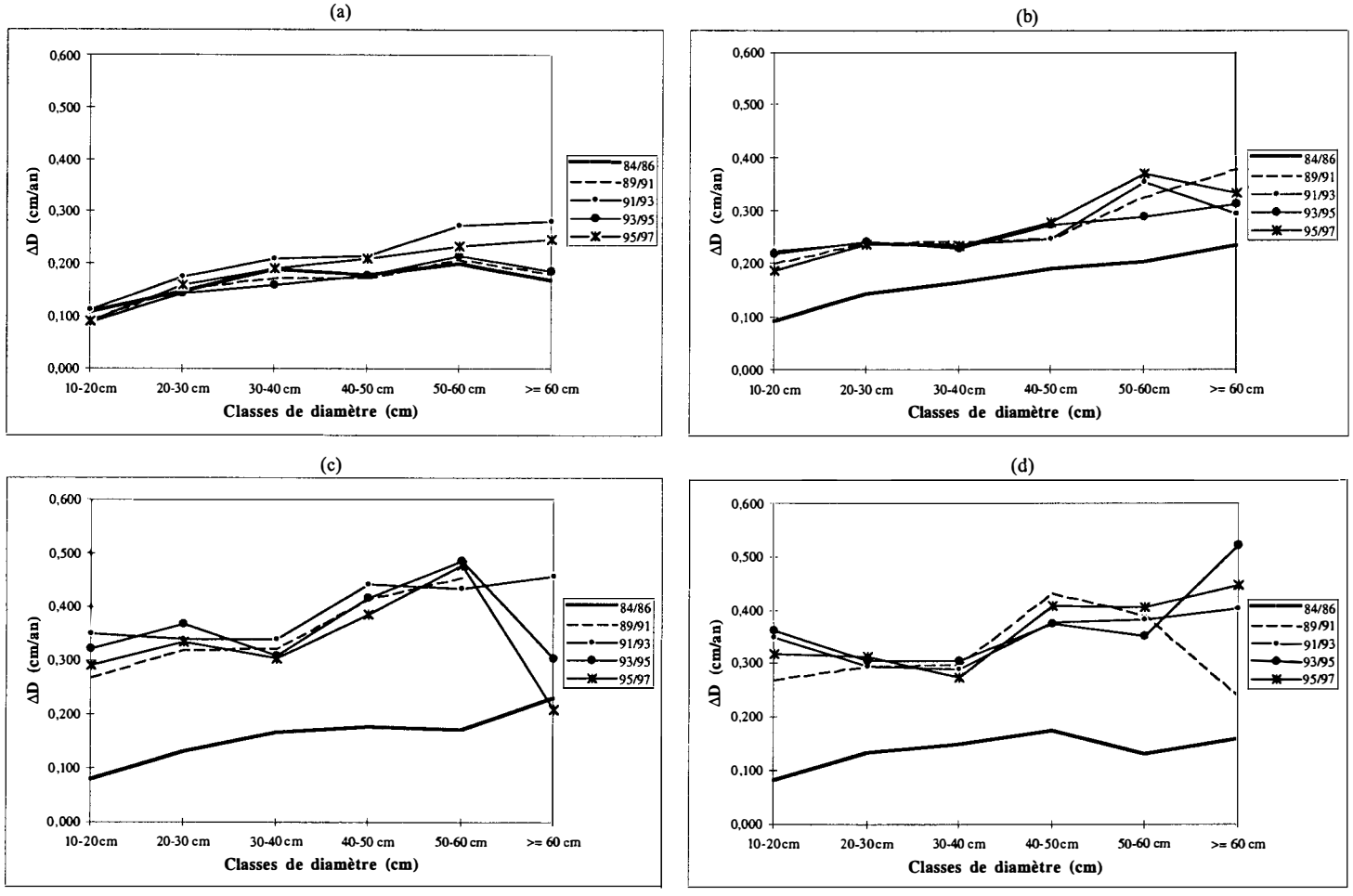


Fig.12. Accroissement moyen annuel (représenté par périodes de deux ans) en diamètre des individus ne présentant pas d'anomalie de circonférence. (a) : parcelles témoins ; (b) parcelles du traitement 1 ; (c) parcelles du traitement 2 ; (d) parcelles du traitement 3. **Toutes espèces confondues.** NB : les ΔD calculés dans la dernière classe de diamètre le sont sur un effectif très réduit (en particulier dans les parcelles traitées) et doivent être considérés avec prudence.

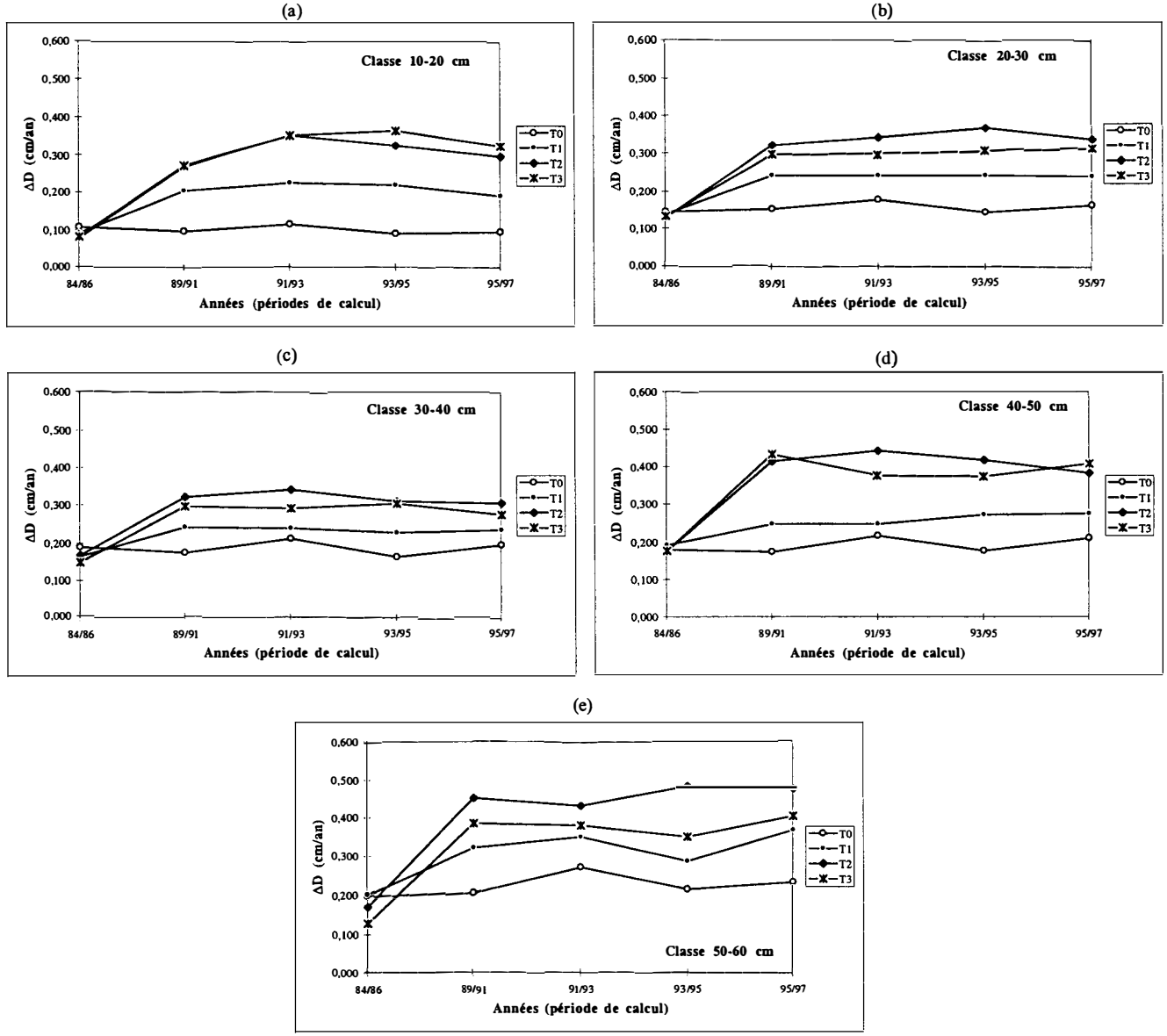


Fig.13. Accroissement moyen annuel (représenté par périodes de deux ans) en diamètre des individus ne présentant pas d'anomalie de circonférence. (a) classe de diamètre 10-20 cm ; (b) classe de diamètre 20-30 cm ; (c) classe de diamètre 30-40 cm ; (d) classe de diamètre 40-50 cm ; (e) classe de diamètre 50-60 cm. Toutes espèces confondues. NB : les ΔD calculés dans la dernière classe de diamètre le sont sur un effectif très réduit (en particulier dans les parcelles traitées) et doivent être considérés avec prudence.

3.6 - Evolution du bilan

Le bilan est évalué en surface terrière selon la formule [2] (cf. § 2.2).

Le tableau 11 ci-dessous rassemble les résultats du calcul annuel dans les différents traitements et présente également le bilan cumulé depuis 1984. Le tableau a8, les figures a9 et a10 en annexe 1 informent sur l'évolution des différentes composantes de ce bilan (*i*) en valeurs instantanées et (*ii*) en valeurs cumulées.

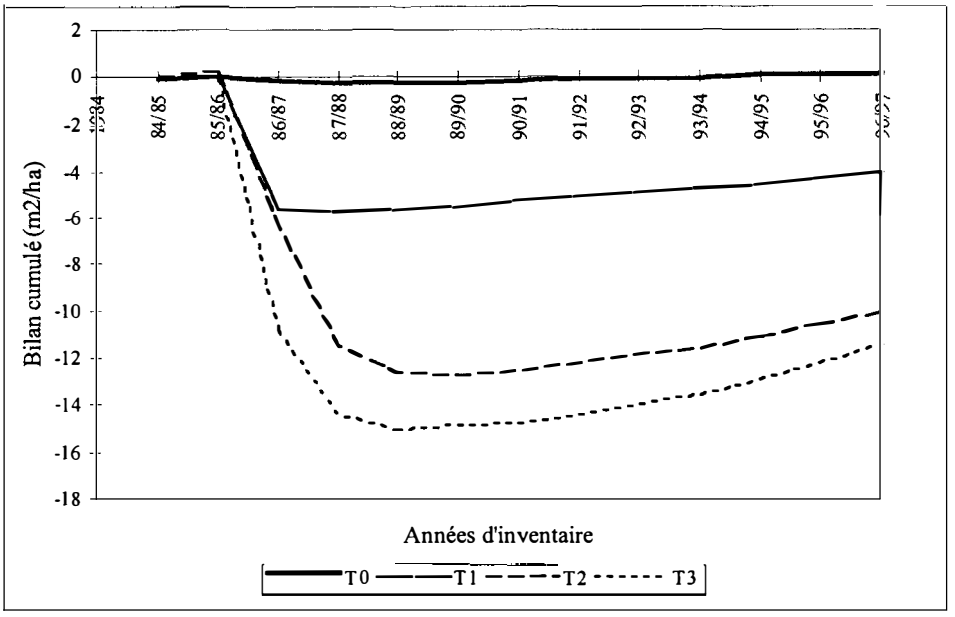
Tableau 11. Bilan en surface terrière (m2/ha) sur les différents groupes de parcelles.

Période	T_0 (parc. 1, 6, 11)		T_1 (parc. 2, 7, 9)		T_2 (parc. 3, 5, 10)		T_3 (parc. 4, 8, 12)	
	Bilan	**Bilan cumulé***	Bilan	**Bilan cumulé***	Bilan	**Bilan cumulé***	Bilan	**Bilan cumulé***
84/85	-0,07	**-0,07**	0,07	**0,07**	0,13	**0,13**	-0,06	**-0,06**
85/86	0,11	**0,04**	0,04	**0,11**	0,11	**0,24**	0,10	**0,04**
86/87	-0,16	**-0,12**	-5,71	**-5,60**	-6,60	**-6,36**	-10,82	**-10,78**
87/88	-0,13	**-0,25**	-0,09	**-5,70**	-5,13	**-11,49**	-3,63	**-14,41**
88/89	-0,01	**-0,27**	0,09	**-5,60**	-1,07	**-12,55**	-0,59	**-15,00**
89/90	0,07	**-0,20**	0,15	**-5,45**	-0,15	**-12,70**	0,14	**-14,87**
90/91	0,04	**-0,16**	0,20	**-5,25**	0,19	**-12,52**	0,13	**-14,73**
91/92	0,12	**-0,04**	0,24	**-5,01**	0,37	**-12,15**	0,42	**-14,31**
92/93	-0,01	**-0,04**	0,17	**-4,84**	0,33	**-11,82**	0,40	**-13,91**
93/94	0,02	**-0,02**	0,10	**-4,74**	0,27	**-11,56**	0,37	**-13,55**
94/95	0,14	**0,12**	0,20	**-4,54**	0,51	**-11,04**	0,73	**-12,82**
95/96	0,01	**0,12**	0,26	**-4,29**	0,52	**-10,52**	0,70	**-12,12**
96/97	0,01	**0,13**	0,26	**-4,03**	0,52	**-10,00**	0,70	**-11,43**

* Aux arrondis près.

Dans les parcelles témoins, la valeur du bilan fluctue assez régulièrement autour de 0. Elle est étroitement dépendante de l'importance de la mortalité : ceci est particulièrement bien illustré par la fig.a9 (a) en annexe 1. C'est un peu moins net dans les parcelles traitées, du fait de l'importance du recrutement. Dans ces parcelles, le bilan instantané redevient positif dès la deuxième année suivant la fin des traitements : 88/89 en T1 et 89/90 en T3. Il reste négatif une année de plus en T2 : ceci est lié à l'importance prise par les phénomènes de mortalité et plus particulièrement au pic de la période 88/89 : cf. fin du § 3.3 (chablis secondaires liés à la chute des arbres empoisonnés). La mortalité cumulée depuis 1984 représente, en surface terrière, une valeur presqu'aussi importante en T2 (18,22 m2/ha) qu'en T3 (19,68 m2/ha), la principale différence entre les deux traitements résidant dans l'étalement du processus dans le temps. A partir de 90/91, tous les bilans sont positifs et leur valeur est d'autant plus forte que le traitement a été intense. La figure 14, page suivante, montre l'évolution comparée du bilan cumulé dans les différents traitements. La fig.14 (b) a été obtenue en ramenant toutes les valeurs à la valeur prise dans chaque traitement en 1988/1989.

(a)



(b)

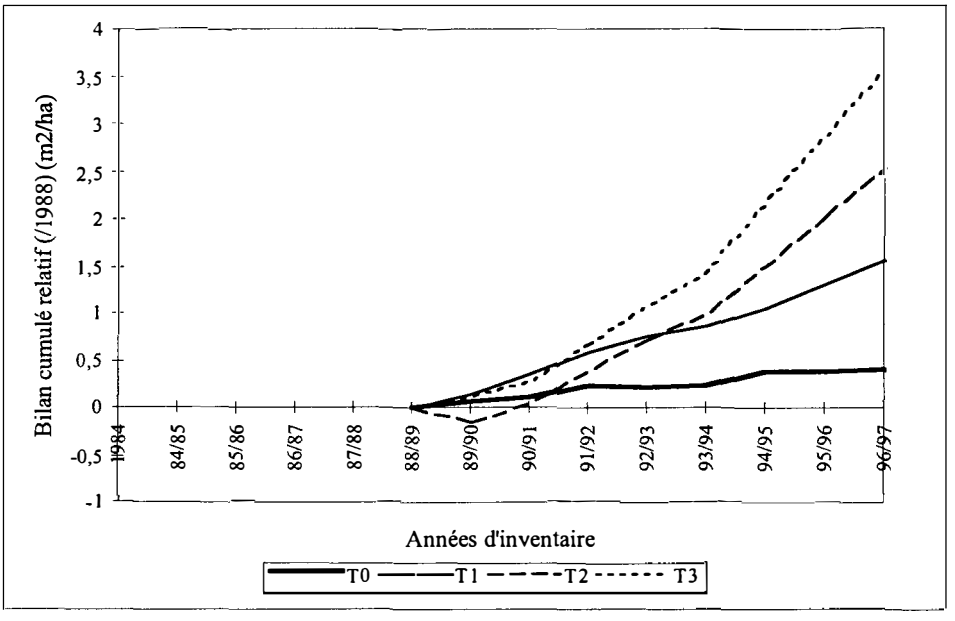


Fig.14. Comparaison des bilans cumulés dans les différents traitements. (a) Cumul à partir de 1984. (b) Cumul relatif à partir de 1988, année prise comme référence "0".

Elle permet de se rendre compte du comportement très dynamique des parcelles du traitement 3, lié à une faible mortalité, un très fort recrutement et de forts accroissements. Le traitement 2 accuse un retard dû à la mortalité, mais dépasse le traitement 1 à partir de 92/93.

Globalement, sur la période 1989-1997, le bilan moyen annuel en surface terrière est de : 0,20 m2/ha (T1), 0,32 m2/ha (T2) et 0,45 m2/ha (T3). On peut, à partir de ces valeurs, se livrer à une estimation grossière de la durée de reconstitution de la surface terrière initiale : en 1989, les différents groupes de parcelles avaient perdu resp. 5,6 m2/ha (T1), 12,6 m2/ha (T2) et 15 m2/ha (T3). Au rythme actuel, il faudrait resp. 28 ans (T1), 39,3 ans (T2) et 33 ans (T3) pour revenir quantitativement (voir remarque plus bas en fin de paragraphe) à l'état initial : il s'agit là, bien sûr, de **durées minimales** puisqu'il n'y a aucune raison (au contraire) pour que les valeurs du bilan annuel restent longtemps à ce niveau. Il est clair également que la période prise pour référence (1989-1997) est totalement arbitraire. Le tableau ci-dessous permet de se faire une idée de la sensibilité de la méthode de calcul à la période prise en compte.

Tableau 12. Calcul de la durée de reconstitution de la surface terrière initiale en prenant en compte différentes périodes de référence. La durée indiquée est un **minimum**.

Période de référence	Bilan moyen annuel (m2/ha)			Perte en surface terrière entre 1984 et le début de la période de calcul (m2/ha)			Temps minimum écoulé avant retour (quantitatif) à l'état initial (années)		
Traitement	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1989-1997	**0,20**	**0,32**	**0,45**	**5,6**	**12,6**	**15,0**	**28,0**	**39,3**	**33,0**
1989-1996	0,19	0,29	0,41	5,6	12,6	15,0	29,5	43,4	36,6
1988-1997	0,18	0,16	0,33	5,7	11,5	14,5	31,7	71,9	43,9
1988-1996	0,18	0,12	0,28	5,7	11,5	14,5	31,7	95,8	51,8

Mis à part le cas du traitement 1 dans lequel la dynamique s'est rapidement stabilisée, on constate que selon la période prise en compte pour le calcul on peut obtenir des estimations très différentes du temps de retour à la surface terrière initiale. Nous en avons donné l'explication au § 2.2 : lorsque l'on est trop proche de la fin du traitement, la mortalité induite grève le bilan. Lorsque la période étudiée est trop courte, le potentiel de réaction du peuplement est mal estimé : l'allure actuelle des courbes d'évolution (fig.14 (b)) montre que, dans les traitements 2 et 3, on est encore loin du compte pour pouvoir obtenir des estimations fiables avec cette méthode de calcul.

3.7 - Simulations de la reconstitution du stock des gros individus

La méthode utilisée est décrite au § 2.3, mais comporte quelques spécificités dans la mesure où l'on traite ici non pas d'une espèce mais de l'ensemble des espèces présentes dans le peuplement.

Nous considérons deux cas, selon la valeur du DME : 50 cm, puis 60 cm. Lorsque le DME est fixé à 50 cm, N_0 représente l'effectif réellement exploité (toutes espèces commerciales) entre 1986 et 1987. Dans le cas du traitement 3, il faut alors ré-intégrer à l'effectif d'avenir (individus de moins de 50 cm de diamètre, sur lesquels vont porter les prévisions d'évolution) les individus qui sont exploités pour le bois-énergie. Lorsque le DME est fixé à 60 cm, N_0 représente l'effectif en espèces commerciales réellement exploité de taille correspondante. Dans ce cas, les arbres exploités faisant entre 50 et 60 cm (resp. entre 40 et 60 cm pour T3) sont ré-intégrés à l'effectif d'avenir, dans tous les groupes de parcelles. Il faut noter que les taux de dégâts observés sont alors légèrement surestimés (puisqu'ils se rapportent à une exploitation touchant potentiellement des arbres de plus de 50 cm).

Dans tous les cas, on affecte au groupe T0 l'effectif exploité de T1.

Les paramètres utilisés dans les simulations sont récapitulés au tableau 13. Les résultats sont présentés dans l'annexe 2, tableaux a1 à a4 (DME de 50 cm), a5 à a8 (DME de 60 cm) et illustrés sur les figures 14(bis) et 14(ter) ci-dessous.

Tableau 13. Paramètres utilisés pour les simulations du taux de reconstitution des gros diamètres dans le peuplement global.

Paramètres	**Scénario 1**	**Scénario 2**	**Scénario 3**	**Scénario 4**
Cas où DME = 50 cm				
ΔD des tiges d'avenir durant les 10 premières années	0,244 cm/an		0,340 cm/an	
ΔD des tiges d'avenir durant les années suivantes	0,188 cm/an		0,244 cm/an	
Mortalité chez les tiges d'avenir	1,38%	1,89%	1,38%	1,89%
Taux de dégâts (1986/1987) observés dans la classe 30-50 cm	T0, T1 : 7,12% ; T2 : 9,57% ; T3 : 10,32%			
Cas où DME = 60 cm				
ΔD des tiges d'avenir durant les 10 premières années	0,283 cm/an		0,426 cm/an	
ΔD des tiges d'avenir durant les années suivantes	0,204 cm/an		0,283 cm/an	
Mortalité chez les tiges d'avenir	1,48%	2,20%	1,48%	2,20%
Taux de dégâts (1986/1987) observés dans la classe 40-60 cm	T0, T1 : 6,26% ; T2 : 7,87% ; T3 : 9,98%			

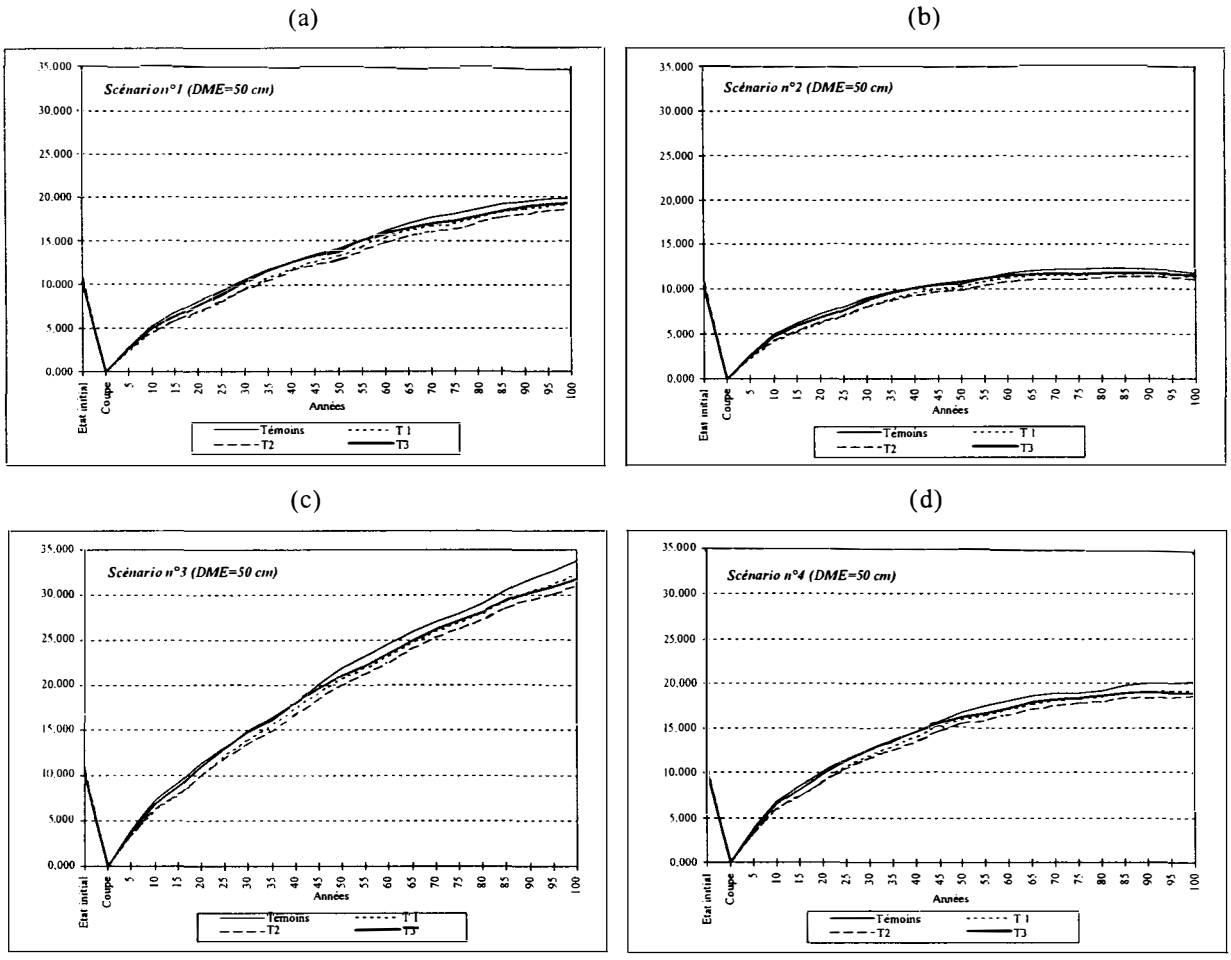


Fig.14(bis). Evolution, après exploitation, des effectifs (toutes espèces confondues) de diamètre supérieur à 50 cm. (a) Cas du scénario 1. (b) Cas du scénario 2. (c) Cas du scénario 3. (d) Cas du scénario 4.

Lorsque l'on travaille toutes espèces confondues, les structures diamétriques sont très comparables d'un groupe de parcelles à l'autre (de même que le niveau des stocks exploités), si bien que leur influence sur les résultats de la simulation est relativement faible : les courbes d'évolution sont pratiquement confondues sur les fig.14(bis) et 14(ter). La situation sera plus contrastée dans le travail espèce par espèce. On observe cependant, selon les groupes (et donc selon leur structure diamétrique initiale), un décalage dans le retour aux valeurs initiales du stock dans tous les scénarios : 30 ans (T0 et T3) contre 40 ans (T2) dans le scénario 1, 40 ans (T0) contre 65 ans (T2) dans le scénario 2, 20 ans (T0 et T3) contre 25 ans (T2) dans le scénario 3, 20 ans (T0) contre 30 ans (T2) dans le scénario 4. Le groupe T2 cumule de forts taux de dégâts et des classes de diamètre intermédiaires un peu moins fournies que celles des autres groupes, ce qui explique son retard systématique.

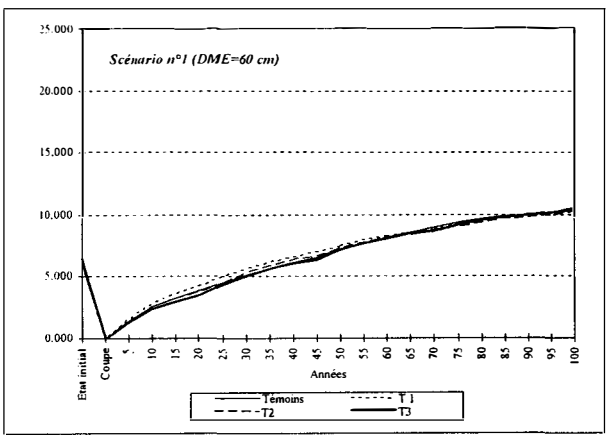
Les deux sources de variation essentielles sont le niveau des accroissements et le niveau de mortalité. A taux de mortalité égal, la mise en oeuvre systématique d'éclaircies dans le peuplement est susceptible d'accélérer de 10 à 15 ans le retour du stock exploité à sa valeur initiale (scénario 1 vs 3), voire de 20 à 35 ans (scénario 2 vs 4) si l'on considère des taux de

mortalité élevés. La prise en compte d'un taux de mortalité élevé a pour effet de décaler le retour au valeurs initiales, de manière plus ou moins importante selon les groupes de parcelles et le régime sylvicole adopté : la pratique des éclaircies limite cette influence.

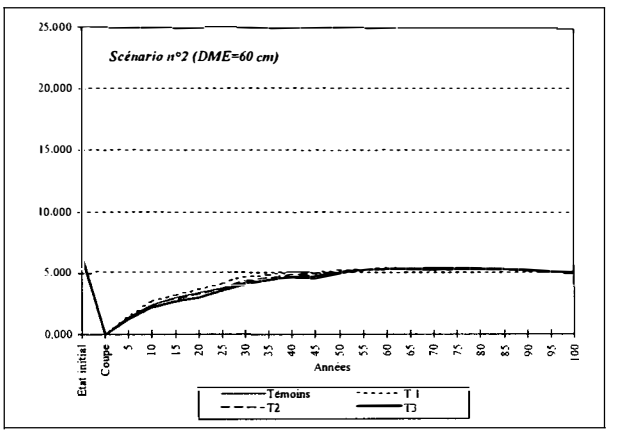
Il faut noter que lorsque les taux de mortalité sont élevés, on voit apparaître, plus ou moins rapidement, un maximum dans la courbe d'évolution des effectifs. En effet, l'évolution résulte de l'interaction effectifs présents / accroissement / mortalité dans les classes de diamètre intermédiaires : si l'on attend trop longtemps, les pertes occasionnées par la mortalité peuvent compenser puis dépasser le recrutement des individus dans les grandes classes de diamètre, d'où l'apparition de ce maximum sur l'importance duquel nous reviendrons lors du travail espèce par espèce.

On peut constater qu'en ce qui concerne le temps de retour aux valeurs initiales du stock exploité, les résultats obtenus dans le cadre du scénario 1 sont en bonne cohérence avec ceux obtenus pour le T1 par la méthode du bilan en surface terrière (voir tableau 12) : 30 à 35 ans selon les groupes de parcelles, et un peu plus optimistes que ceux obtenus par projection du taux actuel de reconstitution (voir tableau 4 : 50 ans environ). Rappelons que l'on travaille **toutes espèces confondues**, et que la reconstitution du stock telle que projetée ici est quantitative et non qualitative : elle ne donne aucune information sur la composition spécifique "à l'arrivée", qui a toutes chances d'être très différente de la composition initiale ("décalage" vers les espèces à croissance rapide).

(a)



(b)



(c)

(d)

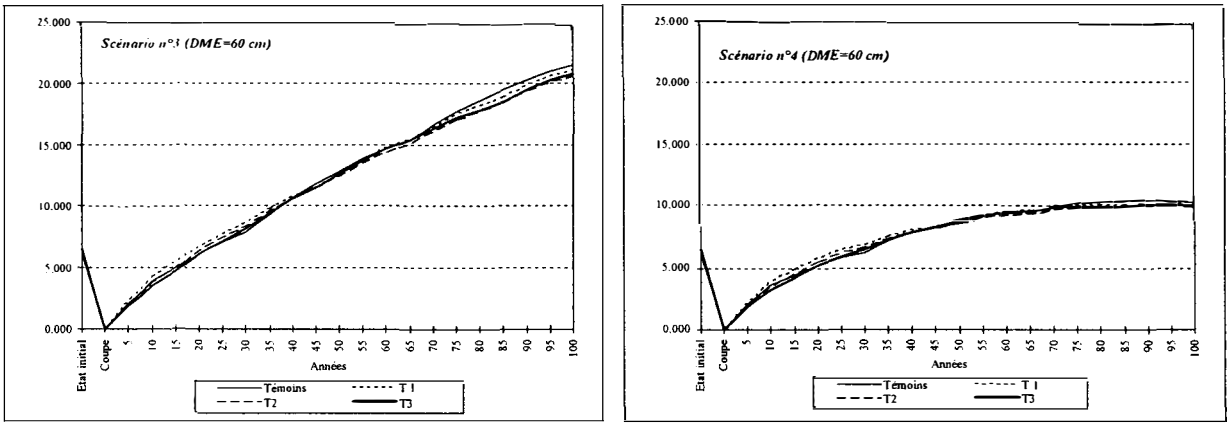


Fig.14(ter). Evolution, après exploitation, des effectifs (toutes espèces confondues) de diamètre supérieur à 60 cm. (a) Cas du scénario 1. (b) Cas du scénario 2. (c) Cas du scénario 3. (d) Cas du scénario 4.

Lorsque l'on augmente la valeur du DME (60 cm au lieu de 50 cm), le retour du stock exploité à sa valeur initiale (en effectifs) se fait avec un léger retard car (*i*) les dégâts subis par la fraction du peuplement susceptible de fournir les tiges d'avenir ont été plus importants que dans le cas précédent et (*ii*) les taux de mortalité observés sont plus élevés. Ceci se traduit en particulier par le fait que dans le scénario 2, où l'on cumule accroissements réduits et mortalité importante, le stock ne se reconstitue jamais : les effectifs d'avenir sont laminés avant d'avoir atteint le seuil des 60 cm de diamètre.

4. Etude de quelques espèces

Nous balayons ci-dessous le comportement de quelques espèces ou groupes d'espèces (nous parlerons par la suite d'EGE, pour simplifier) qui présentent, en Guyane française, un intérêt commercial particulier. Nous n'effectuons pas une étude détaillée de chacune d'elles (même si les quatre premières ont été davantage approfondies que les suivantes) mais nous fournissons plutôt, selon un plan type, une série d'informations chiffrées accompagnée de commentaires plus ou moins brefs.

Le tableau 14 ci-dessous rassemble, pour les 17 EGE concernés, les caractéristiques globales de leur population. Ces informations sont illustrées par la série de graphiques présentée dans les pages suivantes (fig.15 à fig.18).

Tableau 14. Effectif et surface terrière (ramenés à l'hectare) de 17 EGE présentant un intérêt économique particulier en Guyane. Les données proviennent du dispositif de Paracou et sont fournies en 1984 (début de l'expérimentation), 1987 (après exploitation forestière), 1992 et 1997 (resp. 5 ans et 10 ans après exploitation). Les espèces sont classées par ordre d'intérêt décroissant (liste fournie par l'ONF).

Espèce et année	T_0 (parc. 1, 6, 11)		T_1 (parc. 2, 7, 9)		T_2 (parc. 3, 5, 10)		T_3 (parc. 4, 8, 12)	
	N	G (m^2)	N	G(m^2)	N	G(m^2)	N	G(m^2)
Dicorynia guianensis (Angélique)								
1984	6,19	0,605	7,36	0,672	4,80	0,485	9,39	1,014
1987	6,13	0,604	5,92	0,453	4,21	0,367	6,83	0,537
1992	6,29	0,612	6,67	0,479	4,16	0,328	7,09	0,580
1997	6,45	0,629	6,88	0,502	4,69	0,374	7,63	0,636
Qualea rosea + Ruizteriana albiflora (Gonfolos rose et gris)								
1984	11,20	1,509	10,61	1,632	5,55	1,315	10,51	1,940
1987	11,20	1,547	8,37	1,048	2,88	0,398	6,24	0,762
1992	10,88	1,514	8,48	1,067	3,20	0,350	5,87	0,682
1997	10,61	1,577	8,59	1,121	3,63	0,411	6,77	0,734
Carapa procera (Carapa)								
1984	7,95	0,356	6,35	0,253	6,83	0,244	6,08	0,238
1987	7,79	0,362	6,08	0,250	6,19	0,234	4,53	0,177
1987	7,84	0,364	6,51	0,269	6,61	0,268	5,39	0,210
1997	7,52	0,330	6,40	0,285	6,51	0,279	5,97	0,231
Sextonia rubra (Grignon franc)								
1984	2,77	0,408	2,99	0,472	3,15	0,811	2,29	0,578
1987	2,56	0,392	2,29	0,228	1,65	0,160	1,33	0,221
1992	2,35	0,359	2,35	0,241	1,55	0,173	1,01	0,079
1997	2,29	0,376	2,29	0,256	1,49	0,190	0,96	0,071

Espèce et année	T_0 (parc. 1, 6, 11)		T_1 (parc. 2, 7, 9)		T_2 (parc. 3, 5, 10)		T_3 (parc. 4, 8, 12)	
	N	G (m^2)	N	G(m^2)	N	G(m^2)	N	G(m^2)
Vouacapoua americana (Wacapou)								
1984	9,76	0,948	12,75	1,470	13,87	1,342	1,17	0,124
1987	9,55	0,953	11,09	1,202	12,48	1,202	0,91	0,088
1992	9,55	0,961	10,83	1,182	12,32	1,164	1,07	0,095
1997	9,49	0,978	10,56	1,157	12,48	1,217	1,17	0,100
Bocoa prouacensis (Boco)								
1984	13,81	0,688	12,37	0,588	12,80	0,693	14,29	0,793
1987	13,71	0,677	10,72	0,514	11,20	0,576	11,09	0,566
1992	13,44	0,676	10,08	0,505	10,13	0,483	10,56	0,520
1997	13,12	0,653	9,87	0,502	10,03	0,475	10,13	0,492
Peltogyne venosa (Amarante)								
1984	0,213	0,011	0,000	0,000	0,587	0,038	0,053	0,001
1987	0,213	0,012	0,000	0,000	0,533	0,038	0,000	0,000
1992	0,213	0,013	0,000	0,000	0,427	0,023	0,000	0,000
1997	0,267	0,014	0,000	0,000	0,480	0,022	0,053	0,001
Manilkara bidentata (Balata franc)								
1984	1,44	0,117	2,24	0,143	1,39	0,093	1,39	0,105
1987	1,39	0,118	1,87	0,105	1,17	0,076	1,01	0,056
1992	1,33	0,121	2,03	0,119	1,07	0,066	1,12	0,058
1997	1,28	0,130	2,13	0,136	1,07	0,076	1,23	0,069
Goupia glabra (Goupi)								
1984	2,93	0,302	3,63	0,494	1,92	0,335	2,08	0,298
1987	2,93	0,310	2,56	0,337	1,65	0,271	1,65	0,225
1992	2,99	0,327	2,61	0,345	1,28	0,095	1,65	0,162
1997	3,04	0,333	2,77	0,299	1,44	0,110	1,92	0,170
Andira coriacea (Saint-Martin rouge)								
1984	1,12	0,100	1,28	0,124	1,28	0,177	1,49	0,149
1987	1,07	0,093	1,01	0,049	1,07	0,139	1,12	0,082
1992	1,17	0,100	1,07	0,055	1,17	0,062	1,07	0,046
1997	1,12	0,104	1,01	0,058	1,28	0,070	1,23	0,047
Moronobea coccinea + Symphonia globulifera (Manils montagne et marécage)								
1984	16,69	0,813	17,55	0,890	20,16	1,078	12,43	0,837
1987	16,69	0,855	14,61	0,632	17,39	0,881	9,17	0,596
1992	17,07	0,898	14,61	0,695	16,91	0,906	8,75	0,514
1997	16,53	0,899	14,99	0,767	17,28	0,963	8,85	0,524

Espèce et année	T_0 (parc. 1, 6, 11)		T_1 (parc. 2, 7, 9)		T_2 (parc. 3, 5, 10)		T_3 (parc. 4, 8, 12)	
	N	G (m^2)	N	G(m^2)	N	G(m^2)	N	G(m^2)
Virola michelii + V. surinamensis (Virolas)								
1984	2,35	0,122	2,13	0,118	3,79	0,267	3,52	0,276
1987	2,40	0,128	2,03	0,099	2,99	0,167	2,29	0,133
1992	2,45	0,131	2,08	0,114	3,15	0,165	2,35	0,140
1997	2,24	0,130	2,45	0,135	3,57	0,190	2,99	0,167
Caryocar glabrum (Chawari)								
1984	1,92	0,304	1,17	0,108	1,44	0,383	1,71	0,316
1987	1,92	0,307	0,80	0,050	1,01	0,115	1,28	0,267
1992	1,92	0,315	0,69	0,046	0,80	0,066	1,07	0,121
1997	1,87	0,315	0,80	0,050	1,07	0,076	1,07	0,134
Platonia insignis (Parcouri)								
1984	0,907	0,135	0,693	0,086	0,800	0,132	0,747	0,052
1987	0,907	0,138	0,533	0,046	0,587	0,040	0,693	0,053
1992	0,907	0,143	0,533	0,050	0,640	0,046	0,693	0,060
1997	0,853	0,123	0,587	0,054	0,640	0,053	0,747	0,070
Diplotropis purpurea (Coeur dehors)								
1984	0,747	0,054	0,427	0,035	0,373	0,035	0,480	0,077
1987	0,747	0,056	0,267	0,028	0,267	0,010	0,213	0,016
1992	0,747	0,061	0,213	0,023	0,267	0,012	0,267	0,018
1997	0,747	0,065	0,213	0,024	0,267	0,013	0,267	0,019
Tabebuia serratifolia (Ebène verte)								
1984	0,00	0,000	0,373	0,018	0,267	0,035	0,213	0,014
1987	0,00	0,000	0,373	0,010	0,267	0,035	0,213	0,015
1992	0,00	0,000	0,373	0,011	0,160	0,011	0,213	0,016
1997	0,00	0,000	0,427	0,013	0,213	0,013	0,160	0,012
Simarouba amara (Simarouba)								
1984	0,160	0,017	0,267	0,023	0,107	0,004	0,107	0,011
1987	0,160	0,017	0,213	0,010	0,107	0,004	0,053	0,010
1992	0,107	0,016	0,480	0,017	0,107	0,008	0,107	0,013
1997	0,107	0,017	0,747	0,042	0,480	0,018	0,480	0,026

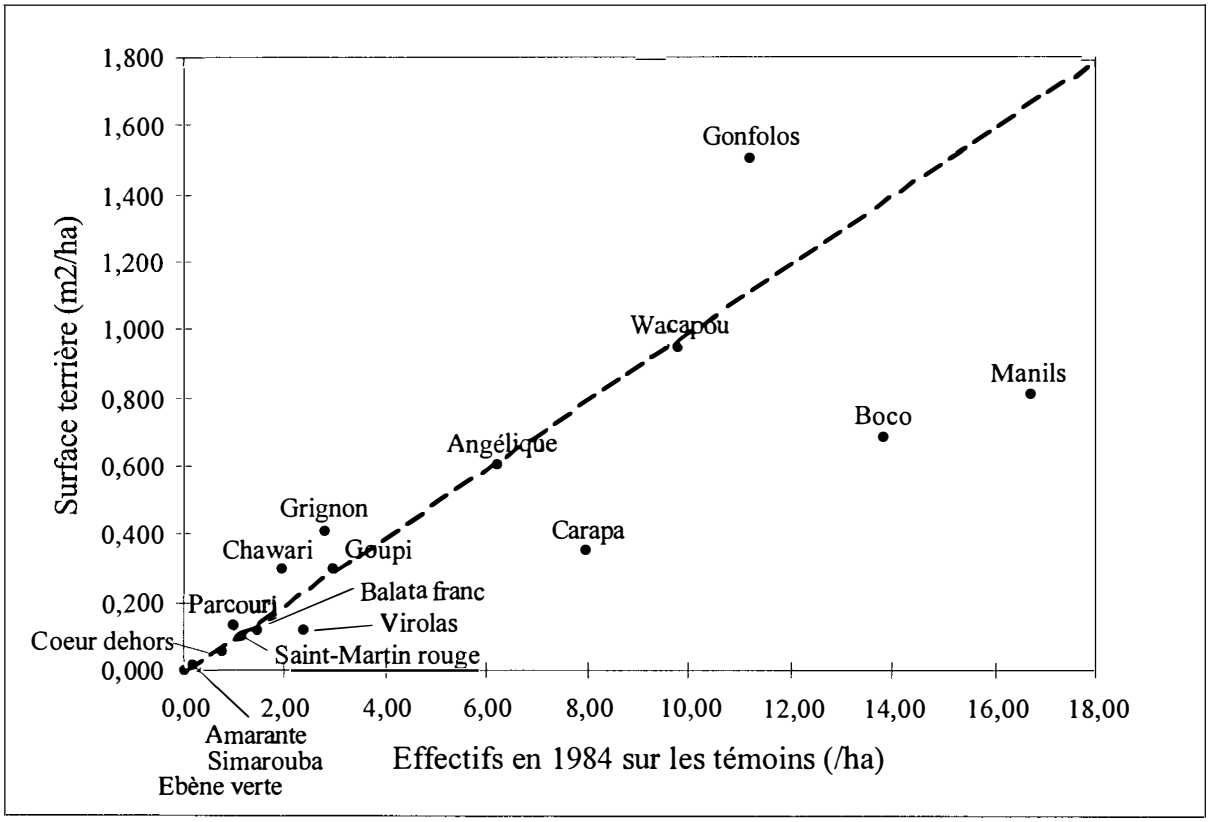
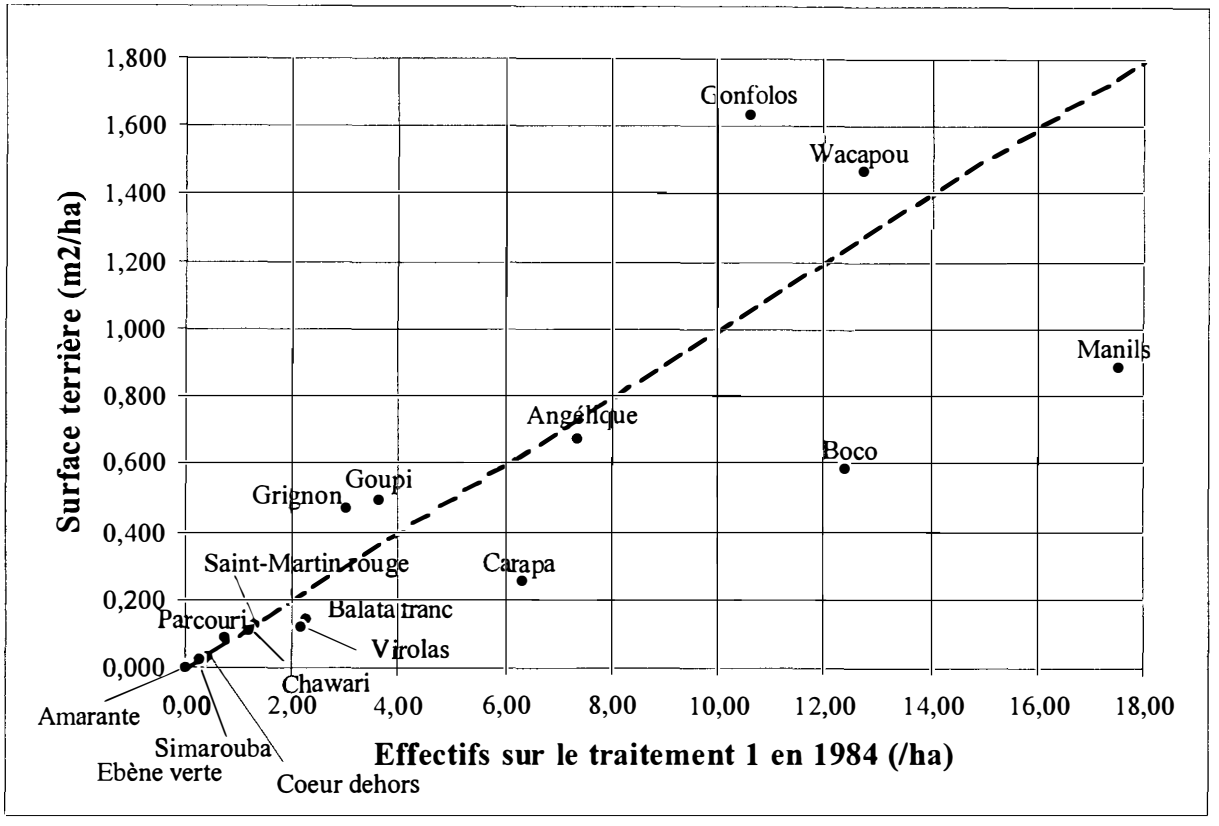


Fig.15. Importance relative des différentes espèces (ou groupes d'espèces) étudiées dans le peuplement des parcelles témoins à Paracou. Chaque espèce est représentée en fonction de l'effectif et de la surface terrière (ramenés à l'hectare) de sa population.

(a)



(b)

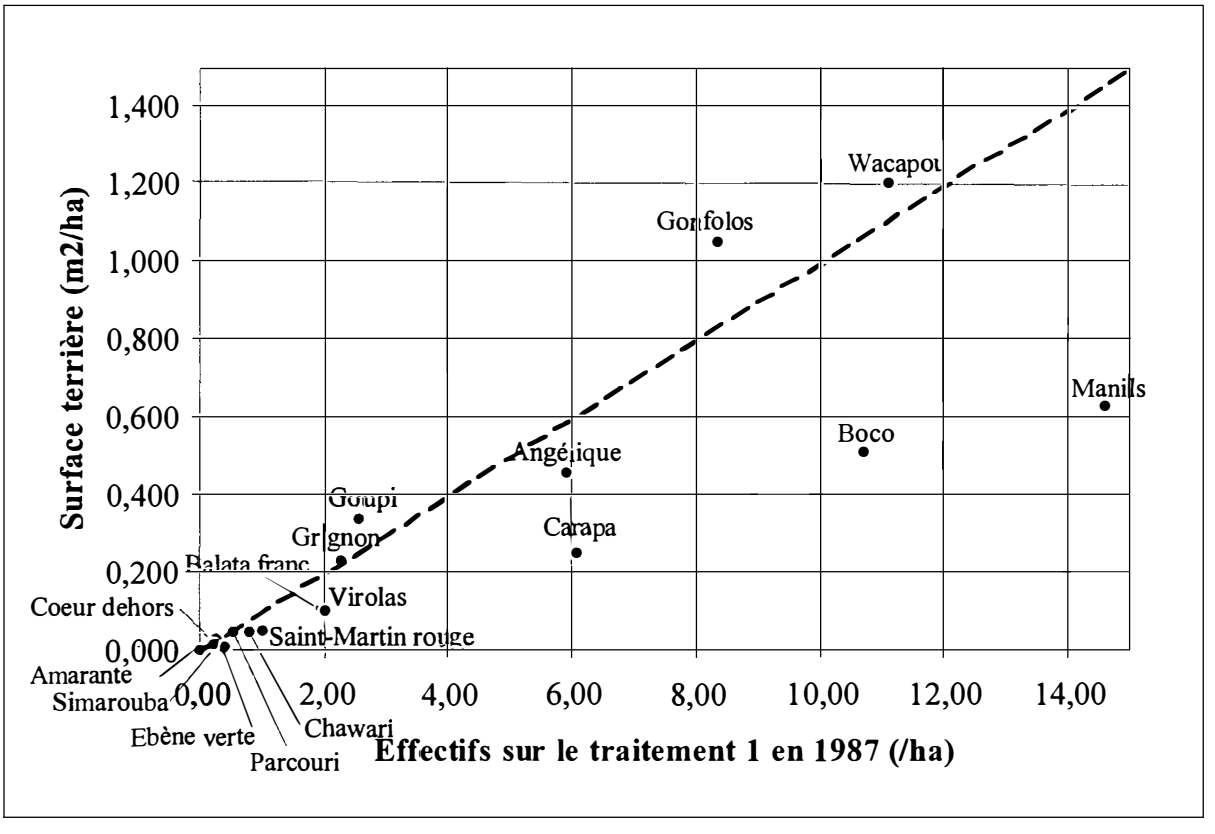
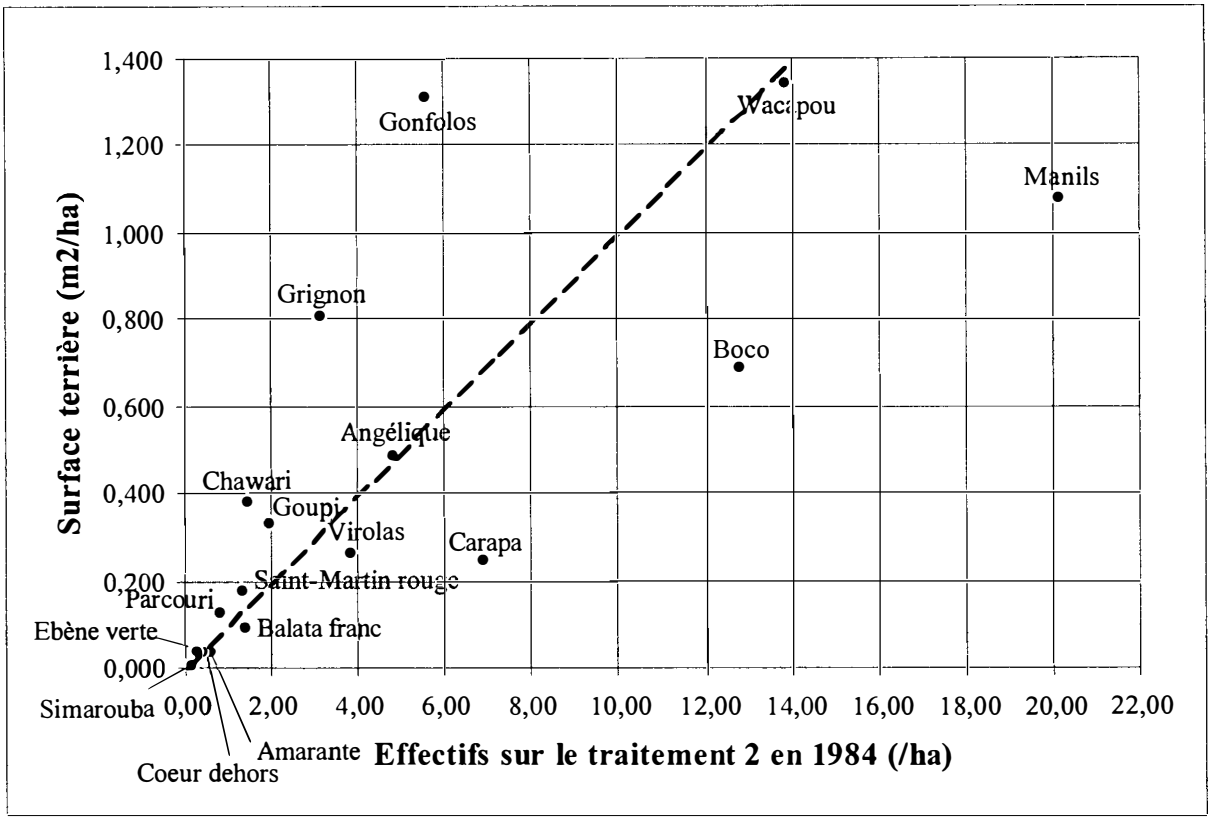


Fig.16. Importance relative des différentes espèces (ou groupes d'espèces) étudiées dans le peuplement des parcelles de T1 à Paracou. Chaque espèce est représentée en fonction de l'effectif et de la surface terrière (ramenés à l'hectare) de sa population en 1984 (a) puis en 1987 (b), juste après exploitation.

(a)



(b)

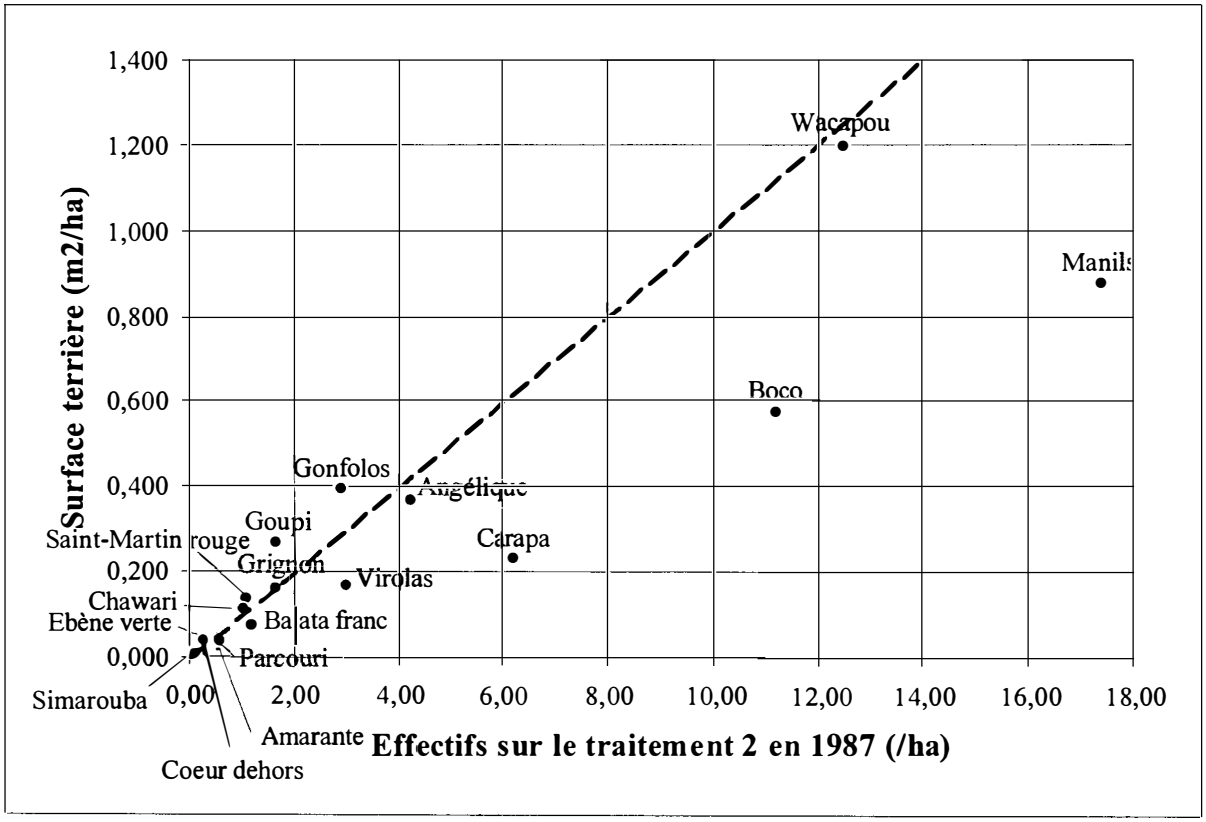
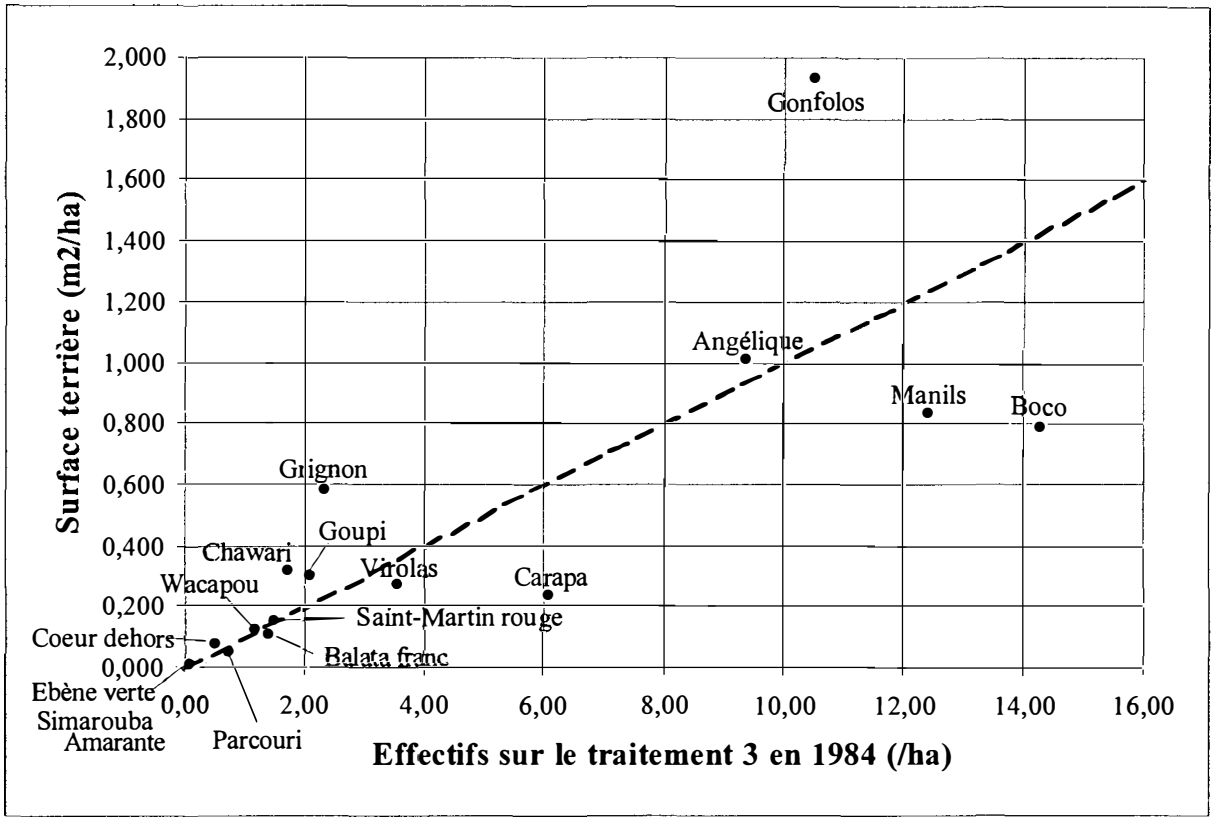


Fig.17. Importance relative des différentes espèces (ou groupes d'espèces) étudiées dans le peuplement des parcelles de T2 à Paracou. Chaque espèce est représentée en fonction de l'effectif et de la surface terrière (ramenés à l'hectare) de sa population en 1984 (a) puis en 1987 (b), juste après exploitation.

(a)



(b)

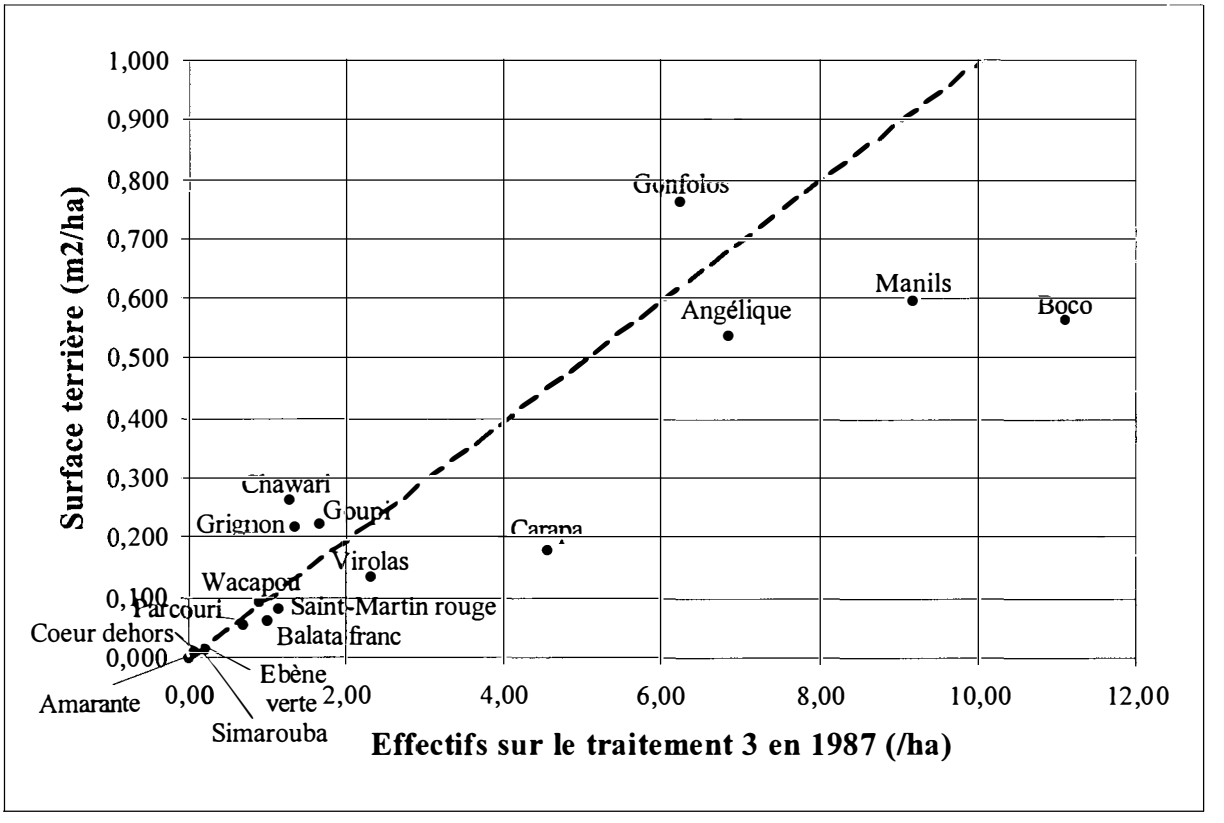


Fig.18. Importance relative des différentes espèces (ou groupes d'espèces) étudiées dans le peuplement des parcelles de T3 à Paracou. Chaque espèce est représentée en fonction de l'effectif et de la surface terrière (ramenés à l'hectare) de sa population en 1984 (a) puis en 1987 (b), juste après exploitation.

Ces 17 EGE présentent des statuts variés au sein du peuplement. On voit, sur les différents graphiques, qu'elles se répartissent de part et d'autre d'une droite d'équation $ST = 10^{-1} * eff$ (ST : surface terrière, eff : effectif) qui sépare, grossièrement, les espèces pouvant atteindre de grands diamètres (les individus adultes atteignent la canopée, voire en émergent comme les Gonfolos), des espèces caractérisées par des individus de plus petite taille et qui demeurent généralement dans les strates inférieures. Les espèces les plus importantes en effectif sont, dans la plupart des groupes de parcelles, les Manils, le Boco, les Gonfolos, le Wacapou, l'Angélique et le Carapa : plus de 6 individus/ha pour chacun, dans les peuplements intacts (jusqu'à 20 individus/ha pour les Manils), avec une exception notable pour le Wacapou, pratiquement absent du T_3. Gonfolos et Wacapou représentent les surfaces terrières les plus importantes. Au total, en 1984, ce groupe d'EGE représente resp. 10,5%, 11,1%, 10,3% et 8,6% des effectifs et 15,9%, 18%, 16,2% et 15,4% de la surface terrière en T_0, T_1, T_2 et T_3. On trouve ensuite un groupe d'espèces relativement peu abondantes (entre 1 et 4 individus/ha) qui sont : le Goupi, le Grignon, les Virolas, le Balata franc, le Chawari, le Saint-Martin rouge, le Parcouri. Le Grignon est caractérisé par de fortes surfaces terrières, en particulier dans le T_2, c'est également le cas du Goupi et, souvent, du Chawari : en 1984, ces espèces possèdent de gros individus qui vont disparaître avec l'exploitation.

Enfin, les espèces Coeur dehors, Amarante, Ebène verte et Simarouba sont la plupart du temps représentées de manière anecdotique dans les parcelles : en 1984, on en comptait 21, 20, 25 et 16 au total dans chaque traitement. Avec le Saint-martin rouge et le Parcouri, nous les traiterons à titre d'information, mais de manière plus succincte que les autres : il est difficile de tirer des conclusions valables sur le comportement de telles espèces.

En 1987, l'exploitation a eu pour effet de fortement rapprocher, voire de faire « passer » la plupart des espèces qui présentaient des surfaces terrières élevées « sous » la droite $ST = 10^{-1} * eff$, du fait de l'élimination de la plupart des gros diamètres.

4.1. *Dicorynia guianensis* (Caesalpiniaceae)

4.1.1. Effectifs et surface terrière

L'évolution de cette espèce dans les différents groupes de parcelles, en effectifs et en surface terrière, est illustrée figure 19.

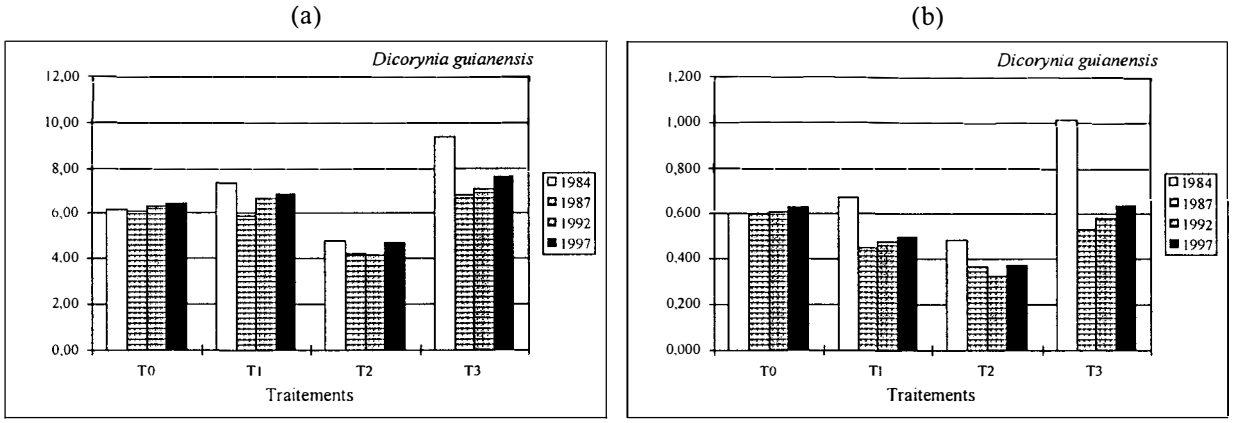


Fig.19. Evolution des effectifs (a) et de la surface terrière (b) des populations d'Angélique dans les différents traitements.

L'espèce est présente dans tous les traitements, un peu moins en T_2, un peu plus en T_3. Elle représente, en 1984, 0,8% (T_2) à 1,5% (T_3) des effectifs vivants sur les parcelles, et 1,5% (T_2) à 3,2% (T_3) de la surface terrière. A la suite de l'exploitation, les effectifs chutent légèrement en T_1 et T_2, davantage en T_3 qui comportait plus de gros individus (-19%) (cf. paragraphe suivant, fig.20). Les surfaces terrières diminuent nettement puisque ce sont précisément ces gros individus qui disparaissent (de -23% en T_2 à -43% en T_3). La représentation au sein du peuplement change peu en 1987, sauf dans le T_3, où la proportion en surface terrière tombe à 2,5%.

4.1.2. Structure diamétrique

La figure 20 montre l'évolution de la structure diamétrique dans les différents traitements (voir également le tableau a9 en annexe 1). On voit qu'il existe des différences notables entre groupes de parcelles avant exploitation : petites classes de diamètre bien représentées en T_1 et T_3, nombreux gros individus en T_3, structure assez "plate" en T_2. Ces histogrammes traduisent plus ou moins la structuration de l'espèce en agrégats de taille inférieure au demi-hectare, présentant eux-mêmes des distributions diamétriques très hétérogènes. L'exploitation a supprimé la plupart des arbres de plus de 60 cm (les rares rescapés, généralement mal conformés, ont été dévitalisés l'année suivante dans les traitements 2 et 3), en faisant, du fait du comportement agrégatif de cette espèce, des dégâts assez importants dans les petites classes de diamètre : voir fig.20 (b) et (d).

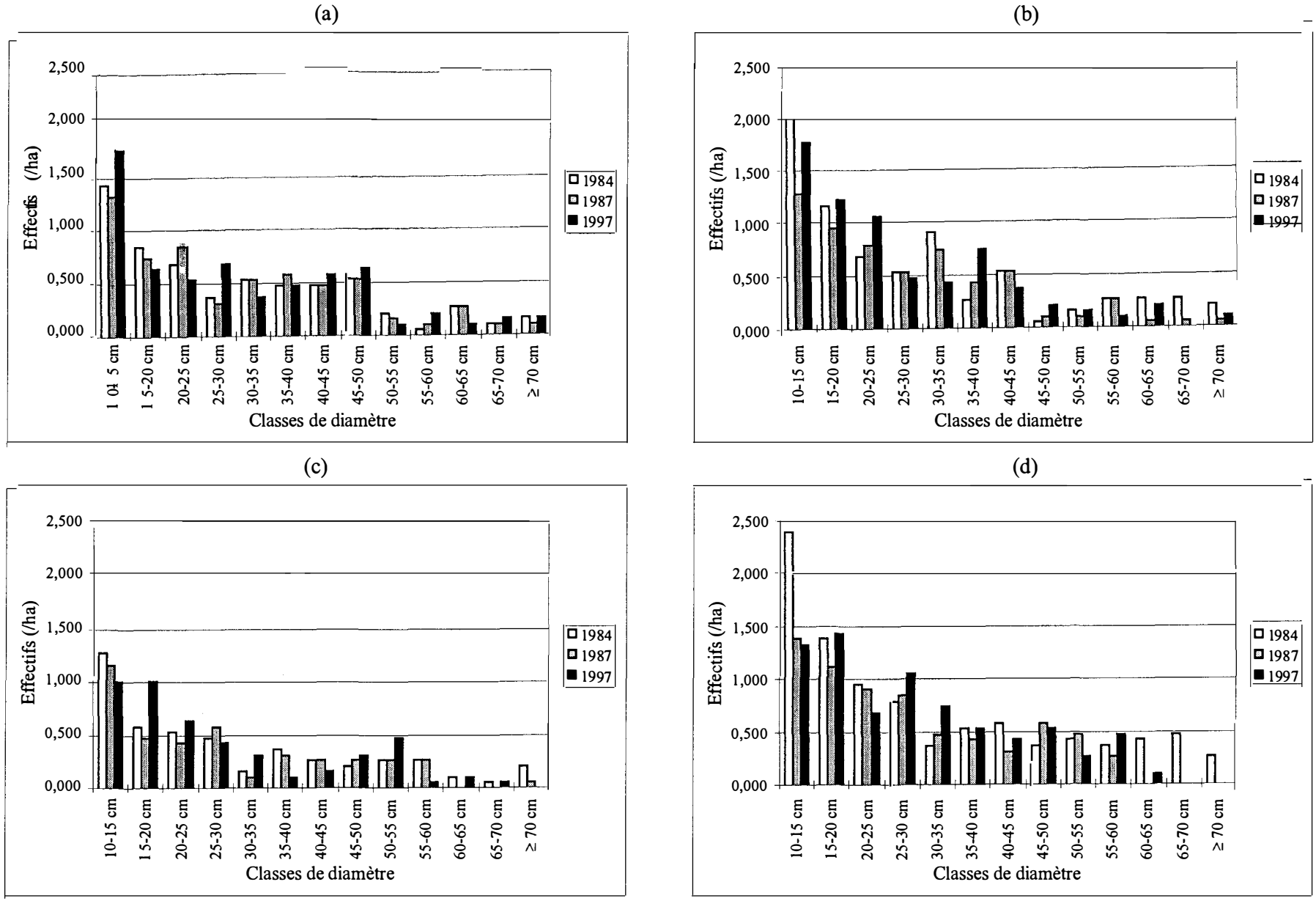


Fig.20. Evolution de la structure diamétrique de la population de *Dicorynia guianensis* dans les différents groupes de parcelles. (a) Parcelles témoins. (b) Parcelles du traitement 1. (c) Parcelles du traitement 2. (d) Parcelles du traitement 3.

Le calcul, selon la formule [1] (cf. § 2.1), du taux de reconstitution du stock des individus exploités a été réalisé en prenant en compte les angéliques dès 50 cm de diamètre, à titre informatif. En toute rigueur, il faut travailler à partir de 60 cm puisque c'est le diamètre qui a été retenu pour l'exploitation à Paracou. Les résultats sont présentés, avec ceux des autres EGE, dans le tableau a48 en annexe 1.

Dans le traitement 1, on a récupéré en 1997 entre 8 et 27% (selon que l'on s'intéresse aux plus de 50 cm ou aux plus de 60 cm) des effectifs perdus au moment de l'exploitation. En supposant que ce rythme se maintienne, le "stock" des plus de 50 cm se reconstituerait en 120 ans et celui des plus de 60 cm en 37 ans environ. Comme nous l'avons souligné au § 2.1, ces calculs sont basés sur l'hypothèse d'un maintien à l'identique du passage de nouveaux individus dans les classes concernées : en pratique, 1 individu en 10 ans sur l'ensemble du traitement (0,053 /ha) passant au-dessus de 50 cm de diamètre et 3 individus passant au-dessus de 60 cm (0,161 /ha). L'irrégularité de la structure diamétrique influence clairement le calcul : dans le deuxième cas, on aboutit à une durée de reconstitution manifestement sous-estimée (voir le § 4.1.6 plus loin).

Les durées de reconstitution calculées selon cette méthode ont tendance à être plus courtes pour T2 et plus longues pour T3 (relativement à T1) : ceci tient à l'intensité de l'exploitation initiale (forte en T3, faible en T2).

4.1.3. Recrutement et mortalité

Le tableau a10 en annexe 1 présente les données de recrutement et de mortalité en effectifs absolus, ainsi qu'en pourcentage de la population d'Angélique présente en début de période considérée. En effectifs absolus, le recrutement est chaque année plus important dans les parcelles traitées que dans les parcelles témoins : ceci se traduit sur la représentation en effectifs cumulés de la fig.21(a), page suivante. On observe là à la fois un effet du traitement et un effet des caractéristiques des agrégats présents au départ : en effet, on constate (*i*) un recrutement beaucoup plus important en T_1 (essentiellement sur la période 88/91) que dans les autres groupes de parcelles, pour un effectif de départ de la population identique à celui du témoin ; (*ii*) un recrutement intermédiaire et équivalent en T_2 et T_3 qui possédaient un effectif de départ l'un faible et l'autre important.

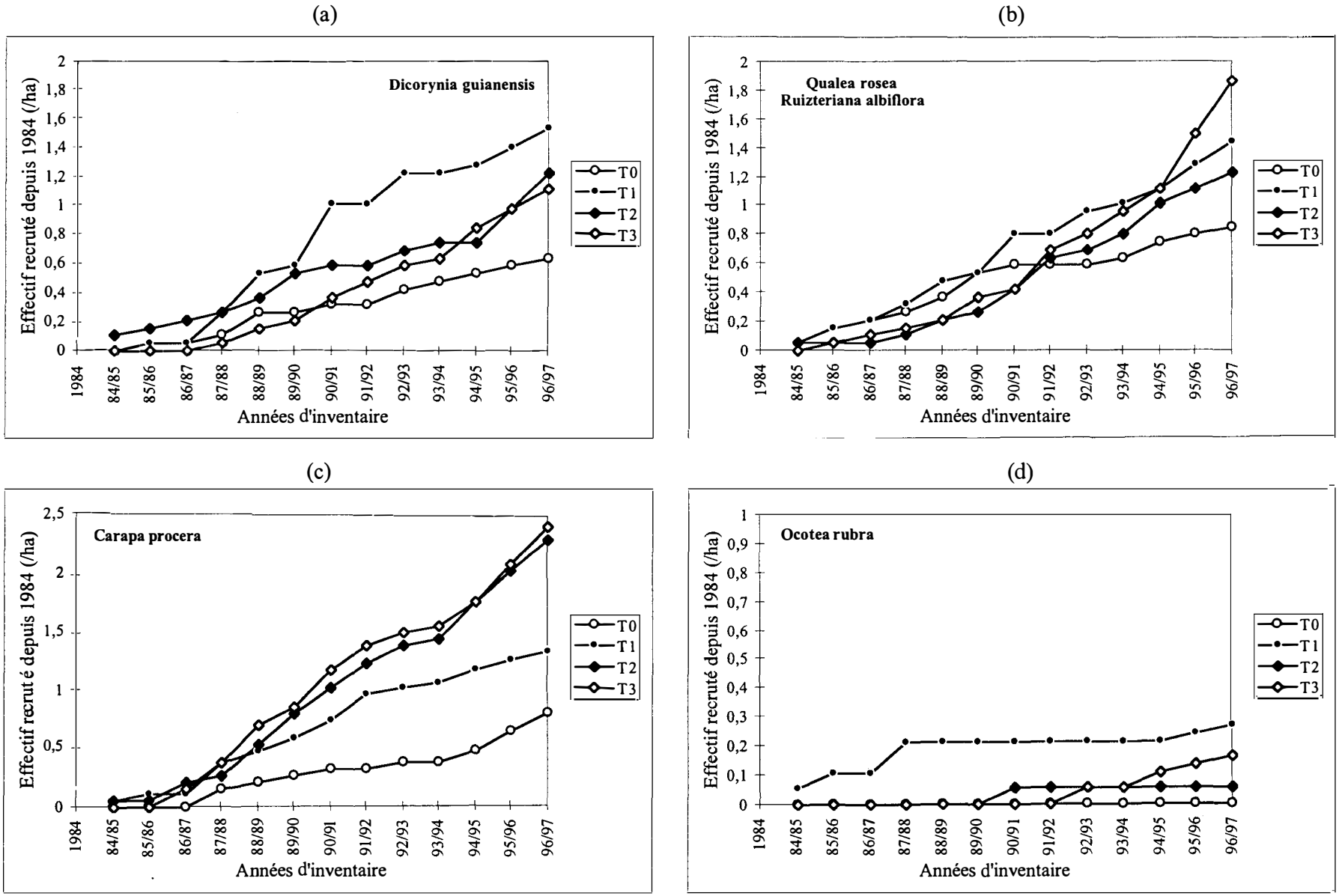


Fig.21. Recrutement cumulé depuis 1984, en fonction des traitements : (a) chez *Dicorynia guianensis* ; (b) chez *Ruizteriana albiflora* + *Qualea rosea* ; (c) chez *Carapa procera* ; (d) chez *Sextonia rubra*. NB : l'échelle de l'axe des ordonnées varie selon les graphiques.

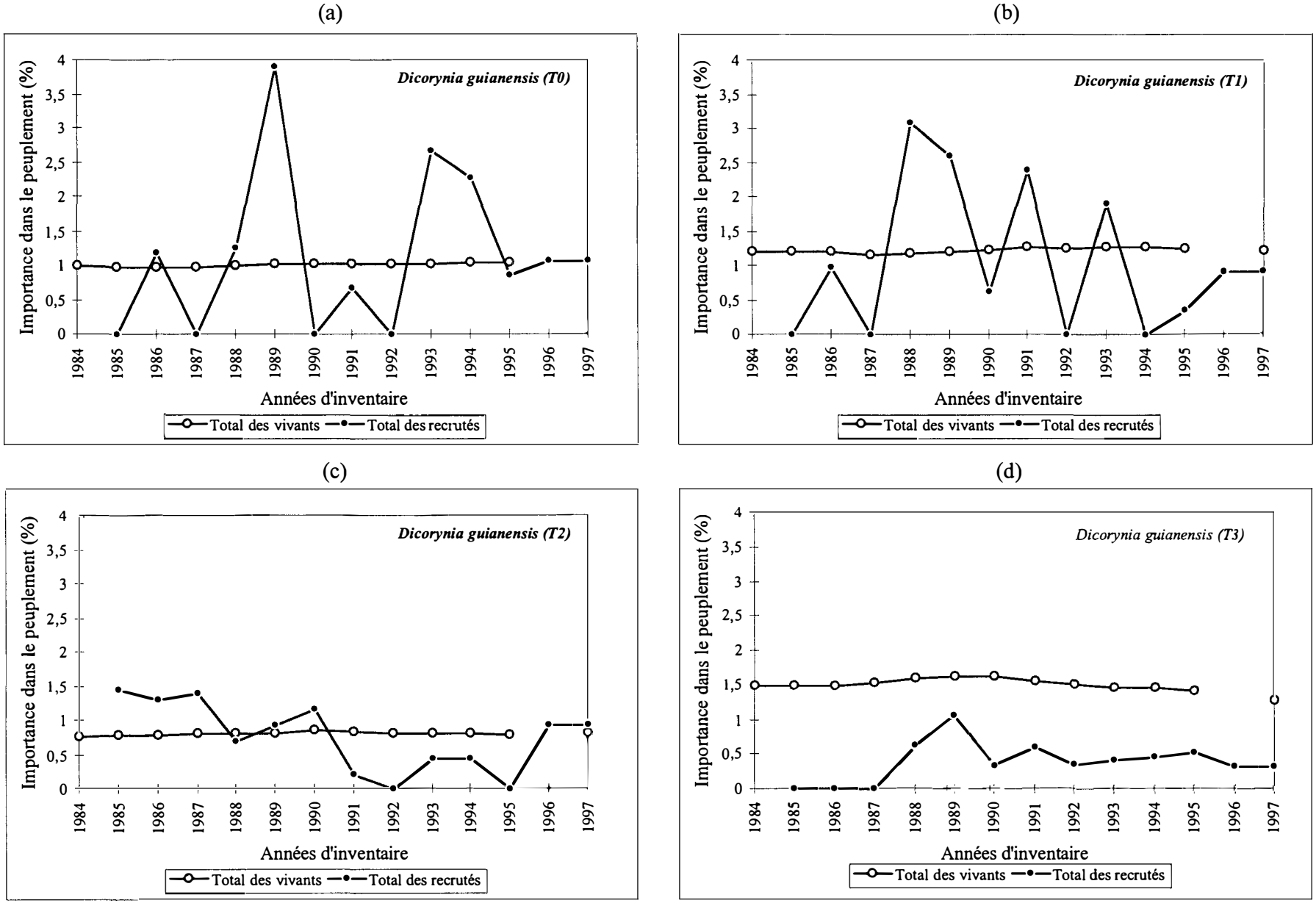


Fig.22. Evolution de l'importance de l'espèce *Dicorynia guianensis* dans le peuplement total et dans le peuplement recruté. (a) Dans les parcelles témoins. (b) Dans les parcelles du traitement 1. (c) Dans les parcelles du traitement 2. (d) Dans les parcelles du traitement 3.

Ces comportements apparemment contradictoires peuvent s'interpréter par l'existence d'un fort potentiel de tiges en-dessous de 10 cm de diamètre (davantage en T_1 qu'en T_2), qui ont profité de la mise en lumière dans les agrégats, avec un plus aux traitements les moins destructeurs (T_1 et T_2 par rapport à T_3). Au total, sur 13 ans, ce sont entre 1 et 1,5 individus/ha qui ont été recrutés dans les différentes parcelles traitées.

La fig.22 compare l'évolution de l'importance de l'espèce dans le peuplement et dans le recrutement, en fonction des traitements. En T_0, la part de l'Angélique dans le recrutement est conforme à ce qu'elle est dans le peuplement total, avec des fluctuations autour d'une valeur moyenne de 1%, très stable dans le temps (note : entre 1988 et 1990, le pic de recrutement s'observe dans toutes les parcelles, indépendamment du traitement). En T_1, les recrutements "importants" intervenus au lendemain de l'exploitation ont eu pour effet d'augmenter légèrement la représentation de l'espèce dans le peuplement. En T_2, la proportion de l'Angélique dans le recrutement chute à partir de 1991 : ceci peut-être rapproché de l'apparition plus massive des espèces héliophiles (voir fig.10 et, plus généralement, le § 2.4) qui, d'une manière générale, réduisent la part occupée par toutes les espèces présentes dans le peuplement initial. En T_3, deux phénomènes se conjuguent : avant traitement, la population ne recrutait pas (du moins sur deux ans), ce qui peut être lié aux fortes densités observées sur les parcelles concernées (voir tableau 3). L'ouverture du peuplement a permis à de nouvelles tiges de passer le seuil de précomptage, mais l'apparition des héliophiles en quantité importante à partir de 90/91 a maintenu la proportion de l'espèce dans le recrutement à un niveau faible (la proportion de l'Angélique dans le peuplement total diminue à partir de 1990).

La mortalité (voir tableau a10 en annexe 1) est présentée toutes causes confondues. Sur les parcelles témoins, elle concerne un individu (0,053 / ha) tous les deux à trois ans sur l'ensemble de la surface. Sur les parcelles traitées, une fois passé le pic d'exploitation qui voit la disparition de resp. 1,4 individus, 0,8 individus et 2,5 individus / ha tous diamètres confondus en T1, T2 et T3, la mortalité retrouve des valeurs faibles et erratiques (entre 0,053 et 0,107 individus à l'hectare certaines années, suivies d'années sans mortalité). La fréquence et l'amplitude du phénomène paraissent toutefois plus importants en T2 et en T1 (les résultats sont difficiles à interpréter en l'absence d'un examen plus poussé des données).

Le taux de mortalité moyen sur la période 1988/1989 à 1996/1997 a été estimé à l'aide de la formule [4] (cf. § 2.3). Les calculs ont été effectués tous diamètres confondus, mais également pour la fraction de la population dont le diamètre est compris entre 40 et 60 cm : dans ce cas, seule la mortalité naturelle est prise en compte et toutes les campagnes disponibles (1984/1985 à 1996/1997) sont utilisées. Ceci permet, a priori, d'obtenir une meilleure estimation et d'intégrer les déséquilibres liés aux traitements sylvicoles : ces derniers taux étant ceux que nous utilisons par la suite dans les simulations, il était intéressant d'obtenir la vision la plus "pessimiste" possible. Les résultats obtenus sont les suivants.

Tableau 15. Taux de mortalité moyens observés chez *Dicorynia guianensis*. Tous diamètres : entre 1988/1989 et 1996/1997. 40-60 cm : entre 1984/1985 et 1996/1997.

Classes de diam. / traitements	T_0	T_1	T_2	T_3
Tous diamètres	0,38 %	0,73 %	0,85 %	0,42 %
40-60 cm de diamètre	0,90 %	2,09 %	1,22 %	0,75%

Les traitements 1 et 2 sont bien les plus touchés par la mortalité, et on constate par ailleurs que la mortalité dans les grandes classes de diamètre est nettement supérieure à la moyenne observée sur l'ensemble de la population.

4.1.4. Accroissements

Les accroissements moyens annuels enregistrés sur l'Angélique sont présentés dans le tableau 16, lui-même illustré par les figures 23 et 24 pages suivantes.

La fig.23 montre que, contrairement à ce que l'on observait toutes espèces confondues (cf. fig.11), les accroissements les plus forts sont le plus souvent enregistrés dans les classes de diamètre intermédiaires : entre 20 et 50 cm de diamètre. **Avant traitement**, une ANOVA à un facteur "classe de diamètre" réalisé par groupe de parcelles isole la plupart du temps ces trois classes (20-30, 30-40 et 40-50), la première et les deux dernières classes présentant sauf exception les accroissements les plus faibles.

Après la période des interventions, les accroissements paraissent stimulés dans tous les traitements. Entre 1989 et 1991, ils sont en moyenne multipliés par 1,8 (en T_1), 1,9 (en T_2), 1,6 (en T_3) par rapport aux valeurs observées avant traitement. Dans tous les traitements, y compris dans le groupe des témoins, la période 1991-1993 est caractérisée par une diminution des accroissements (pas d'explication particulière ???) : x 1,6 (T1), x 1,6 (T2) et x 1,4 (T3), puis ils ré-augmentent sur la période 1993-1995 sauf en T3. En T2, le niveau atteint est proche de celui de 1988-1991. La dernière période (1995-1997) est marquée par un fléchissement net des accroissements dans tous les traitements : le facteur multiplicatif passe à 1,4 (T_1), 1,6 (T_2) et 1,3 (T_3) respectivement. Ces valeurs moyennes cachent bien entendu des disparités entre classes de diamètre : les plus fortes stimulations ont été enregistrées dans la première classe (x 3,2 dans le T2 en 1988-1991), faisant souvent disparaître l'effet "classe" qui existait avant traitement.

Tableau 16. Evolution des accroissements moyens annuels de l'Angélique à Paracou. Les calculs ont été effectués sur des individus ne présentant aucune anomalie sur la circonférence. N représente l'effectif sur lequel le calcul a été effectué. ΔD est l'accroissement moyen annuel calculé sur une période de deux ans (cm/an). L'indice accolé à N et ΔD indique le traitement concerné.

1984/1986								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	42	0,199	60	0,119	34	0,152	71	0,176
20-30	20	0,243	21	0,341	19	0,264	33	0,362
30-40	19	0,343	22	0,326	10	0,509	17	0,290
40-50	18	0,243	10	0,366	9	0,460	17	0,412
50-60	5	0,143	7	0,341	10	0,279	11	0,456
>=60	9	0,239	12	0,192	7	0,227	20	0,223
Moyenne		**0,239**		**0,226**		**0,267**		**0,271**
1989/1991								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	41	0,148	50	0,387	32	0,430	43	0,357
20-30	23	0,298	21	0,409	18	0,482	32	0,537
30-40	21	0,341	23	0,415	7	0,728	20	0,481
40-50	19	0,222	11	0,521	8	0,756	15	0,499
50-60	4	.	6	0,279	7	0,477	9	0,389
>=60	8	0,269	2	.	2	.	1	.
Moyenne		**0,236**		**0,404**		**0,513**		**0,447**
1991/1993								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	42	0,155	55	0,354	34	0,494	46	0,377
20-30	23	0,308	25	0,414	19	0,465	28	0,503
30-40	17	0,220	20	0,326	3	.	23	0,370
40-50	22	0,210	11	0,391	12	0,458	15	0,302
50-60	4	.	6	0,398	7	0,205	12	0,212
>=60	8	0,060	3	.	2	.	1	.
Moyenne		**0,200**		**0,368**		**0,452**		**0,379**

1993/1995								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	44	0,161	57	0,370	34	0,461	46	0,348
20-30	23	0,308	25	0,395	18	0,451	33	0,381
30-40	17	0,267	22	0,387	6	0,769	25	0,369
40-50	20	0,227	10	0,382	12	0,683	16	0,298
50-60	5	0,223	5	0,366	7	0,318	13	0,294
>=60	8	0,189	4	.	2	.	1	.
Moyenne		**0,221**		**0,379**		**0,504**		**0,349**
1995/1997								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	45	0,154	53	0,297	33	0,427	50	0,298
20-30	23	0,336	28	0,333	18	0,345	31	0,408
30-40	15	0,249	21	0,311	5	0,557	25	0,430
40-50	23	0,315	12	0,391	11	0,521	17	0,262
50-60	5	0,366	5	0,366	9	0,442	13	0,306
>=60	8	0,229	4	.	2	.	2	.
Moyenne		**0,246**		**0,320**		**0,432**		**0,344**

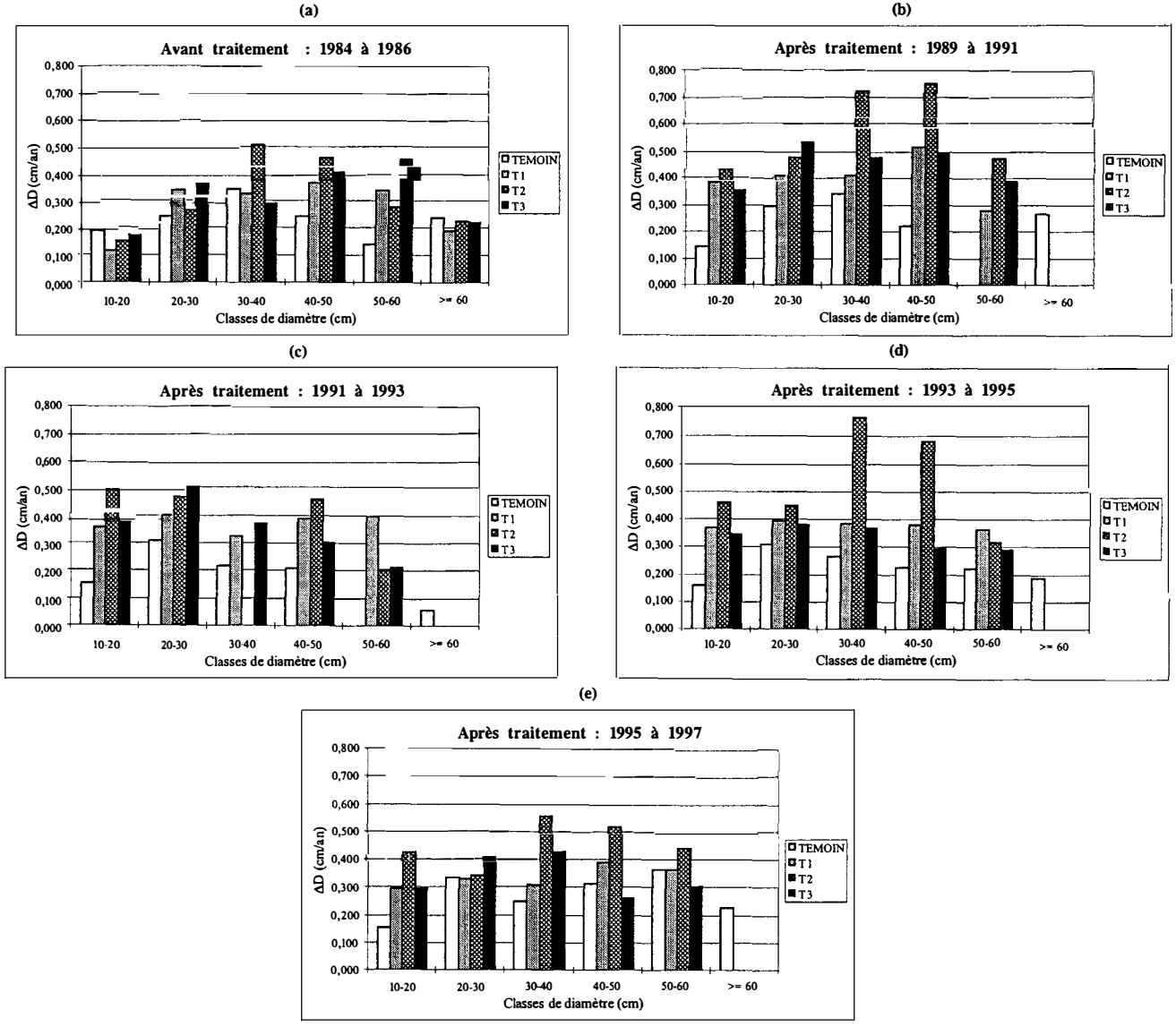


Fig.23. Accroissement moyen annuel (représenté par périodes de deux ans) en diamètre des individus de *Dicorynia guianensis* ne présentant pas d'anomalie de circonférence. (a) Période 1984/1986 ; (b) période 1989/1991 ; (c) période 1991/1993 ; (d) période 1993/1995 ; (e) période 1995/1997. NB : les ΔD calculés dans les deux dernières classes de diamètre le sont sur un effectif très réduit (en particulier dans les parcelles traitées) et doivent être considérés avec prudence.

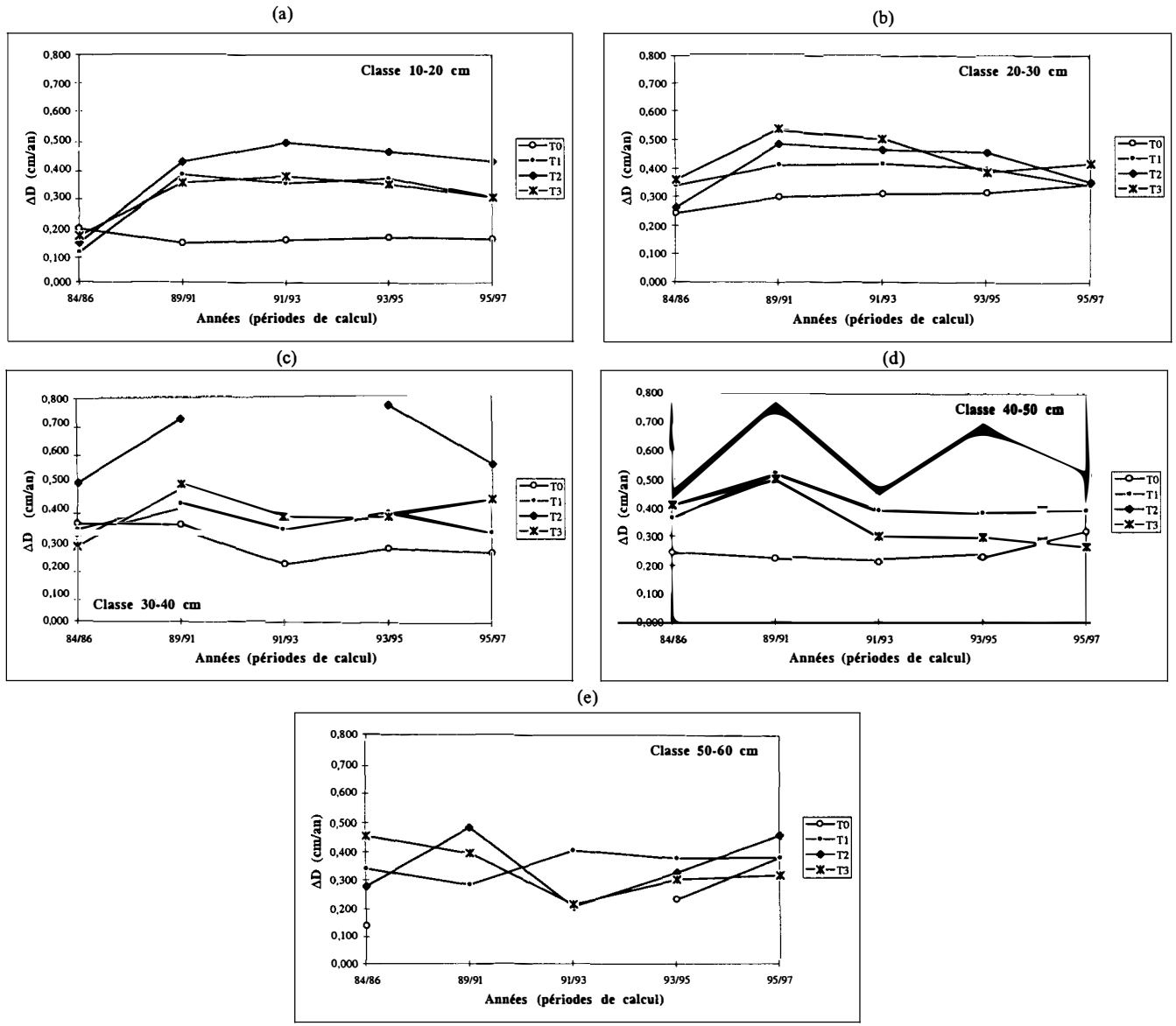


Fig.24. Accroissement moyen annuel (représenté par périodes de deux ans) en diamètre des individus de *Dicorynia guianensis* ne présentant pas d'anomalie de circonférence. (a) classe de diamètre 10-20 cm ; (b) classe de diamètre 20-30 cm ; (c) classe de diamètre 30-40 cm ; (d) classe de diamètre 40-50 cm ; (e) classe de diamètre 50-60 cm. NB : les ΔD calculés dans la dernière classe de diamètre le sont sur un effectif très réduit (en particulier dans les parcelles traitées) et doivent être considérés avec prudence.

Tous diamètres confondus, il n'existe pas sur la période 1984-1986 d'effet "groupe de parcelles". Par contre, une ANOVA à un facteur "traitement" met en évidence un effet de ce dernier, après intervention et quelle que soit la période envisagée, y compris la dernière. Une comparaison multiple de moyennes permet d'isoler, systématiquement, le groupe des témoins (accroissements les plus faibles), le groupe T1/T3 (accroissements intermédiaires : il n'existe pas de différence significative entre T1 et T3) et le groupe T2 (accroissements les plus forts). Il faut noter que l'effet traitement est significatif en comparaison avec le comportement du témoin, mais également avec le comportement des parcelles avant traitement. **Une analyse plus détaillée permet cependant de constater que l'effet traitement est dû essentiellement au comportement de la classe 10-20 cm et, dans une moindre mesure, à celui de la classe 20-30 cm** (voir figure 24). En 1989/1991, dans la première classe de diamètre, les 3 traitements se différencient de la même manière par rapport à T0, puis en 1991/1993, on observe une différence très significative entre les 3 groupes mentionnés plus haut : T0 / T1, T3 / T2. Cette différence est toujours observée en 1995/1997. Par ailleurs, les accroissements après traitement et ceux observés entre 1984 et 1986 sont bien significativement différents au sein de chaque traitement dans cette classe de diamètre, y compris pendant la période 1995/1997 : il s'agit d'un effet durable, même si les accroissements fléchissent durant cette dernière période. La classe 20-30 cm présente un comportement plus variable : on observe un effet traitement assez faible jusqu'en 1993, puis l'effet n'est plus significatif. Par rapport au comportement observé dans les parcelles en 1984/1986, on constate que les accroissements n'ont pas été significativement stimulés en T1. Ils l'ont été en T2, et en T3 jusqu'en 1991. **En ce qui concerne les autres classes de diamètre, s'il existe un effet traitement distinguant la plupart du temps T0 de T2, il n'existe pas, sauf exception, d'effet traitement au regard du comportement observé entre 1984 et 1986**.

En conclusion, les traitements ont essentiellement profité, et de manière durable, à la classe de diamètre 10-20 cm. L'effet est toujours très significatif 8 à 10 ans plus tard, même si les accroissements fléchissent dans tous les groupes de parcelles traitées. Il n'existe pas de différence significative sur les accroissements entre T1 et T3. Le traitement le plus efficace (dans le cas particulier de l'Angélique) est le traitement 2.

NB. Dans les classes de diamètre ≥ 30 cm, les effectifs sont relativement faibles et les variances importantes, ce qui fait perdre de la puissance aux tests. Les conclusions doivent donc être considérées avec prudence.

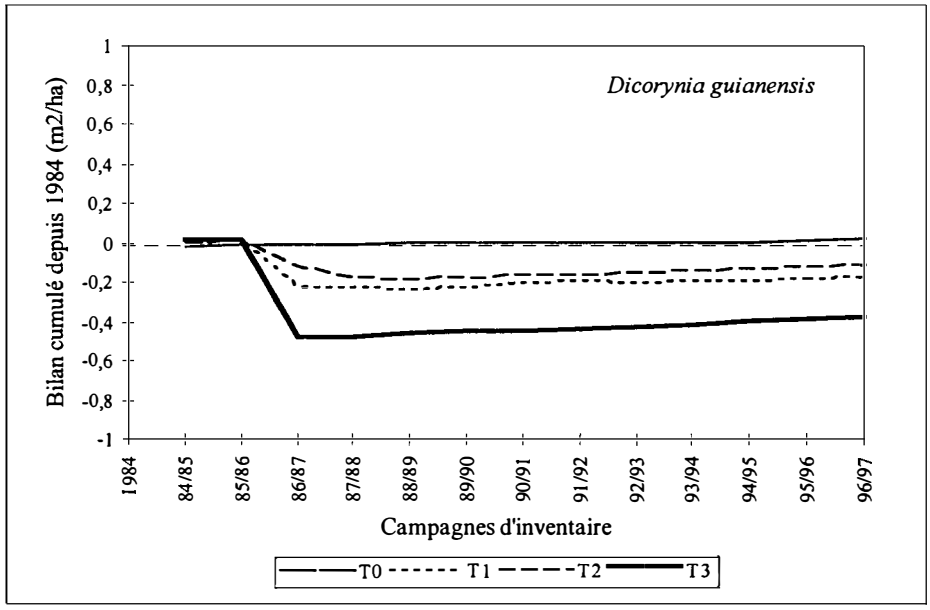
4.1.5. Bilan

Le tableau a11 en annexe 1 informe sur l'évolution du bilan et de ses différentes composantes (*i*) en valeurs instantanées et (*ii*) en valeurs cumulées depuis 1984 (voir également les figures a11 et a12).

Dans les parcelles témoins, la valeur du bilan fluctue régulièrement autour de 0 et le bilan cumulé sur 13 ans est très légèrement positif. On peut faire, à propos du comportement dans ces parcelles, le même commentaire qu'au § 3.6, lorsque toutes les espèces sont confondues : accroissement et recrutement représentent des valeurs en surface terrière assez constantes dans le temps et la valeur du bilan dépend étroitement de la mortalité (cf. fig.a11(a)). Mais dans le cas de l'Angélique, cette constatation reste valable sur les parcelles traitées : le recrutement représente des valeurs très faibles et les accroissements (même s'ils sont plus importants) sont toujours stables. Dans ces parcelles, le bilan instantané redevient positif trois ans après l'exploitation en T1 et en T2, un an après en T3. Dans les deux traitements les plus intenses, il reste positif (sauf en T3, en 1990/1991) alors qu'en T1 il connaît des épisodes négatifs (liés à des pics de mortalité). L'intensité des prélèvements a été légèrement plus forte en T1 (-0,246 m2/ha en 1986-1987) qu'en T2 (-0,202 entre 1986 et 1988) : ceci est dû à la plus faible représentation de l'espèce dans ce dernier traitement.

La figure 25, page suivante, montre l'évolution comparée du bilan cumulé dans les différents traitements. La fig.25 (b) a été obtenue en ramenant toutes les valeurs à la valeur prise dans chaque traitement en 1988/1989.

(a)



(b)

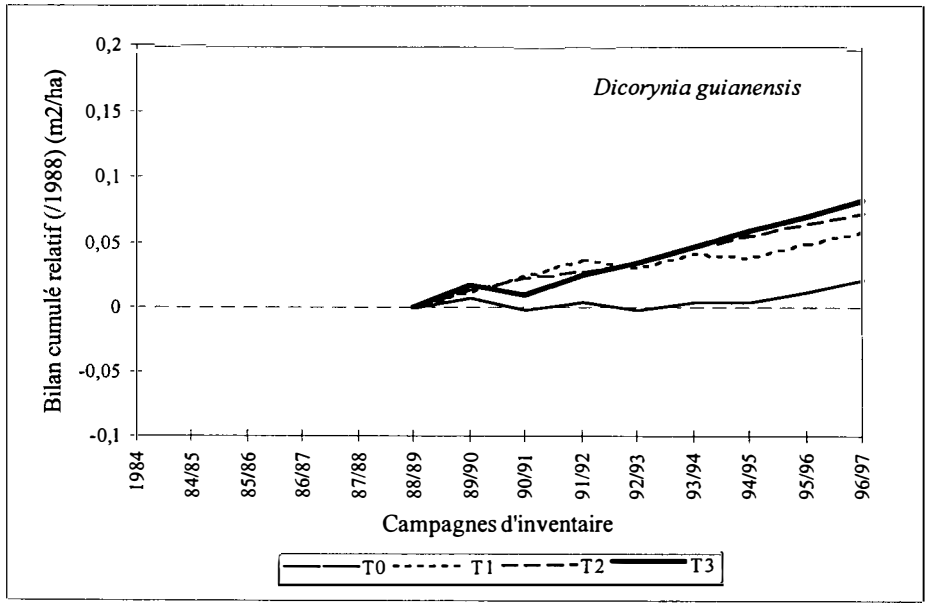


Fig.25. Comparaison, chez *Dicorynia guianensis*, des bilans cumulés dans les différents traitements. (a) Cumul à partir de 1984. (b) Cumul relatif à partir de 1988, année prise comme référence "0".

Après traitement, l'évolution du bilan est proche en T2 et T3 : les accroissements moyens diamétriques sont plus forts en T2 qu'en T3, mais ils sont répartis sur un nombre plus faible d'individus. Le T1 se comporte à peine moins bien que les deux autres, du fait d'accroissements diamétriques équivalents à ceux du T3 et d'un recrutement plus important qu'en T2 et T3.

Globalement, sur la période 1989-1997, le bilan moyen annuel en surface terrière est de : 0,0074 m2/ha (T1), 0,0091 m2/ha (T2) et 0,0102 m2/ha (T3). On peut, à partir de ces valeurs, se livrer à une estimation grossière de la durée de reconstitution de la surface terrière initiale de la population d'Angélique : en 1989, les différents groupes de parcelles avaient perdu resp. 0,2289 m2/ha (T1), 0,1836 m2/ha (T2) et 0,4584 m2/ha (T3). Au rythme actuel, il faudrait resp. 31 ans (T1), 20 ans (T2) et 45 ans (T3) pour revenir quantitativement à l'état initial : il s'agit toujours là de **durées minimales** (cf. commentaires faits à ce sujet aux § 2.2 et 3.6 plus haut). Examinons de nouveau l'effet d'une modification de la période de référence : le tableau ci-dessous permet de s'en faire une idée.

Tableau 17. Calcul de la durée de reconstitution de la surface terrière initiale en prenant en compte différentes périodes de référence (voir le tableau a1 1 en annexe 1). La durée indiquée est un **minimum.**

Période de référence	Bilan moyen annuel (m2/ha)			Perte en surface terrière entre 1984 et le début de la période de calcul (m2/ha)			Temps minimum écoulé avant retour (quantitatif) à l'état initial (années)		
Traitement	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1989-1997	**0,0074**	**0,0091**	**0,0102**	**0,2289**	**0,1836**	**0,4584**	**30,9**	**20,2**	**44,9**
1989-1996	0,0070	0,0092	0,0100	0,2289	0,1836	0,4584	32,7	20,0	45,8
1988-1997	0,0058	0,0067	0,0110	0,2224	0,1705	0,4762	38,3	25,4	43,3
1988-1996	0,0053	0,0064	0,0110	0,2224	0,1705	0,4762	42,0	26,6	43,3

Les remarques déjà faites au § 3.6 tiennent toujours ici. La dynamique étant moins chahutée que toutes espèces confondues, on obtient cependant des résultats plus stables et plus cohérents les uns avec les autres. Ils indiquent, en gros, qu'un minimum de 30 à 40 ans devrait être respecté avant toute nouvelle exploitation de l'espèce (et cela sans garantie de retrouver le même potentiel exploitable : cf. paragraphe suivant) si l'on veut conserver, à hauteur de ce qu'elle est actuellement, sa représentation à long terme dans le peuplement.

4.1.6. - Simulations de la reconstitution du stock des gros individus

La méthode utilisée est décrite au § 2.3. Dans le cas de l'Angélique, seuls les scénarios 1 et 3 ont été mis en oeuvre puisque la mortalité observée dans le T1 est également la mortalité maximale observée quel que soit le traitement. Les résultats sont présentés dans l'annexe 2, tableaux a9 et a10, et illustrés sur la fig.25(bis) ci-dessous. Le DME retenu pour l'espèce est de 60 cm. Les paramètres utilisés dans les simulations sont les suivants :

Tableau 18. Paramètres utilisés pour les simulations du taux de reconstitution des gros diamètres dans la population d'Angéliques.

Paramètres	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4
ΔD des tiges d'avenir durant les 10 premières années	0,398 cm/an	-	0,499 cm/an	-
ΔD des tiges d'avenir durant les années suivantes	0,242 cm/an	-	0,398 cm/an	-
Mortalité chez les tiges d'avenir	2,09%			
Taux de dégâts (1986/1987) observés dans la classe 30-60 cm (pour info)	T0 et T1 : 2,38%, T2 : 3,45%, T3 : 0,00%			

(a) (b)

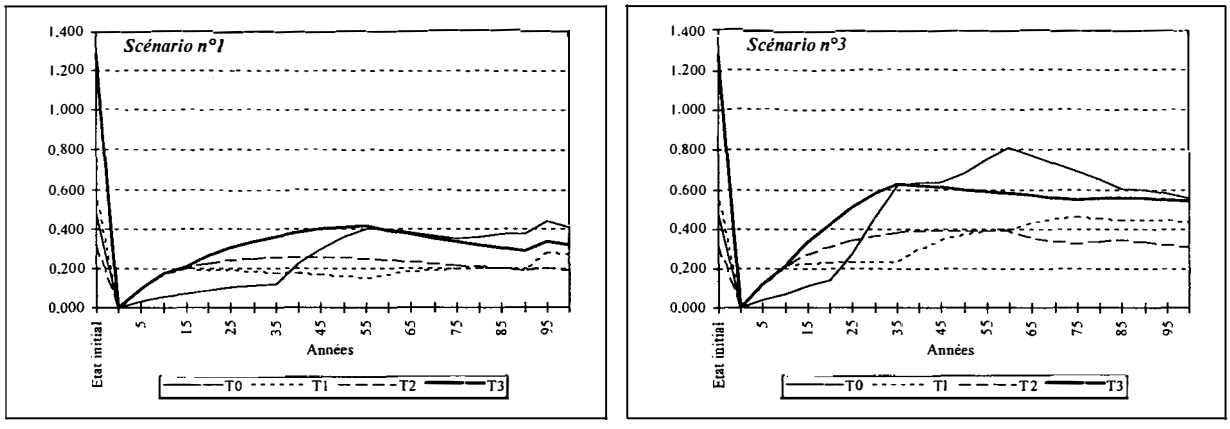


Fig.25(bis). Evolution, après exploitation, des effectifs d'Angélique de diamètre supérieur à 60 cm. (a) Cas du scénario 1. (b) Cas du scénario 3.

L'examen des résultats appelle plusieurs remarques d'ordre général (elles seront valables pour les autres espèces).

- Les caractéristiques de la structure diamétrique de la population sur laquelle on travaille ont une grande influence sur :

  1) l'évolution du stock des arbres de diamètre ≥ DME. Dans le cas particulier de l'Angélique, on constate que les parcelles qui tardent le plus à reconstituer leurs effectifs sont les parcelles des T1 et T2 : la fig.20 montre que les classes de diamètre intermédiaires sont déficitaires dans ces deux groupes, par rapport aux témoins et surtout au T3. NB : les sauts observés sur les courbes de la fig.25(bis) correspondent à des classes de diamètre dans lesquels les effectifs se trouvent être brusquement plus importants ;

2) la compensation ou non des pertes dues à la mortalité. Nous avons plus haut (voir § 3.7) que les pertes occasionnées par la mortalité pouvaient compenser, voire dépasser le recrutement des individus dans les grandes classes de diamètre, la courbe d'évolution passant alors par un maximum. Chez l'Angélique, c'est ce que l'on observe pour T2 et T3 et dans une moindre mesure T0. Ceci résulte du fait que les effectifs restent relativement stables dans les classes moyennes et petites ; dans le traitement 1 on est plus proche d'une structure en exponentielle décroissante, les effectifs augmentent nettement lorsque l'on prend des diamètres de plus en plus petits. Ils sont suffisamment importants pour supporter une attente plus longue sans que la mortalité ne les lamine ;

- raisonner en terme de pourcentage du stock reconstitué a peu de sens et ne peut être qu'indicatif. Dans le cas de l'Angélique on a vu que, du fait de l'existence d'un stock exploitable particulièrement important en T3, ce groupe de parcelles avait subi une très forte exploitation, contrairement par exemple à ce qui s'est passé en T2. Reconstituer 50% ou 100% du stock peut-être aisé en T2 si les classes intermédiaires sont bien pourvues et impossible en T3 si l'on avait là une situation de sur-stockage. Il nous paraît beaucoup plus prudent et intéressant de raisonner en effectifs absolus et de cerner quelle gamme d'effectifs paraît « durablement » exploitable sur le site étudié. Ici, il semble possible dans deux groupes de parcelles sur 4 (T0, T3) de récupérer 0,4 individus par hectare dans un délai raisonnable (qui est d'ailleurs celui indiqué par le maximum enregistré sur les courbes d'évolution), à savoir entre 50 et 60 ans dans le scénario 1. En T1 et en T2, les classes intermédiaires sont trop faiblement stockées pour pouvoir fournir cet effectif (loin s'en faut) même au bout de 100 ans.
- l'utilisation de valeurs d'accroissement correspondant à des parcelles qui demeurent relativement ouvertes (scénario 3) a des conséquences tout-à-fait appréciables : dans le cas de l'Angélique, l'effectif de 0,4 individus / ha peut être atteint deux fois plus vite (20 à 30 ans) en T0 et T3. Les accroissements sont suffisamment importants pour que de petites classes de diamètre puissent fournir des individus en T1 et qu'un effectif de 0,4 individu puisse être constitué en 60 ans. Seul le T2 reste incapable de fournir cet effectif. Si l'on raisonne en terme de pourcentage de stock reconstitué par contre, T2 est le plus rapide à reconstituer son stock initial : 25 ans, suivi de T0 : 35 ans. En T1 et T3, les valeurs initiales ne sont jamais retrouvées (sur-stockage) : dans le cas le plus évident, celui du T3, on peut rappeler que la représentation de l'espèce dans le recrutement est nettement inférieure à ce qu'elle est dans le peuplement total (voir fig.22), le phénomène étant déjà installé avant même l'intervention sylvicole.

Conclusion. Le traitement 1 appliqué à Paracou représente des conditions d'exploitation moyennes qui ne sont pas celles de la Guyane : 10 individus prélevés par ha contre 2 à 3 habituellement. Cependant, on peut considérer qu'elles sont localement réalistes pour l'Angélique, du fait de la répartition particulière de cette espèce dans les peuplements. Dans ces conditions, et si aucun traitement n'est plus appliqué pendant la durée de la rotation, on ne peut espérer, dans le cas du site de Paracou, reconstituer le stock initial même en 100 ans. Au bout de 50 ans, selon la structure diamétrique des populations, on peut espérer retrouver entre 27 et 79% de ce stock soit, en termes d'effectifs, 0,16 à 0,41 individus par ha. Cette difficulté de reconstitution provient en grande partie de la très forte mortalité observée dans les classes de diamètre intermédiaires. Il serait recommandable, du strict point de vue de la gestion de cette population, de limiter les dégâts liés à l'exploitation (on peut constater qu'à Paracou, cela a été le cas : relativement peu d'Angéliques ont été cassées dans la classe des 30-60 cm. Pour comparaison, on se reportera au cas des Gonfolos) et de maintenir, si possible, le peuplement ouvert aux alentours des agrégats d'Angélique. Limiter les prélèvements par exploitation ne nous paraît pas forcément recommandable (sauf si l'on cherche à préserver des semenciers ?) dans la mesure où le risque de perdre les gros individus par mortalité naturelle est non négligeable.

On peut revenir ici sur les calculs effectués au § 4.1.2. Comme nous l'avons souligné à plusieurs reprises, le problème vient du fait que l'on considère dans ces calculs que le nombre d'individus qui franchira le DME tout au long de la rotation est toujours celui qui l'a franchi durant les 10 années d'observation à savoir par exemple 0,161 individus (/ha) dans le cas du T1, ce qui amène à une évaluation du temps de reconstitution de (0,587/0,16)*10 = 36,7 ans (cf. tableau a48 en annexe 1). Or, comme on peut le constater ici, cet effectif qui était disponible dans les classes de diamètre immédiatement inférieures au DME ne l'est plus par la suite, loin s'en faut dans le cas du T1. Les estimations ne sont pas plus réalistes pour T2, quant à T3 le chiffre obtenu (189 ans) traduit avant tout, comme nous l'avons déjà signalé, l'état de sur-stockage initial des parcelles.

4.2. *Qualea rosea et Ruizteriana albiflora* (Vochysiaceae)

4.2.1. Effectifs et surface terrière

L'évolution de ces deux espèces dans les différents groupes de parcelles, en effectifs et en surface terrière, est illustrée figure 26.

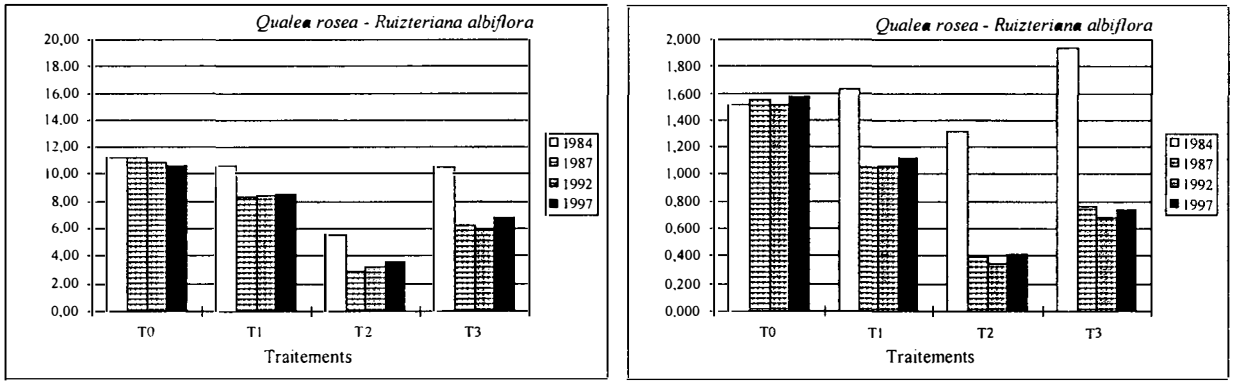


Fig.26. Evolution des effectifs (a) et de la surface terrière (b) des populations de Gonfolos rose et gris dans les différents traitements.

L'une ou l'autre de ces espèces (*Qualea rosea* est de loin la plus fréquente) sont présentes dans tous les traitements, avec cependant une représentation nettement plus faible numériquement en T_2. Elles représentent, en 1984, 0,9% (T_2) à 1,8% (T_1) des effectifs vivants sur les parcelles, et 4,1% (T_2) à 6% (T_3) de la surface terrière. T_3 est caractérisé par la présence de nombreux gros individus, mais c'est également le cas de T_2 (voir paragraphe suivant et fig.27) : ces deux groupes de parcelles ont, de ce fait, payé un lourd tribut à l'exploitation : -21% des effectifs en T_1 (entre 1984 et 1987) mais -48% en T_2 et -40,6% en T_3 ; -35,8% de la surface terrière en T_1 mais -69,7% en T_2 et -60,7% en T_3 ce qui est considérable. De ce fait, la représentation au sein du peuplement chute en 1987, la proportion en surface terrière passant à 1,6% en T_2 et 3,6% en T_3.

4.2.2. Structure diamétrique

La figure 27 montre l'évolution de la structure diamétrique dans les différents traitements (voir également le tableau a12 en annexe 1). Les populations présentent une structure caractéristique, avec un décrochement en effectifs au-delà de 15 cm de diamètre et une forme de cloche dans les classes 20 à 70 cm. Nous n'avons pas réalisé d'analyse de détail, mais ce comportement peut s'expliquer par le caractère héliophile des espèces concernées : le recrutement est considérablement stimulé par les ouvertures (P. Montpied, 1995), puis les individus stagnent et la mortalité augmente lorsque l'accès à la canopée n'est pas possible.

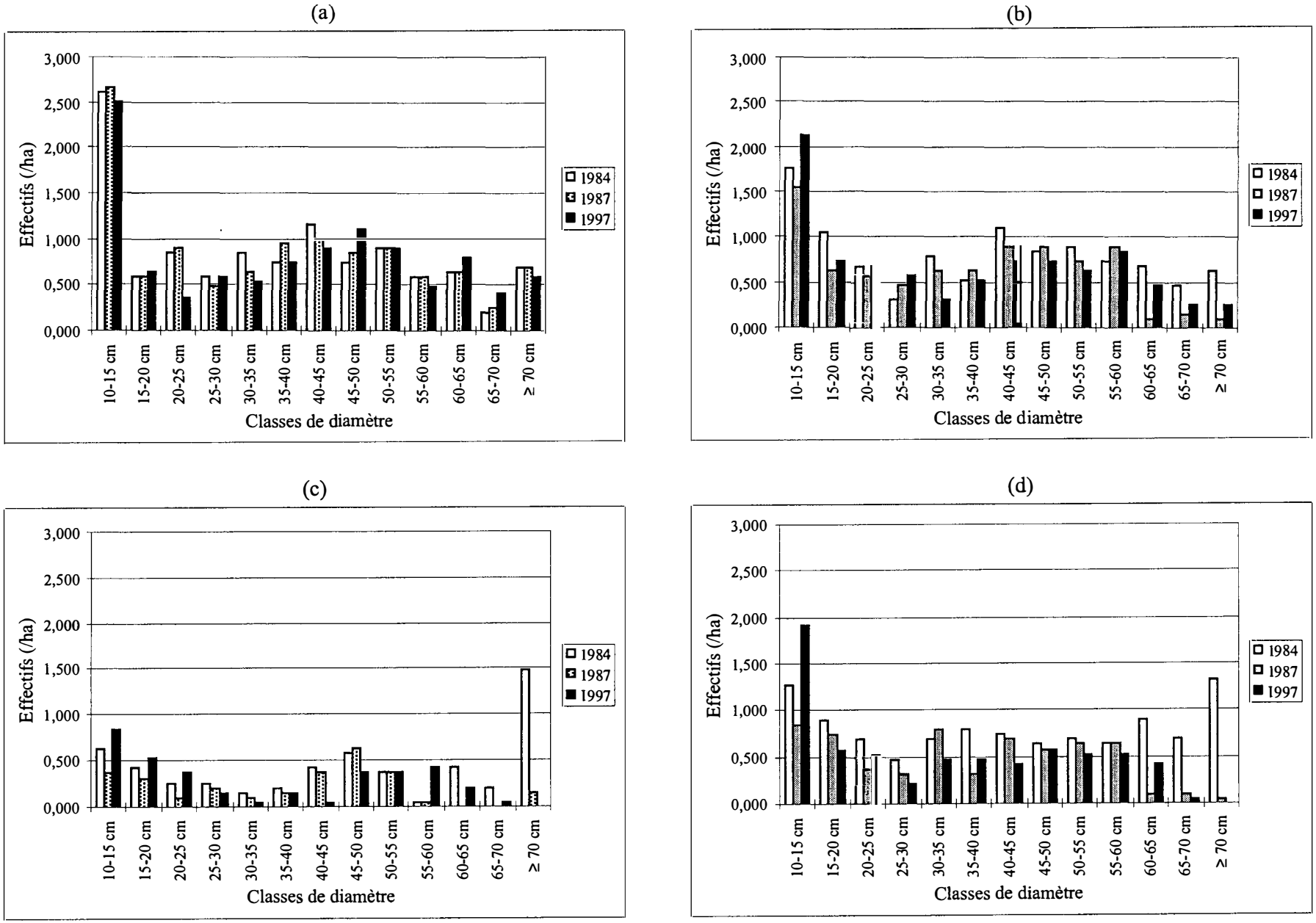


Fig.27. Evolution de la structure diamétrique des populations de *Qualea rosea et Ruizteriana albiflora* dans les différents groupes de parcelles. (a) Parcelles témoins. (b) Parcelles du traitement 1. (c) Parcelles du traitement 2. (d) Parcelles du traitement 3.

Dès que les individus ont accès à la lumière, la mortalité chute, les accroissements sont très importants (cf. § 3.2.4) et les individus ont tendance à s'accumuler dans les grandes classes de diamètre. Il y aurait, en fait, un goulot d'étranglement dans le secteur 25-30 cm lié à la difficulté d'accès à la lumière : cette gamme de taille est exactement celle qui correspond au "point de libération[2]" déterminé par Collinet (1997) pour *Qualea rosea*.

Les structures sont très proches dans les groupes de parcelles T_0 et T_1, avec cependant davantage de petits individus en T_0. Le T_2 est spectaculaire en cela que les effectifs y sont faibles dans la plupart des classes de diamètre, sauf dans la classe des 70 cm et plus où de nombreux individus se sont accumulés. Le T_3 présente des caractéristiques intermédiaires. Le cas du traitement 2 pose l'intéressant problème de la régénération des espèces lorsque les structures sont déséquilibrées à ce point : une fois l'exploitation passée et une bonne partie des reproducteurs disparus, le risque est de retrouver à moyen terme un déficit très important d'individus dans certaines classes (voir § 4.2.6).

Le tableau a48 en annexe 1 rassemble les résultats des calculs du taux de reconstitution du stock des individus exploités. Nous avons réalisé ce calcul en prenant en compte les Gonfolos dès 50 cm de diamètre, à titre informatif. En toute rigueur, il faut travailler à partir de 60 cm puisque c'est le diamètre qui a été retenu pour l'exploitation à Paracou.

Concrètement, dans le traitement 1, le taux de reconstitution annuel de 4,4% observé dans la classe des 60 cm et plus représente 12 individus passés entre 1987 et 1997 au-dessus de ce seuil diamétrique, sur l'ensemble des 3 parcelles traitées, pour 27 individus perdus entre 1984 et 1987 dans les mêmes classes (voir fig.27(b)). Ces résultats, comparés à ceux obtenus pour l'Angélique, montrent le grand dynamisme des deux Gonfolos. Au rythme actuel, si l'on considère les individus de plus de 50 cm de diamètre, le potentiel serait globalement reconstitué en resp. 30 ans, 28,4 ans et 85,5 ans dans les trois traitements (en T_3, la perte à compenser est beaucoup plus importante que dans les autres traitements, du fait de la structure initiale des populations). Si l'on en reste à la classe des plus de 60 cm, ces durées minimales seraient de 22,5 ans, 72 ans et 68 ans. Ces extrapolations sont, comme nous l'avons déjà souligné, dépendantes de la structure actuelle des populations dans les traitements : ainsi, en T_2, l'écart observé entre les prédictions pour la classe des 50 cm et plus et celle des 60 cm et plus vient du déficit en effectifs existant dans les classes intermédiaires. Il faudra davantage de temps à un nombre significatif d'individus pour parvenir au seuil de 60 cm qu'il n'en a fallu pour parvenir au seuil de 50 cm.

[2] "(...) point moyen "stratégique" de l'espèce au-delà duquel on pourra considérer que les individus sont sortis de la phase limitante en lumière (...) et entrent dans une étape de leur développement où la croissance en épaisseur prédomine sur la croissance en hauteur ;" (Collinet, 1997).

4.2.3. Recrutement et mortalité

Le tableau a13 en annexe 1 présente les données de recrutement et de mortalité (toutes causes confondues) en effectifs absolus, ainsi qu'en pourcentage des populations de Gonfolos rose et gris présentes en début de période considérée. La figure 21(b) montre le recrutement cumulé depuis 1984 dans les 4 groupes de parcelles. On voit que jusqu'en 89/90, le recrutement est à peu près identique en T_0 et en T_1, et supérieur à ce qu'il est dans les autres groupes de parcelles qui présentent des populations moins importantes. L'effet traitement se fait sentir à partir de 90/91 dans tous les traitements : T_1 se démarque de T_0 et T_2 et T_3 font de même l'année suivante. Le traitement 3 ne dépasse cependant T_1 qu'à partir de 1995.

La figure 28 (page suivante) compare l'évolution de l'importance des deux espèces dans le peuplement et dans le recrutement, en fonction des traitements. En T_0, leur part dans le recrutement est à peu près conforme à ce qu'elle est dans le peuplement total, avec des fluctuations autour d'une valeur moyenne de 1,7% (note : on retrouve, comme pour l'Angélique, un pic de recrutement entre 1988 et 1990). En T_1, à partir de 1989, l'importance des deux espèces dans le recrutement diminue légèrement (influence de la structure des populations ?) : ceci renforce la baisse de représentation dans le peuplement vivant liée à l'exploitation. En T_2, après la diminution très sensible de l'importance des deux espèces dans le peuplement, la stimulation du recrutement entraîne une ré-augmentation régulière de leur représentation. En T_3, la stimulation du recrutement ne parvient pas à contrebalancer la chute de représentation des deux espèces : ceci est lié à la montée en puissance de la proportion d'héliophiles, dans le recrutement et donc dans le peuplement total.

Sur les parcelles témoins, la mortalité (voir tableau a13 en annexe 1) concerne de manière assez régulière un à trois individus chaque année (avec un pic entre 86 et 88 suivant deux années sans mortalité : il peut y avoir eu un artefact d'inventaire) sur l'ensemble de la surface. Sur les parcelles traitées, une fois passé le pic d'exploitation qui voit la disparition de resp. 2,3 individus, 2,8 individus et 4,2 individus / ha tous diamètres confondus en T1, T2 et T3, la mortalité retrouve des valeurs proches de celles du témoin (mais moins régulières) à partir de 1988/1989 excepté en T2 où elle s'interrompt jusqu'en 1995.

Le taux de mortalité moyen sur la période 1988/1989 à 1996/1997 a été estimé à l'aide de la formule [4] (cf. § 2.3). Les calculs ont été effectués tous diamètres confondus, mais également pour la fraction de la population dont le diamètre est compris entre 40 et 60 cm : dans ce cas, seule la mortalité naturelle est prise en compte et toutes les campagnes disponibles (1984/1985 à 1996/1997) sont utilisées (cf. § 4.1.3, la remarque faite pour l'Angélique). Les résultats obtenus sont les suivants.

Tableau 19. Taux de mortalité moyens observés chez *Qualea rosea* et *Ruizteriana albiflora*. Tous diamètres : entre 1988/1989 et 1996/1997. 40-60 cm : entre 1984/1985 et 1996/1997.

Classes de diam. / traitements	T_0	T_1	T_2	T_3
Tous diamètres	0,93 %	0,99 %	0,57 %	1,31 %
40-60 cm de diamètre	0,00 %	0,26 %	0,29 %	0,34 %

Le taux de mortalité global apparaît supérieur à celui que l'on enregistre chez l'Angélique. On constate en revanche que, contrairement à ce qui est observé chez cette dernière espèce, le taux de mortalité dans les grandes classes est très faible : voir les fig.20 et 27, la traduction de ce phénomène sur les structures diamétriques. Ceci a des conséquences très importantes, comme nous le verrons par la suite.

4.2.4. Accroissements

Les accroissements moyens annuels enregistrés sur les deux espèces sont présentés dans le tableau 20, lui-même illustré par les figures 29 et 30 pages suivantes.

Comme pour l'Angélique, on peut noter que ce sont les classes intermédiaires (plutôt 30 cm-60 cm) qui présentent les accroissements les plus importants dans les peuplements non perturbés (voir fig.29) : l'effet "classe de diamètre" est toujours significatif avant traitement. Toujours sur la période 1984/1986, une ANOVA à un facteur "traitement" montre que les Gonfolos ne présentent pas les mêmes accroissements sur les différents groupes de parcelles : les accroissements les plus forts sont enregistrés en T1, sans différence significative entre T1 et T2. Les accroissements les plus faibles sont enregistrés en T3, sans différence significative entre T3 et T0. Ces différences se manifestent dans les classes de diamètre intermédiaires : classes 30-40 cm, classe 40-50 cm et classe 50-60 cm. Il n'y a pas de différences significatives entre groupes de parcelles dans les deux premières classes (10-20 cm et 20-30 cm) ni dans la classe des plus de 60 cm.

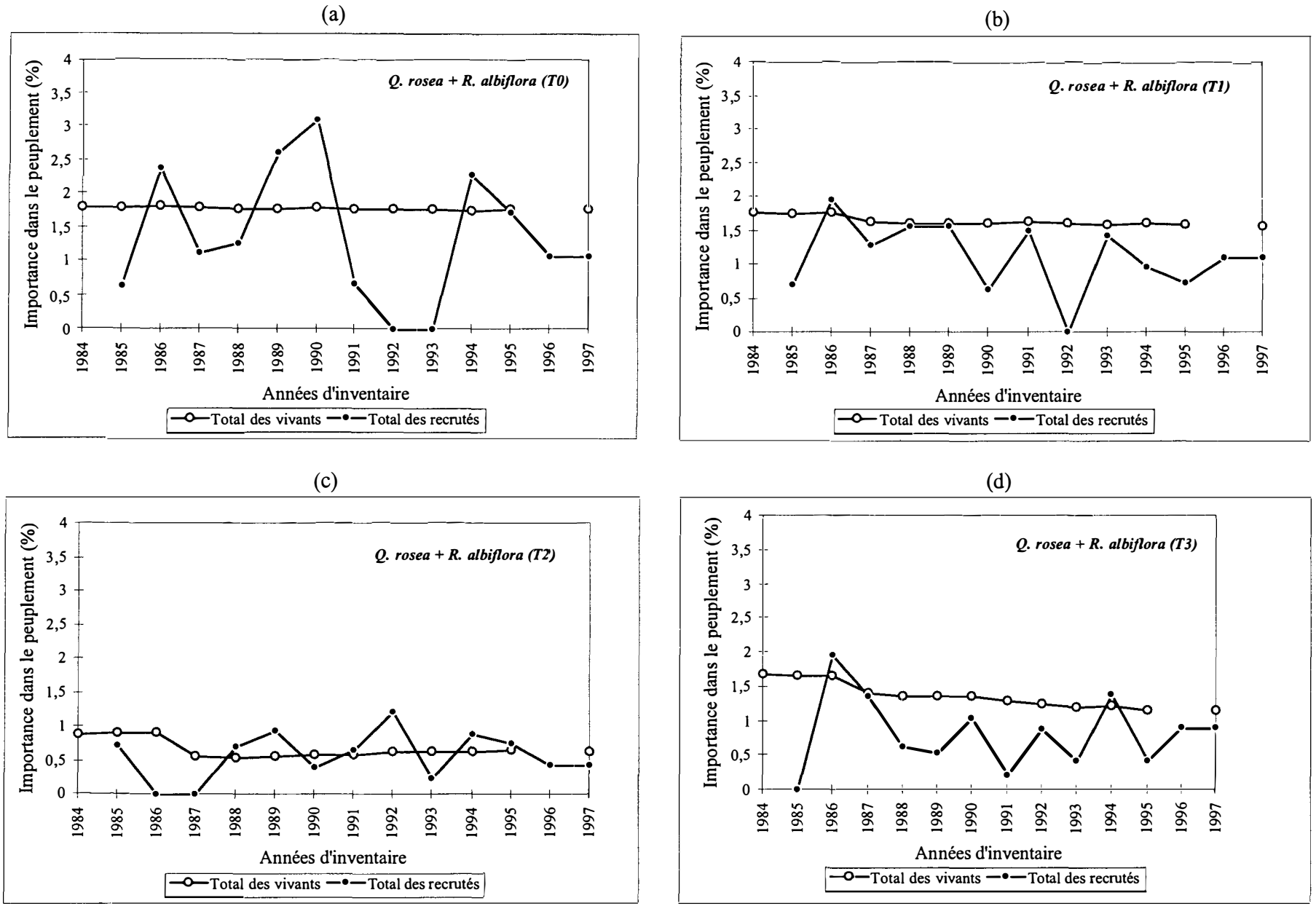


Fig.28. Evolution de l'importance des deux espèces *Qualea rosea* et *Ruizteriana albiflora* dans le peuplement total et dans le peuplement recruté. (a) Dans les parcelles témoins. (b) Dans les parcelles du traitement 1. (c) Dans les parcelles du traitement 2. (d) Dans les parcelles du traitement 3.

Tableau 20. Evolution des accroissements moyens annuels des Gonfolos rose et gris (*Qualea rosea* et *Ruizteriana albiflora*) à Paracou. Les calculs ont été effectués sur des individus ne présentant aucune anomalie sur la circonférence. N représente l'effectif sur lequel le calcul a été effectué. ΔD est l'accroissement moyen annuel calculé sur une période de deux ans (cm/an). L'indice accolé à N et ΔD indique le traitement concerné.

1984/1986								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	58	0,139	52	0,161	20	0,123	38	0,094
20-30	27	0,218	19	0,218	10	0,271	22	0,156
30-40	29	0,335	24	0,388	6	0,584	28	0,247
40-50	35	0,257	37	0,471	19	0,310	26	0,275
50-60	27	0,298	31	0,375	8	0,418	25	0,121
>=60	26	0,144	33	0,248	39	0,257	53	0,227
Moyenne		**0,220**		**0,301**		**0,274**		**0,188**
1989/1991								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	54	0,118	40	0,267	14	0,540	25	0,388
20-30	23	0,211	17	0,417	6	0,451	11	0,340
30-40	27	0,309	19	0,519	5	0,875	18	0,354
40-50	33	0,210	31	0,390	18	0,557	23	0,453
50-60	29	0,231	28	0,406	8	0,507	21	0,341
>=60	25	0,220	11	0,427	.	.	2	.
Moyenne		**0,202**		**0,382**		**0,563**		**0,382**
1991/1993								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	56	0,171	44	0,275	16	0,562	25	0,427
20-30	21	0,303	19	0,532	7	0,682	13	0,502
30-40	29	0,436	18	0,685	4	.	16	0,502
40-50	35	0,318	27	0,528	15	0,727	20	0,430
50-60	29	0,392	29	0,552	12	0,809	18	0,318
>=60	27	0,259	12	0,531	.	.	5	0,446
Moyenne		**0,295**		**0,477**		**0,688**		**0,431**
1993/1995								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	58	0,181	50	0,339	21	0,682	31	0,598
20-30	19	0,348	17	0,529	7	0,671	15	0,626
30-40	27	0,392	19	0,653	5	1,082	16	0,552
40-50	34	0,302	28	0,455	12	0,902	18	0,332
50-60	32	0,323	26	0,462	14	0,864	20	0,346
>=60	26	0,153	15	0,653	1	.	6	0,570
Moyenne		**0,267**		**0,470**		**0,803**		**0,501**
1995/1997								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	58	0,162	51	0,314	23	0,664	35	0,623
20-30	17	0,360	16	0,696	10	0,660	14	0,557
30-40	26	0,367	18	0,654	4	.	17	0,487
40-50	36	0,332	26	0,539	8	1,025	19	0,490
50-60	25	0,430	26	0,652	16	0,726	21	0,375
>=60	34	0,276	17	0,618	3	.	7	0,364
Moyenne		**0,292**		**0,522**		**0,732**		**0,510**

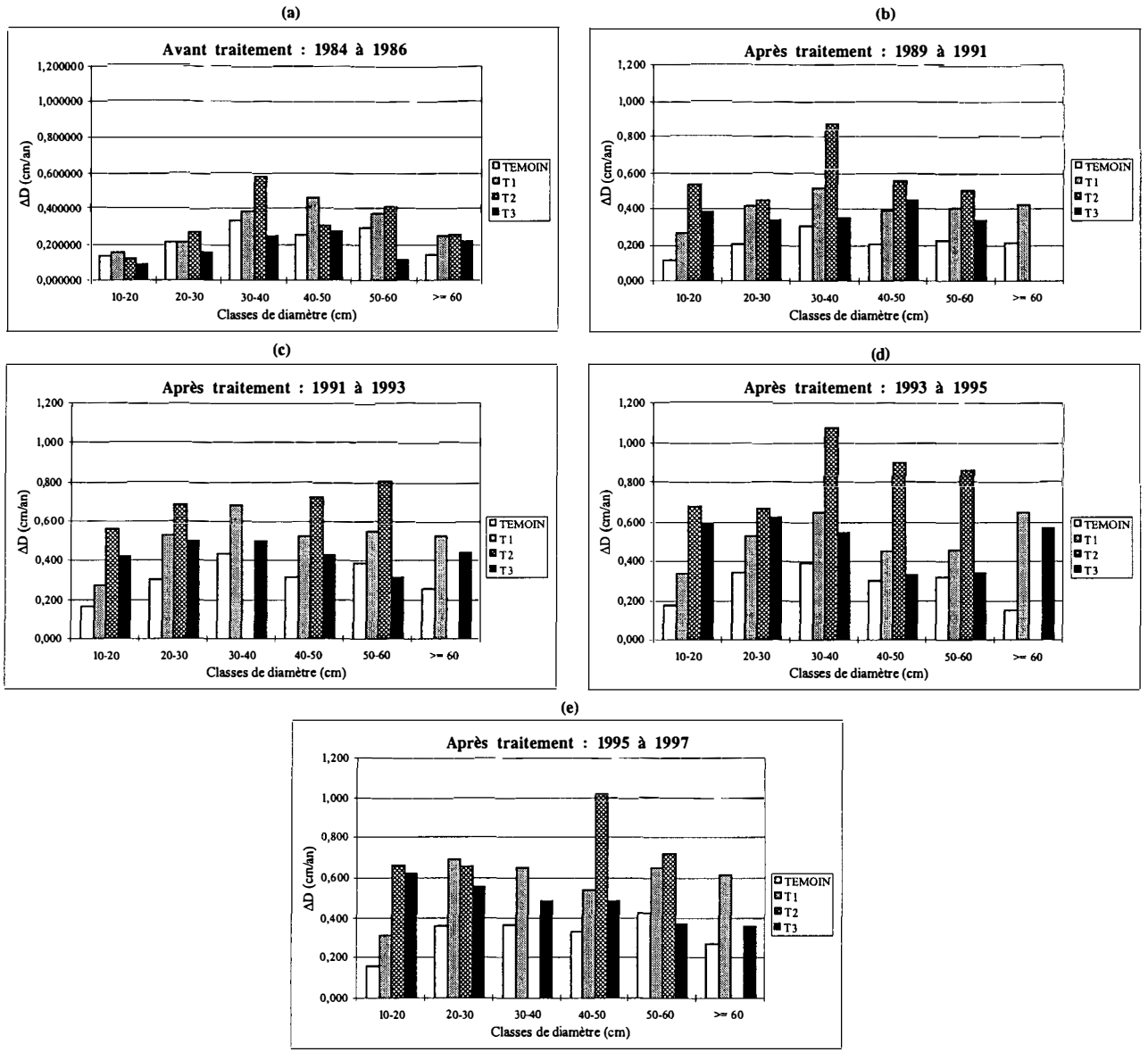


Fig.29. Accroissement moyen annuel (représenté par périodes de deux ans) en diamètre des individus de *Qualea rosea* et de *Ruizteriana albiflora* ne présentant pas d'anomalie de circonférence. (a) Période 1984/1986 ; (b) période 1989/1991 ; (c) période 1991/1993 ; (d) période 1993/1995 ; (e) période 1995/1997. NB. Dans les parcelles des T2 et T3, les ΔD calculés dans la dernière classe de diamètre le sont sur un effectif très réduit. Ils doivent donc être considérés avec prudence.

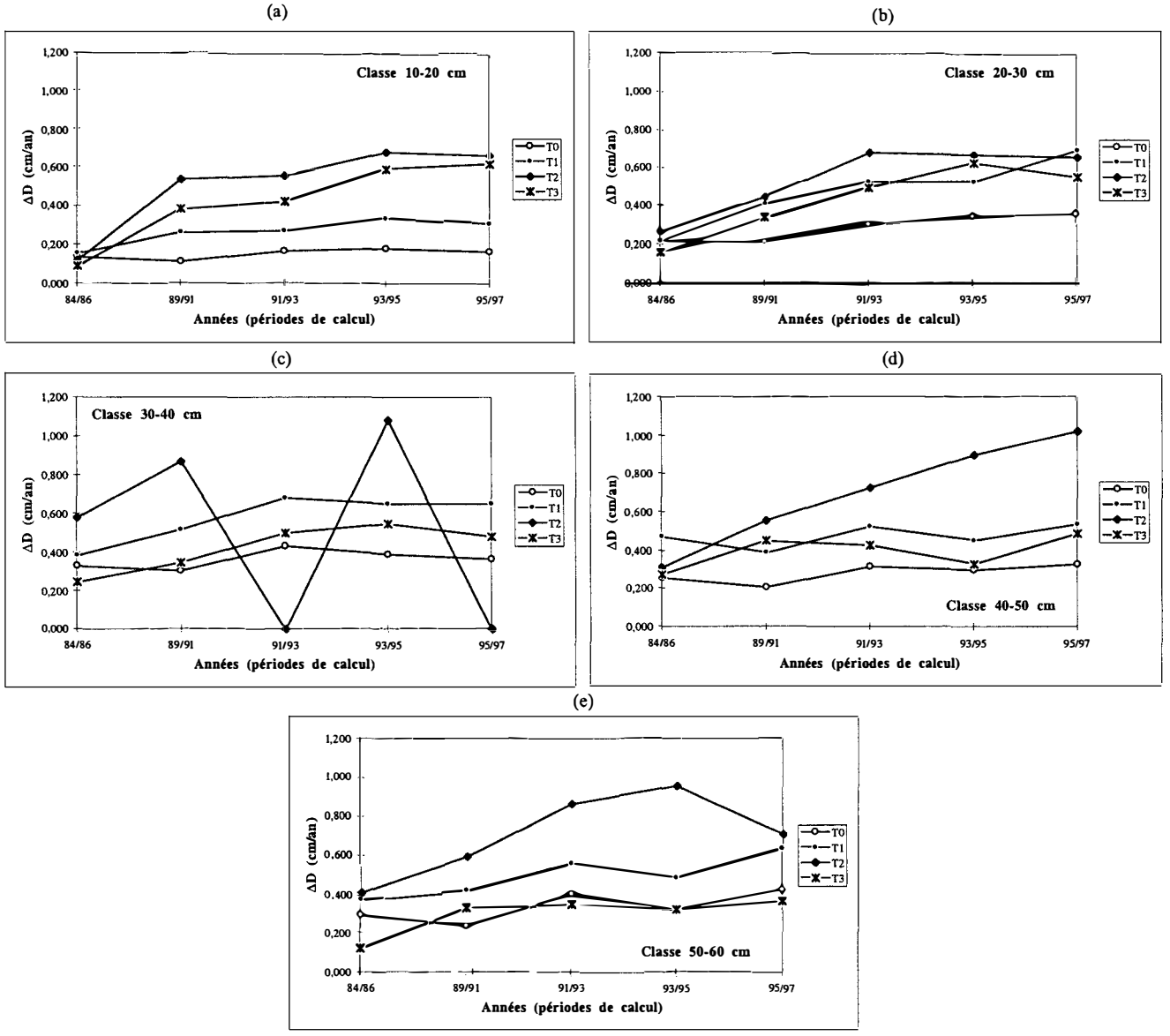


Fig.30. Accroissement moyen annuel (représenté par périodes de deux ans) en diamètre des individus de *Qualea rosea* et de *Ruizteriana albiflora* ne présentant pas d'anomalie de circonférence. (a) classe de diamètre 10-20 cm ; (b) classe de diamètre 20-30 cm ; (c) classe de diamètre 30-40 cm ; (d) classe de diamètre 40-50 cm ; (e) classe de diamètre 50-60 cm.

Après la période des interventions, les accroissements sont stimulés dans tous les traitements. Entre 1989 et 1991, ils sont en moyenne multipliés par 1,3 (en T_1), 2,0 (en T_2), 2,0 (en T_3) par rapport aux valeurs observées avant traitement. L'effet s'accroît nettement par la suite : entre 1991 et 1993, le facteur multiplicatif passe à 1,6 (T_1), 2,5 (T_2), 2,3 (T_3) puis, entre 1993 et 1995 à 1,6 (T_1), 2,9 (T_2) et 2,7 (T_3). Entre 1995 et 1997, les accroissements moyens progressent encore légèrement en T1, fléchissent légèrement en T2 et restent au même niveau qu'à la période précédente en T3 : ils demeurent élevés d'une manière générale.

Les plus fortes stimulations sont enregistrées dans les petites classes de diamètre : x 6,6 dans la classe 10-20 cm (T3 en 1995-1997), x 5,5 dans la même classe (T2 en 1993-1995), x 4 dans la classe 20-30 cm (T3 en 1993-1995). Il est important de remarquer que les accroissements sont également stimulés, et ce de manière considérable, dans les grandes classes de diamètre : x 3,3 dans la classe 40-50 cm (T2 en 1995-1997), x 2,5 dans la classe des plus de 60 cm (T1 en 1993-1995). A partir de 1989, il n'existe plus d'effet "classe de diamètre" sur les accroissements enregistrés en T2 et T3. En T1, la première classe continue de présenter des accroissements significativement plus faibles que les autres.

Après intervention et quelle que soit la période étudiée, l'effet traitement est très net sur les accroissements. Une comparaison multiple de moyennes permet d'isoler, systématiquement, le groupe des témoins (accroissements les plus faibles), le groupe T1/T3 (accroissements intermédiaires : il n'existe pas de différence significative entre T1 et T3) et le groupe T2 (accroissements les plus forts). L'effet du traitement est significatif en comparaison avec le comportement du témoin, mais également avec le comportement des parcelles avant traitement. Une analyse détaillée permet de constater que l'effet traitement se manifeste dans toutes les classes de diamètre. Les traitements T0 et T2 sont systématiquement séparés par les comparaisons multiples de moyennes, T1 et T3 se trouvant, selon les cas, distingués au sein d'un groupe intermédiaire ou bien rattachés alternativement à T0 et T2 : il existe à ce niveau une confusion possible entre l'effet du traitement et l'effet "parcelle", mais on peut le lever en partie en comparant le comportement après traitement et le comportement avant traitement au sein du même groupe de parcelles. On observe une différence d'évolution entre T1 d'une part et T2/ T3 d'autre part. Dans le premier, l'effet traitement sur les accroissements se manifeste immédiatement dans les deux premières classes de diamètre, et ne gagne les autres classes qu'à partir de 1991-1993. Dans les deux derniers, l'effet est immédiat dans presque toutes les classes (il faut noter cependant que dans la classe des 40-50cm, en T1 et en T3, les différences observées entre les accroissements après traitement et avant traitement ne sont pas significatives et ce quelle que soit la période envisagée).

En conclusion, les traitements sylvicoles ont eu un effet très net et durable sur les accroissements des Gonfolos, dans toutes les classes de diamètre (sauf exception). 8 à 10 ans après traitement, l'effet est toujours très net, et il ne marque (en moyenne) de fléchissement que dans le traitement 2. Si l'on observe le comportement des différentes classes de diamètre, on voit que les accroissements dans les classes 10-20 cm, 20-30 cm et 30-40 cm ont, selon les traitements, tendance à stagner voire à fléchir en 1995-1997, alors que dans les grandes classes ils paraissent augmenter encore. La réaction de ces grandes classes est remarquable, en comparaison de ce que l'on a pu voir chez l'Angélique. Il n'existe pas de différence significative sur les accroissements entre Tl et T3. Le traitement le plus efficace (dans le cas particulier des Gonfolos) est le traitement 2.

4.2.5. Bilan

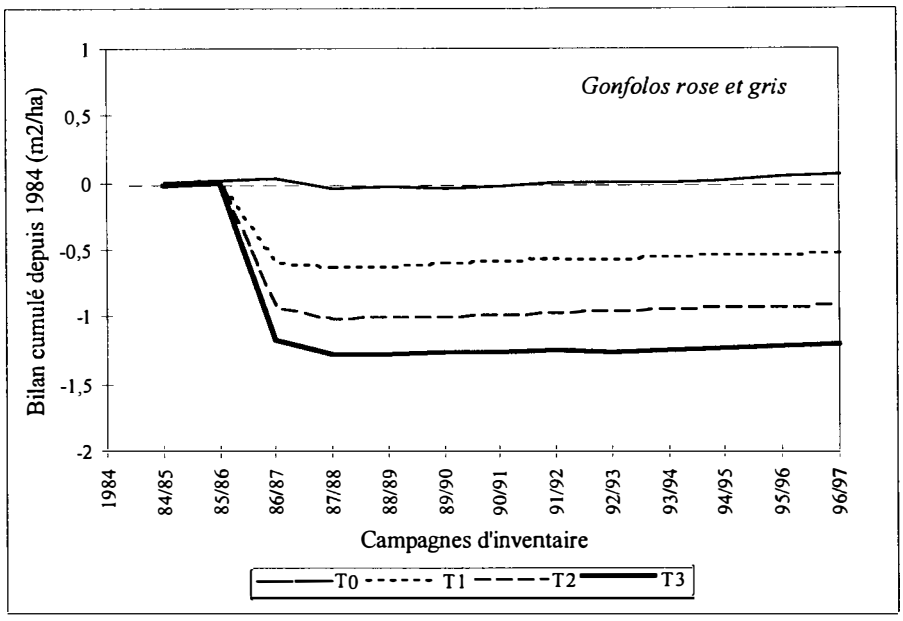
Le tableau a14 en annexe 1 informe sur l'évolution du bilan et de ses différentes composantes dans chaque traitement (*i*) en valeurs instantanées et (*ii*) en valeurs cumulées depuis 1984 (voir aussi les figures a13 et a14).

Sur toutes les parcelles, le bilan dépend toujours étroitement de la mortalité (cf. commentaires déjà faits au § 4.1.5). On retrouve, sur les témoins, l'épisode de mortalité exceptionnel enregistré entre 86 et 88 dont nous avons parlé plus haut (cf. § 4.2.3) : la conséquence en est un bilan cumulé négatif jusqu'en 1991. Par la suite, les accroissements compensent la mortalité et l'on observe une tendance à l'augmentation de la surface terrière (voir fig.26 (b)), plus nette que chez l'Angélique.

Dans les parcelles traitées, le bilan instantané redevient positif deux ans après l'exploitation. Il reste positif en permanence chez T2 (pas de mortalité), alors qu'il connaît des épisodes négatifs dans les deux autres traitements. La figure 31, page suivante, montre l'évolution comparée des bilans cumulés absolu et relatif (/ 1988). On observe (fig.31 (b)) le comportement très proche des groupes T1 et T2 : les deux espèces sont moins représentées en T2 qu'en T1, mais la mortalité y est beaucoup plus faible. En T1 les accroissements sont plus faibles qu'en T2 mais répartis sur un nombre plus important d'individus. En T3, l'accumulation de la surface terrière est très rapide depuis 1993 (augmentation du recrutement, baisse de la mortalité : cf. tableau a13 en annexe 1).

Globalement, sur la période 1989-1997, le bilan moyen annuel en surface terrière est de : 0,0132 m2/ha (T1), 0,0121 m2/ha (T2) et 0,0087 m2/ha (T3) (voir tableau 21 ci-dessous). En 1989, les différents groupes de parcelles avaient perdu resp. 0,6170 m2/ha (T1), 1,0007 m2/ha (T2) et 1,2746 m2/ha (T3). Au rythme actuel, il faudrait resp. 47 ans (T1), 83 ans (T2) et 147 ans (T3) pour revenir quantitativement à l'état initial, soit des durées beaucoup plus longues que celles observées pour l'Angélique. Ceci se comprend aisément, au vu des pertes subies par les différents groupes de parcelles (voir § 4.2.1). Les différentes périodes de calcul utilisées fournissent des résultats cohérents les uns avec les autres.

(a)



(b)

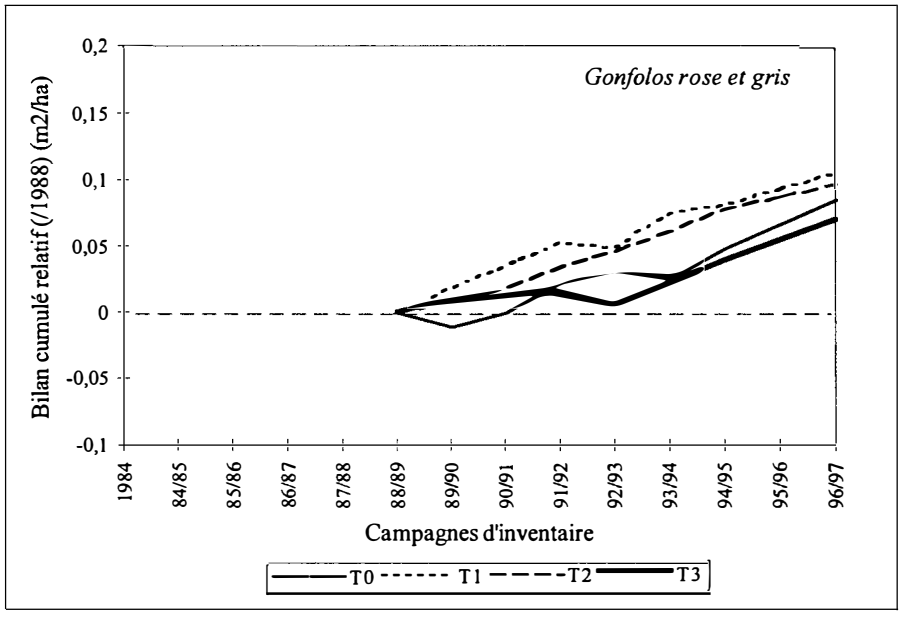


Fig.31. Comparaison, chez *Qualea rosea* et *Ruizteriana albiflor*a, des bilans cumulés dans les différents traitements. (a) Cumul à partir de 1984. (b) Cumul relatif à partir de 1988, année prise comme référence "0".

Tableau 21. Calcul de la durée de reconstitution de la surface terrière initiale en prenant en compte différentes périodes de référence (voir le tableau a14 en annexe 1). La durée indiquée est un **minimum**.

Période de référence	Bilan moyen annuel (m2/ha)			Perte en surface terrière entre 1984 et le début de la période de calcul (m2/ha)			Temps minimum écoulé avant retour (quantitatif) à l'état initial (années)		
Traitement	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1989-1997	**0,0132**	**0,0121**	**0,0087**	**0,6170**	**1,0007**	**1,2746**	**46,7**	**82,7**	**146,5**
1989-1996	0,0134	0,0126	0,0078	0,6170	1,0007	1,2746	46,0	79,4	163,4
1988-1997	0,0119	0,0122	0,0082	0,6181	1,0102	1,2855	51,9	82,8	156,8
1988-1996	0,0119	0,0118	0,0089	0,6181	1,0102	1,2855	51,9	85,6	144,4

4.2.6. - Simulations de la reconstitution du stock des gros individus

Dans le cas des Gonfolos, les 4 scénarios ont été mis en oeuvre. Les résultats sont présentés dans l'annexe 2, tableaux a11 à a14, et illustrés sur la fig.31(bis) ci-dessous. Le DME retenu pour l'espèce est de 60 cm. Les paramètres utilisés dans les simulations sont les suivants :

Tableau 22. Paramètres utilisés pour les simulations du taux de reconstitution des gros diamètres dans les populations de Gonfolos.

Paramètres	**Scénario 1**	**Scénario 2**	**Scénario 3**	**Scénario 4**
ΔD des tiges d'avenir durant les 10 premières années	0,495 cm/an		0,752 cm/an	
ΔD des tiges d'avenir durant les années suivantes	0,306 cm/an		0,495 cm/an	
Mortalité chez les tiges d'avenir	0,26%	0,34%	0,26%	0,34%
Taux de dégâts (1986/1987) observés dans la classe 30-60 cm (pour info).	T0 et T1 : 5,32%, T2 : 8,57%, T3 : 13,75%			

Notons dès à présent que dans le cas des Gonfolos, qui présentent des accroissements importants surtout à la suite des interventions sylvicoles, **les prévisions obtenues au-delà de 50 ans sont à considérer avec précaution** : en effet, les classes de diamètre les plus petites sont alors appelées à fournir des effectifs et nous n'avons pas ajusté en conséquence les taux de mortalité. Ainsi, dans les scénarios 3 et 4 en particulier, où l'on va chercher en fin de simulation des individus faisant moins de 20 cm, il est clair qu'il faudrait prendre en compte une mortalité beaucoup plus importante. Cependant, il faut noter également que ces classes auront été alimentées par des individus ayant passé le diamètre de précomptage, les deux phénomènes pouvant se contre-balancer.

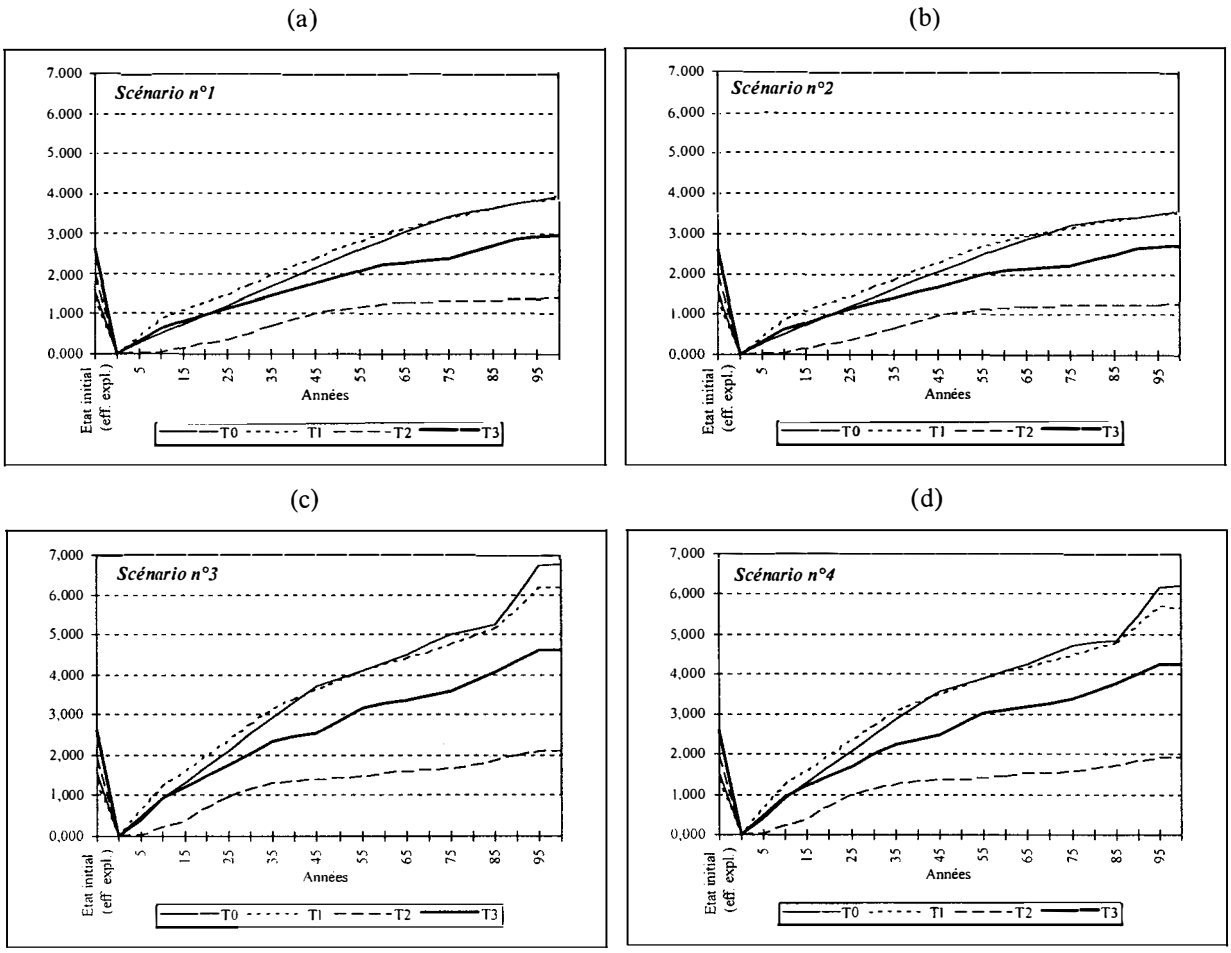


Fig.31(bis). Evolution, après exploitation, des effectifs de Gonfolos de diamètre supérieur à 60 cm. (a) Cas du scénario 1. (b) Cas du scénario 2. (c) Cas du scénario 3. (d) Cas du scénario 4.

Nous ne reviendrons pas sur les remarques déjà faites au § 4.1.6 à propos de l'Angélique. Dans le cas des Gonfolos, on constate :

- que trois des quatre groupes de parcelles parviennent à reconstituer leur stock exploitable, certaines (T0 et surtout T1) très rapidement : respectivement 35 ans et 25 ans dans les deux cas. Le délai est plus long pour T3 (85 ans) du fait de l'intensité de la perturbation subie et de la présence d'effectifs moins nombreux dans la classe 40-60 cm. En T2, nous avons souligné la structure particulière des populations, caractérisée par un sur-stockage dans la classe des ≥ 70 cm de diamètre et un très faible effectif dans les classes intermédiaires. De fait, dans ce groupe, il n'est possible de retrouver l'effectif d'origine que dans le scénario le plus avantageux (scénario 3), et ce en 90 ans au mieux ;
- on n'observe pas, comme chez l'Angélique, de passage des courbes d'évolution par un maximum. Ceci est lié aux faibles valeurs de la mortalité, et à la stabilité des effectifs dans les classes de diamètre intermédiaires : on verrait peut-être apparaître de tels maxima au-delà de 50 ans dans les scénarios 3 et 4 en prenant en compte la remarque faite plus haut ;

- les effectifs exploités en T1 (ou exploitables en T0), soit 1,4 à 1,5 individus par hectare peuvent être reconstitués à peu près avec la même rapidité dans les groupes T0, T1 et T3, soit entre 30 et 40 ans. Seul le T2 reste incapable de fournir cet effectif ;
- l'utilisation de valeurs d'accroissement correspondant à des parcelles qui demeurent relativement ouvertes (scénario 3) a pour effet de diminuer pratiquement de moitié le délai de reconstitution (20 ans en T0, 15 ans en T1 et 50 ans en T3). T2 peut reconstituer son stock en 90 ans (sous réserve d'une mauvaise prise en compte de la mortalité, exposée plus haut). Si on raisonne en termes d'effectifs, 1,4 à 1,5 individus exploitables peuvent être fournis en 20 ans dans tous les groupes, sauf dans le T2 où il faudrait attendre 45 ans.

Conclusion. Dans les conditions du traitement 1 et même si aucun traitement n'est plus mis en oeuvre pendant la durée de la rotation, on peut espérer, toujours dans le cas du site de Paracou, reconstituer rapidement (entre 30 et 40 ans) le stock initial des Gonfolos et/ou récupérer un effectif de 1,4 à 1,5 individus à l'hectare dans 3 cas sur 4. Ceci est dû en grande partie à l'existence d'une « bosse » dans la structure diamétrique de l'espèce, calée sur les classes de diamètre intermédiaires et liée à une mortalité très faible (NB : il est ainsi logique que l'on obtienne des résultats ayant le même ordre de grandeur que ceux présentés dans le tableau a48 en annexe 1). Dans certains cas cependant (T2 et, dans une moindre mesure, T3), cette bosse est moins marquée et l'on constate un sur-stockage dans les grandes classes de diamètre. Une fois ce stock exploité il est difficile, voire impossible (T2) de le reconstituer.

Enfin on aura noté, à ce stade, une différence très importante entre Gonfolos et Angélique. S'il est difficile de retrouver le stock exploitable initial de l'Angélique, même en une centaine d'années, la surface terrière totale de l'espèce pourrait être retrouvée en moins de 50 ans (voir § 4.1.5 et tableau 17). On se trouve ici dans la situation inverse : un potentiel exploitable rapidement reconstituable, mais pas la surface terrière totale de la population. Ceci est évidemment lié à la structure diamétrique particulière des Gonfolos. Cela signifie que le prélèvement tous les 40 ans des Gonfolos de plus de 60 cm s'accompagnerait d'une diminution régulière de la surface terrière totale de la population. Gardons le cas du traitement 1. Au bout de 25 ans, on pourra en théorie exploiter 1,5 Gonfolos à l'hectare, soit un peu plus que le stock initial. Ceci occasionnera la disparition d'une surface terrière d'environ 0,62 m2/ha, alors que dans le même temps, 0,34 m2 au mieux auront été reconstitués. Si l'on souhaite conserver ces populations sur le long terme il faut donc rechercher un équilibre et, peut-être, n'exploiter que ce qui peut être reconstitué : 1,5 individus tous les 50 ans dans le cas présent, par exemple. L'équilibre ne pourra vraisemblablement être trouvé qu'au prix d'une modification de la structure diamétrique de la population (« effacement de la bosse »), par exemple en levant les contraintes pesant sur les classes 20-30 cm avec la mise en œuvre d'une sylviculture.

4.3. *Carapa procera* (Meliaceae)

4.3.1. Effectifs et surface terrière

L'évolution de cette espèce dans les différents groupes de parcelles, en effectifs et en surface terrière, est illustrée figure 32.

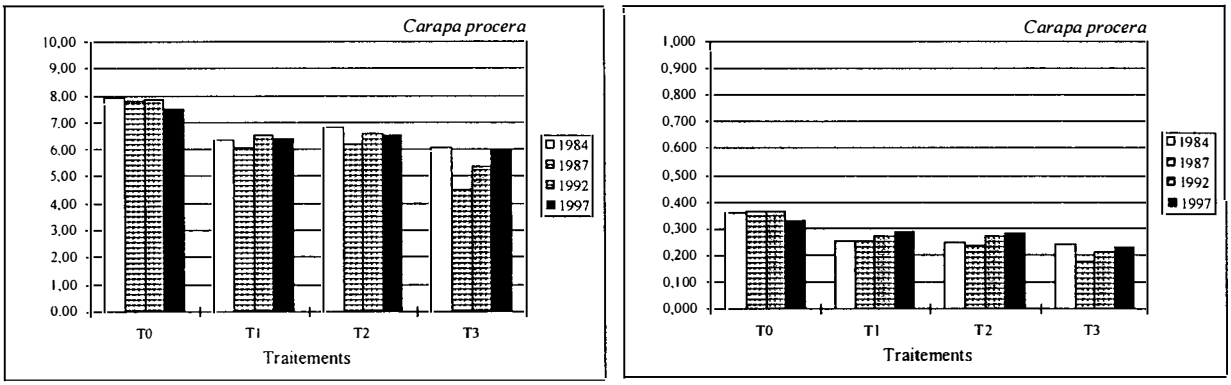


Fig.32. Evolution des effectifs (a) et de la surface terrière (b) des populations de Carapa dans les différents traitements.

L'espèce est présente dans tous les groupes de parcelles, avec des effectifs et une surface terrière un peu plus importants en T_0, un peu moins en T_3. Elle représente, en 1984, 1,0% (T_3) à 1,3% (T_0) des effectifs vivants sur les parcelles, et 0,7% (T_3) à 1,2% (T_0) de la surface terrière. *Carapa procera* n'a pas été exploité à Paracou du fait de l'absence, dans les parcelles traitées, d'individus faisant plus de 50 cm, DME fixé pour cette espèce dans le cadre de l'expérimentation. Les pertes subies à la suite de l'exploitation sont dues aux dégâts entraînés par cette opération : elles ont été particulièrement importantes, en ce qui concerne les effectifs, dans le traitement 3 : -25,5%, contre -4,3% en T1 et -9,4% en T2. Dans les traitements 1 et 2, ce sont essentiellement des individus de petite taille qui ont été touchés : -1,2% et -4,1% resp. en ce qui concerne l'évolution de la surface terrière, alors que dans le traitement 3 les dégâts ont touché toutes les classes : la surface terrière a diminué de 25,6% (voir également le tableau 26 au § 4.3.6).

4.3.2. Structure diamétrique

La figure 33 montre l'évolution de la structure diamétrique dans les différents traitements (voir également le tableau a15 en annexe 1). Les populations présentent, dans l'ensemble, une structure diamétrique de type linéaire décroissant assez remarquablement régulière, avec cependant une exception dans le groupe T1 : on y observe un déficit très net dans la première classe de diamètre, dont il est difficile de cerner l'origine étant donné qu'il s'agit d'un phénomène très localisé (*ie* au sein des parcelles du T1 : on peut donc difficilement invoquer un problème de dissémination, auquel l'espèce est très sensible. Cf. Forget, 1988).

On pourrait penser que ces parcelles ont, à un moment donné, été affectées par un déficit en reproducteurs étant donné le nombre très faible d'individus présents dans les classes de 30 cm et plus (il y en a nettement moins que dans les autres groupes).

On constate que le groupe des témoins est le seul dans lequel on trouve des individus dépassant 50 cm de diamètre (NB : le tableau a48 en annexe 1 n'a donc pas été rempli pour le Carapa), restés vivants de 1984 à 1996 avant de disparaître en 1997. La stimulation des accroissements liée aux traitements sylvicoles ne s'est pas traduite par une alimentation de ces grandes classes, ce qui laisse soupçonner l'existence, autour de 45/50 cm, d'un stade critique particulièrement sensible à la mortalité (la sénescence n'est sans doute pas seule en cause) et ce même si la plupart des individus ayant dépassé 35 cm sont dans la canopée (cf. Collinet, 1997, p.30, Fig.3.4.a). Il est probable que conserver un DME de 50 cm limitera sérieusement la participation de l'espèce aux volumes récoltés.

4.3.3. Recrutement et mortalité

Le tableau a16 en annexe 1 présente les données de recrutement et de mortalité (toutes causes confondues) en effectifs absolus, ainsi qu'en pourcentage de la population de Carapa présente en début de période considérée.

A partir de 1988/1989, le recrutement en effectifs absolus est beaucoup plus important dans les parcelles traitées que dans les parcelles témoins (plus que doublé, selon les années et les traitements). Ceci se traduit de manière assez spectaculaire sur la représentation en effectifs cumulés de la fig.21(c) : la hiérarchie des traitements y est respectée, avec un recrutement cumulé depuis 1984 en T2 et T3 à peu près double de celui de T1 et triple de celui de T0. Le tempérament héliophile du Carapa s'exprime ici clairement (comparer, en particulier, avec les autres espèces de la fig.21), mais on notera que les traitements 2 et 3 suivent une trajectoire quasiment confondue tout au long de l'intervalle de temps considéré. L'ouverture du peuplement, passé un certain seuil, profite d'abord aux pionnières.

La figure 34 ci-après compare l'évolution de l'importance de l'espèce dans le peuplement et dans le recrutement. En T_0, comme pour l'Angélique et les Gonfolos, la part du Carapa dans le recrutement est conforme à ce qu'elle est dans le peuplement total, avec des fluctuations autour d'une valeur moyenne de 1,3%, très stable dans le temps (on retrouve toujours le pic de recrutement, cette fois centré sur 1988). On note dans tous les traitements une phase d'augmentation de la représentation de l'espèce, entre 1988 et 1992, suivie d'une chute légère et progressive à compter de 1992/1993. Ceci s'explique à la fois par les pertes relativement faibles subies par le Carapa dans un contexte marqué par une diminution très nette des effectifs des peuplements, et par l'augmentation de son recrutement. L'inversement de tendance se fait au fur et à mesure de la montée en puissance du recrutement toutes espèces confondues. Malgré la stimulation produite par les ouvertures, cependant, on voit qu'à partir de 1992/1993 la représentation du Carapa dans ce recrutement demeure en dessous de son niveau dans le peuplement « adulte » (remarque : on pourra comparer les évolutions de la fig.34 avec celles des fig.22 et 28, et noter qu'existent un certain nombre de points communs, malgré l'héliophilie plus marquée de l'espèce).

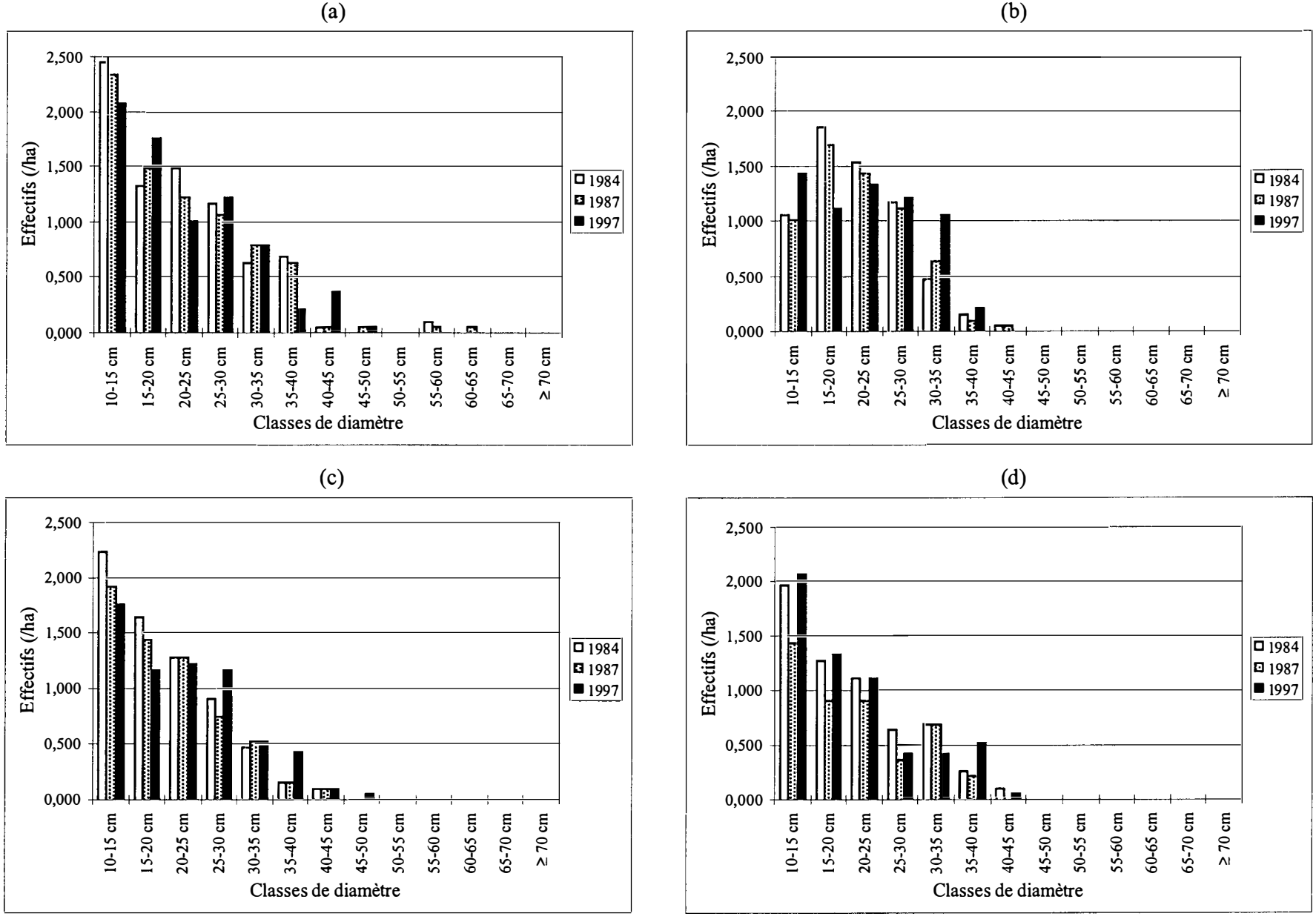


Fig.33. Evolution de la structure diamétrique de la population de *Carapa procera* dans les différents groupes de parcelles. (a) Parcelles témoins. (b) Parcelles du traitement 1. (c) Parcelles du traitement 2. (d) Parcelles du traitement 3.

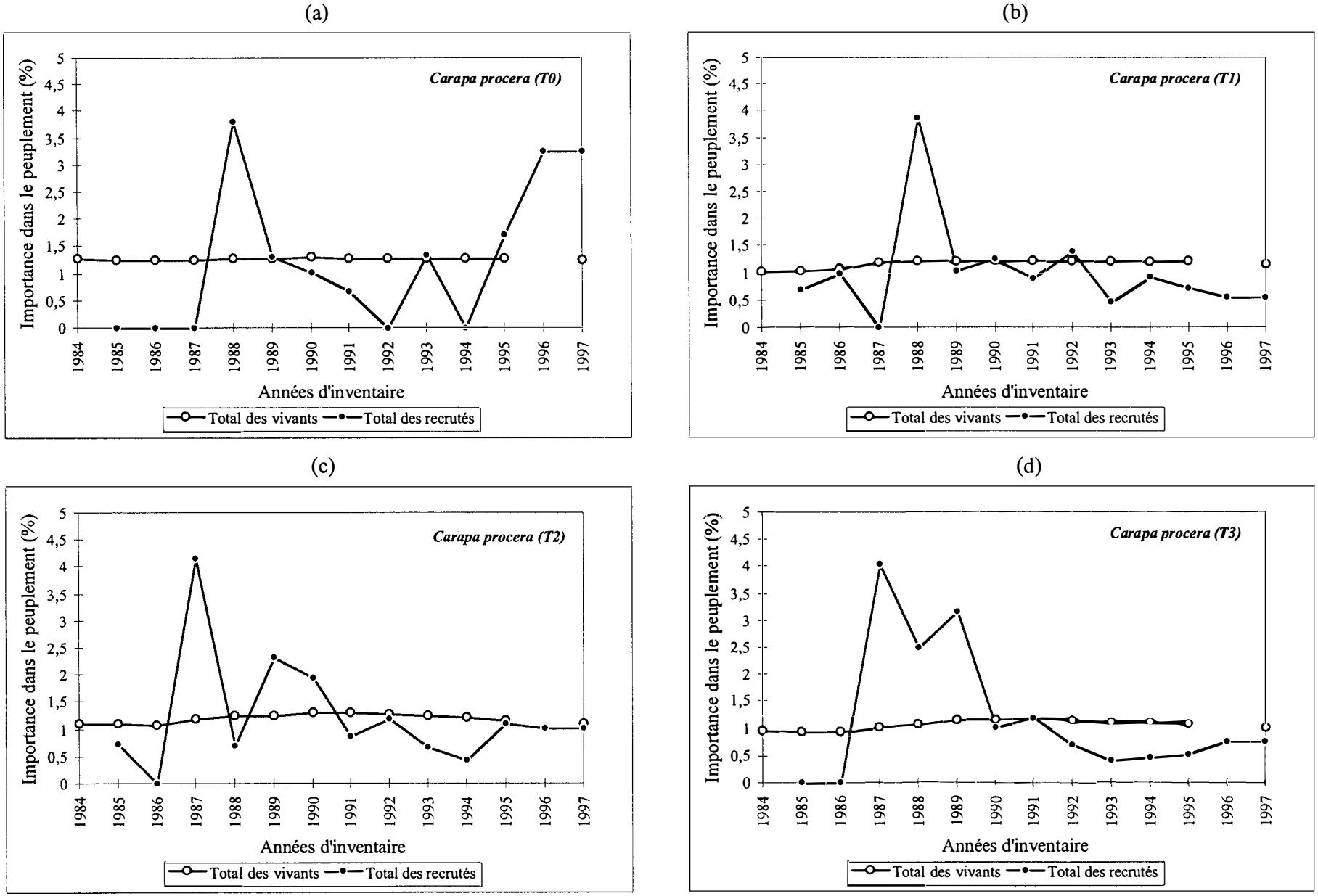


Fig.34. Evolution de l'importance de l'espèce *Carapa procera* dans le peuplement total et dans le peuplement recruté. (a) Dans les parcelles témoins. (b) Dans les parcelles du traitement 1. (c) Dans les parcelles du traitement 2. (d) Dans les parcelles du traitement 3.

En ce qui concerne la mortalité (cf. tableau a16 en annexe 1), et excepté la période des traitements marquée par les dégâts dont nous avons parlé plus haut, on observe peu de différences entre le comportement des témoins et celui des groupes T1 et T3. La mortalité concerne entre un et trois individus chaque année (sur l'ensemble de la superficie de chaque groupe). On note, dans les trois cas, une augmentation nette de cette mortalité sur la période 1994/1997, avec une pointe de 10 morts en témoins sur les deux années 1995/1996 et 1996/1997. On pourrait imaginer que, dans les parcelles traitées, ceci vient en partie de l'afflux de nouveaux individus dans les grandes classes de diamètre, critiques du point de vue de la survie. La mortalité en T2 demeure presque constamment plus forte que dans les autres groupes de parcelles (explication ?).

Le taux de mortalité moyen sur la période 1988/1989 à 1996/1997 a été estimé à l'aide de la formule [4] (cf. § 2.3). Les calculs ont été effectués tous diamètres confondus, mais également pour la fraction de la population dont le diamètre est compris entre 30 et 50 cm : dans ce cas, seule la mortalité naturelle est prise en compte et toutes les campagnes disponibles (1984/1985 à 1996/1997) sont utilisées (cf. § 4.1.3, la remarque faite pour l'Angélique). Les résultats obtenus sont les suivants.

Tableau 23. Taux de mortalité moyens observés chez *Carapa procera.* Tous diamètres : entre 1988/1989 et 1996/1997. 30-50 cm : entre 1984/1985 et 1996/1997.

Classes de diam. / traitements	T_0	T_1	T_2	T_3
Tous diamètres	1,51 %	1,39 %	3,24%	1,36 %
30-50 cm de diamètre	2,15 %	2,21 %	3,37 %	2,43 %

Ces chiffres confirment l'importance de la mortalité dans les classes de diamètre supérieures à 30 cm, au regard de ce qu'elle est en moyenne dans la population, ainsi que la situation particulière dans le groupe T2. On note également des taux de mortalité nettement supérieurs à ceux que l'on enregistre chez les deux EGE précédentes (voir tableaux 15 et 19).

4.3.4. Accroissements

Les accroissements moyens annuels observés chez le Carapa sont présentés dans le tableau 24, illustré par les figures 35 et 36 pages suivantes.

La fig.35 montre que, **avant les traitements** sylvicoles et par la suite dans le groupe des témoins, les accroissements ont tendance à être un peu plus faibles dans la première classe de diamètre. Cet effet n'est cependant significatif que sur la période 1984-1986, et uniquement pour les groupes T0 et T1. **Après traitement**, les trois classes les mieux représentées (10-20, 20-30 et 30-40 cm) se distinguent peu les unes des autres, voire voient la relation s'inverser (T2 et, parfois, T3) avec des accroissements plus importants dans la première classe. Il n'existe cependant aucun effet significatif du facteur classe de diamètre, excepté en T1 et T3 mais uniquement sur la période 1991-1993. On observe donc un comportement globalement homogène dans ces trois classes.

Tableau 24. Evolution des accroissements moyens annuels des Carapas (*Carapa procera*) à Paracou. Les calculs ont été effectués sur des individus ne présentant aucune anomalie sur la circonférence. N représente l'effectif sur lequel le calcul a été effectué. ΔD est l'accroissement moyen annuel calculé sur une période de deux ans (cm/an). L'indice accolé à N et ΔD indique le traitement concerné.

1984/1986								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	71	0,152	55	0,146	72	0,144	58	0,176
20-30	48	0,172	50	0,277	40	0,205	30	0,255
30-40	25	0,248	12	0,093	11	0,224	14	0,267
40-50	1	.	1	.	2	.	2	.
50-60	2	.	.	.	.	.	.	.
>=60	.	.	.	.	.	.	.	.
Moyenne		**0,176**		**0,197**		**0,171**		**0,211**
1989/1991								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	70	0,176	49	0,335	56	0,635	48	0,502
20-30	46	0,159	49	0,362	35	0,500	25	0,376
30-40	25	0,216	11	0,398	18	0,451	16	0,497
40-50	2	.	1	.	2	.	.	.
50-60	1	.	.	.	.	.	.	.
>=60	1	.	.	.	.	.	.	.
Moyenne		**0,178**		**0,353**		**0,561**		**0,466**
1991/1993								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	71	0,177	48	0,232	55	0,593	50	0,487
20-30	46	0,208	50	0,333	35	0,473	25	0,302
30-40	21	0,148	16	0,249	21	0,481	18	0,398
40-50	5	0,080	1	.	1	.	1	.
50-60	.	.	.	.	.	.	.	.
>=60	1	.	.	.	.	.	.	.
Moyenne		**0,179**		**0,279**		**0,534**		**0,420**
1993/1995								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	71	0,163	48	0,283	50	0,549	54	0,516
20-30	44	0,170	49	0,378	42	0,512	27	0,392
30-40	20	0,223	19	0,381	18	0,508	17	0,384
40-50	7	0,114	1	.	2	.	2	.
50-60	.	.	.	.	.	.	.	.
>=60	1	.	.	.	.	.	.	.
Moyenne		**0,171**		**0,340**		**0,528**		**0,459**
1995/1997								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	67	0,165	46	0,292	50	0,538	54	0,402
20-30	43	0,198	50	0,323	39	0,480	29	0,381
30-40	19	0,193	20	0,259	17	0,435	16	0,293
40-50	6	0,119	.	.	3	.	1	.
50-60	.	.	.	.	.	.	.	.
>=60	.	.	.	.	.	.	.	.
Moyenne		**0,177**		**0,300**		**0,500**		**0,379**

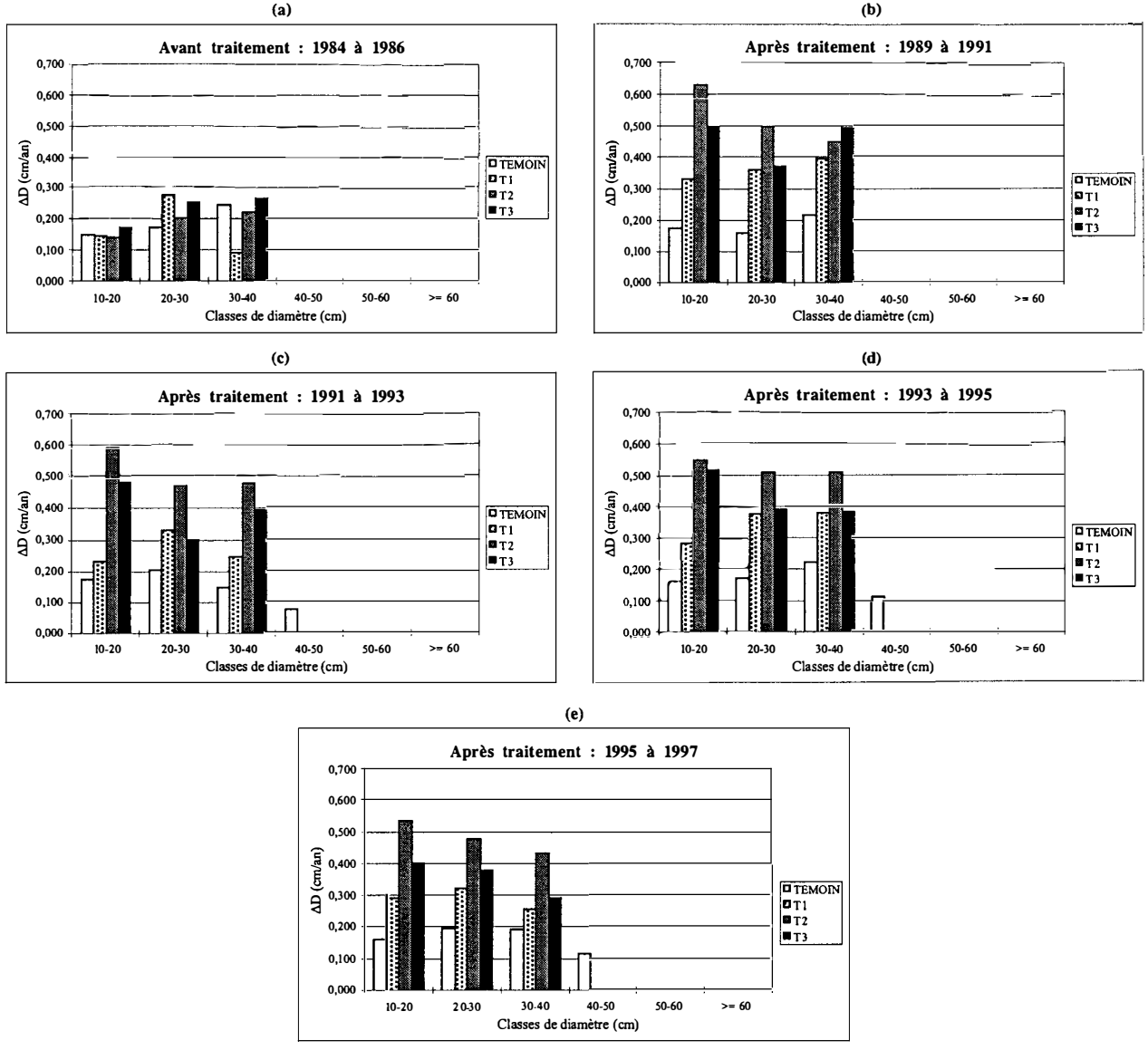


Fig.35. Accroissement moyen annuel (représenté par périodes de deux ans) en diamètre des individus de *Carapa procera* ne présentant pas d'anomalie de circonférence. (a) Période 1984/1986 ; (b) période 1989/1991 ; (c) période 1991/1993 ; (d) période 1993/1995 ; (e) période 1995/1997. NB. En témoin, les ΔD calculés dans la classe de diamètre 40-50 cm le sont sur un effectif très réduit : ils sont donc à considérer avec prudence.

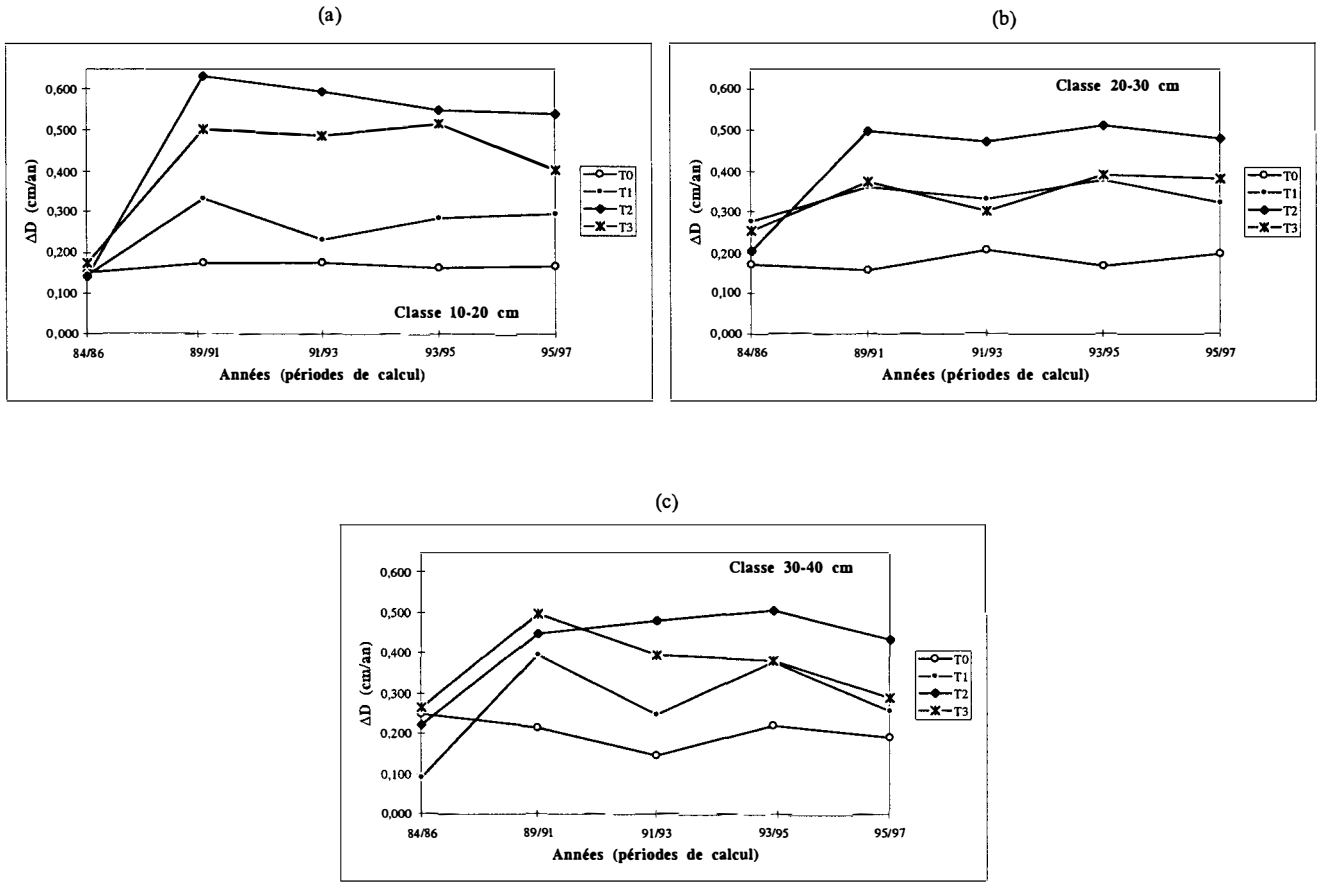


Fig.36. Accroissement moyen annuel (représenté par périodes de deux ans) en diamètre des individus de *Carapa procera* ne présentant pas d'anomalie de circonférence. (a) Classe de diamètre 10-20 cm ; (b) classe de diamètre 20-30 cm ; (c) classe de diamètre 30-40 cm.

Après la période des interventions, les accroissements sont nettement stimulés dans tous les traitements, parfois considérablement. Entre 1989 et 1991, ils sont en moyenne multipliés par 1,8 (en T_1), 3,3 (en T_2), 2,2 (en T_3) par rapport aux valeurs observées avant traitement : si l'on compare ces données à celles des Gonfolos dans les mêmes classes de diamètre (10 à 40 cm), on constate un comportement à peu près identique sauf en T2, où la stimulation des accroissements du Carapa a été particulièrement forte. L'Angélique, quant à elle, a moins bien réagi en T2 bien sûr mais également en T3.

Dans tous les traitements, la période 1991-1993 est caractérisée par une diminution des accroissements : x 1,4 (T1), x 3,1 (T2) et x 2,0 (T3), avant une ré-augmentation sur la période 1993-1995 comme pour les angéliques, sauf en T2 cette fois. La dernière période (1995-1997) est marquée par un fléchissement net des accroissements dans tous les traitements (sauf en T1 où ils restent supérieurs à leur niveau de 1991-1993 : le facteur multiplicatif passe à 1,5 (T_1), 2,9 (T_2) et 1,8 (T_3) respectivement.

Tous diamètres confondus, il n'existe pas sur la période 1984-1986 d'effet "groupe de parcelles". On observe simplement un léger effet sur la classe 30-40 cm, du fait des accroissements particulièrement faibles observés en T1 (voir fig.35(a)). Après les interventions, une ANOVA à un facteur "traitement" met en évidence un effet de ce dernier, quelle que soit la période envisagée y compris la dernière. Une comparaison multiple de moyennes permet d'isoler, de 1989 à 1993, chacun des groupes avec, en ordre croissant des accroissements : T0, T1, T3 puis T2. De 1993 à 1995, T3 et T2 ne se distinguent pas, alors qu'en 1995/1997, les accroissements en T3 ne sont plus significativement différents de ceux de T1. Si l'on travaille classe de diamètre par classe de diamètre (voir fig.36), les traitements 1 et 3 s'avèrent être le plus souvent non significativement différents dans la classe 20-30 cm.

L'effet traitement est significatif en comparaison avec le comportement du témoin, mais également avec le comportement des parcelles avant traitement (voir fig.36), quel que soit le temps écoulé. Il est très net dans la première classe de diamètre, quel que soit le traitement, très net pour le traitement 2 quelle que soit la classe de diamètre. Les accroissements dans la classe 20-30, même s'ils ont été en moyenne très stimulés après 1987/1988, sont parfois non significativement différents des accroissements avant traitement : c'est le cas dans le T1 et le T3 jusqu'en 1993. Même remarque pour la classe 30-40 : en T3, les accroissements ne sont jamais significativement différents de ceux de la période 1984-1986, quel que soit le temps écoulé.

En conclusion, les traitements ont essentiellement profité, et de manière durable, à la classe de diamètre 10-20 cm, suivie par la classe 20-30 cm. L'effet est toujours très significatif 8 à 10 ans plus tard, même si les accroissements fléchissent dans tous les groupes de parcelles traitées. Ce fléchissement concerne essentiellement les classes 10-20 et 30-40, la classe intermédiaire demeurant stable (voir fig.36(b)). Le traitement le plus efficace, dans le cas du Carapa, est le traitement 2.

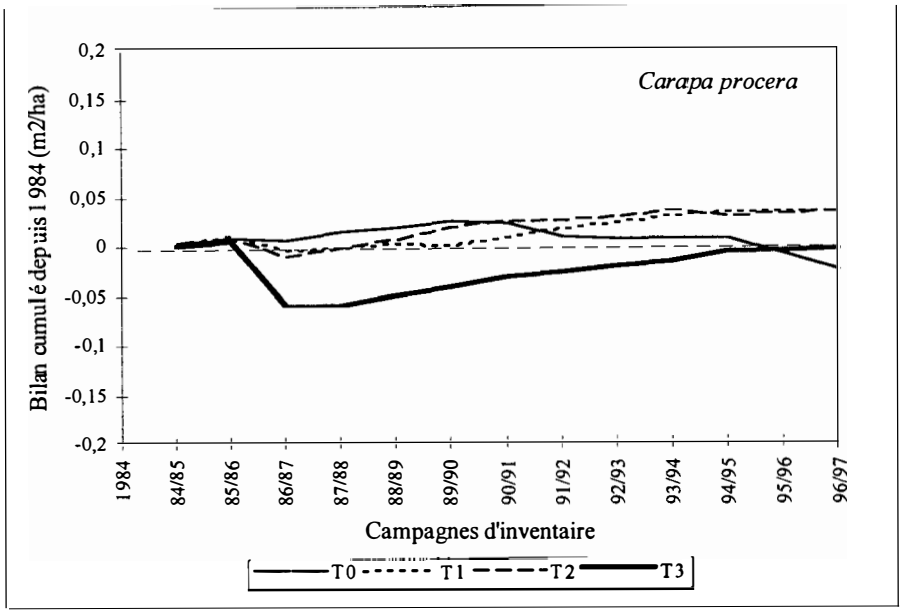
4.3.5. Bilan

Le tableau a17 en annexe 1 informe sur l'évolution du bilan et de ses différentes composantes (*i*) en valeurs instantanées et (*ii*) en valeurs cumulées depuis 1984 (voir également les figures a15 et a16).

Sur toutes les parcelles, le bilan instantané dépend toujours étroitement de la mortalité (cf. commentaires déjà faits plus haut). Dans les parcelles témoins, les épisodes de mortalité marqués des périodes 1990 à 1993, puis 1994 à 1997, sont bien visibles et se traduisent par un bilan cumulé pratiquement nul depuis 1992, négatif depuis 1995 (voir fig.a15(b)). Dans les parcelles traitées, le bilan instantané redevient positif un an après l'exploitation. Il connaît plusieurs épisodes négatifs en T2, alors qu'en T1 et en T3 il reste positif la plupart du temps avant de chuter en fin de période d'étude (cf. fin du § 4.3.3 sur la mortalité). En T1 et T2, la faiblesse des pertes initiales accompagnée d'une augmentation sensible des accroissements et du recrutement résulte en une augmentation générale de la surface terrière de la population. La figure 37, page suivante, montre l'évolution comparée des bilans cumulés absolu et relatif (/ 1988). On y observe, en ce qui concerne le bilan relatif, une évolution comparable dans les trois traitements, les forts accroissements en T2 compensant la mortalité. Le comportement est totalement inverse chez le groupe témoin, dont le bilan cumulé relatif atteint des valeurs négatives aussi importantes en valeur absolue que celle du T3.

Globalement, sur la période 1989-1997, le bilan moyen annuel en surface terrière est de : 0,0038 m2/ha (T1), 0,0035 m2/ha (T2) et 0,0054 m2/ha (T3) (voir tableau 25 ci-dessous). Lorsque l'année 1996/1997, marquée par une remontée de la mortalité, est exclue des calculs, les chiffres obtenus sont un peu plus élevés.

(a)



(b)

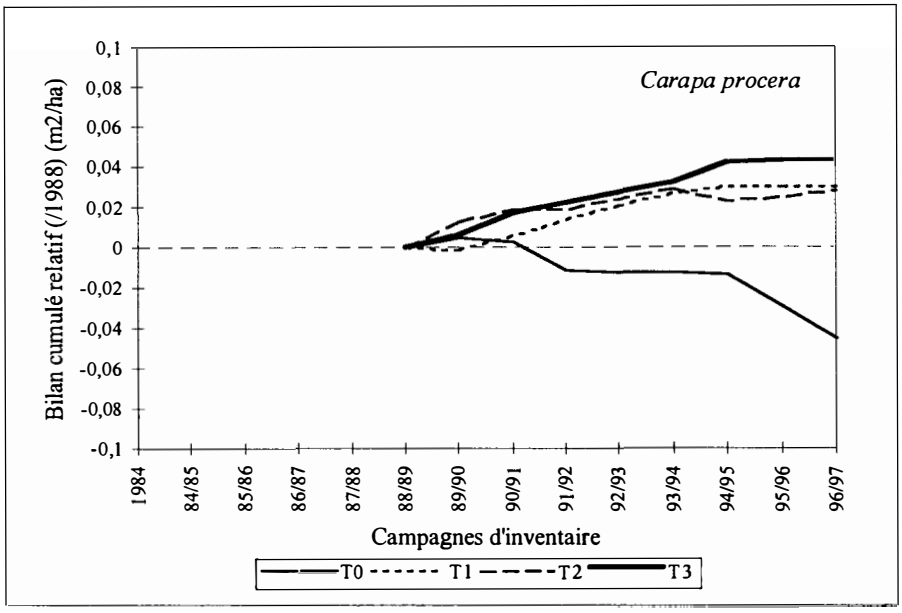


Fig.37. Comparaison, chez *Carapa procer*a, des bilans cumulés dans les différents traitements. (a) Cumul à partir de 1984. (b) Cumul relatif à partir de 1988, année prise comme référence "0".

Tableau 25. Calcul de la durée de reconstitution de la surface terrière initiale en prenant en compte différentes périodes de référence (voir le tableau a17 en annexe 1). La durée indiquée est un **minimum**.

Période de référence	Bilan moyen annuel (m2/ha)			Perte en surface terrière entre 1984 et le début de la période de calcul (m2/ha)			Temps minimum écoulé avant retour (quantitatif) à l'état initial (années)		
Traitement	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1989-1997	**0,0038**	**0,0035**	**0,0054**	++	++	**0,0500**	**-**	**-**	**9,2**
1989-1996	0,0043	0,0036	0,0061	++	++	0,0500	-	-	8,2
1988-1997	0,0037	0,0038	0,0061	0,0011	0,0012	0,0617	0,30	0,32	10,1
1988-1996	0,0041	0,0040	0,0068	0,0011	0,0012	0,0617	0,27	0,30	9,1

Les résultats présentés ici sont directement illustrés par la fig.37(a). En T1 et T2, les pertes enregistrées sont quasiment instantanément compensées et l'on observe une augmentation de la surface terrière dans les années suivant l'exploitation. Dans le T3, la perte a été plus importante, mais accroissements et recrutement permettent de la compenser en une dizaine d'années.

4.3.6. - Simulations de la reconstitution du stock des gros individus

Nous avons travaillé en conservant le DME de 50 cm, mais en restant conscients des limites de l'exercice sur cette espèce (cf. les remarques déjà faites aux § 4.3.2 et 4.3.3). Les résultats sont présentés dans l'annexe 2, tableaux a15 à a18, et illustrés sur la fig.37(bis) ci-dessous. Il conviendrait de les reprendre en raisonnant sur un DME de 40 cm (non fait dans le cadre de ce travail, mais voir les remarques ci-dessous en fin de paragraphe). Les paramètres utilisés dans les simulations sont les suivants :

Tableau 26. Paramètres utilisés pour les simulations du taux de reconstitution des gros diamètres dans les populations de Carapas.

Paramètres	**Scénario 1**	**Scénario 2**	**Scénario 3**	**Scénario 4**
ΔD des tiges d'avenir durant les 10 premières années	0,315 cm/an		0,470 cm/an	
ΔD des tiges d'avenir durant les années suivantes	0,193 cm/an		0,315 cm/an	
Mortalité chez les tiges d'avenir	2,21%	3,37%	2,21%	3,37%
Taux de dégâts (1986/1987) observés dans la classe 30-60 cm (pour info).	T0 et T1 : 6,25%, T2 : 6,25%, T3 : 22,73%			

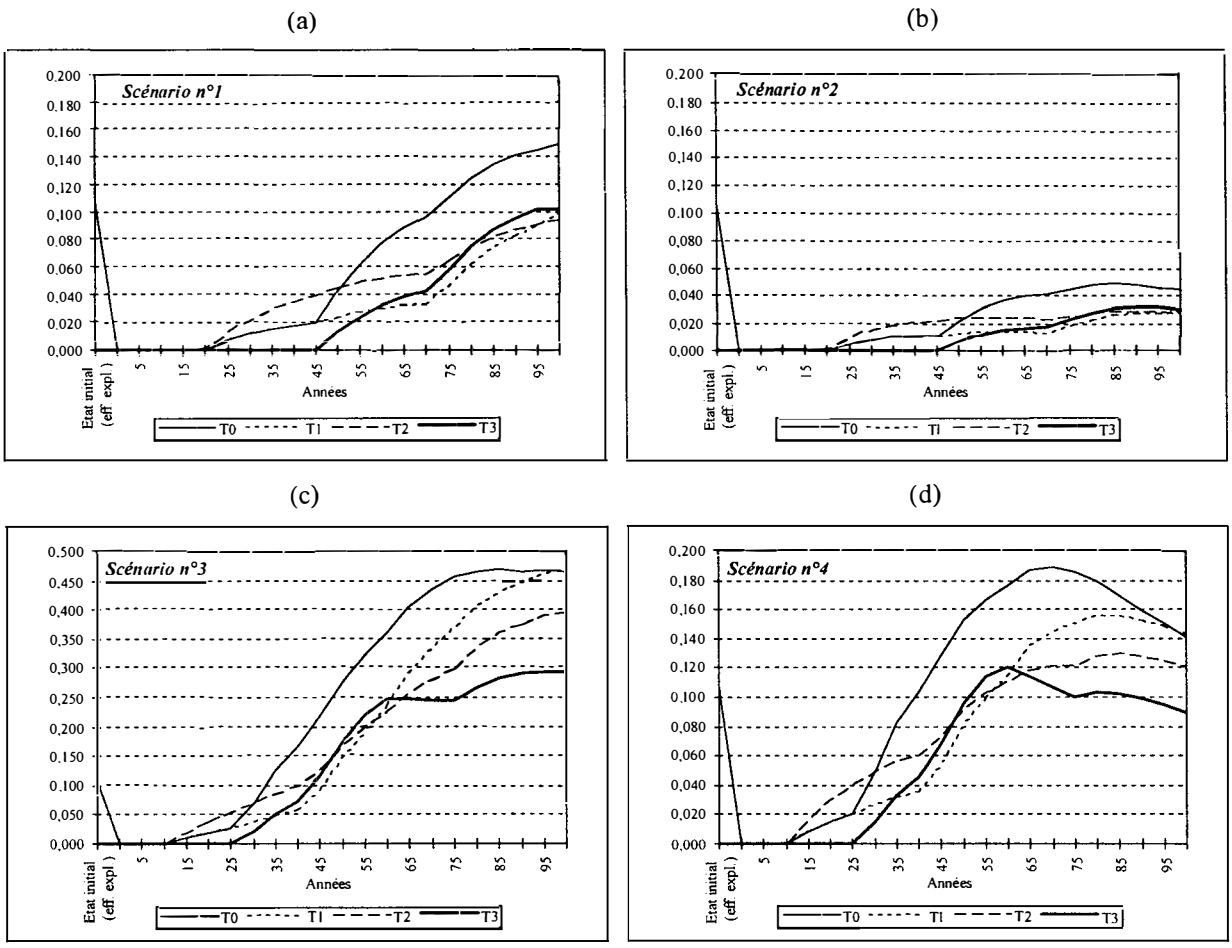


Fig.37(bis). Evolution hypothétique, après exploitation, des effectifs de Carapas de diamètre supérieur à 50 cm. (a) Cas du scénario 1. (b) Cas du scénario 2. (c) Cas du scénario 3. (d) Cas du scénario 4.

Nous ne reviendrons pas sur les remarques générales déjà faites précédemment. Dans le cas particulier du Carapa, on peut noter que :

- 0,107 individus de plus de 50 cm (soit deux Carapas sur l'ensemble de la superficie couverte par chaque groupe de parcelles) auraient pu être exploités en T0. Dans l'hypothèse où la mortalité naturelle ne ferait pas systématiquement disparaître de tels individus, la faiblesse ou l'absence d'effectifs dans les classes immédiatement inférieures explique que les délais de reconstitution soient longs (75 ans pour le scénario 1 en T0), et/ou que cet effectif ne se constitue pas : c'est le cas dans tous les autres traitements. Si l'on raisonne sur un effectif moitié moindre (un individu pour 18,75 ha), il serait possible de l'obtenir en 55 ans en T0 et entre 70 et 80 ans dans les aures traitements. L'utilisation d'un taux de mortalité de 3,37% (scénario 2) ne permet en aucun cas d'obtenir cet individu ;
- l'utilisation de valeurs d'accroissement correspondant à des parcelles qui demeurent relativement ouvertes (scénario 3) a pour effet de diminuer de plus de moitié le délai de reconstitution en T0 (35 ans), et dans tous les autres traitements on pourrait obtenir 0,107 individus par hectare entre 45 et 50 ans. L'utilisation du taux de mortalité le plus élevé retarde les échéances de 5 à 10 ans. Si l'on raisonne sur la base d'un effectif moitié moindre, on voit que dans tous les cas de figure on pourrait l'obtenir en moins de 40 ans.

Conclusion. Dans les conditions du traitement 1 on ne peut espérer dans la plupart des cas, et ce même si la mortalité n'élimine pas tous les individus de plus de 50 cm, obtenir plus de 0,053 individus / ha en moins de 70 ans. Le seul moyen d'obtenir une contribution un peu plus notable de cette espèce consisterait à abaisser le DME, au moins à 40 cm, si les conditions de marché le permettent. Etant données les capacités de réaction à l'ouverture du Carapa, il semble raisonnable d'espérer récupérer les mêmes effectifs qu'indiqué plus haut (entre un et deux individus sur 18,75 ha) en un temps plus court (de l'ordre de 50 ans) sans entamer le potentiel de l'espèce.

4.4. *Sextonia rubra* (Lauraceae)

4.4.1. Effectifs et surface terrière

L'évolution de la population de Grignon franc, en effectifs et en surface terrière, est illustrée par la figure 38 ci-dessous.

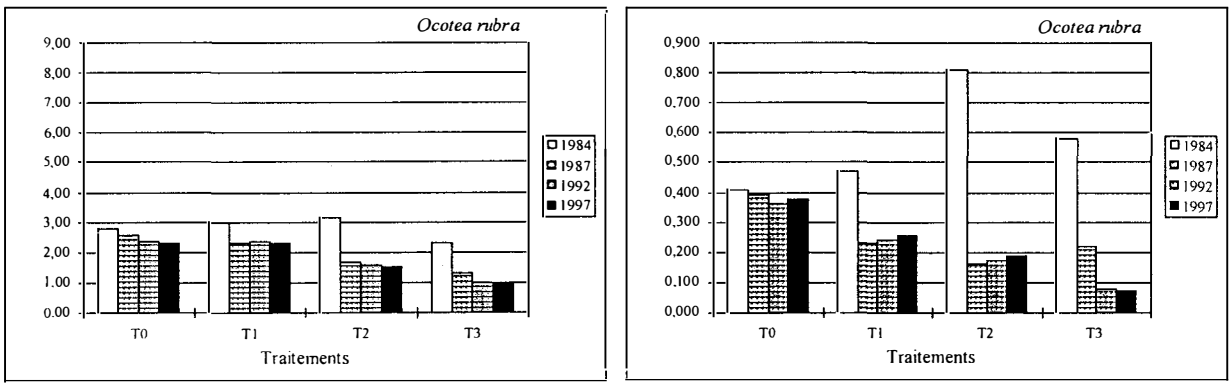


Fig.38. Evolution des effectifs (a) et de la surface terrière (b) des populations de Grignon franc dans les différents traitements.

L'espèce est présente dans tous les groupes de parcelles, avec des effectifs faibles (entre 0,4 et 0,5% du peuplement total), à peu près identiques en T0, T1 et T2 ; il y a un peu moins d'individus en T3. En terme de surface terrière, la situation entre groupes de parcelles est plus contrastée. Le Grignon représente 1,3% de la surface terrière totale en T0, 1,5% en T1, 2,5% en T2 et 1,8% en T3, soit une importance qui avoisinne celle de l'Angélique, pour des effectifs deux fois moindres.

L'exploitation, ainsi que les dégâts d'abattage (uniquement en T3 : voir tableau 30 au § 4.4.6) a pratiquement remis à niveau les trois groupes de parcelles traitées. Les groupes T2 et T3 sont évidemment ceux qui ont payé le plus lourd tribut : -23,4% des effectifs en T_1 (entre 1984 et 1987) mais -47,6% en T_2 et -42% en T_3 (situation à peu près identique à celle observée chez les Gonfolos) ; -51,7% de la surface terrière en T_1 mais -80,3% en T_2 et -61,8% en T_3 (chiffres cette fois nettement plus importants que ceux observés chez les Gonfolos). De ce fait, la représentation au sein du peuplement chute en 1987, la proportion en surface terrière passant à 0,6% en T_2 et 1% en T_3.

4.4.2. Structure diamétrique

La figure 39 montre l'évolution de la structure diamétrique du Grignon dans les différents traitements (voir également le tableau a18 en annexe 1). Le type de structure observé explique clairement le déséquilibre du ratio effectif/surface terrière que l'on a déjà pu noter sur les figures 15 à 18, ainsi que l'importance des pertes subies par certains traitements. On a affaire à une structure en « U », avec accumulation parfois considérable d'individus dans les grandes classes de diamètre, dépassant en effectifs les petites classes y compris la première : le T2 est en cela particulièrement spectaculaire. Dans certains traitements, la structure observée ressemble tout-à-fait à celle de la population de Gonfolos : c'est le cas dans le T1 (comparer la fig.39(b) à la fig.27(b)), où la population de Grignons est caractérisée par l'existence d'une cloche, entre 30 et 70 cm de diamètre, mais aussi dans le T2 (comparer la fig.39(c) à la fig.27(c)). Deux hypothèses pour expliquer ces structures : (1) on a affaire à un fonctionnement un peu identique à celui des Gonfolos, avec existence de stades caractérisés successivement par une forte puis une faible mortalité, qui provoquent des dépressions et des accumulations (le point de libération — voir le § 4.2.2 pour une explication du terme —, chez le Grignon, se situe dans une gamme de taille inférieure à celle du Gonfolo : 20-25 cm de diamètre. Voir Collinet, 1997). (2) On a affaire, à Paracou, à une population vieillissante présentant des difficultés apparentes de régénération (une comparaison avec d'autres sites guyanais s'impose pour y voir plus clair). Quoi qu'il en soit, les juvéniles du Grignon ne présentant pas un comportement particulièrement héliophile (contrairement aux espèces précédemment passées en revue, voir aussi Merona, 1999), on peut remarquer que les traitements sylvicoles ont tendance à provoquer un applatissement complet de la structure, l'alimentation des premières classes se faisant très difficilement (T2 et T3 surtout).

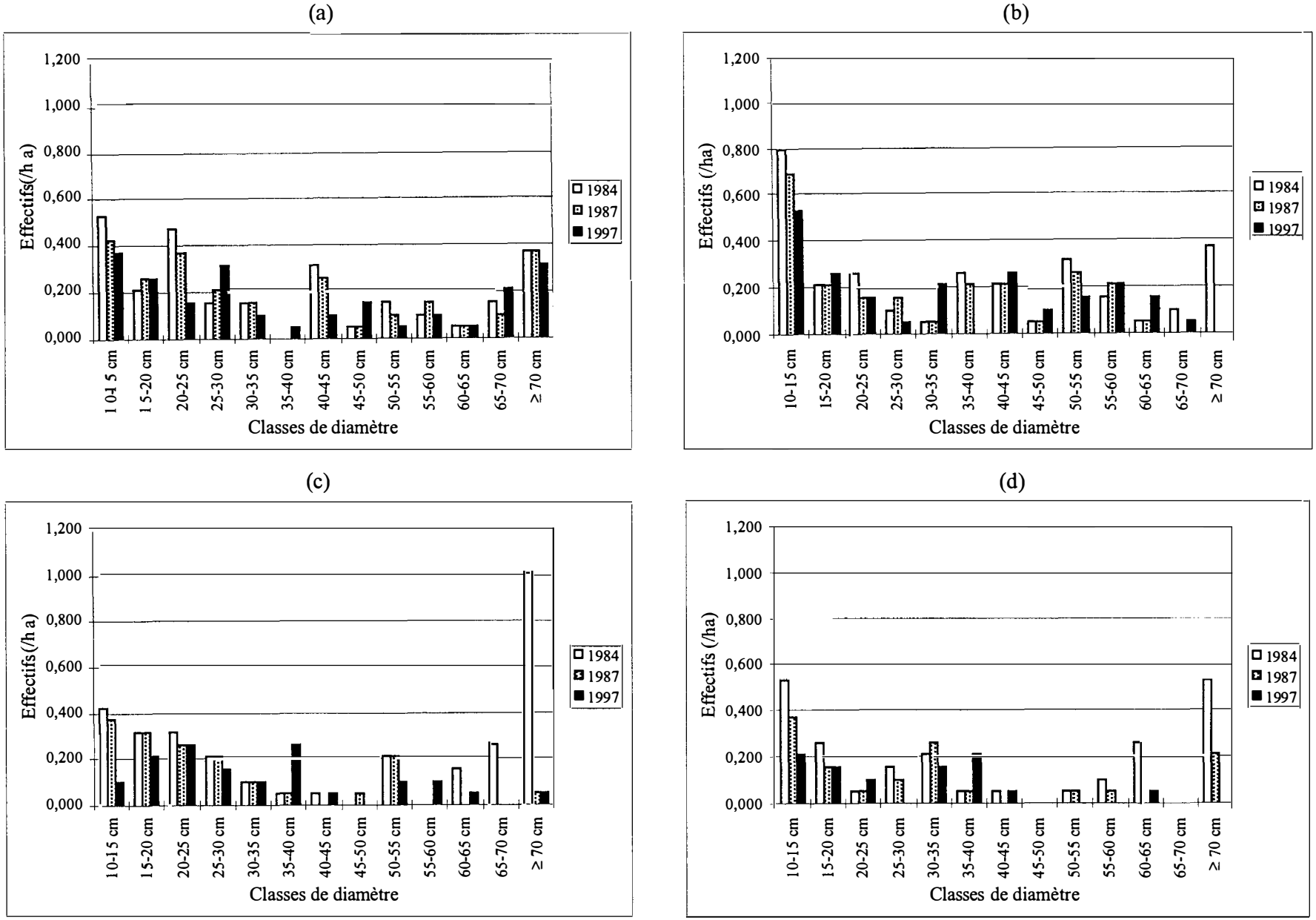


Fig.39. Evolution de la structure diamétrique de la population de *Sextonia rubra* dans les différents groupes de parcelles. (a) Parcelles témoins. (b) Parcelles du traitement 1. (c) Parcelles du traitement 2. (d) Parcelles du traitement 3.

Les calculs du taux de reconstitution du stock des individus exploités selon la méthode exposée au § 2.1 figurent dans le tableau a48 en annexe 1. Si l'on considère un DME de 60 cm (diamètre retenu pour l'exploitation du Grignon à Paracou), on voit qu'il faudrait respectivement 30 ans, 234 ans et 135 ans respectivement en T1, T2 et T3 pour reconstituer ce stock. Intuitivement, les résultats paraissent conformes aux observations faites plus haut : en T1, il existe une « cloche d'approvisionnement » dans les classes intermédiaires qui permet en théorie de retrouver rapidement un effectif exploité demeuré raisonnable, alors qu'en T2 et en T3 (*i*) la cloche est moins marquée et (*ii*) l'effectif exploité a été important, surtout en T2.

4.4.3. Recrutement et mortalité

Le tableau a19 en annexe 1 présente les données de recrutement et de mortalité (toutes causes confondues) en effectifs absolus, ainsi qu'en pourcentage de la population de Grignon présente en début de période considérée. Le recrutement cumulé est illustré sur la fig.21(d). On peut constater qu'il s'agit d'un évènement plutôt rare chez cette espèce et ce dans tous les traitements. Il n'y a pas eu un seul Grignon recruté en 13 ans sur les parcelles témoins (mais deux individus sont apparus sur l'ensemble des parcelles du groupe T1 avant traitement). Sur les parcelles traitées, l'ouverture des peuplements parait avoir eu un certain effet, au moins dans le traitement 3 qui a vu apparaître 3 nouveaux individus depuis 1992. Le recrutement observé immédiatement après traitement en T1, à la suite de ceux intervenus juste auparavant montre qu'indépendamment du traitement existait un petit stock d'individus proches du seuil de précomptage dans ce groupe de parcelles.

La figure 40, page suivante, compare l'évolution de l'importance de l'espèce dans le peuplement et dans le recrutement. On y observe, de manière très logique au vu de ce qui a été dit plus haut, une diminution de l'importance du Grignon dans tous les groupes de parcelles :

- en T0 parce qu'il n'y a pas eu de recrutement pour compenser la mortalité naturelle ;
- en T2 et en T3 parce que le recrutement ne compense pas les pertes subies lors de l'exploitation.

Cette tendance est moins nette en T1 qui a bénéficié de la conjonction d'un recrutement notable survenu entre 1984 et 1988 et d'une exploitation plus légère qu'en T2 et T3.

Sur les parcelles témoins, la mortalité (voir tableau a19 en annexe 1) concerne un à deux individus (0,053 à 0,107/ha) tous les deux à quatre ans sur l'ensemble de la surface, avec cependant un pic très notable de 4 individus (soit 8% de la population vivante) morts entre 1990 et 1991. Sur les parcelles traitées, une fois passé le pic d'exploitation qui voit la disparition de resp. 0,7 individu, 1,5 individus et 1,0 individu / ha tous diamètres confondus en T1, T2 et T3, et excepté en T3 qui enregistre une forte perte l'année suivant l'exploitation, puis en 1993/1994, la mortalité retrouve des valeurs faibles et erratiques (entre 0,053 et 0,160 individus à l'hectare certaines années, suivies de deux à quatre années consécutives sans mortalité). Ce schéma est très comparable à celui observé chez *Dicorynia guiaensis* (voir tableau a10 en annexe 1). Entre 1987 et 1997, l'effectif mort sur l'ensemble des parcelles est pratiquement le même chez les deux espèces, l'Angélique étant deux à trois fois plus abondante que le Grignon.

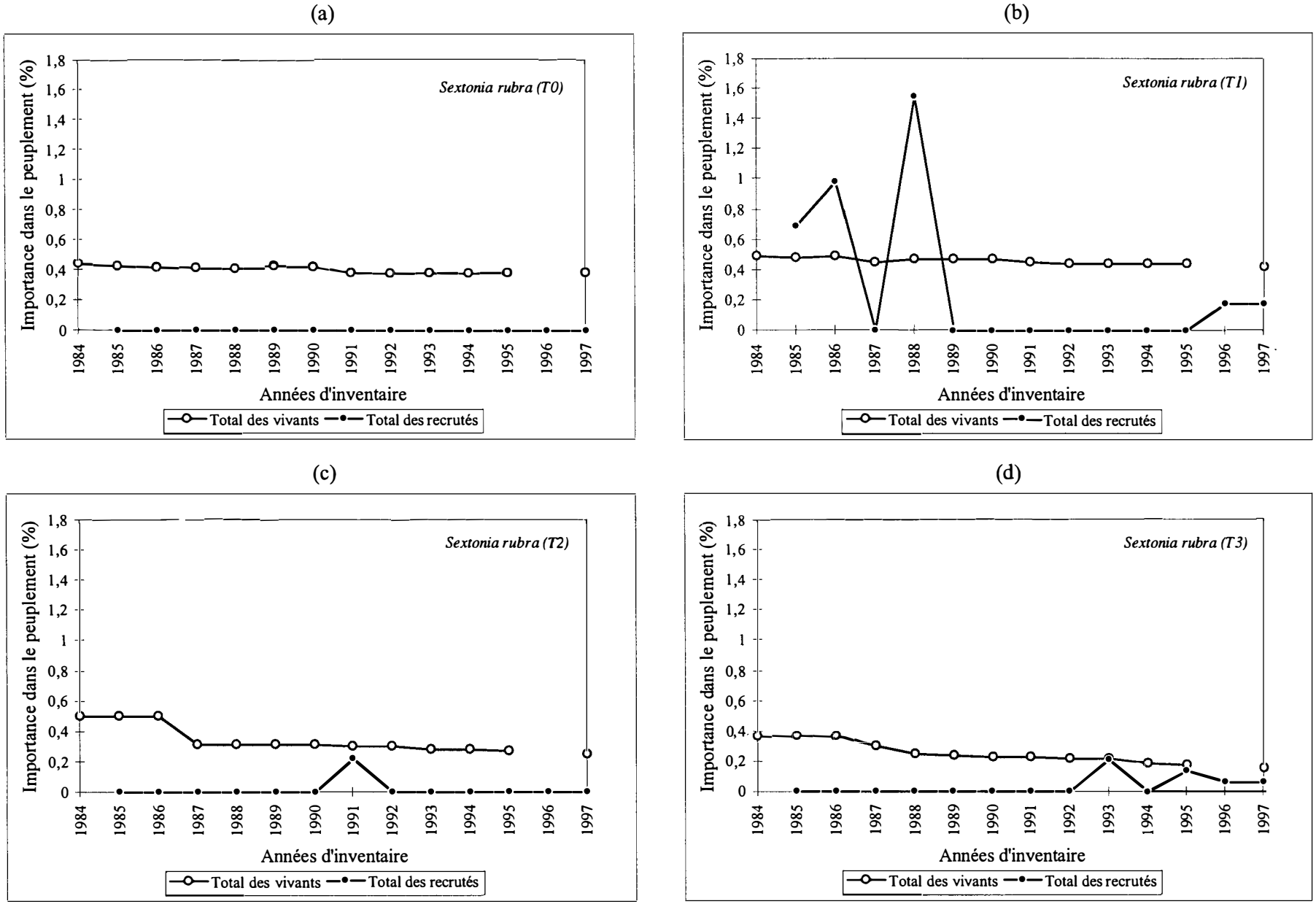


Fig.40. Evolution de l'importance de l'espèce *Sextonia rubra* dans le peuplement total et dans le peuplement recruté. (a) Dans les parcelles témoins. (b) Dans les parcelles du traitement 1. (c) Dans les parcelles du traitement 2. (d) Dans les parcelles du traitement 3.

Le taux de mortalité moyen sur la période 1988/1989 à 1996/1997 a été estimé à l'aide de la formule [4] (cf. § 2.3). Les calculs ont été effectués tous diamètres confondus, mais également pour la fraction de la population dont le diamètre est compris entre 40 et 60 cm : dans ce cas, seule la mortalité naturelle est prise en compte et toutes les campagnes disponibles (1984/1985 à 1996/1997) sont utilisées (cf. § 4.1.3, la remarque faite pour l'Angélique). Les résultats obtenus sont les suivants.

Tableau 27. Taux de mortalité moyens observés chez *Sextonia rubra*. Tous diamètres : entre 1988/1989 et 1996/1997. 40-60 cm : entre 1984/1985 et 1996/1997.

Classes de diam. / traitements	T_0	T_1	T_2	T_3
Tous diamètres	1,23 %	0,75 %	0,78%	3,00 %
40-60 cm de diamètre	2,46 %	0,53 %	0,00 %	0,00 %

Les taux importants enregistrés en T0 et T3 sont liés aux pics mentionnés plus haut (90/91 pour T0, 87/88 et 93/94 pour T3). Dans les grandes classes de diamètre, le fort taux de mortalité de T0 est toujours lié à l'évènement de 90/91. Dans les autres traitements, on constate qu'il est plus faible que sur l'ensemble de la population, phénomène déjà observé chez les Gonfolos et sans doute pour la même raison (voir § 4.4.2 et les histogrammes de la figure 39).

4.4.4. Accroissements

Les accroissements moyens annuels observés chez le Grignon franc sont présentés dans le tableau 28, illustré par les figures 41 et 42 pages suivantes.

Tableau 28. Evolution des accroissements moyens annuels des Grignons francs (*Sextonia rubra*) à Paracou. Les calculs ont été effectués sur des individus ne présentant aucune anomalie sur la circonférence. N représente l'effectif sur lequel le calcul a été effectué. ΔD est l'accroissement moyen annuel calculé sur une période de deux ans (cm/an). L'indice accolé à N et ΔD indique le traitement concerné.

1984/1986								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	14	0,091	19	0,067	12	0,086	15	0,095
20-30	10	0,135	6	0,332	10	0,294	4	0,179
30-40	*3*	*0,318*	5	0,286	*3*	*0,239*	5	0,127
40-50	6	0,398	*4*	*0,259*	1	.	1	.
50-60	5	0,334	9	0,212	*4*	*0,418*	*3*	*0,053*
>=60	10	0,175	10	0,342	24	0,338	12	0,119
Moyenne		**0,196**		**0,209**		**0,273**		**0,112**
1989/1991								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	13	0,049	18	0,186	9	0,354	8	0,259
20-30	9	0,124	6	0,332	7	0,659	*3*	*0,371*
30-40	*4*	*0,318*	*4*	*0,358*	6	0,517	6	0,517
40-50	5	0,286	*4*	*0,179*	1	.	.	.
50-60	*4*	*0,438*	10	0,366	*4*	*0,577*	2	.
>=60	9	0,398	1	.	.	.	.	.
Moyenne		**0,222**		**0,265**		**0,508**		**0,370**
1991/1993								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	13	0,098	17	0,136	9	0,398	8	0,199
20-30	9	0,027	6	0,305	7	0,648	2	.
30-40	*4*	*0,378*	*4*	*0,199*	6	0,637	7	0,500
40-50	5	0,382	6	0,186	1	.	.	.
50-60	*3*	*0,451*	9	0,407	4	*0,358*	1	.
>=60	10	0,271	1	.	.	.	1	.
Moyenne		**0,204**		**0,231**		**0,514**		**0,340**
1993/1995								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	12	0,007	17	0,154	9	0,460	7	0,273
20-30	9	0,124	6	0,239	6	0,743	2	.
30-40	*3*	*0,239*	*4*	*0,219*	7	0,693	7	0,466
40-50	*4*	*0,279*	5	0,255	.	.	.	.
50-60	*3*	*0,265*	10	0,334	5	0,653	1	.
>=60	11	0,282	1	.	.	.	.	.
Moyenne		**0,165**		**0,227**		**0,619**		**0,369**
1995/1997								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	11	0,007	15	0,106	8	0,318	7	0,193
20-30	9	0,141	6	0,345	7	0,614	1	.
30-40	*4*	*0,358*	*3*	*0,239*	7	0,557	7	0,341
40-50	*4*	*0,239*	6	0,371	.	.	1	.
50-60	*3*	*0,398*	8	0,318	*4*	*0,338*	1	.
>=60	11	0,456	*3*	*0,637*	2	.	.	.
Moyenne		**0,237**		**0,270**		**0,465**		**0,267**

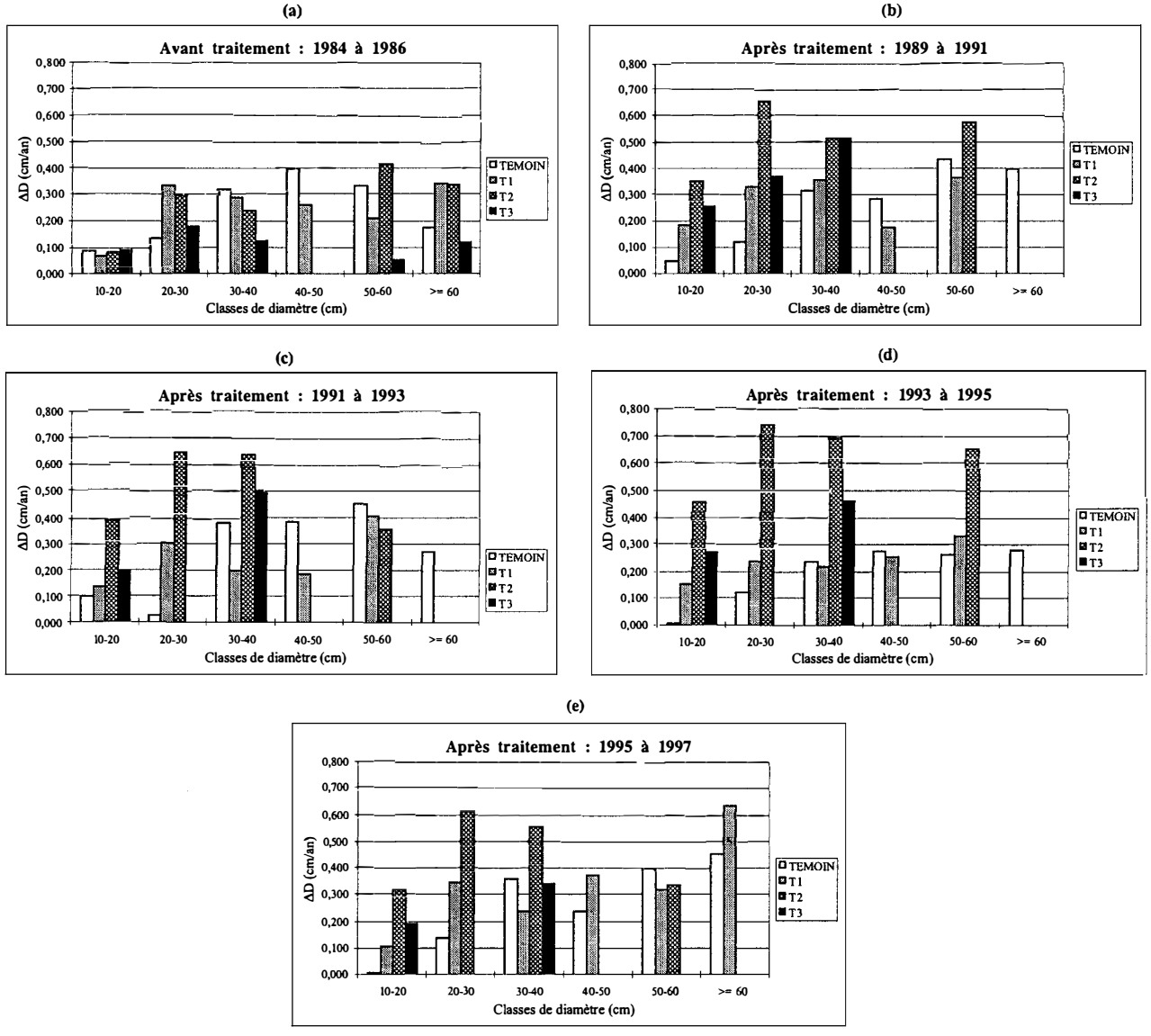


Fig.41. Accroissement moyen annuel (représenté par périodes de deux ans) en diamètre des individus de *Sextonia rubra* ne présentant pas d'anomalie de circonférence. (a) Période 1984/1986 ; (b) période 1989/1991 ; (c) période 1991/1993 ; (d) période 1993/1995 ; (e) période 1995/1997. NB. Les effectifs des classes 20-30 cm à 50-60 cm sont très réduits. Les ΔD doivent donc être considérés avec prudence.

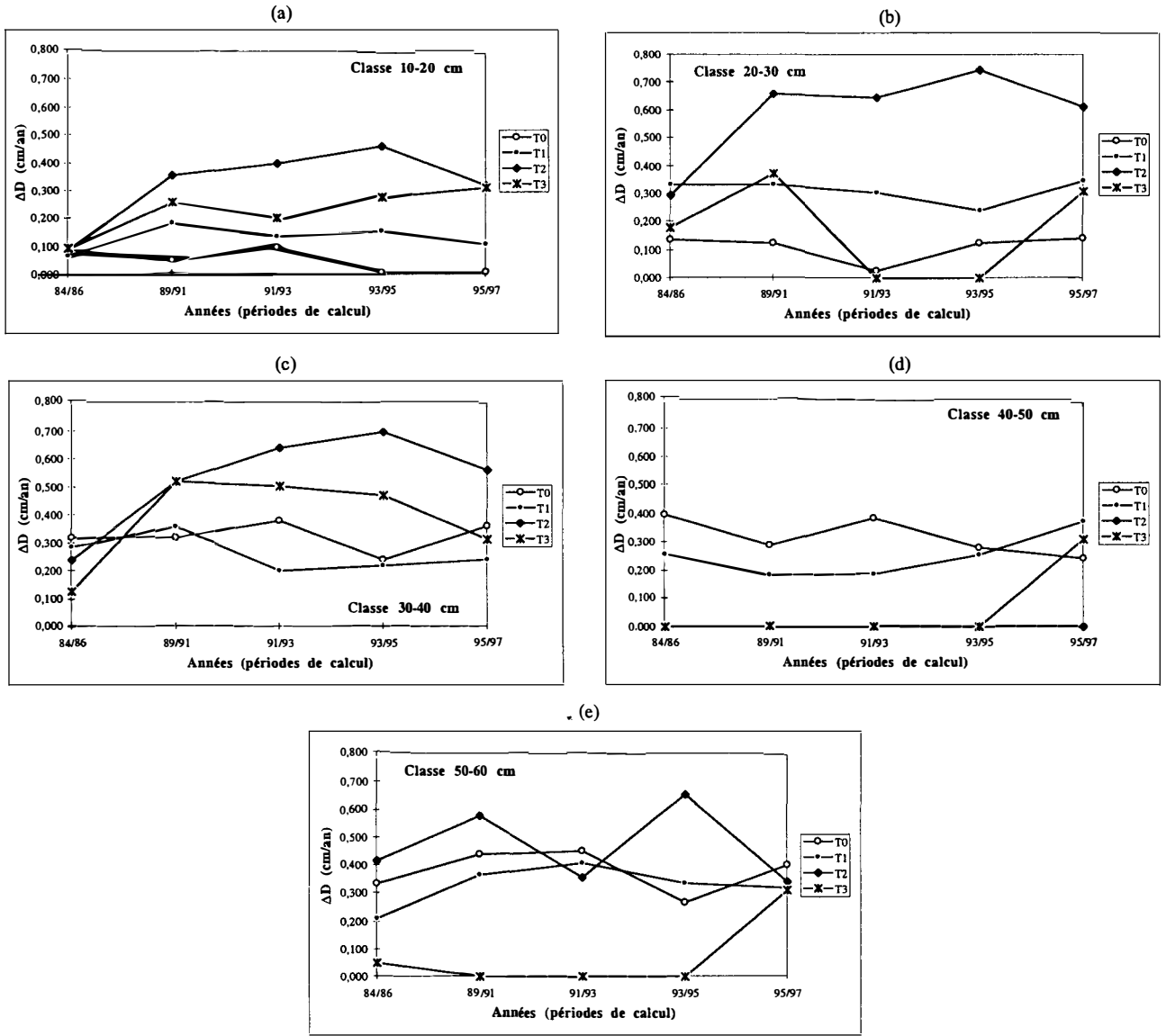


Fig.42. Accroissement moyen annuel (représenté par périodes de deux ans) en diamètre des individus de *Sextonia rubra* ne présentant pas d'anomalie de circonférence. (a) classe de diamètre 10-20 cm ; (b) classe de diamètre 20-30 cm ; (c) classe de diamètre 30-40 cm ; (d) classe de diamètre 40-50 cm ; (e) classe de diamètre 50-60 cm. NB. Les effectifs des classes 20-30 cm à 50-60 cm sont très réduits. Les ΔD doivent donc être considérés avec prudence.

On notera que les effectifs utilisés pour calculer les accroissements sont le plus souvent faibles, excepté dans la première classe de diamètre et, avant traitement, dans la dernière (≥ 60 cm). Les conditions micro-stationnelles étant très hétérogènes au sein des groupes de parcelles, tout particulièrement les parcelles traitées dans les années ayant suivi les interventions, une interprétation correcte des accroissements observés sur les quelques individus dont nous disposons aurait nécessité l'étude précise de la situation de chacun d'entre eux (ce qui dépassait le cadre de ce travail). Il faut donc considérer les résultats présentés ici avec prudence, et retenir plutôt les grandes tendances. NB. Les tests auxquels il est fait référence dans ce paragraphe sont des tests non paramétriques (somme des rangs de Wilcoxon et Kruskal-Wallis).

La figure 41 montre que, dans les parcelles témoins et avant traitement dans les parcelles des autres groupes, les accroissements sont faibles dans la première classe de diamètre, moyens dans la dernière classe et ont tendance à être élevés dans les classes intermédiaires. Ce comportement est cohérent avec celui déjà observé chez les autres espèces. Les tests confirment l'existence systématique d'un effet classe dans les témoins, sauf entre 1984 et 1986 et dans les groupes T1 et T2 avant traitement (l'effet disparaît à la suite des interventions) mais pas dans T3.

Avant traitement et si l'on fait abstraction des classes de diamètre, les groupes de parcelles diffèrent significativement par leur accroissement moyen (ce n'est pas le cas si l'on travaille classe par classe) : dans les classes de diamètre numériquement les plus importantes, les valeurs les plus fortes sont enregistrées en T1 et en T2 ce qui était déjà le cas chez les Gonfolos. Après la période des interventions, les accroissements sont stimulés dans tous les traitements. Entre 1989 et 1991, ils sont en moyenne multipliés par 1,3 (en T1), 1,9 (en T2) et 3,3 (en T3) par rapport aux valeurs observées avant traitement. De 1991 à 1993 puis de 1993 à 1995 ils diminuent en T1 (x 1,1 en moyenne) avant de ré-augmenter sur la dernière période : x 1,3 entre 1995 et 1997. En T2, ils augmentent jusqu'en 1993-1995 (x 2,2 sur cette période) avant de fléchir sensiblement entre 1995 et 1997 (x 1,7). En T3, les accroissements demeurent élevés jusqu'en 1993-1995, avant de fléchir eux aussi sur la dernière période (x 2,4 entre 1995 et 1997). Comme chez les autres espèces, les comportements sont très variables selon la classe de diamètre considérée, avec des stimulations plus importantes dans la première classe : entre 1989 et 1991, x 2,8 en T1 (mais les accroissements diminuent par la suite), x 4,11 en T2 et x 2,7 en T3.

Quelle que soit la période, et sauf exception quelle que soit la classe de diamètre, les accroissements moyens les plus importants sont enregistrés dans le T2. L'effet traitement est toujours très significatif, toutes classes de diamètre confondues mais également dans les classes présentant un effectif suffisant pour être prises en compte dans les analyses. Si, au sein de chaque traitement, on compare les accroissements de chaque période avec ce qu'ils étaient entre 1984 et 1986, on constate que :

- les accroissements n'évoluent significativement ni dans les parcelles témoins (ce à quoi l'on s'attend) ni, malgré les tendances observées, chez les parcelles du T1 (classes de diamètre regroupées ou non) ;
- en T2, les accroissements après 1989 diffèrent toujours significativement des accroissements initiaux, tous diamètres confondus mais aussi dans les deux premières classes de diamètre (seules analysables). On obtient les mêmes résultats en T3, tous diamètres confondus.

En conclusion, le traitement 1 paraît avoir eu un effet stimulant sur les accroissements des Grignons, mais pas de manière significative. Les traitements 2 et 3 ont eu un effet très net et durable sur les accroissements tous diamètres confondus et, en ce qui concerne le T2, dans toutes les classes analysables. 8 à 10 ans après traitement, l'effet est toujours significatif dans les deux traitements même si les accroissements marquent un fléchissement depuis 1995. En T2, ce fléchissement se produit dans toutes les classes de diamètre.

Le traitement le plus efficace, dans le cas particulier des Grignons, reste le traitement 2.

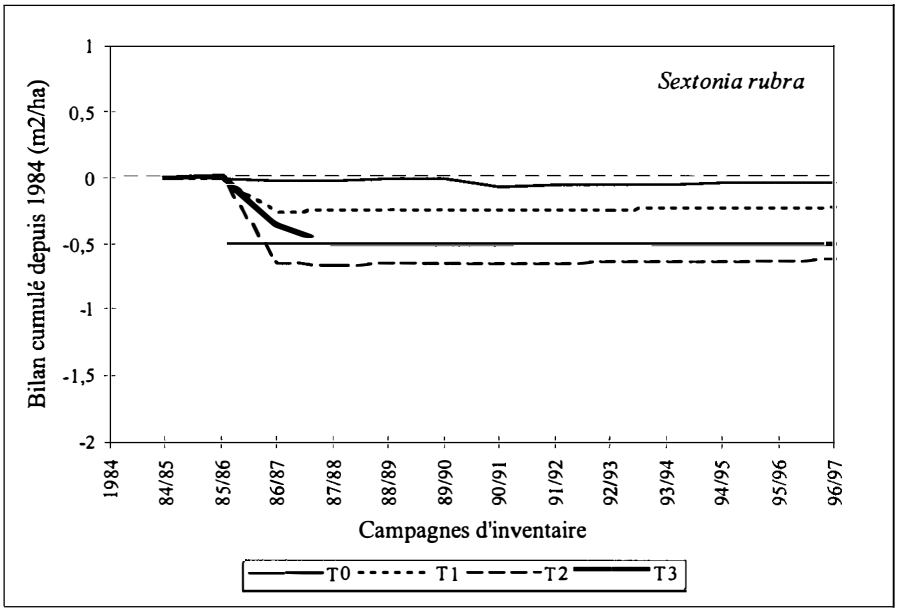
4.4.5. Bilan

Le tableau a20 en annexe 1 informe sur l'évolution du bilan et de ses différentes composantes dans chaque traitement (*i*) en valeurs instantanées et (*ii*) en valeurs cumulées depuis 1984 (voir aussi les figures a17 et a18).

Sur toutes les parcelles, le bilan dépend toujours étroitement de la mortalité (cf. commentaires déjà faits au § 4.1.5). On retrouve, sur les témoins et sur le groupe T3, l'épisode de mortalité exceptionnel enregistré entre 90/91 et 93/94 respectivement (voir fig.a17(a) et a18(c)). Dans les parcelles traitées, le bilan instantané redevient positif un an (en T1) à deux ans (T2 et T3) après exploitation.

La figure 43, page suivante, montre l'évolution comparée des bilans cumulés absolu et relatif (/ 1988). On observe (fig.43 (b)) le comportement très proche des groupes T1 et T2 : le Grignon est un peu moins bien représenté en T2 qu'en T1, après l'exploitation, mais la mortalité y a été nulle chez les gros diamètres et les accroissements beaucoup plus importants. En T3, l'espèce se retrouve faiblement représentée à partir de 1987, et la mortalité survenue en 93/94 a rendu durablement négatif le bilan cumulé relatif. En T0, l'occurrence de l'épisode de mortalité de 1990/1991 a déséquilibré durablement la population dont le bilan cumulé, qu'il soit absolu ou relatif, reste négatif.

(a)



(b)

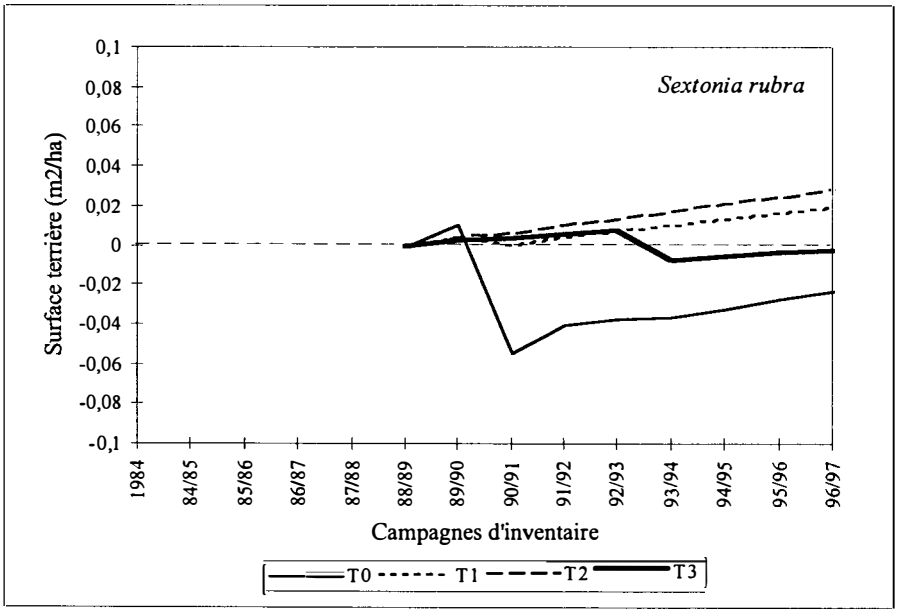


Fig.43. Comparaison, chez *Sextonia rubra*, des bilans cumulés dans les différents traitements. (a) Cumul à partir de 1984. (b) Cumul relatif à partir de 1988, année prise comme référence "0".

Tableau 29. Calcul de la durée de reconstitution de la surface terrière initiale en prenant en compte différentes périodes de référence (voir le tableau a20 en annexe 1). La durée indiquée est un **minimum**.

Période de référence	Bilan moyen annuel (m2/ha)			Perte en surface terrière entre 1984 et le début de la période de calcul (m2/ha)			Temps minimum écoulé avant retour (quantitatif) à l'état initial (années)		
Traitement	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1989-1997	**0,0025**	**0,0036**	**< 0**	**0,2354**	**0,6493**	**0,5051**	**94,2**	**180,4**	-
1989-1996	0,0024	0,0036	< 0	0,2354	0,6493	0,5051	98,1	180,4	-
1988-1997	0,0027	0,0035	< 0	0,2394	0,6526	0,5067	88,7	186,5	-
1988-1996	0,0026	0,0036	< 0	0,2394	0,6526	0,5067	92,1	181,3	-

Globalement, sur la période 1989-1997, le bilan moyen annuel en surface terrière est de (voir tableau 29 ci-dessus) : 0,0025 m2/ha (T1) et 0,0036 m2/ha (T2), il est faiblement négatif en T3 (-0,00027 m2/ha). En 1989, les différents groupes de parcelles avaient perdu resp. 0,2354 m2/ha (T1), 0,6493 m2/ha (T2) et 0,5051 m2/ha (T3). Au rythme actuel, il faudrait resp. 94 ans (T1) et 180 ans (T2) pour revenir quantitativement à l'état initial, durée que l'on ne peut estimer en T3 pour l'instant. Ces durées sont plus longues que celles observées pour les Gonfolos : les pertes subies ont été plus lourdes, relativement à l'importance de l'espèce dans le peuplement, et le potentiel de reconstitution en terme de surface terrière est plus faible (taux de recrutement et accroissements moyens inférieurs). Les différentes périodes de calcul utilisées fournissent des résultats cohérents les uns avec les autres.

4.4.6. - Simulations de la reconstitution du stock des gros individus

Nous avons travaillé, pour le Grignon, avec un DME de 60 cm. Les 4 scénarios ont été mis en oeuvre. Les résultats sont présentés dans l'annexe 2, tableaux a19 à a22, et illustrés sur la fig.43(bis) ci-dessous. Les paramètres utilisés dans les simulations sont les suivants :

Tableau 30. Paramètres utilisés pour les simulations du taux de reconstitution des gros diamètres dans les populations de Grignons francs.

Paramètres	**Scénario 1**	**Scénario 2**	**Scénario 3**	**Scénario 4**
ΔD des tiges d'avenir durant les 10 premières années	0,347 cm/an		0,491 cm/an	
ΔD des tiges d'avenir durant les années suivantes	0,347 cm/an		0,347 cm/an	
Mortalité chez les tiges d'avenir	0,53%	2,46%	0,53%	2,46%
Taux de dégâts (1986/1987) observés dans la classe 30-60 cm (pour info).	T0 et T1 : 0%, T2 : 0%, T3 : 11,11%			

On notera que dans ce cas précis, les accroissements pris en compte dans les scénarios 1 et 2 restent constants sur toute la période de calcul. Il s'agit là, en fait, des accroissements moyens de la classe 40-60 cm dans les témoins, qui s'avèrent être légèrement plus élevés que dans le traitement 1. De ce fait, les scénarios 3 et 4 fournissent des résultats peu différents des deux premiers (la stimulation ne porte que sur 10 ans).

On peut faire, pour le Grignon, les mêmes remarques que pour les Gonfolos en ce qui concerne la fiabilité des prédictions au-delà d'une certaine période de temps écoulé : la prise en compte des petites classes de diamètre devrait s'accompagner d'un ré-ajustement des taux de mortalité et de calculs de recrutement (phénomènes pouvant se compenser), mais le problème est moins sensible ici car les accroissements sont plus faibles : disons que la période critique se situerait aux alentours de 80 ans.

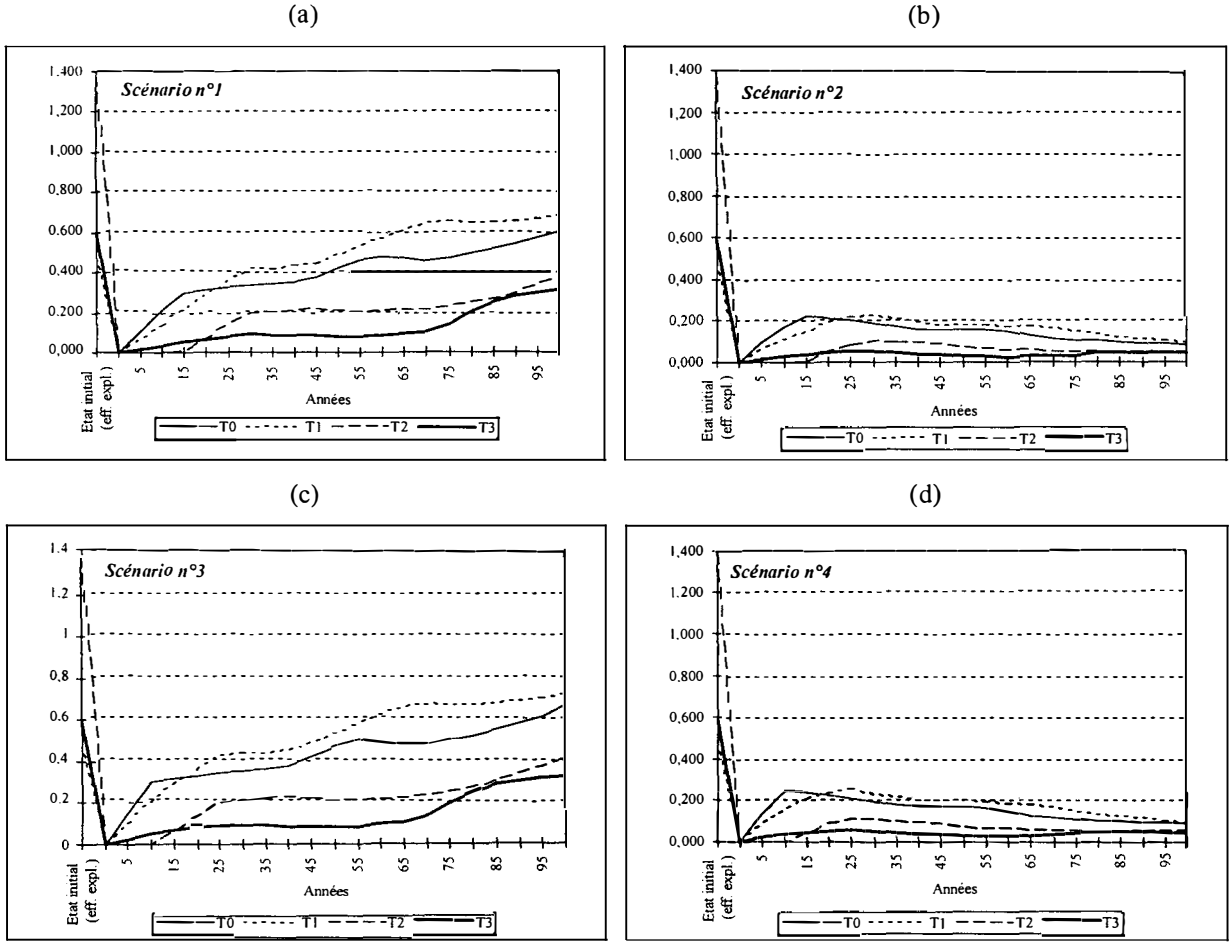


Fig.43(bis). Evolution, après exploitation, des effectifs de Grignons francs de diamètre supérieur à 60 cm. (a) Cas du scénario 1. (b) Cas du scénario 2. (c) Cas du scénario 3. (d) Cas du scénario 4.

Nous renvoyons le lecteur aux remarques déjà faites au § 4.1.6 à propos de l'Angélique. Dans le cas du Grignon, il ressort :

- que seuls deux des quatre groupes de parcelles parviennent à reconstituer leur stock exploitable, T0 très difficilement (100 ans dans le scénario 1, 95 ans dans le scénario 3) et T1 beaucoup plus facilement (50 et 45 ans respectivement). T1 cumule deux avantages : le Grignon y a été moins exploité et les classes de diamètre intermédiaires sont mieux fournies que dans les autres groupes de parcelles. La proposition exactement inverse tient pour T2 et T3 qui ne parviennent en aucun cas à reconstituer leur stock initial, même dans le scénario le plus optimiste ;
- on observe, lorsque la valeur du taux de mortalité est élevée (2,46%), le passage des courbes d'évolution par un maximum qui se situe autour de 25/30 ans. Les effectifs demeurant relativement stables dans les classes de diamètre intermédiaires, les pertes avant passage du seuil de 60 cm ne sont pas compensées. Nous n'avons pas recherché le seuil critique de mortalité à partir duquel se produit ce phénomène, mais il faut garder à l'esprit que cette espèce y est sensible ;
- les effectifs exploités en T1 soit 0,48 individu par hectare peuvent être reconstitués à peu près avec la même rapidité dans les groupes T0 et T1 (50 à 60 ans dans le scénario 1, 10 ans de moins dans le scénario 3), mais cela reste trop élevé pour T2 et T3 même dans le scénario le plus optimiste. Il faudrait "tomber" à un effectif exploité de 0,2 individus pour retrouver le stock en 55 ans (resp. 35 ans dans le scénario 3) en T2. La configuration du T3 quant à elle est trop défavorable pour fournir cet effectif minimum ;
- l'utilisation de valeurs d'accroissement correspondant à des parcelles qui demeurent relativement ouvertes (scénario 3) a peu d'effet, pour les raisons indiquées plus haut : on gagne une dizaine d'années sur la reconstitution des effectifs. Par contre, on constate que l'occurrence de taux de mortalité élevés (scénarios 2 et 4) a des conséquences catastrophiques sur l'évolution du stock.

Conclusion. Dans les conditions du traitement 1, et même si un traitement est mis en oeuvre pendant la durée de la rotation, on ne peut espérer, dans le cas du site de Paracou, reconstituer le stock initial des Grignons que dans le groupe de parcelles T1 où l'exploitation a été la plus légère (0,48 individus par hectare, effectif également reconstituable en T0) : 50 ans environ seraient nécessaires, 40 ans en cas de mise en oeuvre d'une sylviculture. Il faut cependant noter que, comme dans le cas des Gonfolos, on se retrouvera au bout de 50 ans face à une population qui n'aura pas reconstitué sa surface terrière (cf. tableau 29) et que, si l'on cherche à produire du Grignon de manière continue, un équilibre sera à trouver en exploitant un effectif plus réduit. Il faut bien noter cependant qu'une limitation immédiate des effectifs exploités peut se révéler ne pas être une bonne solution : en effet, la mortalité étant susceptible d'atteindre des seuils élevés, il paraît largement préférable d'exploiter le stock existant pendant une ou deux rotations, puis d'accepter de ne plus retrouver de Grignons pendant plusieurs rotations. L'équilibre doit être recherché dans le temps (et, bien sûr, dans l'espace !).

Lorsque la configuration est plus défavorable qu'en T0 et T1 (sur-stockage au-delà de 70 cm de diamètre et faibles effectifs dans les classes intermédiaires), on ne peut, en 50 ans, récupérer plus de 0,2 individus par hectare en T2. Le groupe T3 n'est, quant à lui, pas susceptible de fournir ce dernier effectif en moins de 80 ans.

Le Grignon paraît donc être, au moins sur le secteur de Paracou, une espèce sensible. Le faible taux de recrutement rend problématique la réalimentation des classes intermédiaires et il est certain que l'espèce ne pourra être raisonnablement exploitée que durant une à deux rotations, avant de disparaître provisoirement du stock global exploitable. **Il paraît important de souligner que l'on ne résoudra pas le problème en allongeant les durées de rotation** : le risque de mortalité élevé rend cette mesure inefficace. Il est préférable d'exploiter le stock existant, d'accepter la disparition provisoire d'effectifs exploitables, puis de rechercher le prélèvement régulier d'un effectif réduit à intervalles de temps "raisonnables" (cf. le chapitre 5).

4.5. *Vouacapoua americana* (Caesalpiniaceae)

4.5.1. Effectifs et surface terrière

L'évolution du Wacapou dans les différents groupes de parcelles, en effectifs et en surface terrière, est illustrée figure 44.

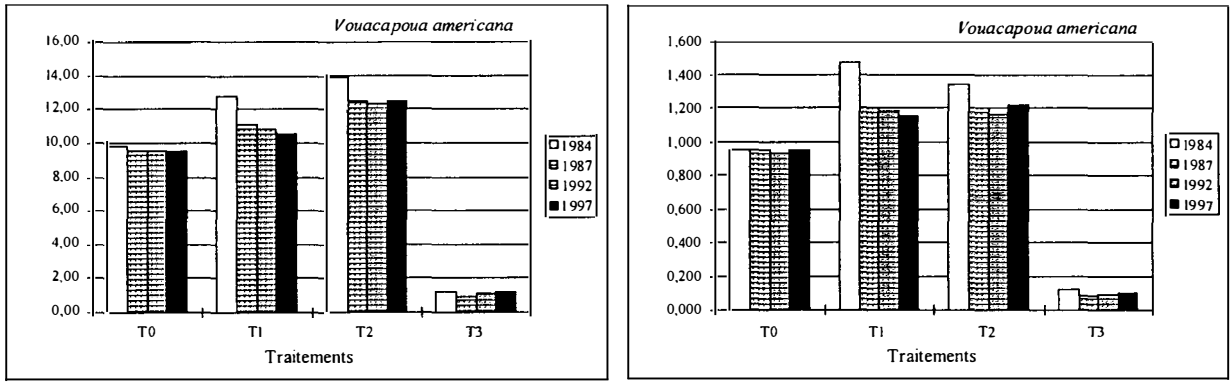


Fig.44. Evolution des effectifs (a) et de la surface terrière (b) des populations de Wacapou dans les différents traitements.

L'espèce est bien représentée dans les trois premiers groupes de parcelles avec, en 1984 : 1,6% des effectifs totaux et 3,1% de la surface terrière totale en T0, 2,1% des effectifs totaux et 4,8% de la surface terrière totale en T1, 2,2% des effectifs totaux et 4,2% de la surface terrière totale en T2. Elle est pratiquement absente du groupe T3 : ceci est à relier à la distribution spatiale de l'espèce, en grandes plaques à l'échelle d'une ou plusieurs parcelles (voir Collinet, 1997, Traissac, 1998). Le ratio surface terrière / effectif est comparable à celui de l'Angélique (voir fig. 15, 16(a), 17(a) et 18(a)), mais le Wacapou est mieux représenté sauf en T3.

L'exploitation a relativement peu touché l'espèce. On enregistre, entre 1984 et 1987, une perte en effectifs de respectivement 13% en T1, 10% en T2 et 22,2% en T3. Ceci représente une perte en surface terrière de 18,2% en T1, 10,4% en T2 et 29% en T3, chiffres à comparer à ceux beaucoup plus élevés, obtenus pour l'Angélique, les Gonfolos et le Grignon. Ces pertes entraînent cependant une baisse de la représentation du Wacapou dans le peuplement total en T1 et en T2 (voir fig.47, comparer avec les fig.22 et 28), car elles ne sont pas compensées par le recrutement.

4.5.2. Structure diamétrique

La figure 45 montre l'évolution de la structure diamétrique dans les différents traitements (voir également le tableau a21 en annexe 1). Aux trois premiers groupes de parcelles correspondent trois structures différentes. On sent bien, ici, les limites imposées par le cadre des parcelles : les populations étudiées ne représentent que des fragments de populations réelles dont la logique de fonctionnement ne peut vraisemblablement se comprendre à cette échelle. Les structures observées peuvent correspondre à des stades d'évolution différents qui conduiraient à terme à une structure semblable à celle observée chez les Gonfolos, avec existence d'une cloche entre 25-30 cm et 60 cm de diamètre : le phénomène est net en T1 et esquissé en T2. On aurait en T0 un stade moins évolué, du moins en 1984, car en 1997 on voit une cloche apparaître. Nous renvoyons le lecteur au paragraphe traitant des Gonfolos pour davantage d'explications.

La fig.45 montre que le stock exploitable était à peu près équivalent en T1 et en T2, mais qu'il n'a pas été prélevé dans son intégralité : les plus gros diamètres ont été peu touchés, ceci en raison de la mauvaise conformation des troncs (trop peu de surbille intéressante).

Les calculs du taux de reconstitution du stock des individus exploités selon la méthode exposée au § 2.1 figurent dans le tableau a48 en annexe 1. Si l'on considère un DME de 60 cm (diamètre retenu pour l'exploitation du Wacapou à Paracou), on voit que dans les groupes T1 et T3, aucun individu n'est venu alimenter les classes considérées depuis 1987 (resp. 1988). En T2 par contre, le taux de reconstitution observé est de 6,7% et il ne faudrait que 15 ans pour retrouver le stock exploité. Si l'on considère des DME différents, on voit que les calculs conduisent, dans toutes les situations, à des durées de reconstitution assez cohérentes : 10 à 20 ans, c'est-à-dire courtes.

4.5.3. Recrutement et mortalité

Le tableau a22 en annexe 1 présente les données de recrutement et de mortalité (toutes causes confondues) en effectifs absolus, ainsi qu'en pourcentage des populations de Wacapous présentes en début de période considérée. La figure 46(a) montre le recrutement cumulé depuis 1984 dans les 4 groupes de parcelles. C'est dans le T2 qu'il est le plus important et le plus régulier : on y observe l'apparition de 1 à 5 wacapous (à l'échelle du groupe de 3 parcelles) chaque année depuis 1984, avec un effet apparent du traitement à partir de 1988. Cette apparition est plus erratique et plus faible en T1, très faible en T0 et T3. Globalement, l'espèce recrute moins (excepté en T2 où le recrutement est du même niveau) que l'Angélique, alors qu'elle est mieux représentée dans les parcelles. Ceci peut être mis en parallèle avec un comportement relativement tolérant à l'ombrage et une régénération sensu stricto peu sensible (du point de vue des accroissements) à l'ouverture des peuplements (Rankin de Merona, 1999).

La figure 47 ci-après compare l'évolution de l'importance de l'espèce dans le peuplement et dans le recrutement, en fonction des traitements. En T_0, les recrutements survenus entre 1992 et 1994 ont suffi à maintenir la population à un niveau stable dans les parcelles. Même stabilité observée en T3. En revanche, dans les T1 et T2, la part du Wacapou dans le recrutement global est trop faible pour compenser la perte subie lors de l'exploitation et la représentation de l'espèce diminue depuis 1990. Le phénomène est accentué en T2 par la montée en puissance des héliophiles.

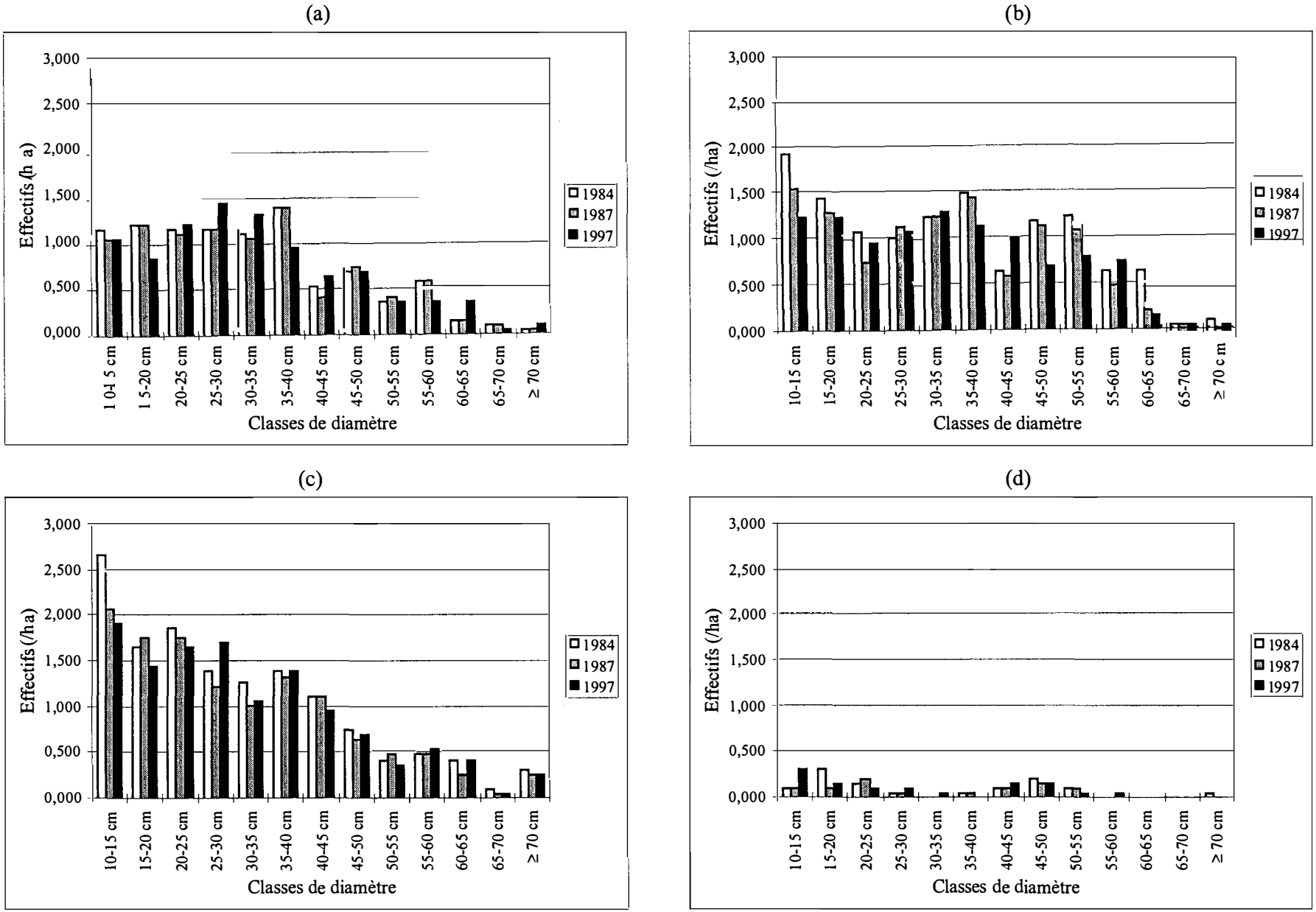


Fig.45. Evolution de la structure diamétrique de la population de *Vouacapoua americana* dans les différents groupes de parcelles. (a) Parcelles témoins. (b) Parcelles du traitement 1. (c) Parcelles du traitement 2. (d) Parcelles du traitement 3.

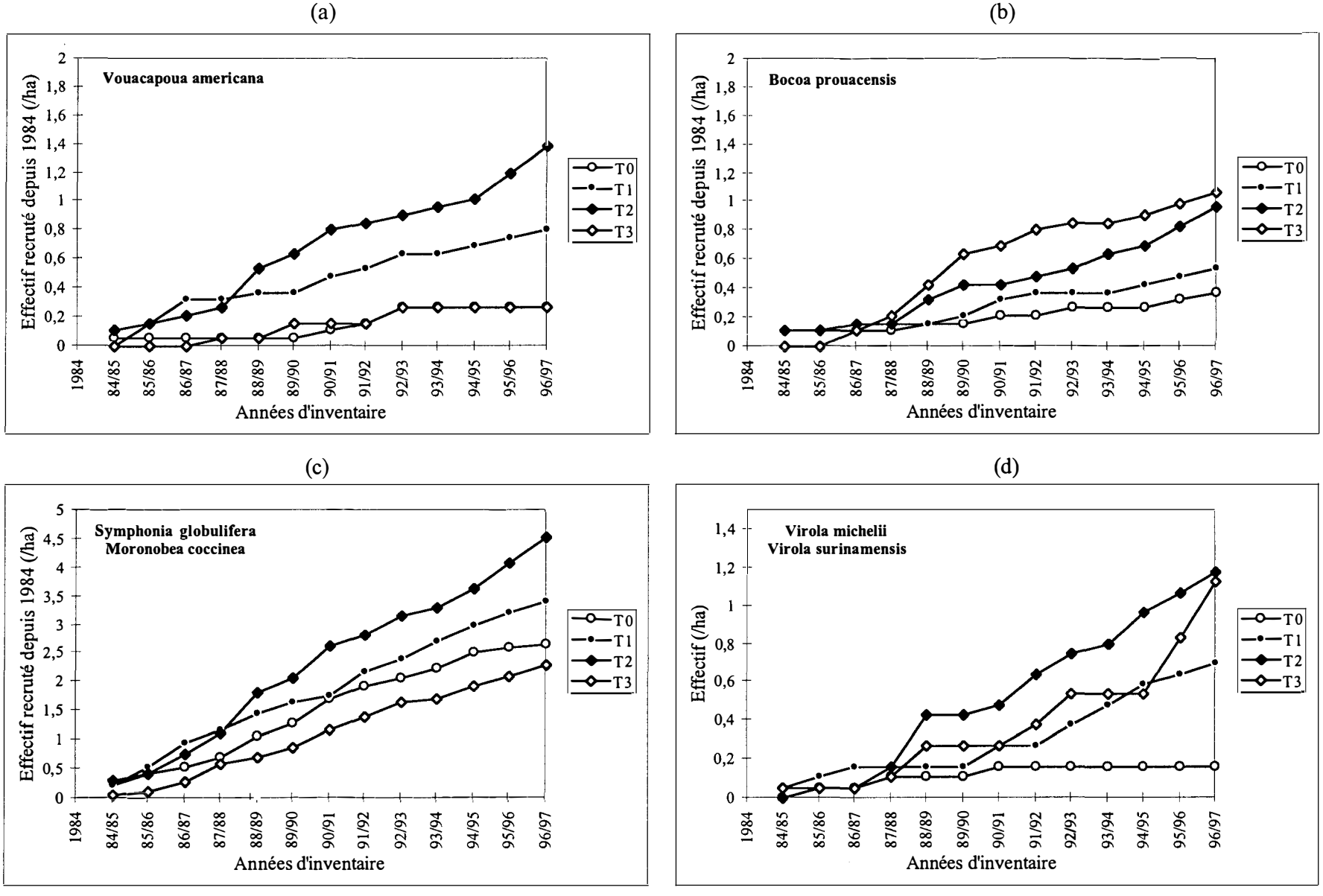


Fig.46. Recrutement cumulé depuis 1984, en fonction des traitements : (a) chez *Vouacapoua americana* ; (b) chez *Bocoa prouacensis* ; (c) chez *Moronobea coccinea* et *Symphonia globulifera* ; (d) chez *Virola michelii et Virola surinamensis.* NB : l'échelle de l'axe des ordonnées varie selon les graphiques.

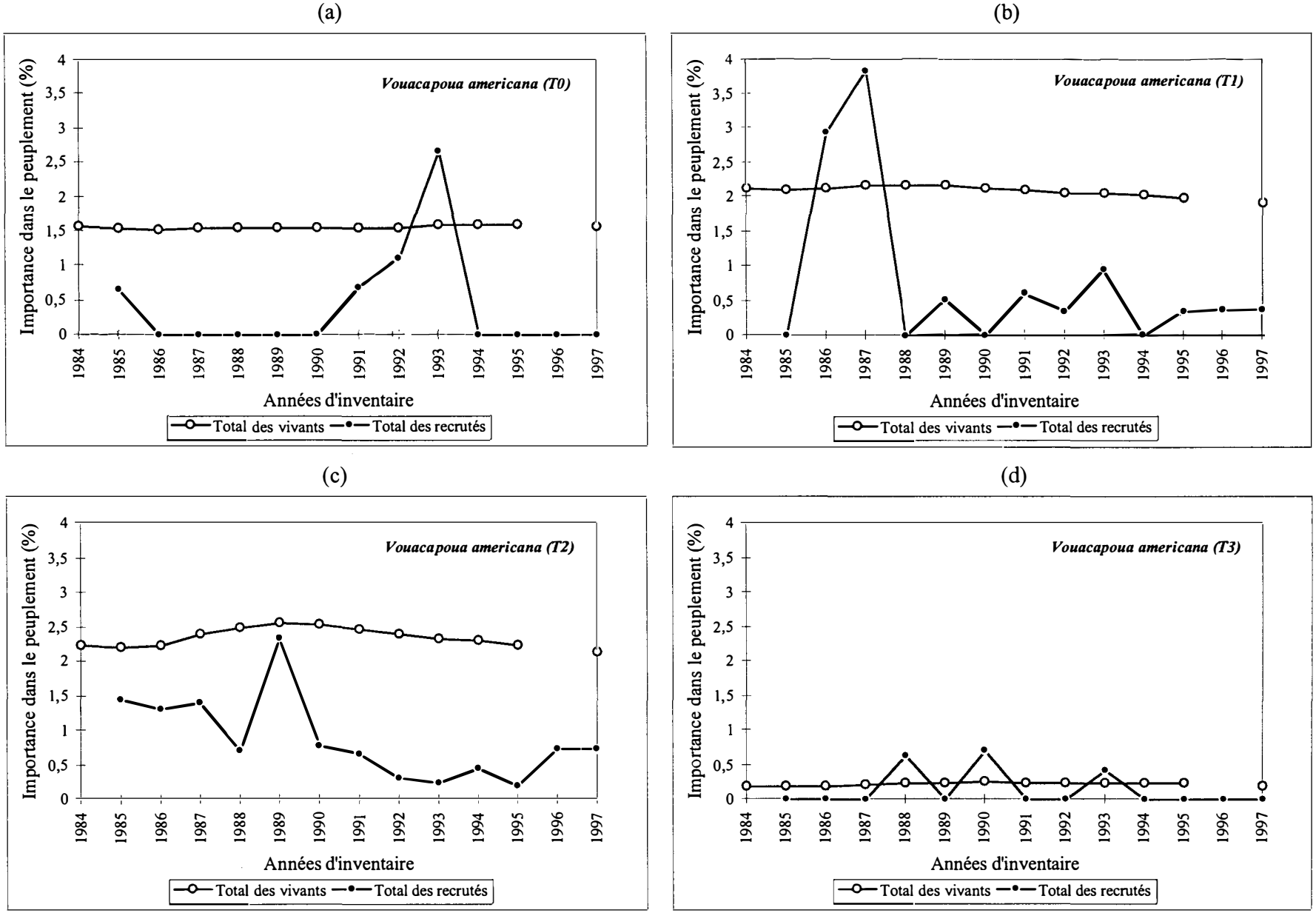


Fig.47. Evolution de l'importance de l'espèce *Vouacapoua americana* dans le peuplement total et dans le peuplement recruté. (a) Dans les parcelles témoins. (b) Dans les parcelles du traitement 1. (c) Dans les parcelles du traitement 2. (d) Dans les parcelles du traitement 3.

Sur les parcelles témoins, la mortalité survient de manière erratique : un individu de temps en temps (avec un pic de 84 à 86 : il peut y avoir eu un artefact d'inventaire) sur l'ensemble de la surface. Sur les parcelles traitées, une fois passé le pic d'exploitation qui voit la disparition de resp. 1,9 individus, 1,5 individus et 0,3 individus / ha tous diamètres confondus en T1, T2 et T3, la mortalité reste relativement élevée en T1 et T2 par rapport au témoin : elle concerne chaque année entre 1 et 3 (exceptionnellement 4) individus sur l'ensemble de la surface de chaque groupe, les deux groupes présentant un comportement homogène tous diamètres confondus (voir tableau 31 ci-dessous). La mortalité est nulle en T3 depuis 1987.

Le taux de mortalité moyen sur la période 1988/1989 à 1996/1997 a été estimé à l'aide de la formule [4] (cf. § 2.3). Les calculs ont été effectués tous diamètres confondus, mais également pour la fraction de la population dont le diamètre est compris entre 40 et 60 cm : dans ce cas, seule la mortalité naturelle est prise en compte et toutes les campagnes disponibles (1984/1985 à 1996/1997) sont utilisées (cf. § 4.1.3, la remarque faite pour l'Angélique). Les résultats obtenus sont les suivants.

Tableau 31. Taux de mortalité moyens observés chez *Vouacapoua americana*. Tous diamètres : entre 1988/1989 et 1996/1997. 40-60 cm : entre 1984/1985 et 1996/1997.

Classes de diam. / traitements	T_0	T_1	T_2	T_3
Tous diamètres	0,25 %	0,93 %	0,92%	0,00 %
40-60 cm de diamètre	0,19 %	0,96 %	0,77 %	0,00 %

Même si les écarts observés sont faibles, on voit que la mortalité a tendance à être plus limitée dans les classes 40 à 60 cm, ce qui reste cohérent avec le phénomène d'apparition de la cloche (voir les observations similaires faites chez les Gonfolos et le Grignon).

4.5.4. Accroissements

Les accroissements moyens annuels observés chez le Wacapou sont présentés dans le tableau 32, illustré par les figures 48 et 49 pages suivantes. Nous n'avons pas effectué d'étude précise chez cette espèce, il convient cependant de signaler :

- qu'avant traitement, les accroissements moyens observés dans les témoins sont très nettement supérieurs à ceux des autres parcelles ;
- **que c'est dans le traitement 2 que l'on enregistre les plus fortes réactions, quelle que soit la période et, sauf exception, quelle que soit la classe de diamètre considérée** (les exceptions concernent notamment le traitement 3, mais les effectifs considérés sont trop peu importants pour que les données soient valablement interprétées) ;
- les réactions les plus importantes sont enregistrées dans les deux premières classes de diamètre (x 5,5 en T2, entre 1991 et 1993, dans la classe 10-20 cm) ;

- **l'effet traitement paraît être un effet durable,** tout particulièrement dans les deux premières classes de diamètre : les accroissements, qui avaient fléchi entre 1993 et 1995, sont repartis à la hausse entre 1995 et 1997 et restent nettement supérieurs, en ce qui concerne le T2, à la fois à ceux des témoins et aux accroissements avant traitement. En ce qui concerne T1, l'effet n'est net que dans la première classe de diamètre ;
- aucune conclusion particulière ne peut être tirée des comportements en T3, du fait de la faible représentation de l'espèce.

Tableau 32. Evolution des accroissements moyens annuels des Wacapous (*Vouacapoua americana*) à Paracou. Les calculs ont été effectués sur des individus ne présentant aucune anomalie sur la circonférence. N représente l'effectif sur lequel le calcul a été effectué. ΔD est l'accroissement moyen annuel calculé sur une période de deux ans (cm/an). L'indice accolé à N et ΔD indique le traitement concerné.

1984/1986								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	9	0,106	12	0,033	20	0,068	*4*	*0,099*
20-30	8	0,090	14	0,023	13	0,043	2	.
30-40	13	0,135	10	0,103	11	0,080	.	.
40-50	9	0,141	9	0,062	2	.	1	.
50-60	2	.	1	.	2	.	.	.
>=60	.	.	.	.	2	.	.	.
Moyenne		**0,120**		**0,051**		**0,063**		**0,099**
1989/1991								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	*4*	*0,259*	9	0,239	9	0,274	2	.
20-30	7	0,091	5	0,016	9	0,363	.	.
30-40	10	0,072	6	0,159	9	0,186	.	.
40-50	8	0,109	5	0,127	2	.	.	.
50-60	2	.	2	.	1	.	.	.
>=60	.	.	.	.	.	.	.	.
Moyenne		**0,113**		**0,153**		**0,274**		.
1991/1993								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	26	0,122	33	0,251	48	0,375	7	0,307
20-30	33	0,227	24	0,189	27	0,289	5	0,350
30-40	29	0,206	20	0,111	21	0,053	1	.
40-50	15	0,090	18	0,088	12	0,206	*4*	*0,080*
50-60	*4*	*0,139*	12	0,219	9	0,212	2	.
>=60	*3*	*0,053*	2	.	2	.	.	.
Moyenne		**0,170**		**0,180**		**0,267**		**0,264**
1993/1995								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	40	0,092	46	0,211	62	0,239	9	0,248
20-30	48	0,088	33	0,203	59	0,266	*4*	*0,279*
30-40	43	0,046	44	0,132	44	0,159	1	.
40-50	22	0,058	30	0,143	30	0,167	6	0,106
50-60	12	-0,013	28	0,108	17	0,150	2	.
>=60	8	0,030	7	0,114	9	0,265	.	.
Moyenne		**0,065**		**0,161**		**0,215**		**0,209**
1995/1997								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	37	0,146	45	0,202	57	0,306	9	0,274
20-30	50	0,218	40	0,225	65	0,300	*4*	*0,318*
30-40	42	0,146	42	0,163	42	0,201	1	.
40-50	25	0,131	31	0,149	31	0,131	6	0,106
50-60	14	0,057	29	0,137	17	0,197	2	.
>=60	9	0,133	8	0,149	13	0,171	.	.
Moyenne		**0,156**		**0,178**		**0,269**		**0,230**

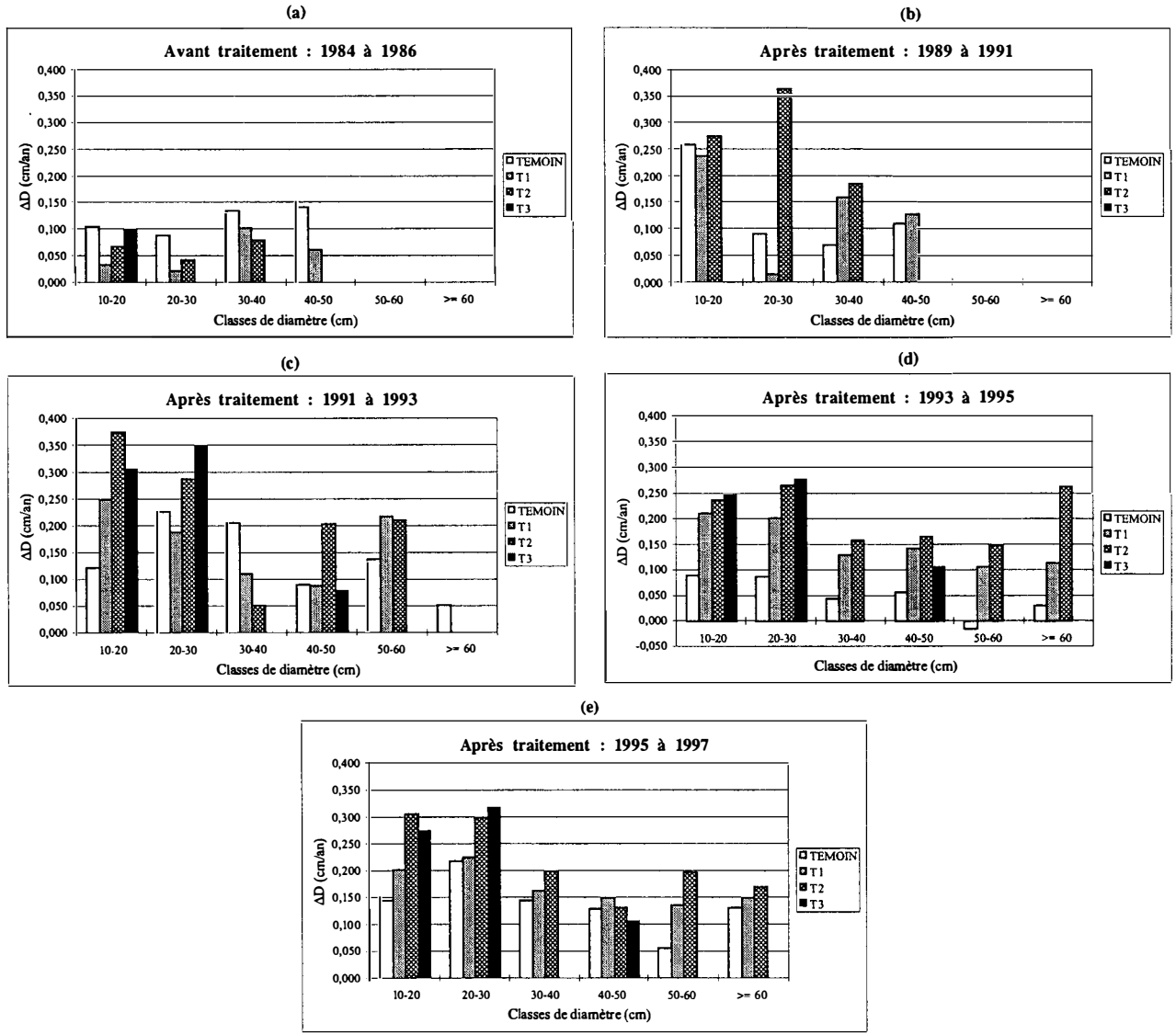


Fig.48. Accroissement moyen annuel (représenté par périodes de deux ans) en diamètre des individus de *Vouacapoua americana* ne présentant pas d'anomalie de circonférence. (a) Période 1984/1986 ; (b) période 1989/1991 ; (c) période 1991/1993 ; (d) période 1993/1995 ; (e) période 1995/1997. NB. Les ΔD ne sont présentés, pour le T3, qu'à titre indicatif : les effectifs sont en effet très faibles dans les parcelles concernées. Par ailleurs, les effectifs sont également très faibles dans les classes ≥ 40 cm entre 84 et 91, et dans les classes ≥ 50 cm entre 91 et 93.

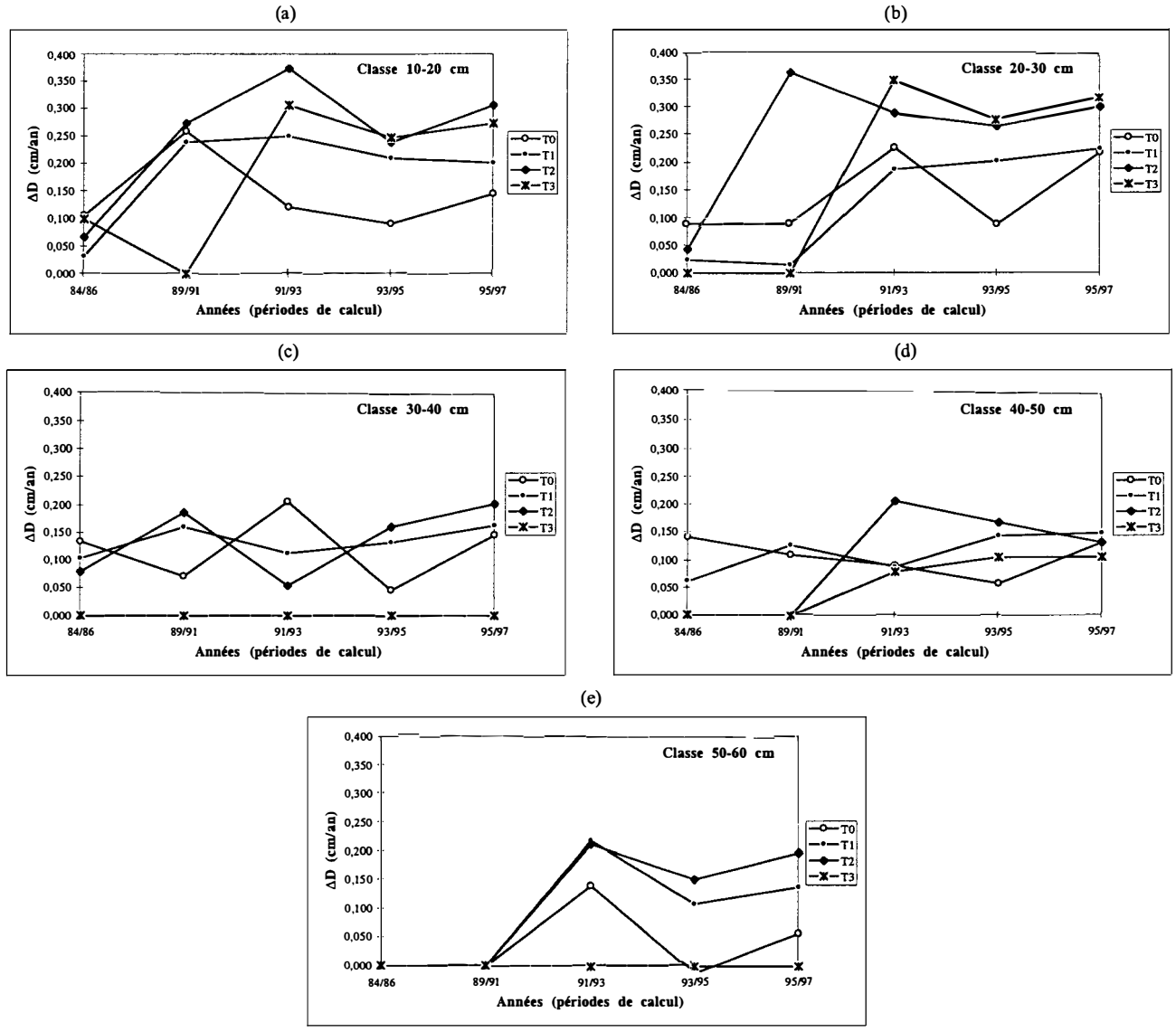


Fig.49. Accroissement moyen annuel (représenté par périodes de deux ans) en diamètre des individus de *Vouacapoua americana* ne présentant pas d'anomalie de circonférence. (a) classe de diamètre 10-20 cm ; (b) classe de diamètre 20-30 cm ; (c) classe de diamètre 30-40 cm ; (d) classe de diamètre 40-50 cm ; (e) classe de diamètre 50-60 cm. NB. Les ΔD ne sont présentés, pour le T3, qu'à titre indicatif : les effectifs sont en effet très faibles dans les parcelles concernées. Par ailleurs, les effectifs sont également très faibles dans les classes ≥ 40 cm entre 84 et 91, et dans les classes ≥ 50 cm entre 91 et 93.

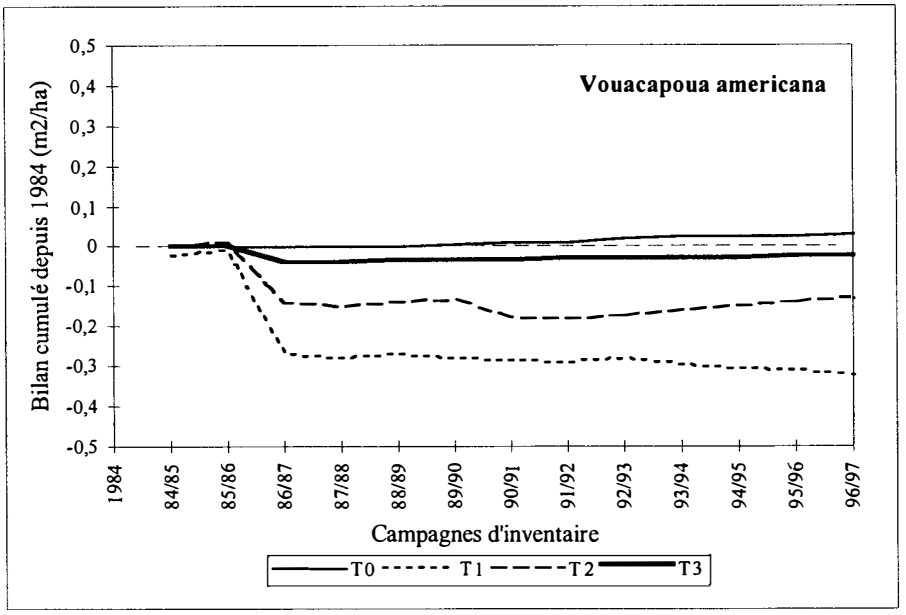
4.5.5. Bilan

NB. Il convient de noter que tous les calculs basés sur la surface terrière sont, chez le Wacapou, entachés d'erreur du fait de la conformation généralement non circulaire des troncs. Il faut donc considérer l'ensemble des considérations qui suivent comme indicatives.

Le tableau a23 en annexe 1 informe sur l'évolution du bilan et de ses différentes composantes dans chaque traitement (*i*) en valeurs instantanées et (*ii*) en valeurs cumulées depuis 1984 (voir aussi les figures a19 et a20). La figure 50, page suivante, montre l'évolution comparée des bilans cumulés absolu et relatif (/ 1988).

Sur toutes les parcelles, le bilan dépend toujours étroitement de la mortalité (cf. commentaires déjà faits au § 4.1.5). Sur les témoins, le bilan instantané est presque toujours positif, la surface terrière de la population paraît augmenter légèrement (ceci est impossible à affirmer, voir la remarque faite en début de paragraphe). En T1, l'occurrence répétée de la mortalité n'est pas compensée par les accroissements, si bien que le bilan cumulé décroit, en absolu et en relatif. Le traitement 2, qui subit les mêmes phénomènes de mortalité, se comporte mieux du fait d'accroissements beaucoup plus importants : le bilan cumulé du Wacapou y est ainsi en augmentation relativement rapide depuis 1991. On peut enfin noter que, dans le T3, la surface terrière de la population augmente de manière régulière et continue depuis 1987 (même remarque cependant que pour T0 !).

(a)



(b)

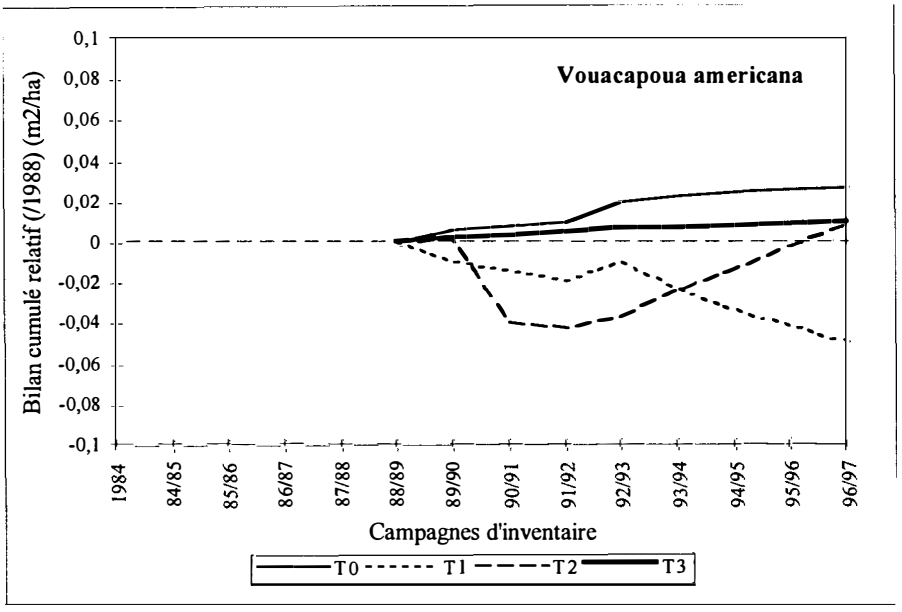


Fig.50. Comparaison, chez *Vouacapoua americana*, des bilans cumulés dans les différents traitements. (a) Cumul à partir de 1984. (b) Cumul relatif à partir de 1988, année prise comme référence "0".

Globalement, sur la période 1989-1997, le bilan moyen annuel en surface terrière est de (voir tableau 33 ci-dessous) : 0,0011 m2/ha (T2) et 0,0013 m2/ha (T3), il est négatif en T1 comme nous l'avons vu plus haut (-0,0062 m2/ha). En 1989, les différents groupes de parcelles avaient perdu resp. 0,2691 m2/ha (T1), 0,1360 m2/ha (T2) et 0,0337 m2/ha (T3). Au rythme actuel, il faudrait resp. 124 ans (T2) et 26 ans (T3) pour revenir quantitativement à l'état initial, durée que l'on ne peut estimer en T1 pour l'instant.

En T2, l'estimation réalisée varie du simple au double selon la période prise en compte car les deux extrêmes, 1988 et 1997, sont des années à fort bilan positif. Il est donc difficile de conclure quoi que ce soit à ce stade. En T3, le résultat obtenu s'explique par la faiblesse de la surface à reconstituer et une mortalité nulle depuis 1987.

Tableau 33. Calcul de la durée de reconstitution de la surface terrière initiale en prenant en compte différentes périodes de référence (voir le tableau a23 en annexe 1). La durée indiquée est un **minimum**.

Période de référence	Bilan moyen annuel (m2/ha)			Perte en surface terrière entre 1984 et le début de la période de calcul (m2/ha)			Temps minimum écoulé avant retour (quantitatif) à l'état initial (années)		
Traitement	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1989-1997	**< 0**	**0,0011**	**0,0013**	**0,2691**	**0,1360**	**0,0337**	**-**	**123,6**	**25,9**
1989-1996	< 0	< 0	0,0013	0,2691	0,1360	0,0337	-	-	25,9
1988-1997	< 0	0,0023	0,0013	0,2766	0,1476	0,0354	-	64,2	27,2
1988-1996	< 0	0,0012	0,0013	0,2766	0,1476	0,0354	-	123,0	27,2

4.5.6. - Simulations de la reconstitution du stock des gros individus

Dans le cas du Wacapou, seuls les scénarios 1 et 3 ont été mis en oeuvre puisque la mortalité observée en T1 représente le taux maximum. Les résultats sont présentés dans l'annexe 2, tableaux a23 et a24, et sont illustrés sur la fig.50(bis) ci-dessous. Le DME retenu pour l'espèce est de 60 cm. Les paramètres utilisés dans les simulations sont les suivants :

Tableau 34. Paramètres utilisés pour les simulations du taux de reconstitution des gros diamètres dans les populations de Wacapous.

Paramètres	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4
ΔD des tiges d'avenir durant les 10 premières années	0,164 cm/an		0,217 cm/an	
ΔD des tiges d'avenir durant les années suivantes	0,153 cm/an		0,164 cm/an	
Mortalité chez les tiges d'avenir	0,96%			
Taux de dégâts (1986/1987) observés dans la classe 30-60 cm (pour info).	T0 et T1 : 8,20%, T2 : 6,86%, T3 : 11,11%			

Chez le Wacapou, les accroissements sont suffisamment faibles pour que les hypothèses faites sur la mortalité restent valables pendant toute la période prise en compte, et pour qu'il n'y ait pas d'interférence avec le recrutement.

(a) (b)

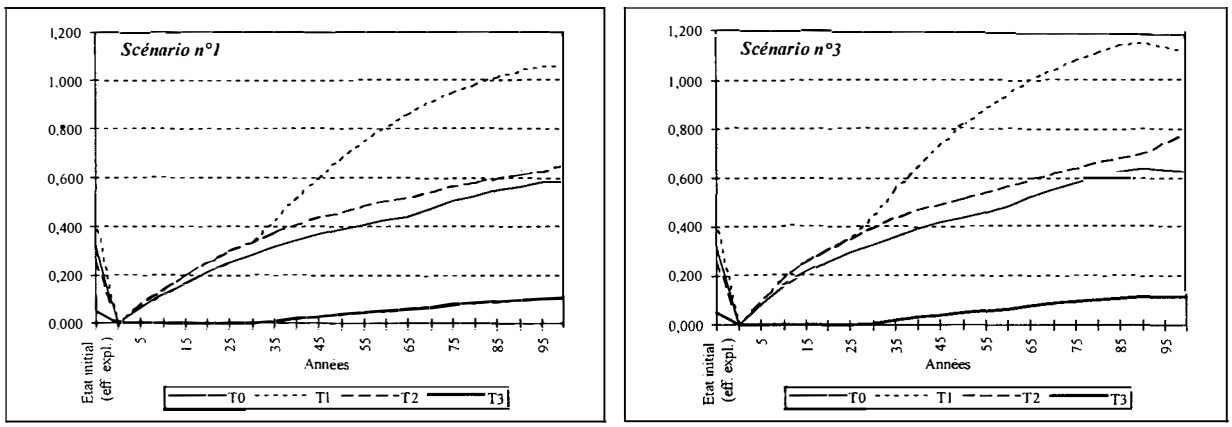


Fig.50(bis). Evolution, après exploitation, des effectifs de Wacapous de diamètre supérieur à 60 cm. (a) Cas du scénario 1. (b) Cas du scénario 3.

Nous renvoyons le lecteur aux remarques déjà faites au § 4.1.6 à propos de l'Angélique. Dans le cas du Wacapou, on peut noter :

- que le stock exploité et/ou exploitable peut être reconstitué rapidement dans tous les groupes de parcelles : 25 ans en T2, 40 ans en T0 et en T1, mais 65 ans en T3 qui, comme nous l'avons vu, constitue un cas à part (cas du scénario 1, le moins optimiste) ;
- que l'apparition d'un maximum, lorsqu'elle se produit (cas du T1), intervient après la reconstitution du stock ;
- que l'utilisation de valeurs d'accroissement correspondant à des parcelles qui demeurent relativement ouvertes (scénario 3) a pour effet de faire gagner une dizaine d'années sur la reconstitution des effectifs.

Conclusion. Dans les conditions du traitement 1, et même si aucun traitement n'est mis en oeuvre pendant la durée de la rotation, on peut espérer, dans le cas du site de Paracou, reconstituer rapidement le stock initial des Wacapous dans tous les cas (T3 n'étant pas considéré). On peut noter qu'au vu des possibilités de récupération du stock, l'effectif exploité en T2 aurait pu être plus important, du niveau de celui du T1 (0,427 individu/ha, que le T2 reconstituerait en 45 ans). L'effectif exploitable en T0 (0,320/ha), intermédiaire, peut être récupéré dans tous les cas en moins de 40 ans.

On peut se poser, pour cette espèce comme pour les Gonfolos et le Grignon, la question de l'avenir au-delà des deux premières rotations. Le problème est cependant beaucoup moins aigü ici, dans la mesure où les accroissements observés chez le Wacapou sont relativement faibles par rapport à ceux de ces espèces, où les classes intermédiaires sont globalement bien pourvues et où les individus exploitables sont potentiellement moins nombreux (pas de phénomène de sur-stockage, et individus mal conformés). Il est difficile de se référer aux durées estimées de reconstitution de la surface terrière totale pour évaluer le risque : nous avons vu que ces durées sont très variables et très sensibles à la période de calcul. Nous avançons qu'il devrait être relativement aisé de régulariser le prélèvement autour d'une valeur de 0,3 à 0,4 individus par hectare, tous les 40 ans, quitte à suspendre provisoirement le prélèvement le temps d'une rotation.

4.6. *Bocoa prouacensis* (Caesalpiniaceae)

4.6.1. Effectifs et surface terrière

L'évolution du Boco dans les différents groupes de parcelles, en effectifs et en surface terrière, est illustrée figure 51.

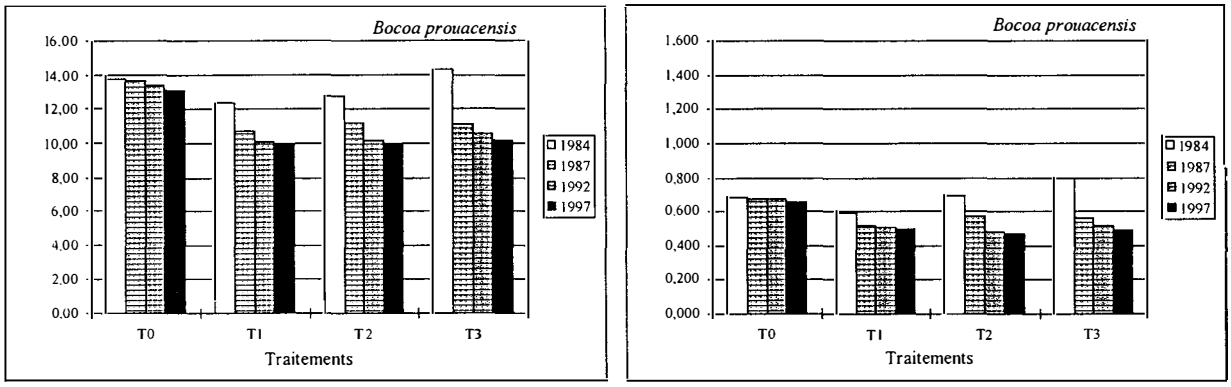


Fig.51. Evolution des effectifs (a) et de la surface terrière (b) des populations de Boco dans les différents traitements.

Cette espèce est présente dans tous les groupes de parcelles, avec des effectifs et une surface terrière remarquablement homogènes. Elle représente, en effectifs, 2,2% (T0), 2% (T1), 2,1% (T2) et 2,3% (T3) du peuplement total, et, en surface terrière, 2,2% (T0), 1,9% (T1), 2,2% (T2) et 2,5% (T3) de ce même peuplement. Elle est numériquement la plus importante des espèces étudiées (si l'on excepte le regroupement des Manils). Le ratio surface terrière/effectif est très inférieur à celui de l'Angélique, du même ordre de grandeur que celui des Carapas et des Manils (voir fig.15, fig.16(a), fig.17(a) et fig.18(a)) : il s'agit là d'espèces dont les individus n'atteignent pas de grandes tailles diamétriques.

L'exploitation a relativement peu touché le Boco : les individus ont été prélevés au-dessus d'un DME de 50 cm (cf. remarque précédente), ce qui, associé aux dégâts d'abattage (particulièrement importants dans les classes intermédiaires chez le Boco : voir tableau 38 au § 4.6.6 ci-dessous) a représenté une perte en effectifs de 13,3% (T1), 12,5% (T2) et 22,4% (T3) soit, en surface terrière, une perte de 12,6% (T1), 16,9% (T2) et 28,6% (T3) entre 1984 et 1987. Ces chiffres sont très proches de ceux enregistrés chez le Wacapou (voir § 4.5.1). C'est le T3 qui a subi l'exploitation la plus importante en surface terrière, les individus disponibles étant de plus grande taille que ceux des autres parcelles : voir fig.52 et paragraphe suivant. On peut noter que, comme dans le cas du Wacapou, ce prélèvement a suffi à faire diminuer durablement l'importance du Boco dans le peuplement (voir fig.53), le recrutement ne compensant pas les pertes.

4.6.2. Structure diamétrique

La figure 52 montre l'évolution de la structure diamétrique dans les différents traitements (voir également le tableau a24 en annexe 1). Cette structure présente, globalement, une allure linéaire décroissante avec un décrochement plus ou moins marqué entre les classes 25-30 cm et 30-35 cm, qui correspond à un stade où les accroissements sont plus importants (comparer les classes 20-30 cm et 30-40 cm, colonne des témoins, sur le tableau 36) : Collinet (1997) a montré que le point de libération (voir le § 4.2.2 pour une explication du terme) se situait autour de 25 cm. Le type de distribution se rapproche de celui du Carapa (voir fig.33) même si les tempéraments des deux espèces sont très différents ; le Boco atteint cependant des diamètres supérieurs et l'on peut trouver, localement, des accumulations d'individus de plus de 55 cm, voire de plus de 70 cm comme dans le groupe de parcelles du T3 qui, de ce fait, a été le plus touché lors de l'exploitation.

Les calculs du taux de reconstitution du stock des individus exploités selon la méthode exposée au § 2.1 figurent dans le tableau a48 en annexe 1. Si l'on considère un DME de 50 cm (diamètre retenu pour l'exploitation du Boco à Paracou), on voit qu'aucun individu n'est venu alimenter les classes considérées depuis 1987 (resp. 1988) et que, au contraire, ces classes ont perdu des effectifs en T2 et en T3.

4.6.3. Recrutement et mortalité

Le tableau a25 en annexe 1 présente les données de recrutement et de mortalité (toutes causes confondues) en effectifs absolus, ainsi qu'en pourcentage des populations de Bocos présentes en début de période considérée. La figure 46(b) montre le recrutement cumulé depuis 1984 dans les 4 groupes de parcelles. On observe une gradation assez nette entre les trois traitements, le recrutement étant numériquement d'autant plus important que le peuplement a été ouvert. L'effet s'est particulièrement manifesté de 1988 à 1990 en T2 et T3 et de 1989 à 1991 en T1. A partir de 1993, seul le recrutement dans le T2 paraît se maintenir à un niveau supérieur à celui des autres groupes de parcelles, avec un à deux individus recrutés chaque année depuis 1990 (contre un individu tous les deux ou trois ans en témoins) sur l'ensemble de la surface du groupe.

La figure 53 ci-après montre que, en T_0, l'importance du Boco dans le recrutement n'atteint pas le niveau de celle de l'espèce dans l'ensemble du peuplement (loin s'en faut), ce qui a pour conséquence une diminution lente et régulière des effectifs (mais aussi de la surface terrière) depuis 1984 : la population ne paraît pas être à l'équilibre à cette échelle de temps et d'espace. Dans les parcelles traitées, l'apparition de nouveaux individus n'est pas suffisamment stimulée pour pouvoir compenser les pertes enregistrées et l'importance de l'espèce diminue partout, tout particulièrement en T2 et en T3 où la proportion d'héliophiles est en augmentation.

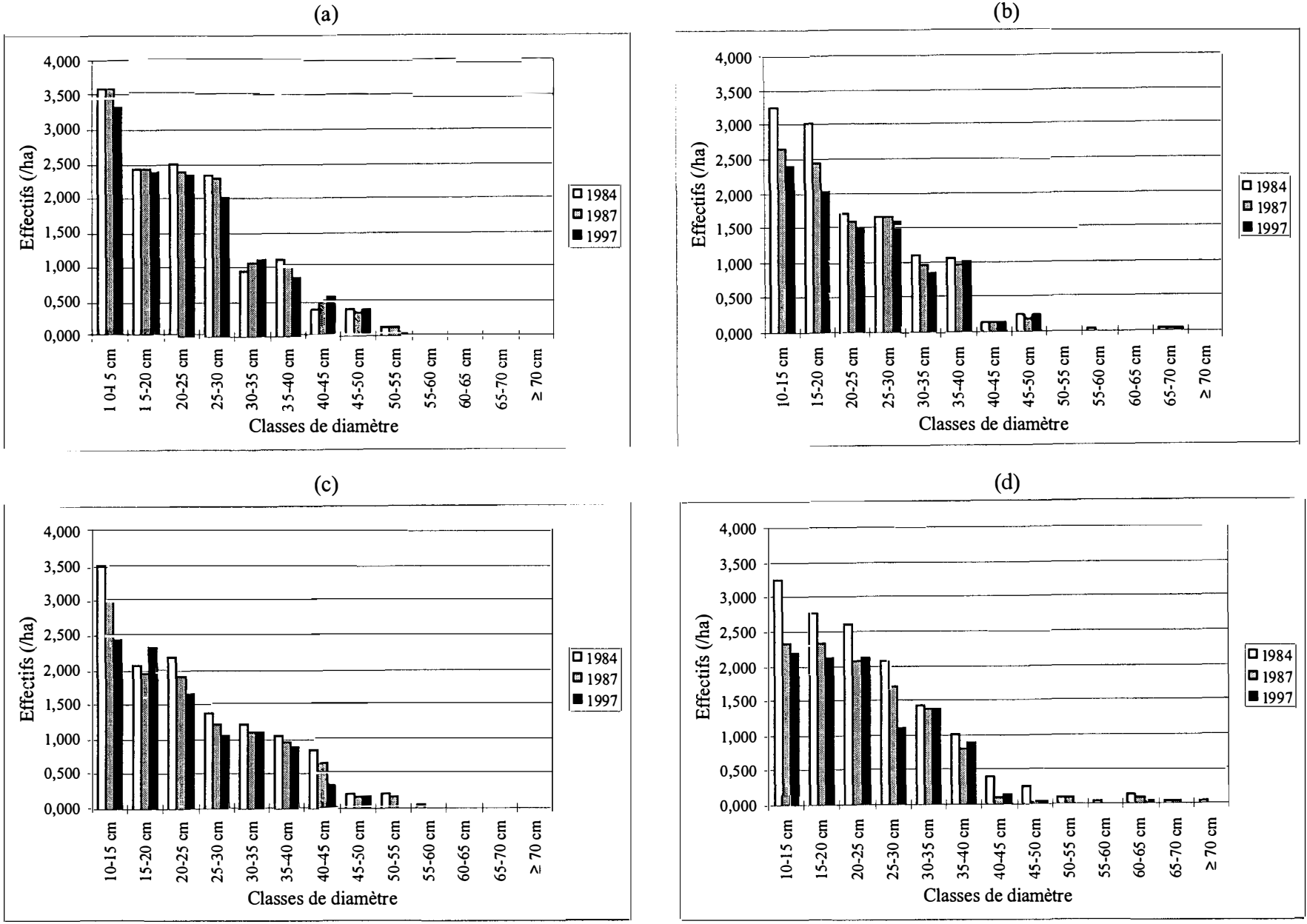


Fig.52. Evolution de la structure diamétrique de la population de *Bocoa prouacensis* dans les différents groupes de parcelles. (a) Parcelles témoins. (b) Parcelles du traitement 1. (c) Parcelles du traitement 2. (d) Parcelles du traitement 3.

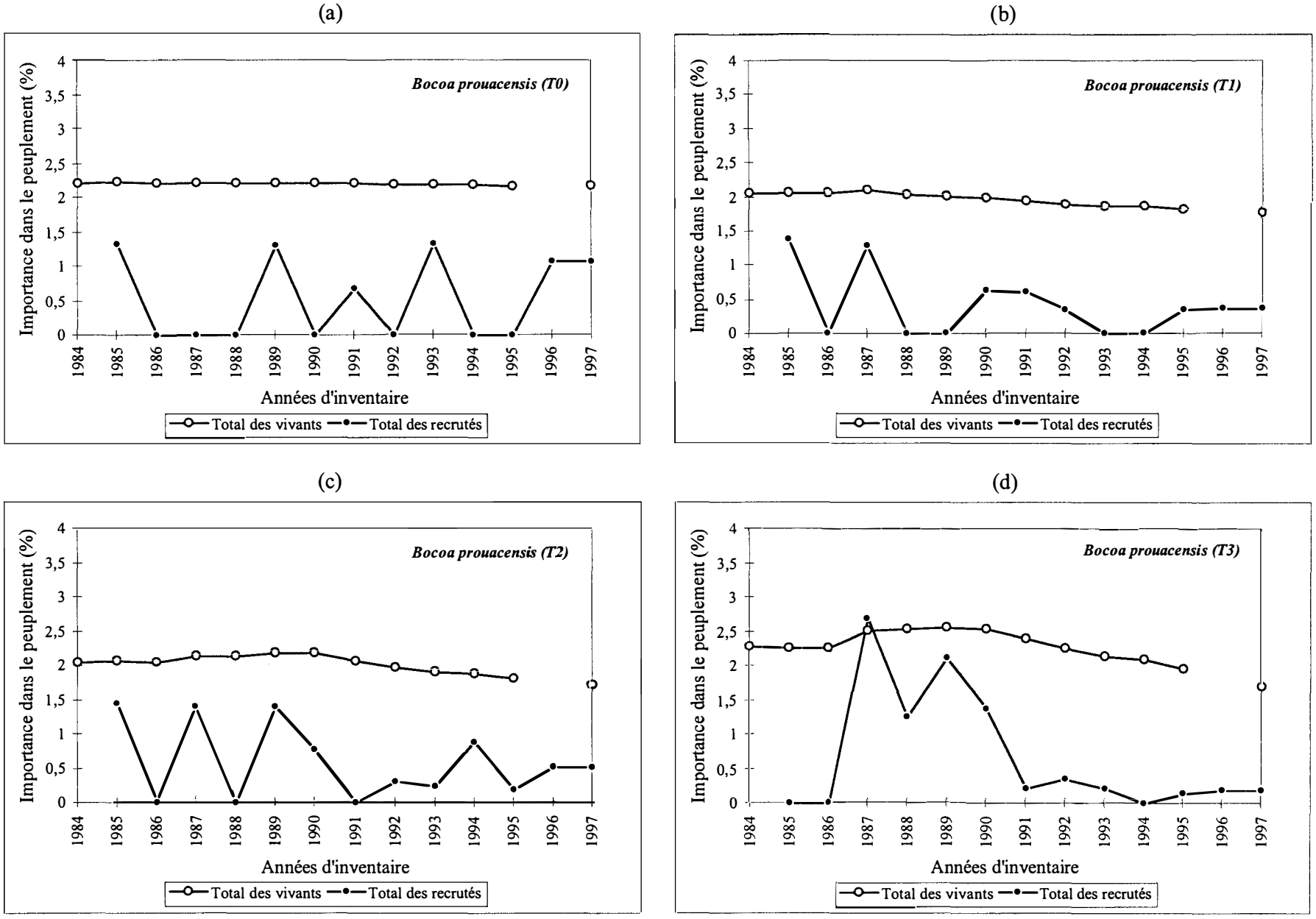


Fig.53. Evolution de l'importance de *Bocoa prouacensis* dans le peuplement total et dans le peuplement recruté. (a) Dans les parcelles témoins. (b) Dans les parcelles du traitement 1. (c) Dans les parcelles du traitement 2. (d) Dans les parcelles du traitement 3.

Sur les parcelles témoins, la mortalité (voir tableau a25 en annexe 1) concerne chaque année un à trois individus (0,053 à 0,160/ha) sur l'ensemble de la surface, c'est-à-dire un effectif nettement supérieur à celui qui est recruté. Sur les parcelles traitées, une fois passé le pic d'exploitation qui voit la disparition de resp. 1,8 individus, 1,7 individus et 3,1 individus / ha tous diamètres confondus en T1, T2 et T3, la mortalité reste assez importante en T2 et T3 où elle est double de celle des témoins jusqu'en 1995. En T1 en revanche, la mortalité retrouve très rapidement un niveau proche de celui de ces témoins (voir tableau ci-dessous).

Le taux de mortalité moyen sur la période 1988/1989 à 1996/1997 a été estimé à l'aide de la formule [4] (cf. § 2.3). Les calculs ont été effectués tous diamètres confondus, mais également pour la fraction de la population dont le diamètre est compris entre 30 et 50 cm : dans ce cas, seule la mortalité naturelle est prise en compte et toutes les campagnes disponibles (1984/1985 à 1996/1997) sont utilisées (cf. § 4.1.3, la remarque faite pour l'Angélique). Les résultats obtenus sont les suivants.

Tableau 35. Taux de mortalité moyens observés chez *Bocoa prouacensis*. Tous diamètres : entre 1988/1989 et 1996/1997. 30-50 cm : entre 1984/1985 et 1996/1997.

Classes de diam. / traitements	T_0	T_1	T_2	T_3
Tous diamètres	0,66 %	0,88 %	1,62%	1,58 %
30-50 cm de diamètre	0,84 %	0,68 %	1,63 %	1,26 %

On retrouve, dans les groupes T2 et T3, les niveaux de mortalité importants mentionnés plus haut. On observe par ailleurs une situation très variable en ce qui concerne la mortalité dans les classes intermédiaires : en T0, elle est supérieure à la moyenne tous diamètres confondus, ce qui paraît cohérent avec la structure diamétrique de la population concernée (voir fig.52(a)) qui marque un décrochement net au-delà de 30 cm. Ce décrochement est moins marqué en Tl et en T3 (mortalité dans les classes intermédiaires inférieure à la moyenne) et n'existe pratiquement pas en T2. A noter qu'en Tl et en T3, des Bocos sont parvenus à une taille diamétrique importante.

4.6.4. Accroissements

Les accroissements moyens annuels observés chez le Boco sont présentés dans le tableau 36, illustré par les figures 54 et 55 pages suivantes. Nous n'avons pas effectué d'étude précise chez cette espèce, il convient cependant de signaler :

- qu'avant traitement, les accroissements moyens observés dans tous les groupes de parcelles sont du même ordre de grandeur (0,046 cm/an en Tl à 0,069 cm/an en T2) ;
- que c'est dans le traitement 2 que l'on enregistre les plus fortes réactions jusqu'en 1993 (x 2,3 entre 1989 et 1991, puis entre 1991 et 1993), et, sauf exception (en T3), quelle que soit la classe de diamètre considérée. De 1993 à 1997, les accroissements moyens sont les plus importants en T3 du fait du comportement des classes intermédiaires (20 à 40 cm) ;

- que les réactions les plus importantes sont enregistrées dans la première classe de diamètre (x 3,2 en T2 entre 1991 et 1993, dans la classe 10-20 cm, x 2,8 en T3 pendant la même période) ;
- **que l'effet traitement paraît être un effet durable,** mais essentiellement dans les deux premières classes de diamètre. Dans ces classes, les accroissements dans les parcelles traitées restent nettement supérieurs à ceux des témoins tout au long de la période étudiée, mais également, au sein de chaque traitement, entre la période 1995-1997 et la période 1984-1986. Dans les classes 30-40 cm et 40-50 cm en revanche, un test (non réalisé) conclurait vraisemblablement à l'existence de différences non significatives à la fois entre témoins et traitements, et entre accroissements en 95-97 et accroissements en 84-86 au sein de chaque traitement. A noter que les accroissements dans la première classe de diamètre ont tendance à fléchir depuis 1993, alors que ce n'est pas le cas dans la deuxième classe, au moins pour T1 et T3.

Tableau 36. Evolution des accroissements moyens annuels des Bocos (*Bocoa prouacensis*) à Paracou. Les calculs ont été effectués sur des individus ne présentant aucune anomalie sur la circonférence. N représente l'effectif sur lequel le calcul a été effectué. ΔD est l'accroissement moyen annuel calculé sur une période de deux ans (cm/an). L'indice accolé à N et ΔD indique le traitement concerné.

1984/1986								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	107	0,072	116	0,039	103	0,063	111	0,064
20-30	75	0,042	59	0,062	65	0,070	85	0,049
30-40	33	0,084	37	0,049	35	0,091	41	0,039
40-50	11	0,087	5	0,000	18	0,0663 15	12	0,020
50-60	1	.	.	.	2	.	2	.
>=60	.	.	1	.	.	.	*4*	*-0,099*
Moyenne		**0,065**		**0,046**		**0,069**		**0,050**
1989/1991								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	106	0,047	84	0,081	86	0,187	78	0,167
20-30	63	0,014	47	0,115	49	0,145	65	0,141
30-40	31	0,085	33	0,087	33	0,111	34	0,098
40-50	13	0,000	5	0,032	8	0,149	*3*	*0,106*
50-60	1	.	.	.	.	.	.	.
>=60	.	.	.	.	.	.	.	.
Moyenne		**0,040**		**0,090**		**0,159**		**0,144**
1991/1993								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	108	0,055	88	0,138	87	0,199	78	0,181
20-30	79	0,051	47	0,066	51	0,128	65	0,095
30-40	39	0,080	38	0,057	37	0,127	39	0,129
40-50	15	0,064	7	0,114	8	0,070	*3*	*0,027*
50-60	2	.	.	.	.	.	.	.
>=60	.	.	.	.	.	.	1	.
Moyenne		**0,058**		**0,101**		**0,159**		**0,137**
1993/1995								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	107	0,050	82	0,086	84	0,169	80	0,150
20-30	82	0,046	57	0,089	53	0,116	65	0,146
30-40	38	0,050	35	0,080	38	0,113	40	0,131
40-50	17	0,047	8	0,109	7	0,045	*4*	*0,060*
50-60	*3*	*0,106*	.	.	.	.	.	.
>=60	.	.	1	.	.	.	1	.
Moyenne		**0,049**		**0,087**		**0,137**		**0,143**
1995/1997								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	105	0,040	81	0,094	83	0,159	79	0,159
20-30	82	0,035	59	0,101	52	0,103	61	0,147
30-40	39	0,086	34	0,075	38	0,124	42	0,138
40-50	15	0,117	8	0,119	8	0,070	*4*	*-0,020*
50-60	2	.	.	.	.	.	.	.
>=60	.	.	1	.	.	.	1	.
Moyenne		**0,051**		**0,094**		**0,131**		**0,147**

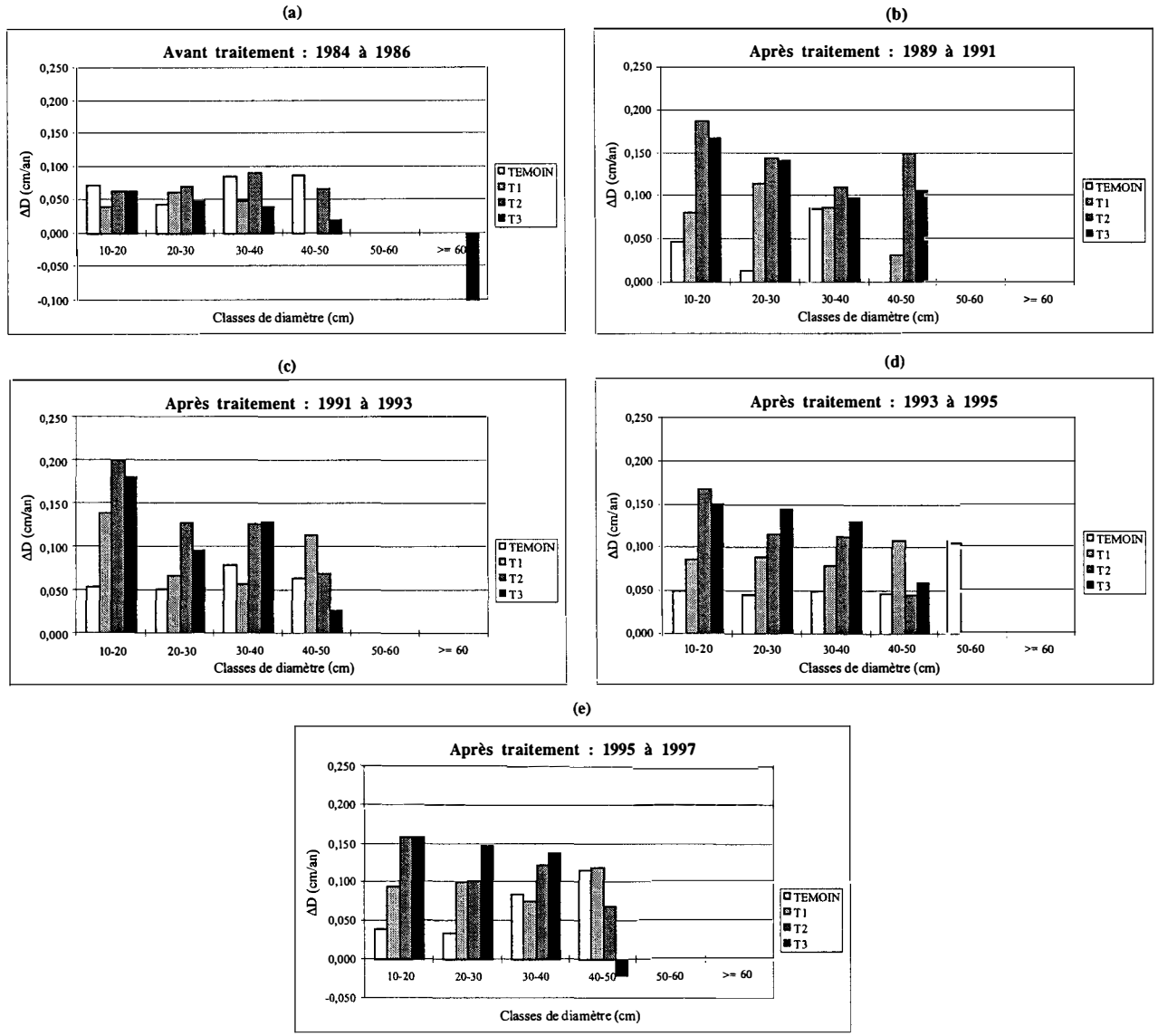


Fig.54. Accroissement moyen annuel (représenté par périodes de deux ans) en diamètre des individus de *Bocoa prouacensis* ne présentant pas d'anomalie de circonférence. (a) Période 1984/1986 ; (b) période 1989/1991 ; (c) période 1991/1993 ; (d) période 1993/1995 ; (e) période 1995/1997. NB. Les individus présents dans les classes de diamètre ≥ 40 cm sont peu nombreux et les accroissements doivent être considérés avec prudence, en particulier dans les parcelles traitées.

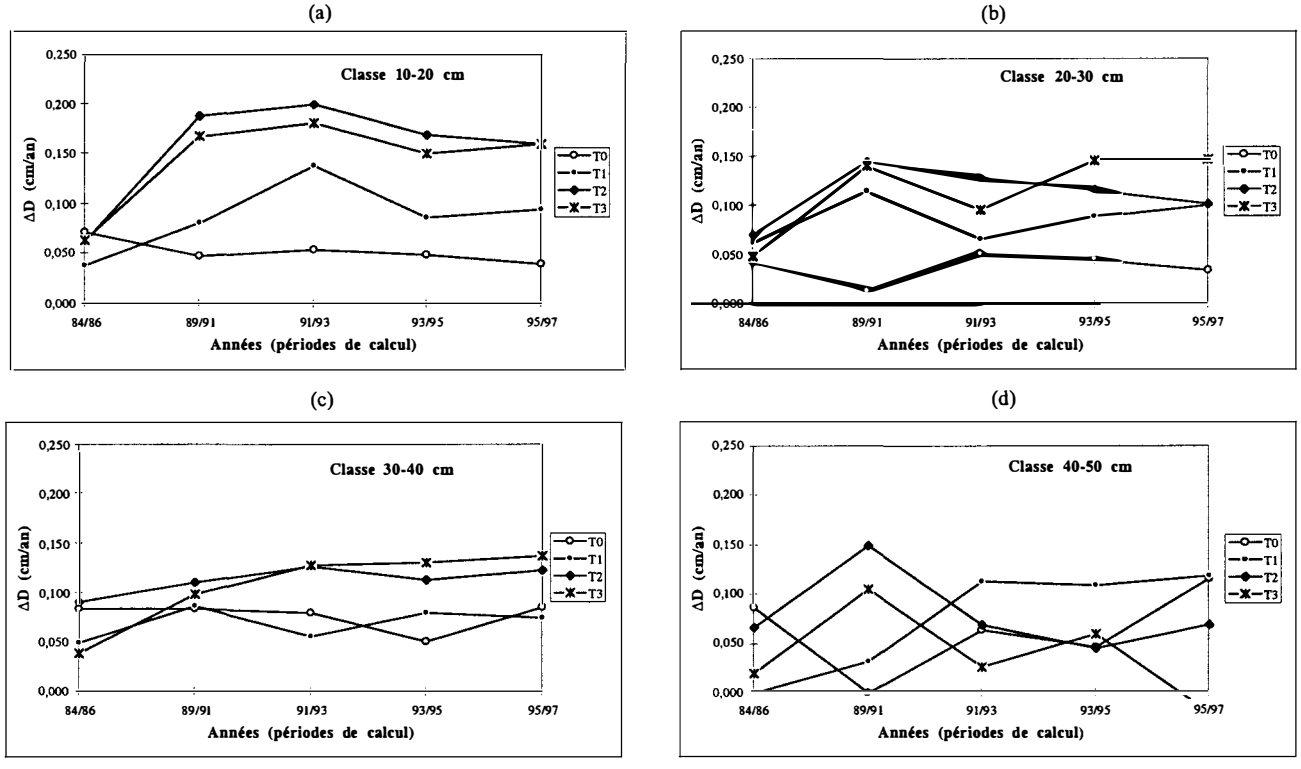


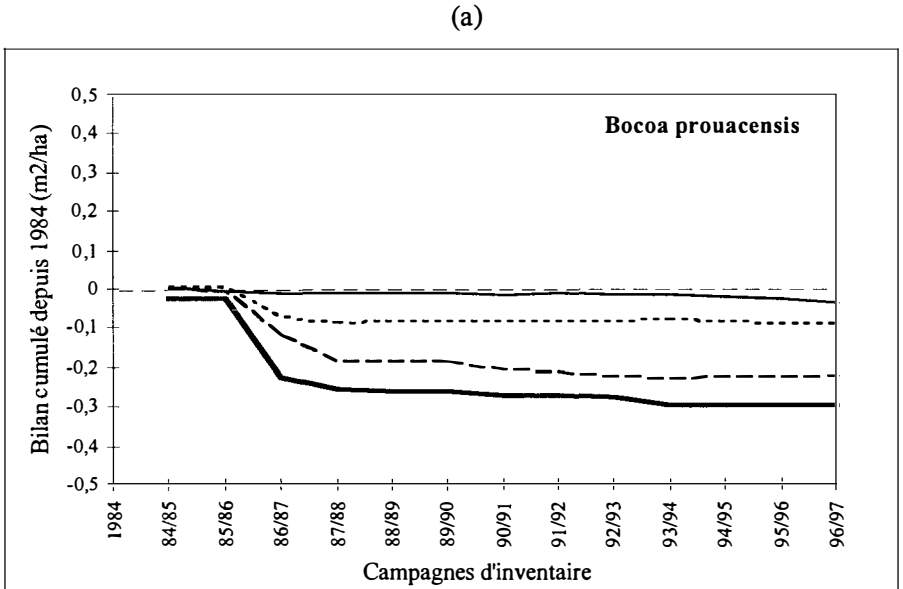
Fig.55. Accroissement moyen annuel (représenté par périodes de deux ans) en diamètre des individus de *Bocoa prouacensis* ne présentant pas d'anomalie de circonférence. (a) classe de diamètre 10-20 cm ; (b) classe de diamètre 20-30 cm ; (c) classe de diamètre 30-40 cm ; (d) classe de diamètre 40-50 cm. NB. Les individus présents dans la classe 40-50 cm sont peu nombreux et les accroissements doivent être considérés avec prudence, en particulier dans les parcelles traitées.

4.6.5. Bilan

Le tableau a26 en annexe 1 informe sur l'évolution du bilan et de ses différentes composantes dans chaque traitement (*i*) en valeurs instantanées et (*ii*) en valeurs cumulées depuis 1984 (voir aussi les figures a21 et a22). La figure 56, page suivante, montre l'évolution comparée des bilans cumulés absolu et relatif (/ 1988).

Sur toutes les parcelles, le bilan dépend toujours étroitement de la mortalité (cf. commentaires déjà faits au § 4.1.5) et il est intéressant de constater, chez le Boco, que cette mortalité n'est pratiquement jamais compensée par les accroissements. Les bilans instantanés sont presque toujours négatifs excepté, à partir de 1994, dans le traitement 2 caractérisé par les plus forts accroissements. Les bilans cumulés restent négatifs et conservent une tendance décroissante. Les bilans cumulés relatifs restent négatifs et n'amorcent de remontée que dans le traitement 2.

(a)



(b)

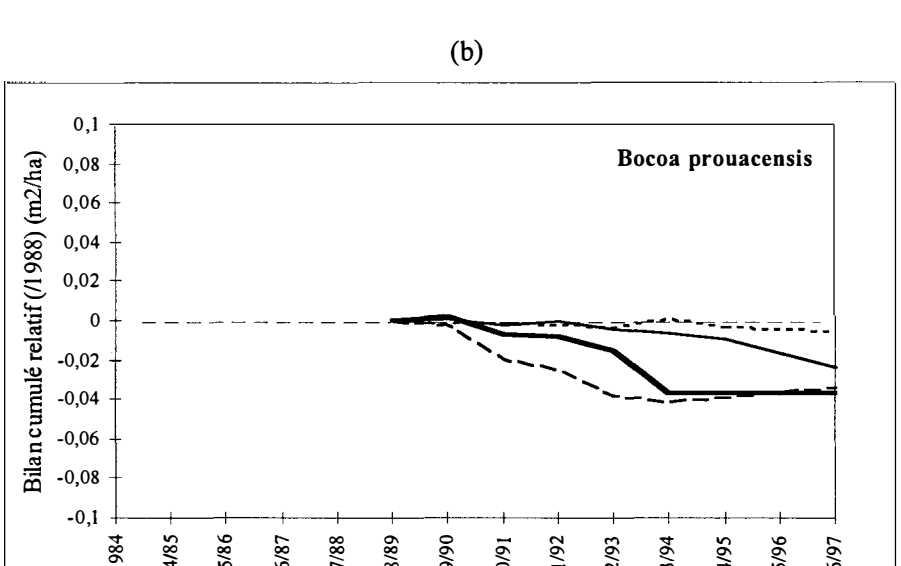


Fig.56. Comparaison, chez *Bocoa prouacensis*, des bilans cumulés dans les différents traitements. (a) Cumul à partir de 1984. (b) Cumul relatif à partir de 1988, année prise comme référence "0".

Globalement, sur la période 1989-1997, le bilan moyen annuel en surface terrière est négatif dans tous les traitements et quelle que soit la période considérée (voir tableau 37 ci-dessous). Il est pour l'instant impossible d'évaluer la durée de reconstitution de la surface terrière perdue, dont l'importance est équivalente à celle du Wacapou.

Tableau 37. Calcul de la durée de reconstitution de la surface terrière initiale en prenant en compte différentes périodes de référence (voir le tableau a26 en annexe 1). Evaluation impossible à faire dans le cas du Boco.

Période de référence	Bilan moyen annuel (m2/ha)			Perte en surface terrière entre 1984 et le début de la période de calcul (m2/ha)			Temps minimum écoulé avant retour (quantitatif) à l'état initial (années)		
Traitement	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1989-1997	**< 0**	**< 0**	**< 0**	**0,0810**	**0,1856**	**0,2642**	-	-	-
1989-1996	< 0	< 0	< 0	0,0810	0,1856	0,2642	-	-	-
1988-1997	< 0	< 0	< 0	0,0853	0,1844	0,2567	-	-	-
1988-1996	0	< 0	< 0	0,0853	0,1844	0,2567	-	-	-

4.6.6. - Simulations de la reconstitution du stock des gros individus

Dans le cas du Boco, les 4 scénarios ont été mis en oeuvre. Les résultats sont présentés dans l'annexe 2, tableaux a25 à a28, et illustrés sur la fig.56(bis) ci-dessous. Le DME retenu pour l'espèce est de 50 cm. Les paramètres utilisés dans les simulations sont les suivants :

Tableau 38. Paramètres utilisés pour les simulations du taux de reconstitution des gros diamètres dans les populations de Bocos.

Paramètres	**Scénario 1**	**Scénario 2**	**Scénario 3**	**Scénario 4**
ΔD des tiges d'avenir durant les 10 premières années	0,080 cm/an		0,113 cm/an	
ΔD des tiges d'avenir durant les années suivantes	0,070 cm/an		0,080 cm/an	
Mortalité chez les tiges d'avenir	0,68%	1,63%	0,68%	1,63%
Taux de dégâts (1986/1987) observés dans la classe 30-50 cm (pour info).	T0 et T1 : 12,24%, T2 : 16,92%, T3 : 24,14%			

Chez le Boco, les accroissements sont suffisamment faibles pour que les hypothèses faites sur la mortalité restent valables pendant toute la période prise en compte, et pour qu'il n'y ait pas d'interférence avec le recrutement.

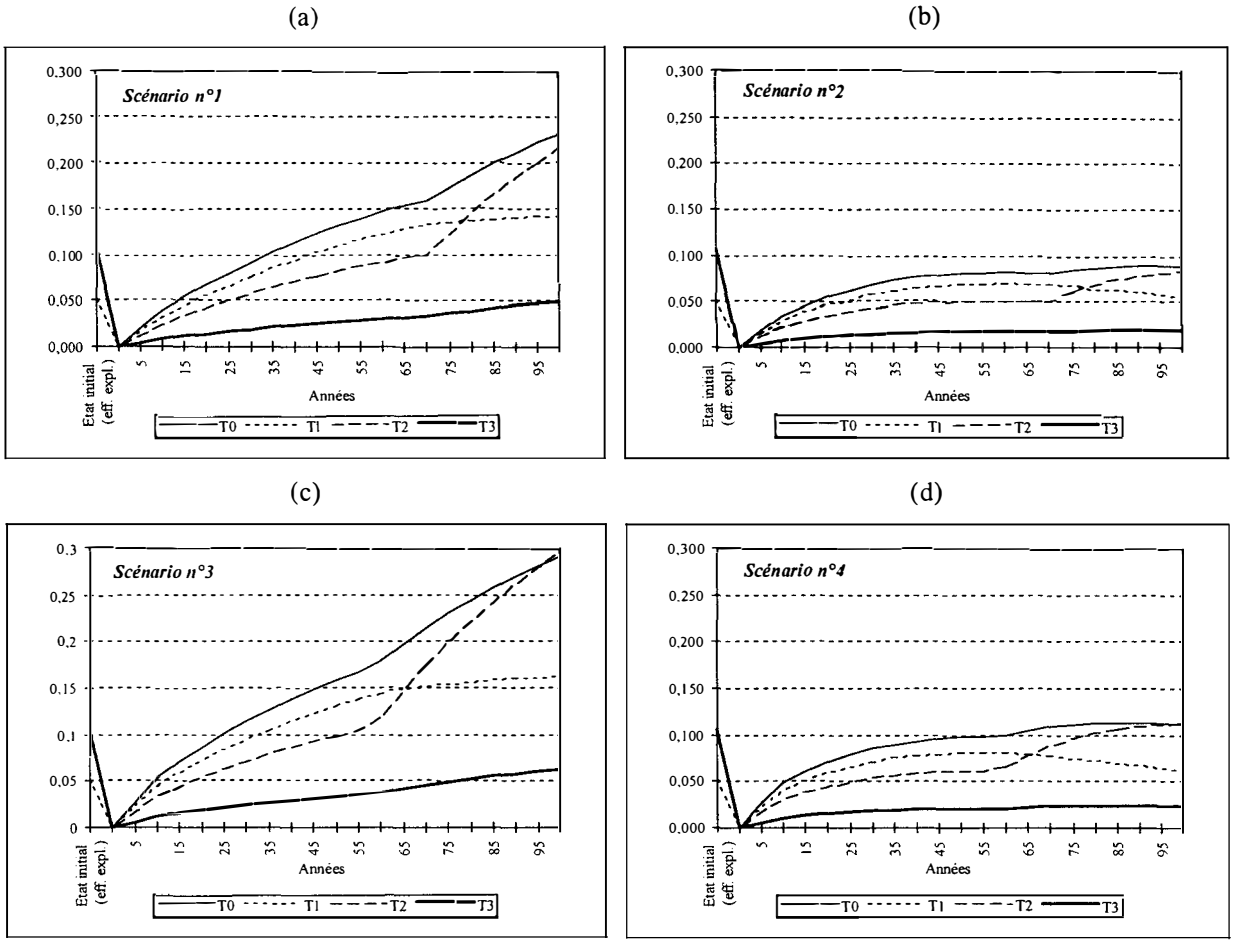


Fig.56(bis). Evolution, après exploitation, des effectifs de Bocos de diamètre supérieur à 50 cm. (a) Cas du scénario 1. (b) Cas du scénario 2. (c) Cas du scénario 3. (d) Cas du scénario 4.

Nous renvoyons le lecteur aux remarques déjà faites au § 4.1.6 à propos de l'Angélique. Dans le cas du Boco, on constate :

- que le stock exploité et/ou exploitable peut être reconstitué plus ou moins rapidement dans tous les groupes de parcelles, excepté T3 : en 20 ans en T1, 40 ans en T0, 75 ans en T2 dans le cas du scénario 1. Dans tous les groupes de parcelles, étant donnée la faiblesse des accroissements, c'est sur la classe 40-50 cm que repose la reconstitution du stock : on voit bien sur la fig.52(d) que cette classe est peu pourvue en effectifs et qu'elle a par ailleurs subi des pertes importantes suite aux dégâts d'exploitation (intégrés dans les calculs présentés en annexe 2). Elle demeure incapable de fournir la moitié de l'effectif exploité en un temps raisonnable, même dans le scénario 3 le plus favorable ;
- que le stock exploité en T1 (0,053 / ha, soit un individu sur la superficie du groupe de parcelles) peut être récupéré en moins de 40 ans partout sauf en T3 ; ceci reste vrai même dans le scénario le plus défavorable (scénario 2) lorsque la mortalité est maximum ;
- que l'apparition d'un maximum ne se produit que lorsque le taux de mortalité est pris à sa plus forte valeur (scénarios 2 et 4), uniquement en T0 (scénario 4) et en T1. Il intervient à chaque fois après la reconstitution du stock ;

- que l'utilisation de valeurs d'accroissement correspondant à des parcelles qui demeurent relativement ouvertes (scénario 3) a pour effet de faire gagner une dizaine d'années sur la reconstitution des effectifs, par rapport au scénario 1. Elle rend envisageable l'exploitation de 0,107 individus/ha tous les 50 ans dans les trois premiers groupes de parcelles.

Conclusion. Dans les conditions du traitement 1, et même si aucun traitement n'est mis en oeuvre pendant la durée de la rotation, on peut espérer, dans le cas du site de Paracou, reconstituer rapidement (moins de 40 ans) le stock initial des Bocos dans deux cas sur quatre. L'effectif exploité en T1 (0,053 individu/ha) est récupérable en moins de 40 ans dans trois cas sur quatre et ce même si la mortalité est maximale. La mise en oeuvre d'une éclaircie post-exploitation permettrait de doubler cet effectif pour la même durée de rotation (toujours dans trois cas sur quatre). En T3, les dégâts d'exploitation ont grevé les potentialités de la classe 40-50 cm et il faudra attendre la deuxième, voire la troisième rotation avant de pouvoir retrouver un effectif exploitable.

Le comportement particulier du Boco à Paracou laisse prévoir que l'exploitation, même légère, s'accompagnera d'une diminution durable des effectifs et de la surface terrière de l'espèce. Celle-ci ayant, dans les jeunes stades, un comportement notoirement tolérant à l'ombrage (Montpied, 1995, Merona, 1999), il n'est pas certain que sa régénération sensu stricto sera particulièrement favorisée par l'ouverture des peuplements[3]. Il faut sans doute accepter de voir l'importance de l'espèce diminuer localement, tendance que ne pourra, à notre avis, contrecarrer aucune mesure de restriction de l'exploitation et/ou d'allongement des durées de rotation. Il convient cependant de noter qu'une limitation des dégâts d'exploitation est de nature à renforcer, chez cette espèce, la durabilité de l'approvisionnement des grandes classes, au moins pendant quelques rotations.

[3] : Le recrutement, tel que représenté sur la fig. 46 (b), concerne le passage au-dessus de 10 cm de diamètre de juvéniles qui étaient déjà présents avant les traitements sylvicoles.

4.7. *Manilkara bidentata* (Sapotaceae)

4.7.1. Effectifs et surface terrière

L'évolution du Balata franc dans les différents groupes de parcelles, en effectifs et en surface terrière, est illustrée figure 57.

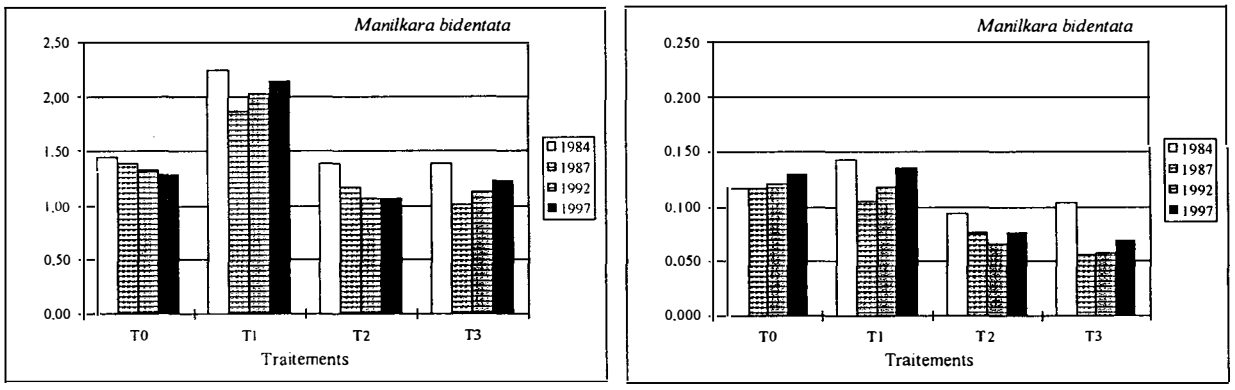


Fig.57. Evolution des effectifs (a) et de la surface terrière (b) des populations de Balatas francs dans les différents traitements.

L'espèce est présente dans tous les groupes de parcelles, avec des effectifs un peu plus importants en T1 et une surface terrière totale plus faible en T2 et T3. Les effectifs sont globalement faibles et ne représentent en 1984 que 0,22% (T2) à 0,4 % (T1) du peuplement global. La surface terrière de la population oscille entre 0,3% (T2) et 0,5% (T1) de la surface terrière totale. Le ratio surface terrière/effectif se rapproche de celui de l'Angélique (voir fig.15, fig.16(a), fig.17(a) et fig.18(a)).

L'exploitation a relativement peu touché le Balata franc : les individus ont été prélevés au-dessus d'un DME de 50 cm, à raison de un arbre sur l'ensemble de la surface du groupe en T1, un arbre en T2 et deux arbres en T3. Ce prélèvement, associé aux dégâts d'abattage, a entraîné une perte en effectifs de 16,5% (T1), 15,8% (T2) et 27,3% (T3) soit, en surface terrière, une perte de 26,6% (T1), 18,3% (T2) et 46,7% (T3) entre 1984 et 1987 : la perte est importante en T3, elle est du même niveau que celle enregistrée chez l'Angélique dans le même traitement.

4.7.2. Structure diamétrique

La figure 58 (voir également le tableau a27 en annexe 1) montre l'évolution de la structure diamétrique du Balata franc dans les différents traitements. On constate qu'elle est très variable selon les cas : de type cloche en T0, de type plus ou moins linéaire décroissant en T1, de type pratiquement "plat" en T2 et en T3, avec une importance plus ou moins marquée de la première et de la deuxième classes de diamètre. L'espèce est susceptible d'atteindre de grands diamètres, comme on peut le voir sur la fig.58(a). Son comportement vis-à-vis de la reconstitution des grandes classes risque donc d'être très variable d'un groupe à l'autre, de même que son maintien à moyen terme en cas d'exploitation répétée.

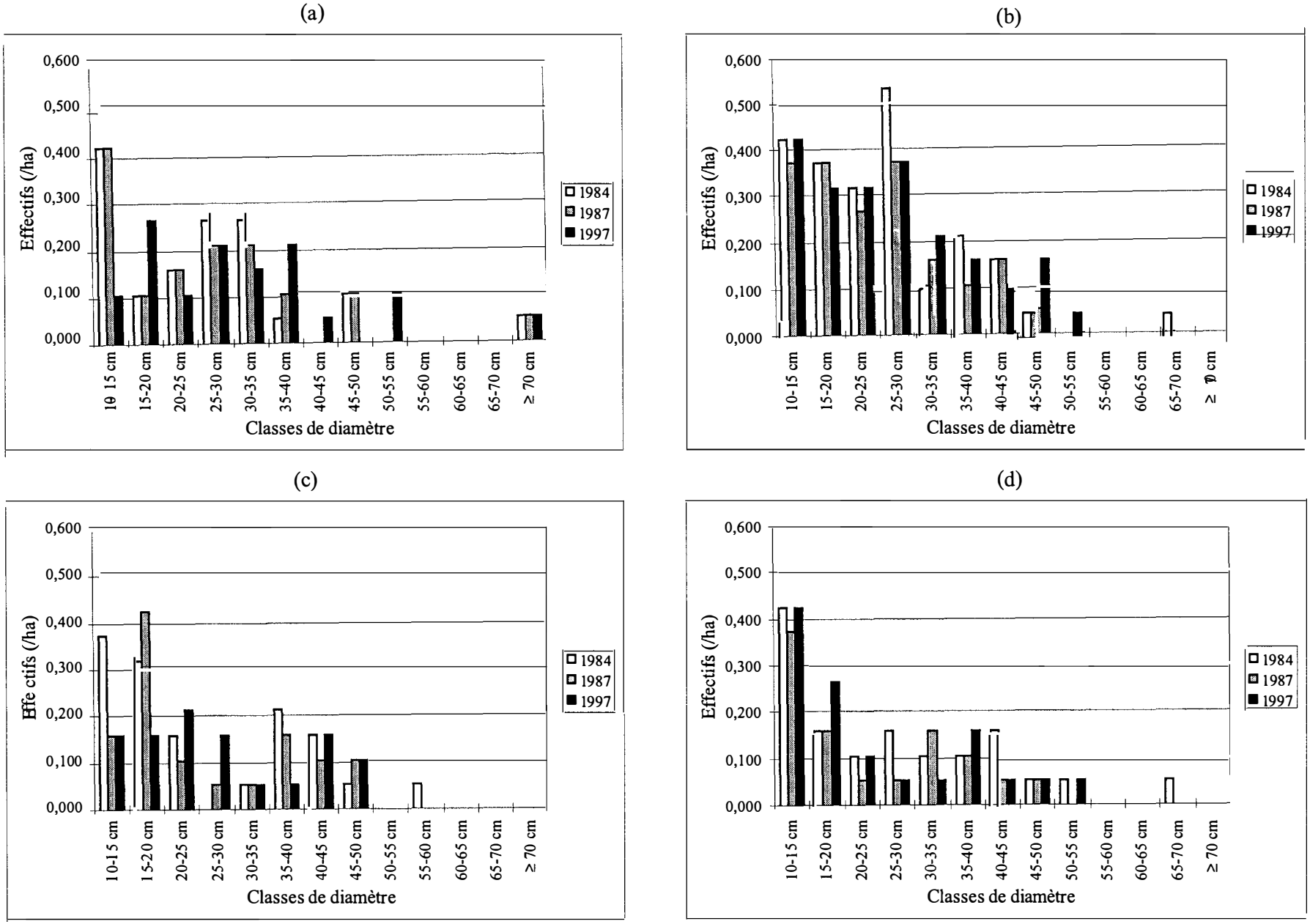


Fig.58. Evolution de la structure diamétrique des populations de *Manilkara bidentata* dans les différents groupes de parcelles. (a) Parcelles témoins. (b) Parcelles du traitement 1. (c) Parcelles du traitement 2. (d) Parcelles du traitement 3.

Les calculs du taux de reconstitution du stock des individus exploités selon la méthode exposée au § 2.1 figurent dans le tableau a48 en annexe 1. Si l'on considère un DME de 50 cm (diamètre retenu pour l'exploitation du Balata franc à Paracou) on voit effectivement que, si des individus ont rapidement alimenté la classe des ≥ 50 cm en T1 et en T3, ça n'a pas été le cas en T2. Le recrutement au-dessus du DME, lorsqu'il a eu lieu, a été particulièrement rapide : 10 ans et 18 ans respectivement.

4.7.3. Recrutement et mortalité

Le tableau a28 en annexe 1 présente les données de recrutement et de mortalité (toutes causes confondues) en effectifs absolus, ainsi qu'en pourcentage de la population de Balata franc présente en début de période considérée. Le recrutement cumulé est illustré sur la fig.59(a). On peut constater qu'il s'agit d'un évènement rare chez cette espèce : il n'y a pas eu un seul Balata franc recruté en 13 ans sur les parcelles témoins, et sur le traitement 2 un seul individu a été recruté entre 1995 et 1997 sur l'ensemble de la superficie. En T1 et surtout en T3, le recrutement a été plus régulier et a concerné un individu (exceptionnellement deux) tous les deux à trois ans à partir de 1987. Il est difficile de relier ce comportement au traitement et/ou à la structure des populations actuelles, à cette échelle de temps et d'espace. Une étude plus approfondie s'imposerait ...

La figure 60 compare l'évolution de l'importance de l'espèce dans le peuplement et dans le recrutement. On y observe, de manière logique, une diminution faible mais régulière de l'importance du Balata en T0 et en T2, alors qu'il tend à se maintenir en T1 et surtout, compte-tenu des modifications floristiques en cours dans ce dernier traitement, en T3.

Sur les parcelles témoins, la mortalité est faible : elle concerne un individu (0,053/ha) tous les trois à quatre ans sur l'ensemble de la surface, mais elle n'est pas compensée par le recrutement. Sur les parcelles traitées, une fois passé le pic d'exploitation qui voit la disparition de resp. 0,4 individu, 0,2 individu et 0,4 individu / ha tous diamètres confondus en T1, T2 et T3, la mortalité en T1 redevient immédiatement comparable (intensité et fréquence) à celle du témoin, alors qu'elle reste plus fréquente en T2 et T3.

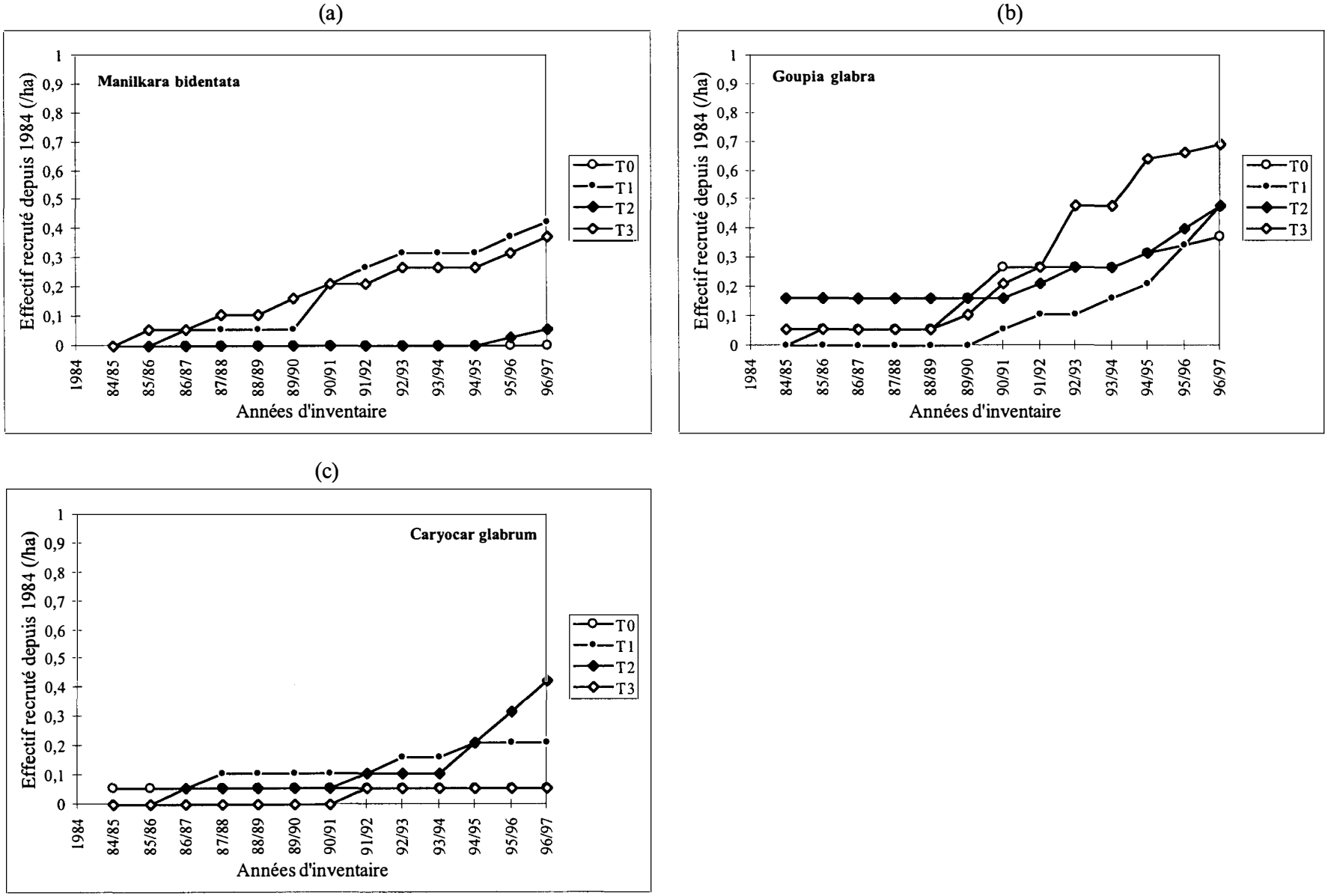


Fig.59. Recrutement cumulé depuis 1984, en fonction des traitements : (a) chez *Manilkara bidentata* ; (b) chez *Goupia glabra* ; (c) chez *Caryocar glabrum*. NB : l'échelle de l'axe des ordonnées varie selon les graphiques.

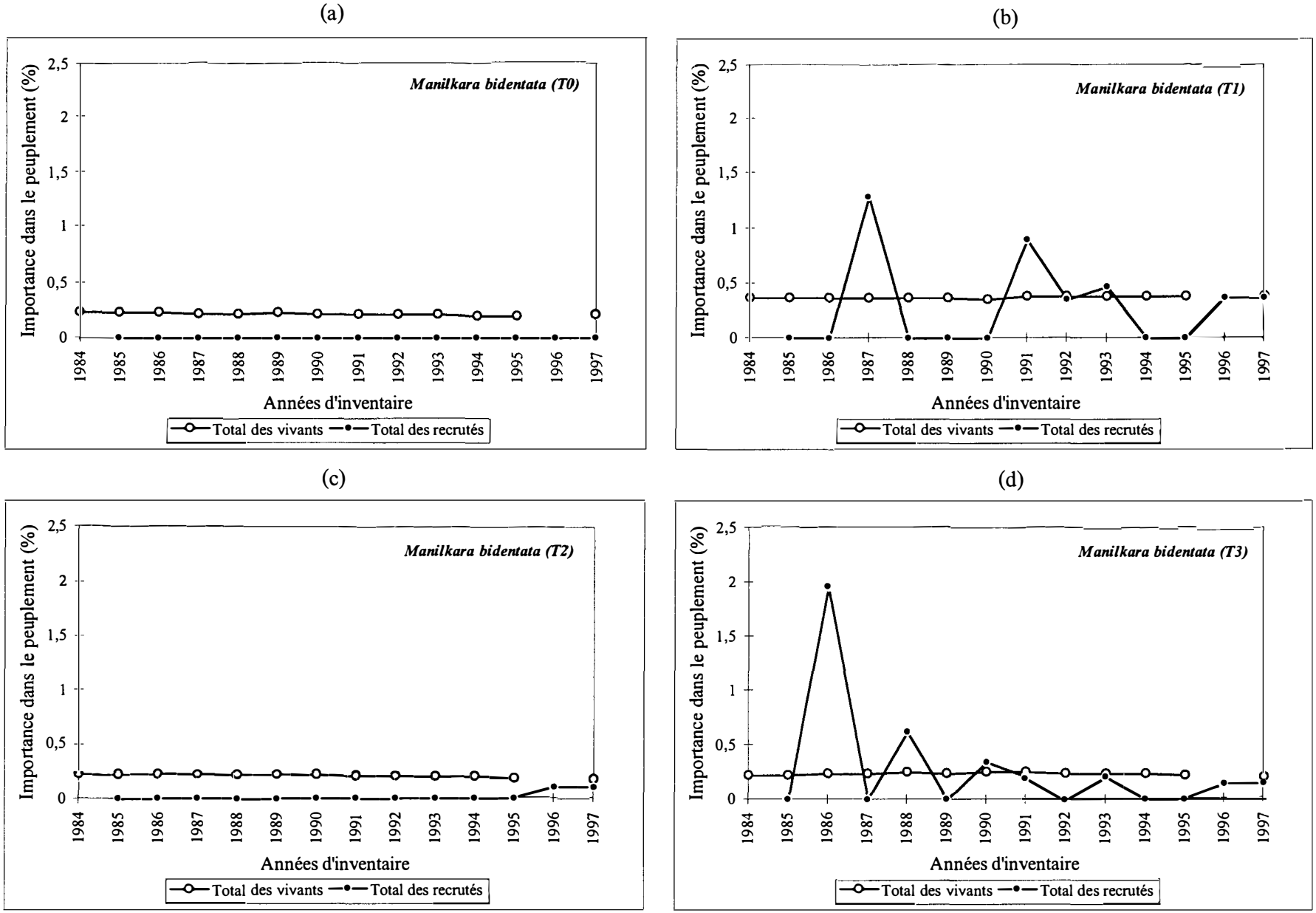


Fig.60. Evolution de l'importance de l'espèce *Manilkara bidentata* dans le peuplement total et dans le peuplement recruté. (a) Dans les parcelles témoins. (b) Dans les parcelles du traitement 1. (c) Dans les parcelles du traitement 2. (d) Dans les parcelles du traitement 3.

Le taux de mortalité moyen sur la période 1988/1989 à 1996/1997 a été estimé à l'aide de la formule [4] (cf. § 2.3). Les calculs ont été effectués tous diamètres confondus, mais également pour la fraction de la population dont le diamètre est compris entre 30 et 50 cm : dans ce cas, seule la mortalité naturelle est prise en compte et toutes les campagnes disponibles (1984/1985 à 1996/1997) sont utilisées (cf. § 4.1.3, la remarque faite pour l'Angélique). Les résultats obtenus sont les suivants.

Tableau 39. Taux de mortalité moyens observés chez *Manilkara bidentata*. Tous diamètres : entre 1988/1989 et 1996/1997. 30-50 cm : entre 1984/1985 et 1996/1997.

Classes de diam. / traitements	T_0	T_1	T_2	T_3
Tous diamètres	0,89 %	0,60 %	1,12%	1,08 %
30-50 cm de diamètre	0,00 %	0,00 %	0,00 %	1,16 %

Il n'y a pas eu de mortalité dans les grandes classes depuis 1984, sauf en T3 (un arbre mort entre 88 et 89, sur l'ensemble de la surface). Cette faiblesse de la mortalité est cohérente avec le relatif étalement observé sur les histogrammes au-delà de 30 cm de diamètre, et la possibilité qu'ont certains individus d'atteindre de grandes tailles (voir la fig.58).

4.7.4. Accroissements

Les accroissements moyens annuels observés chez le Balata franc sont présentés dans le tableau 40, illustré par les figures 61 et 62 pages suivantes.

Tableau 40. Evolution des accroissements moyens annuels des Balatas francs (*Manilkara bidentata*) à Paracou. Les calculs ont été effectués sur des individus ne présentant aucune anomalie sur la circonférence. N représente l'effectif sur lequel le calcul a été effectué. ΔD est l'accroissement moyen annuel calculé sur une période de deux ans (cm/an). L'indice accolé à N et ΔD indique le traitement concerné.

1984/1986								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	9	0,141	15	0,207	13	0,098	10	0,072
20-30	7	0,273	15	0,281	*3*	*0,371*	5	0,255
30-40	6	0,265	5	0,334	*4*	*0,199*	*4*	*0,199*
40-50	2	.	*4*	*0,338*	*3*	*0,265*	*4*	*0,338*
50-60	.	.	.	.	1	.	1	.
>=60	.	.	1	.	.	.	1	.
Moyenne		**0,217**		**0,265**		**0,173**		**0,180**
1989/1991								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	8	0,179	10	0,318	8	0,229	9	0,301
20-30	5	0,223	12	0,285	5	0,493	2	.
30-40	7	0,227	6	0,398	2	.	*4*	*0,597*
40-50	2	.	5	0,493	*3*	*0,424*	2	.
50-60	.	.	.	.	.	.	.	.
>=60	.	.	.	.	.	.	.	.
Moyenne		**0,207**		**0,347**		**0,348**		**0,392**
1991/1993								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	9	0,212	12	0,345	9	0,469	12	0,411
20-30	5	0,239	13	0,337	5	0,589	2	.
30-40	8	0,388	6	0,358	*3*	*0,716*	*3*	*0,371*
40-50	2	.	5	0,557	*3*	*0,345*	*3*	*0,584*
50-60	.	.	.	.	.	.	.	.
>=60	1	.	.	.	.	.	.	.
Moyenne		**0,282**		**0,374**		**0,517**		**0,433**
1993/1995								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	8	0,099	14	0,387	8	0,438	11	0,391
20-30	5	0,127	12	0,405	5	0,637	*4*	*0,537*
30-40	8	0,308	6	0,504	1	.	*3*	*0,477*
40-50	.	.	5	0,605	5	0,398	*3*	*0,690*
50-60	2	.	1	.	.	.	.	.
>=60	1	.	.	.	.	.	.	.
Moyenne		**0,186**		**0,441**		**0,482**		**0,474**
1995/1997								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	8	0,169	12	0,219	6	0,225	11	0,297
20-30	5	0,255	13	0,306	6	0,504	*4*	*0,497*
30-40	8	0,239	7	0,398	1	.	*3*	*0,371*
40-50	.	.	5	0,430	5	0,318	*3*	*0,690*
50-60	2	.	1	.	.	.	.	.
>=60	1	.	.	.	.	.	.	.
Moyenne		**0,216**		**0,312**		**0,351**		**0,402**

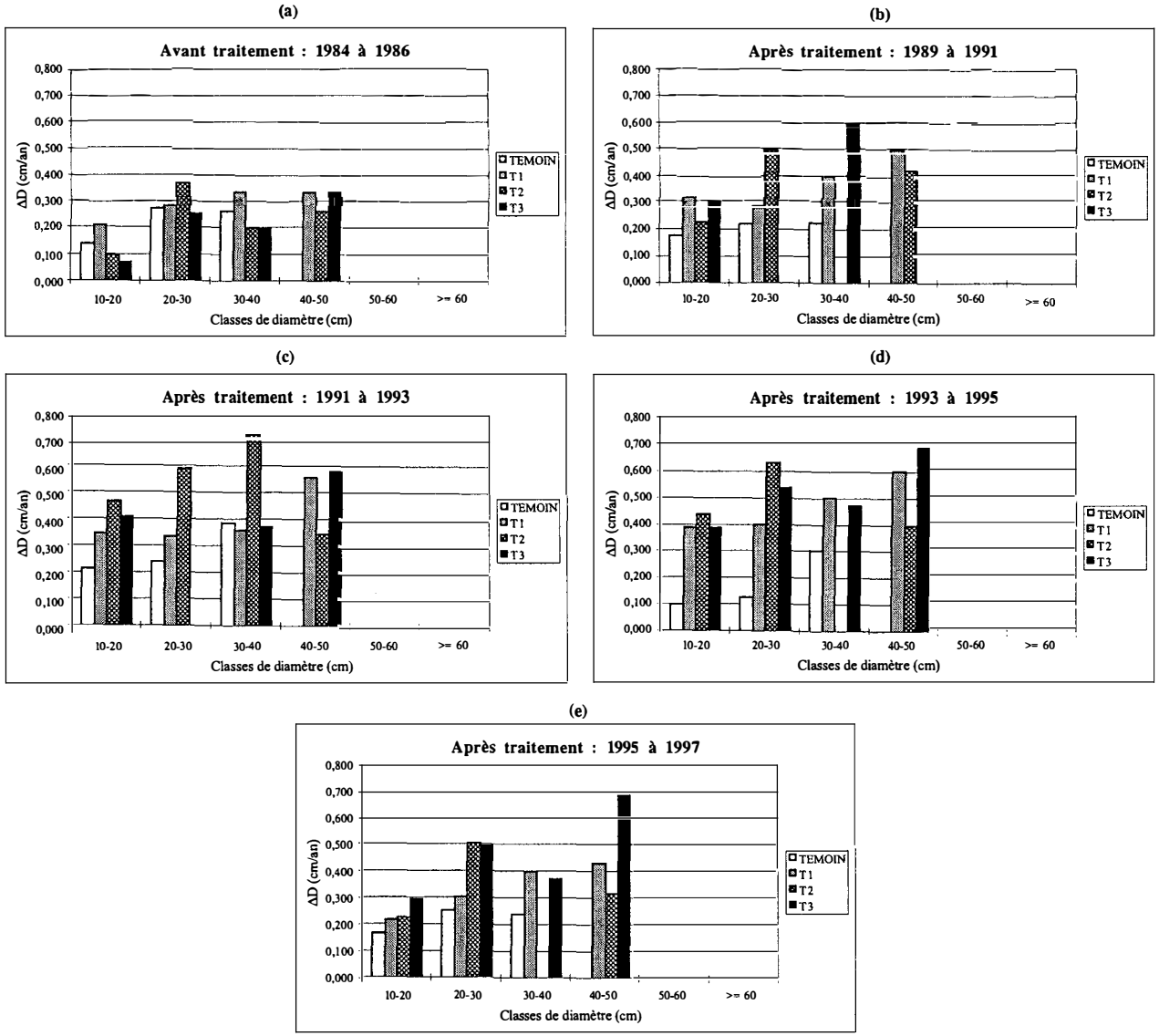


Fig.61. Accroissement moyen annuel (représenté par périodes de deux ans) en diamètre des individus de *Manilkara bidentata* ne présentant pas d'anomalie de circonférence. (a) Période 1984/1986 ; (b) période 1989/1991 ; (c) période 1991/1993 ; (d) période 1993/1995 ; (e) période 1995/1997. NB. Les effectifs sont très faibles dans les classes ≥ 20 cm de diamètre : les ΔD ne sont présentés qu'à titre indicatif.

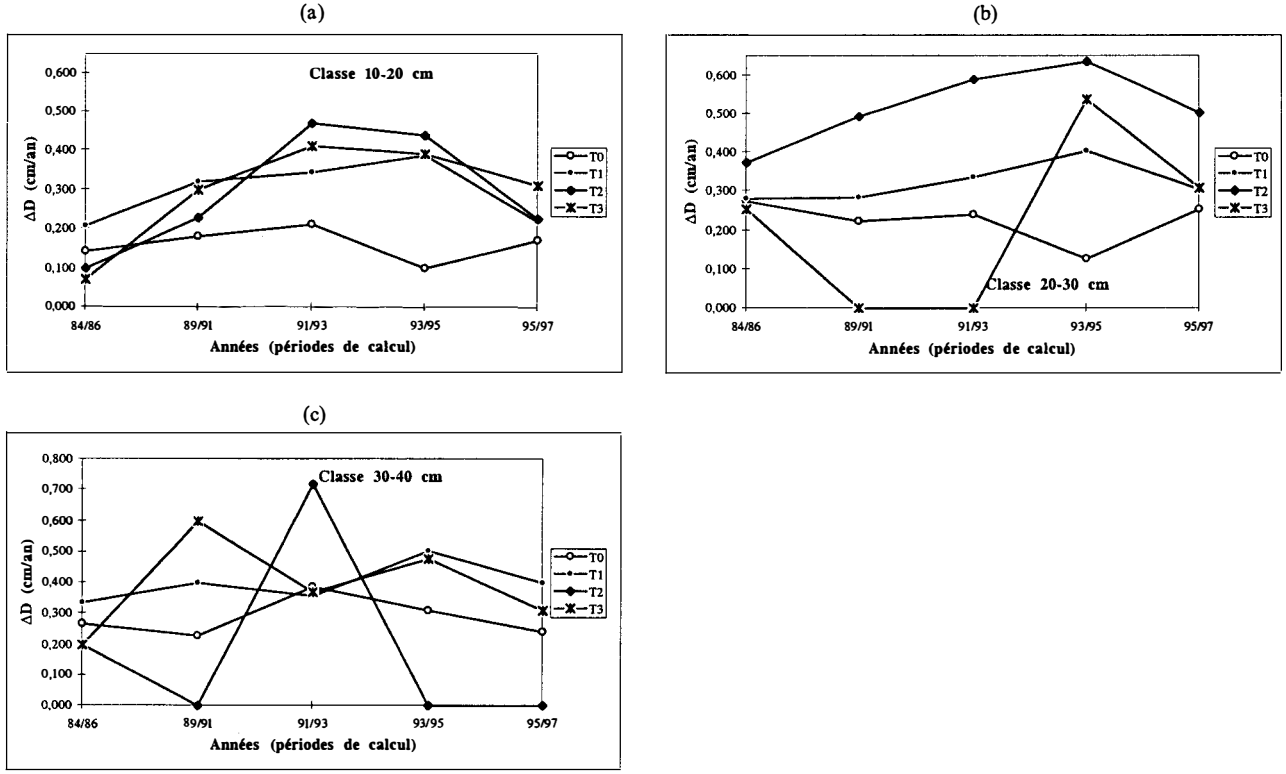


Fig.62. Accroissement moyen annuel (représenté par périodes de deux ans) en diamètre des individus de *Manilkara bidentata* ne présentant pas d'anomalie de circonférence. (a) classe de diamètre 10-20 cm ; (b) classe de diamètre 20-30 cm ; (c) classe de diamètre 30-40 cm. NB. Les effectifs sont très faibles dans les classes ≥ 20 cm de diamètre : les ΔD ne sont présentés qu'à titre indicatif.

Nous n'avons pas effectué d'étude précise chez cette espèce, mais quelques remarques peuvent être faites et ce malgré le faible effectif disponible pour les analyses de croissance :

- avant traitement, les accroissements moyens observés sont très variables d'un groupe de parcelles à l'autre : de 0,173 cm/an en T2 à 0,265 cm/an en T1 ; il s'agit d'accroissements assez importants, en particulier dans les classes intermédiaires, du même ordre de grandeur (mais un peu inférieurs) que ceux observés chez l'Angélique, les Gonfolos ou le Grignon ;
- c'est dans le traitement 2 que l'on enregistre les plus fortes réactions (x 3 entre 1991 et 1993), mais sur certaines périodes les accroissements moyens en T3 dépassent ceux du T2 ;
- les réactions les plus importantes sont enregistrées dans la première classe de diamètre (x 5,7 en T3 entre 1991 et 1993, x 4,8 en T2 pendant la même période) ;
- **la faiblesse des effectifs rend délicate l'analyse de la "durabilité" de l'effet traitement.** Dans la première classe de diamètre, il semble que l'effet ait été très net de 1991 à 1995 (voir fig.62(a)), mais le fléchissement est sensible sur la période 1995-1997. Dans la deuxième classe de diamètre, l'effet du traitement 2 reste marqué malgré, là également, un fléchissement sur la dernière période. Même si les moyennes restent plus élevées dans les parcelles traitées que dans les parcelles témoins, et plus élevées en 95/97 qu'en 84/86 au sein de chaque traitement, il n'est pas certain que les tests (non effectués) concluent à la significativité de l'effet.

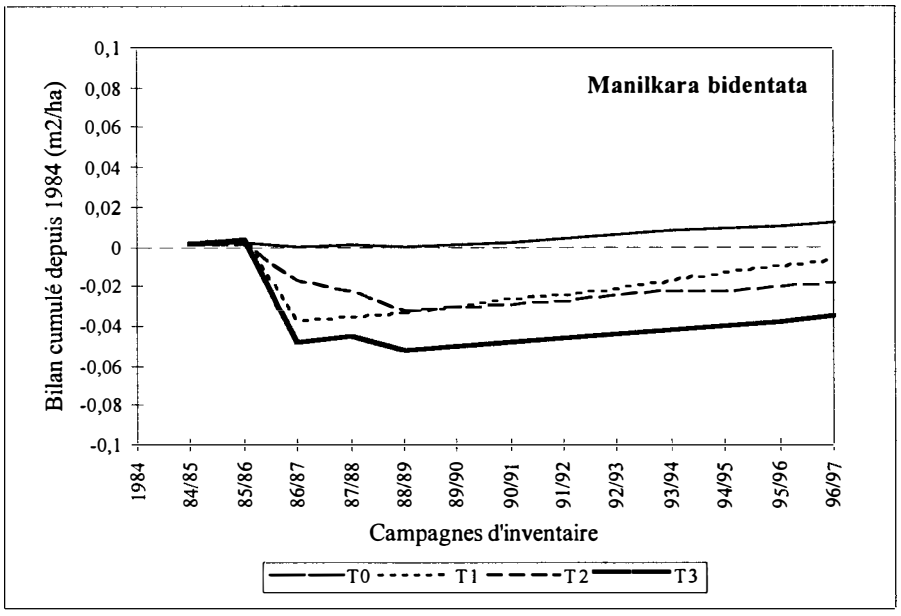
Notons que l'analyse approfondie des accroissements espèce par espèce a conduit Gourlet-Fleury (1997) à classer le Balata franc dans le groupe (g4.1) des espèces à taille potentielle moyenne à grande, présentant une sensibilité forte au statut social (en d'autres termes, le potentiel de réaction à l'éclaircie est important chez cette espèce).

4.7.5. Bilan

Le tableau a29 en annexe 1 informe sur l'évolution du bilan et de ses différentes composantes dans chaque traitement (*i*) en valeurs instantanées et (*ii*) en valeurs cumulées depuis 1984 (voir aussi les figures a23 et a24). La figure 63, page suivante, montre l'évolution comparée des bilans cumulés absolu et relatif (/ 1988).

Sur toutes les parcelles, le bilan dépend toujours étroitement de la mortalité (cf. commentaires déjà faits au § 4.1.5) mais dans le cas du Balata et contrairement à ce que l'on a vu chez le Boco, celle-ci est très largement compensée par les accroissements. Il en résulte, sauf exception, un bilan instantané toujours positif et un bilan cumulé en augmentation rapide. On voit que cette évolution est valable également dans le témoin : la surface terrière y est en augmentation régulière depuis 1984.

(a)



(b)

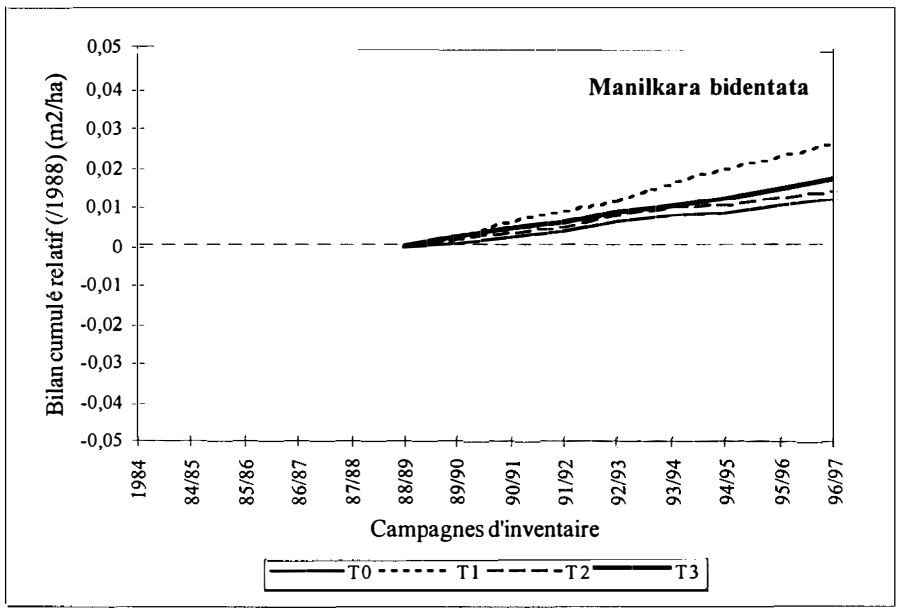


Fig.63. Comparaison, chez *Manilkara bidentata*, des bilans cumulés dans les différents traitements. (a) Cumul à partir de 1984. (b) Cumul relatif à partir de 1988, année prise comme référence "0".

Globalement, sur la période 1989-1997, le bilan moyen annuel en surface terrière est de (voir tableau 41 ci-dessous) : 0,0033 m2/ha (T1), 0,0018 m2/ha (T2) et 0,0021 m2/ha (T3). En 1989, les différents groupes de parcelles avaient perdu resp. 0,0326 m2/ha (T1), 0,0319 m2/ha (T2) et 0,0525 m2/ha (T3). Au rythme actuel, il faudrait resp. 9 ans (T1), 17,7 ans (T2) et 25 ans (T3) pour revenir quantitativement à l'état initial. En T1 et si l'on en croit ces chiffres, l'état initial a dû être atteint en 1998 !

L'estimation de la durée de reconstitution dépend peu de la période de calcul utilisée en T1, mais ce n'est pas le cas dans les autres traitements où elle apparaît peu stable. C'est la prise en compte de l'année 1988 qui pose problème, des individus étant morts cette année là dans les deux traitements.

Tableau 41. Calcul de la durée de reconstitution de la surface terrière initiale en prenant en compte différentes périodes de référence (voir le tableau a29 en annexe 1). La durée indiquée est un **minimum**.

Période de référence	Bilan moyen annuel (m2/ha)			Perte en surface terrière entre 1984 et le début de la période de calcul (m2/ha)			Temps minimum écoulé avant retour (quantitatif) à l'état initial (années)		
Traitement	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1989-1997	**0,0033**	**0,0018**	**0,0021**	**0,0326**	**0,0319**	**0,0525**	**9,9**	**17,7**	**25,0**
1989-1996	0,0033	0,0018	0,0021	0,0326	0,0319	0,0525	9,9	17,7	25,0
1988-1997	0,0031	0,0005	0,0011	0,0346	0,0219	0,0455	11,2	43,8	41,4
1988-1996	0,0031	0,0003	0,0009	0,0346	0,0219	0,0455	11,2	73,0	50,6

4.7.6. - Simulations de la reconstitution du stock des gros individus

Dans le cas du Balata franc, les 4 scénarios ont été mis en oeuvre. Les résultats sont présentés dans l'annexe 2, tableaux a29 à a32, et illustrés sur la fig.63(bis) ci-dessous. Le DME retenu pour l'espèce est de 50 cm. Les paramètres utilisés dans les simulations sont les suivants :

Tableau 42. Paramètres utilisés pour les simulations du taux de reconstitution des gros diamètres dans les populations de Balatas francs.

Paramètres	**Scénario 1**	**Scénario 2**	**Scénario 3**	**Scénario 4**
ΔD des tiges d'avenir durant les 10 premières années	0,462 cm/an		0,462 cm/an	
ΔD des tiges d'avenir durant les années suivantes	0,288 cm/an		0,462 cm/an	
Mortalité chez les tiges d'avenir	0,00%	1,16%	0,00%	1,16%
Taux de dégâts (1986/1987) observés dans la classe 30-50 cm (pour info).	T0 et T1 : 18,18%, T2 : 11,11%, T3 : 12,50%			

On peut faire, pour le Balata, les mêmes remarques que pour les Gonfolos en ce qui concerne la fiabilité des prédictions au-delà d'une certaine période de temps écoulé : **les prévisions obtenues au-delà de 45 ans sont à considérer avec précaution** : en effet, les classes de diamètre les plus petites sont alors appelées à fournir des effectifs et nous n'avons pas ajusté en conséquence les taux de mortalité. Par ailleurs, ces classes auront été alimentées par des individus ayant passé le diamètre de précomptage. Les deux phénomènes peuvent se contre-balancer mais nous n'avons pas approfondi ce point.

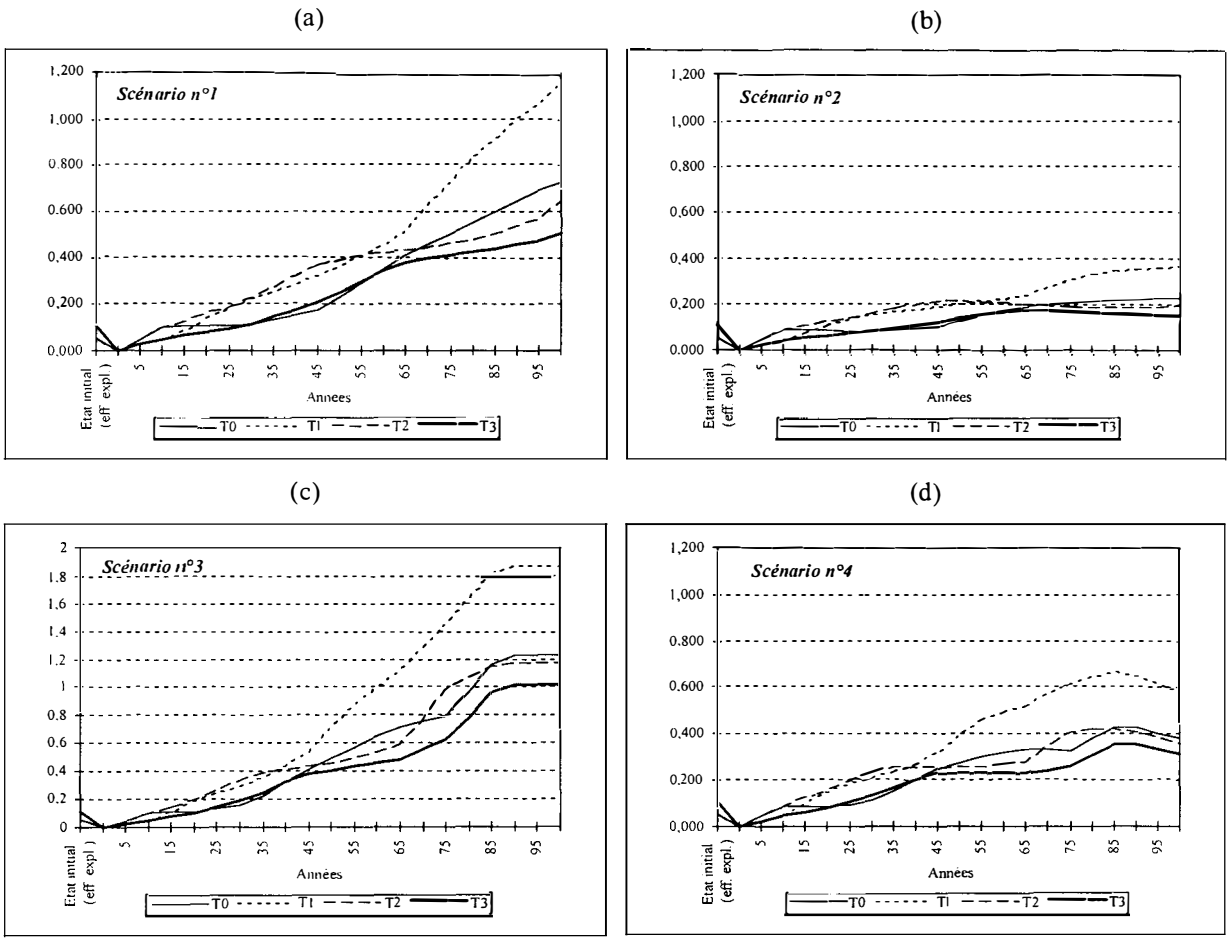


Fig.63(bis). Evolution, après exploitation, des effectifs de Balatas francs de diamètre supérieur à 50 cm. (a) Cas du scénario 1. (b) Cas du scénario 2. (c) Cas du scénario 3. (d) Cas du scénario 4. Attention, l'échelle de l'axe des ordonnées dans le scénario 3 diffère de celle des autres.

Nous renvoyons le lecteur aux remarques déjà faites au § 4.1.6 à propos de l'Angélique. Dans le cas du Balata, on voit :

- que tous les groupes sont capables de reconstituer très rapidement leur stock exploitable : 10 ans en T0 et T2, 15 ans en T1 et 30 ans en T3 où l'effectif prélevé est double, ce dans le scénario 1. La prise en compte de la mortalité maximale observée ne modifie pas ce résultat, sauf en T3 où la reconstitution est retardée de 10 ans ;
- les effectifs exploités en T3 soit 0,107 individu par hectare peuvent être récupérés en moins de 20 ans en T0, T1 et T2 ;
- l'utilisation de valeurs d'accroissement correspondant à des parcelles qui demeurent relativement ouvertes (scénario 3) a peu d'effet sur la rapidité de reconstitution (on "gagne" 5 ans en T3), mais permettrait d'obtenir des effectifs exploitables plus importants en une trentaine d'années : au moins 0,160 individus/ha (trois Balatas au lieu de un ou deux sur la superficie de chaque groupe).

Conclusion. Dans les conditions du traitement 1, et même si aucun traitement n'est plus mis en oeuvre pendant la durée de la rotation, on peut espérer, toujours dans le cas du site de Paracou, reconstituer très rapidement (moins de 20 ans, 30 ans si le prélèvement est double) le stock initial des Balatas et/ou récupérer un effectif de 0,107 individu à l'hectare en 30 ans dans tous les cas. Les accroissements importants enregistrés chez l'espèce permettent de compenser très rapidement la perte des gros diamètres, dans la mesure où cette perte a été faible.

Le Balata nous paraît cependant, dans l'état actuel des choses, être une espèce "à risque". En effet, les traitements sylvicoles ne paraissent pas avoir eu un effet très clair sur le recrutement, avec comme nous l'avons vu des résultats apparemment contradictoires d'un traitement à l'autre (très peu de recrutement en T2). Si les bilans en surface terrière montrent que les populations dans les différents groupes peuvent facilement maintenir leur potentiel global, il faut être conscient que c'est davantage à travers un accroissement des individus présents dans les classes intermédiaires qu'à travers un renouvellement de la population. Il est difficile, en l'absence de compréhension du déterminisme de ce renouvellement, de tirer des conclusions en matière d'intensité d'exploitation et de durée de rotation : en effet, dans ce cas précis et de la même manière que pour le Boco, le principe de précaution risque d'être inopérant puisque dans les parcelles témoins les effectifs sont en diminution. Il faut sans doute accepter, là encore, d'exploiter (si l'espèce présente un intérêt) et de voir l'importance de l'espèce diminuer localement.

4.8. *Goupia glabra* (Celastraceae)

4.8.1. Effectifs et surface terrière

L'évolution du Goupi dans les différents groupes de parcelles, en effectifs et en surface terrière, est illustrée figure 64.

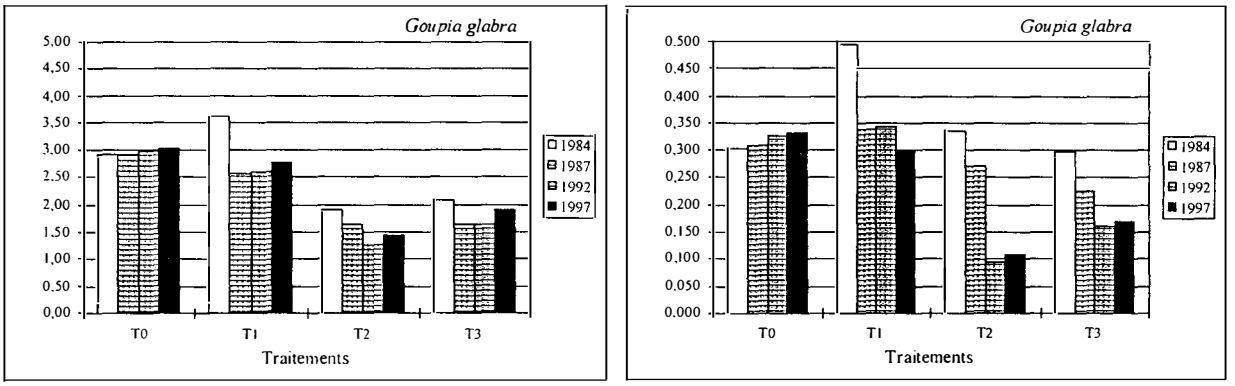


Fig.64. Evolution des effectifs (a) et de la surface terrière (b) des populations de Goupis dans les différents traitements.

L'espèce est présente dans tous les groupes de parcelles, avec des effectifs un peu plus importants en T1 et surtout T2 et une surface terrière totale plus importante en T2. Elle est mieux représentée que le Balata franc que nous venons de passer en revue, mais les effectifs restent globalement faibles : ils représentent, en 1984, 0,3% (T2) à 0,6 % (T1) du peuplement global. La surface terrière de la population oscille entre 0,9% (T3) et 1,6% (T1) de la surface terrière totale. Le ratio surface terrière/effectif est plus élevé que celui de l'Angélique, il se rapproche de celui du Grignon dans certains groupes de parcelles (voir fig.15, fig.16(a), fig.17(a) et fig.18(a)) : on a là une espèce dont les individus peuvent atteindre de grandes tailles (voir paragraphe suivant).

L'exploitation a touché le Goupi de manière très variable dans les différents groupes : les individus ont été prélevés au-dessus d'un DME de 60 cm, à raison de sept arbres sur l'ensemble de la surface du groupe en T1 (ce qui est considérable) et trois arbres en T2. Il n'y a pas eu de Goupi exploité en T3 (les individus potentiellement exploitables présentaient sans doute un défaut). Ce prélèvement, associé aux dégâts d'abattage, a entraîné une perte en effectifs de 29,5% (T1), 14,1% (T2) et 20,7% (T3, il s'agit là des seuls dégâts d'abattage !) soit, en surface terrière, une perte de 31,8% (T1), 19,1% (T2) et 24,5% (T3) entre 1984 et 1987.

4.8.2. Structure diamétrique

La figure 65 montre l'évolution de la structure diamétrique dans les différents traitements (voir également le tableau a30 en annexe 1). Il s'agit globalement d'une structure en "L", avec des individus relativement nombreux dans la première classe de diamètre, puis des effectifs faibles et quasi uniformément répartis dans les autres classes, pouvant atteindre de gros diamètres : plus de 70 cm avec une légère tendance à l'accumulation (cf. T1, le plus touché par l'exploitation).

On voit apparaître (sauf en T2), entre 30 et 60 cm, une cloche qui rappelle celles observées chez les Gonfolos et, dans une moindre mesure, chez les Grignons (cas du T1) : nous renvoyons le lecteur au § 4.2.2 pour une explication possible du phénomène. Collinet (1997) situe le point de libération de cette espèce entre 25 et 30 cm de diamètre.

Les calculs du taux de reconstitution du stock des individus exploités selon la méthode exposée au § 2.1 figurent dans le tableau a48 en annexe 1. Si l'on considère un DME de 60 cm, on voit qu'aucun individu n'est venu alimenter les classes considérées depuis 1987 (resp. 1988) en T1 et en T2. Au contraire, des effectifs ont été perdus en T1. En T3, un individu (sur l'ensemble de la superficie) a franchi ce seuil, ce qui permet d'estimer qu'il faudrait 45 ans pour compenser la perte par mortalité naturelle de cinq Goupis de la classe des 60 cm et plus, survenue entre 1984 et 1988.

4.8.3. Recrutement et mortalité

Le tableau a31 en annexe 1 présente les données de recrutement et de mortalité (toutes causes confondues) en effectifs absolus, ainsi qu'en pourcentage des populations de Goupis présentes en début de période considérée. La figure 59(b) montre le recrutement cumulé depuis 1984 dans les 4 groupes de parcelles. Dans les parcelles témoins, la population recrute un à deux individus tous les trois à quatre ans sur l'ensemble de la superficie. Un léger effet traitement apparaît en T1 et T2 à partir de 1989 : le recrutement y est plus régulier, il concerne un individu tous les un à deux ans. C'est dans le T3 que l'effet est le plus clair : à partir de 1989, un à quatre nouveaux Goupis sont recensés chaque année. Ceci est cohérent avec le comportement notoirement héliophile de l'espèce dans les jeunes stades, et on constate (sous réserve que le stock de juvéniles en-dessous du diamètre de précomptage soit le même partout) qu'il faut que les parcelles soient très ouvertes pour que le recrutement soit franchement favorisé.

La figure 66 ci-après montre que, dans tous les traitements, le recrutement est suffisamment important pour que l'espèce maintienne sa représentation dans le peuplement total, y compris (et surtout) dans le T3. On peut même constater que les effectifs sont en légère augmentation dans le peuplement témoin.

Sur les parcelles témoins, la mortalité concerne, tous les deux à cinq ans, un à deux individus (0,053 à 0,107/ha) sur l'ensemble de la surface, effectif légèrement inférieur à celui des individus recrutés. Sur les parcelles traitées, une fois passé le pic d'exploitation qui voit la disparition de resp. 1,0 individu, 0,4 individu et 0,4 individu / ha tous diamètres confondus en T1, T2 et T3, la mortalité reste un peu supérieure à celle des témoins (plus fréquente) dans les trois traitements.

Le taux de mortalité moyen sur la période 1988/1989 à 1996/1997 a été estimé à l'aide de la formule [4] (cf. § 2.3). Les calculs ont été effectués tous diamètres confondus, mais également pour la fraction de la population dont le diamètre est compris entre 40 et 60 cm : dans ce cas, seule la mortalité naturelle est prise en compte et toutes les campagnes disponibles (1984/1985 à 1996/1997) sont utilisées (cf. § 4.1.3, la remarque faite pour l'Angélique). Les résultats obtenus sont les suivants.

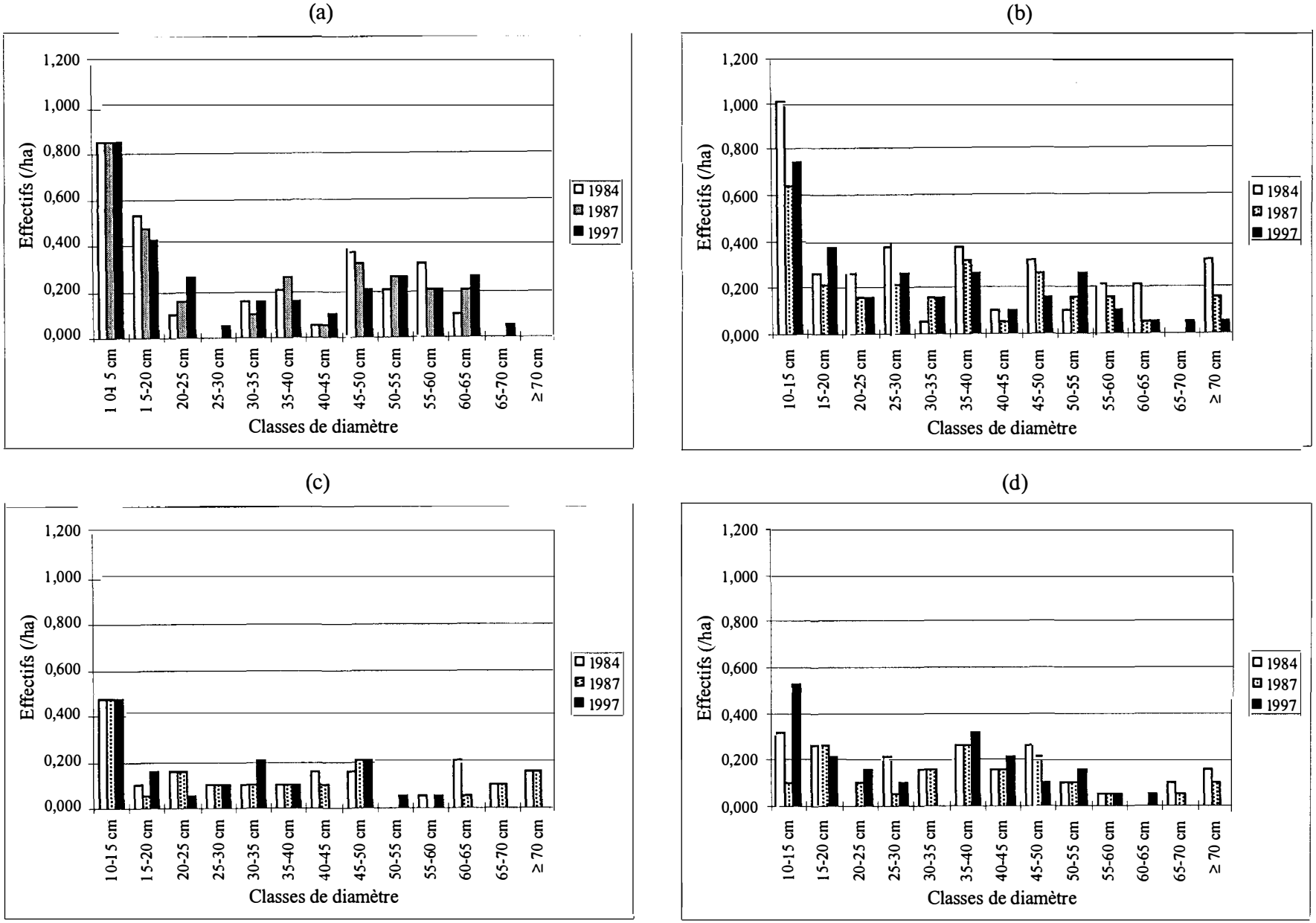


Fig.65. Evolution de la structure diamétrique de la population de *Goupia glabra* dans les différents groupes de parcelles. (a) Parcelles témoins. (b) Parcelles du traitement 1. (c) Parcelles du traitement 2. (d) Parcelles du traitement 3.

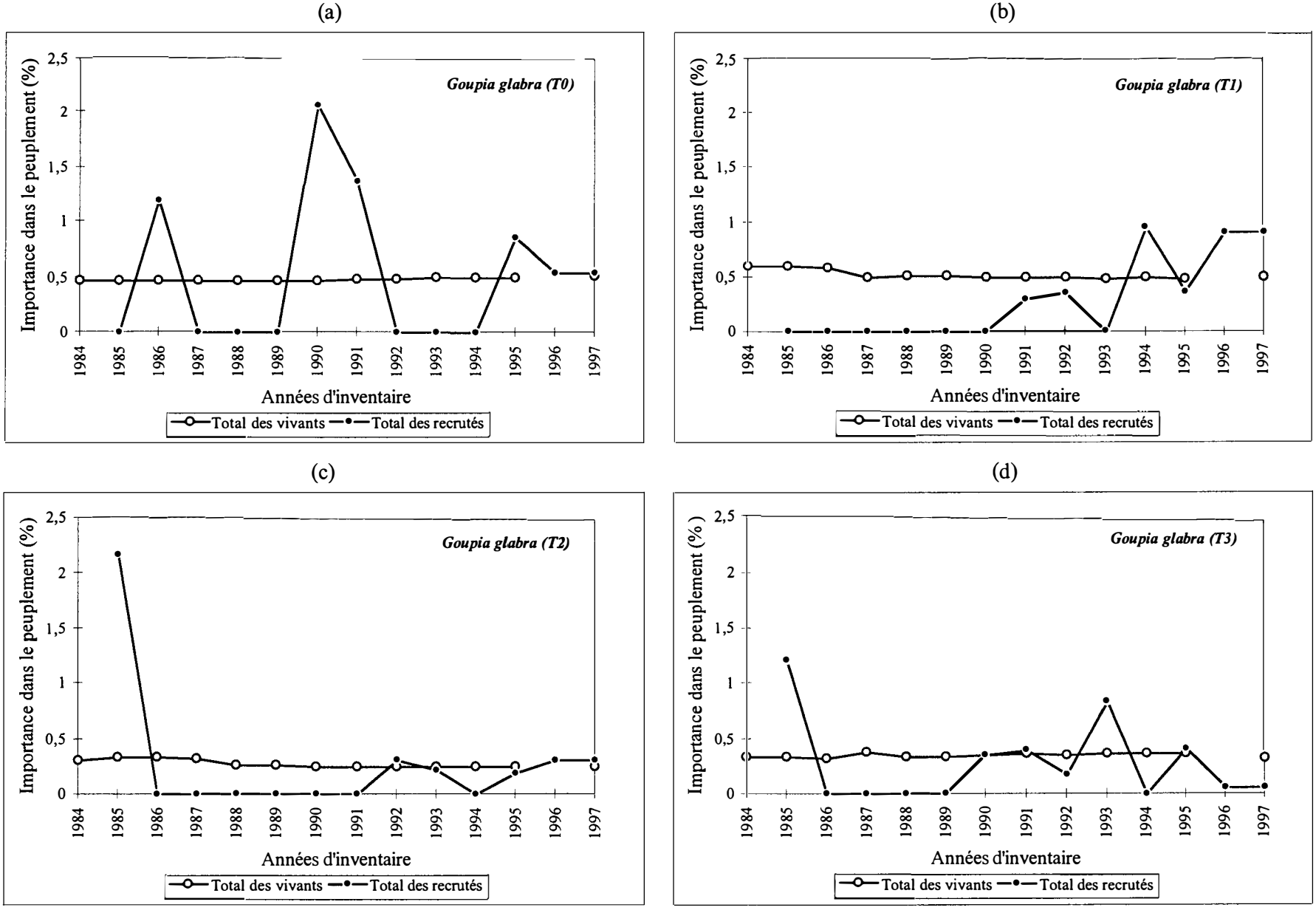


Fig.66. Evolution de l'importance de l'espèce *Goupia glabra* dans le peuplement total et dans le peuplement recruté. (a) Dans les parcelles témoins. (b) Dans les parcelles du traitement 1. (c) Dans les parcelles du traitement 2. (d) Dans les parcelles du traitement 3.

Tableau 43. Taux de mortalité moyens observés chez *Goupia glabra.* Tous diamètres : entre 1988/1989 et 1996/1997. 40-60 cm : entre 1984/1985 et 1996/1997.

Classes de diam. / traitements	T_0	T_1	T_2	T_3
Tous diamètres	0,60 %	1,14 %	1,39%	1,07 %
40-60 cm de diamètre	0,47 %	1,85 %	0,00 %	0,81 %

Sauf exception (T1), on observe des taux de mortalité dans les classes intermédiaires inférieurs à ceux obtenus toutes classes de diamètre confondues. Ceci est cohérent avec l'existence d'une "cloche" dans les structures diamétriques (cf. fig.65).

4.8.4. Accroissements

Les accroissements moyens annuels observés chez le Goupi sont présentés dans le tableau 44, illustré par les figures 67 et 68 pages suivantes.

Tableau 44. Evolution des accroissements moyens annuels des Goupis (*Goupia glabra*) à Paracou. Les calculs ont été effectués sur des individus ne présentant aucune anomalie sur la circonférence. N représente l'effectif sur lequel le calcul a été effectué. ΔD est l'accroissement moyen annuel calculé sur une période de deux ans (cm/an). L'indice accolé à N et ΔD indique le traitement concerné.

1984/1986								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	24	0,189	24	0,123	11	0,080	11	0,268
20-30	2	.	11	0,268	5	0,318	*4*	*0,318*
30-40	7	0,341	8	0,269	*4*	*0,219*	7	0,387
40-50	6	0,106	6	0,252	6	0,159	8	0,209
50-60	9	0,203	6	0,318	1	.	*3*	*0,159*
>=60	1	.	5	-0,064	6	0,199	*3*	*-0,027*
Moyenne		**0,204**		**0,186**		**0,172**		**0,250**
1989/1991								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	19	0,138	15	0,255	10	0,446	7	0,307
20-30	5	0,334	7	0,284	*3*	*0,637*	*3*	*0,584*
30-40	6	0,119	10	0,286	5	0,430	6	0,252
40-50	7	0,227	5	0,207	*4*	*0,398*	6	0,199
50-60	6	0,212	6	0,318	1	.	*4*	*0,259*
>=60	*3*	*0,318*	1	.	.	.	.	.
Moyenne		**0,192**		**0,270**		**0,459**		**0,294**
1991/1993								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	23	0,180	16	0,264	8	0,726	7	0,500
20-30	5	0,286	6	0,332	*4*	*0,895*	*4*	*0,418*
30-40	5	0,127	10	0,215	*4*	*0,338*	7	0,352
40-50	7	0,250	6	0,225	5	0,509	6	0,186
50-60	8	0,219	5	0,382	1	.	2	.
>=60	*3*	*0,106*	2	.	.	.	1	.
Moyenne		**0,197**		**0,270**		**0,633**		**0,365**
1993/1995								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	24	0,166	15	0,324	10	0,366	11	0,600
20-30	5	0,318	8	0,338	*4*	*0,855*	5	0,493
30-40	5	0,207	8	0,229	*4*	*0,279*	8	0,348
40-50	7	0,171	7	0,148	*4*	*0,796*	5	0,223
50-60	8	0,398	*4*	*0,179*	2	.	*3*	*0,186*
>=60	*3*	*0,371*	2	.	.	.	1	.
Moyenne		**0,233**		**0,265**		**0,517**		**0,423**
1995/1997								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	24	0,212	17	0,314	10	0,470	13	0,533
20-30	5	0,175	7	0,421	*3*	*0,716*	5	0,398
30-40	7	0,341	8	0,209	5	0,175	7	0,387
40-50	6	0,318	7	0,307	*4*	*0,358*	5	0,207
50-60	8	0,189	5	0,414	2	.	*4*	*0,080*
>=60	6	0,252	*3*	*0,265*	.	.	1	.
Moyenne		**0,237**		**0,318**		**0,416**		**0,382**

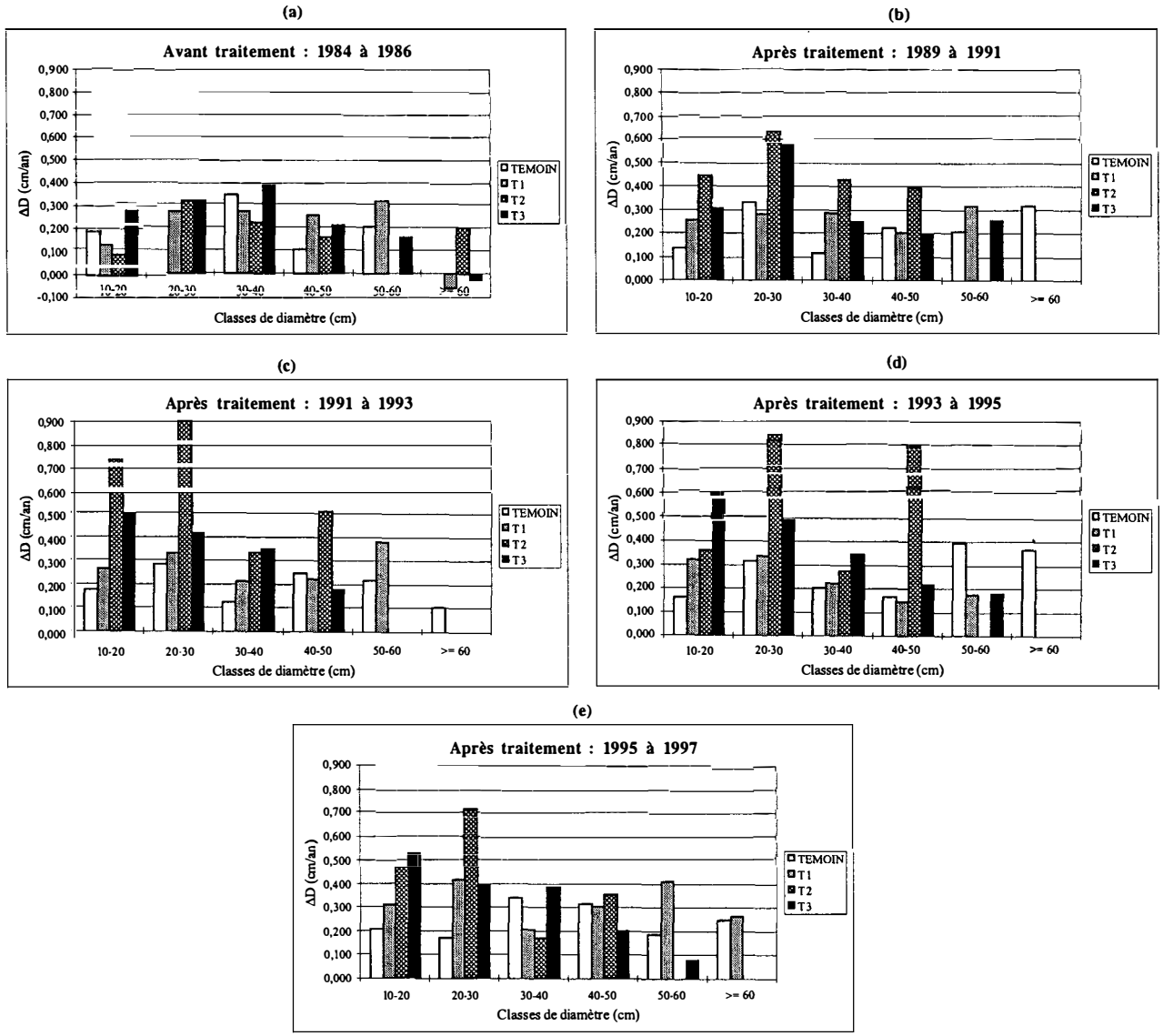


Fig.67. Accroissement moyen annuel (représenté par périodes de deux ans) en diamètre des individus de *Goupia glabra* ne présentant pas d'anomalie de circonférence. (a) Période 1984/1986 ; (b) période 1989/1991 ; (c) période 1991/1993 ; (d) période 1993/1995 ; (e) période 1995/1997. NB. Dans les classes ≥ 20 cm de diamètre, les effectifs sont faibles : les ΔD sont présentés à titre indicatifs et doivent être considérés avec prudence.

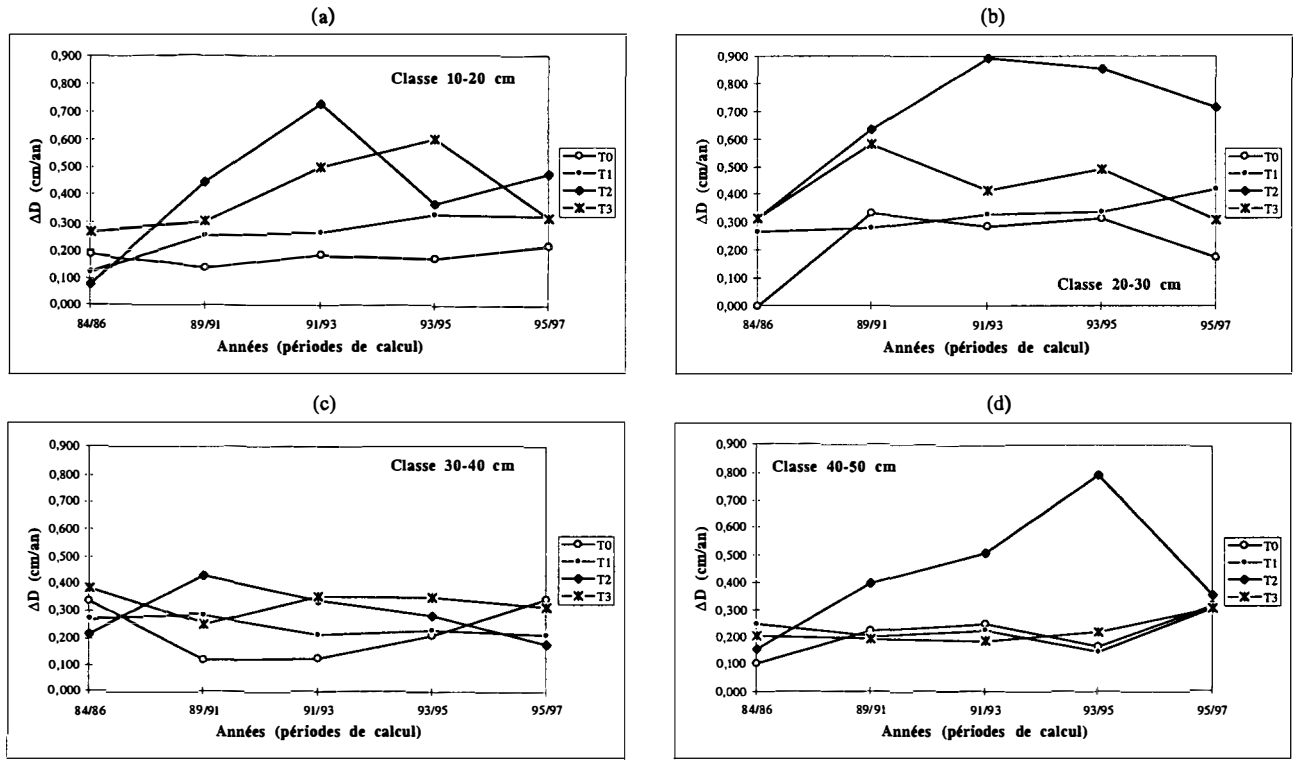


Fig.68. Accroissement moyen annuel (représenté par périodes de deux ans) en diamètre des individus de *Goupia glabra* ne présentant pas d'anomalie de circonférence. (a) classe de diamètre 10-20 cm ; (b) classe de diamètre 20-30 cm ; (c) classe de diamètre 30-40 cm ; (d) classe de diamètre 40-50 cm. NB. Dans les classes ≥ 20 cm de diamètre, les effectifs sont faibles : les ΔD sont présentés à titre indicatifs et doivent être considérés avec prudence.

Nous n'avons pas effectué d'étude précise chez cette espèce, mais quelques remarques peuvent être faites et ce malgré le faible effectif disponible pour les analyses de croissance :

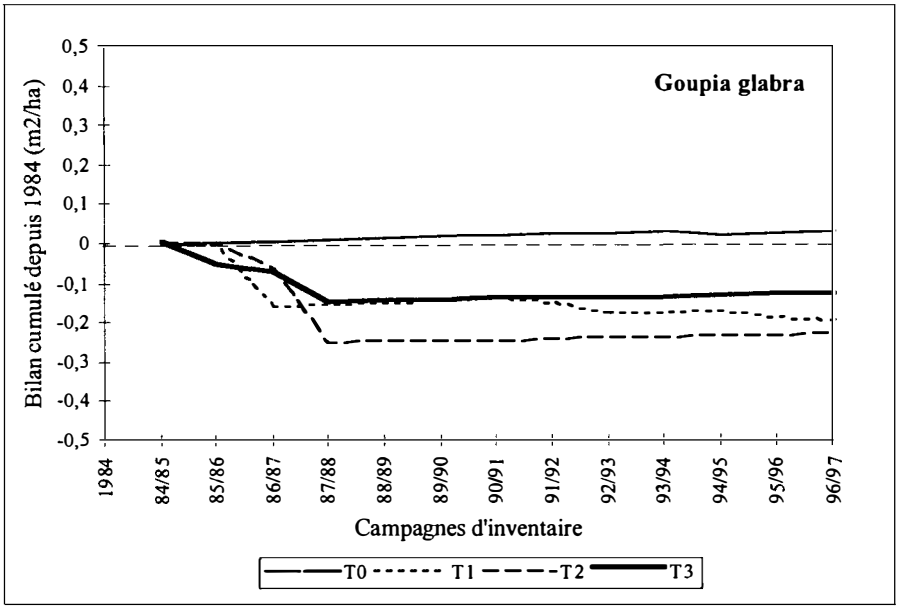
- avant traitement, les accroissements moyens observés sont très variables d'un groupe de parcelles à l'autre : de 0,172 cm/an en T2 à 0,250 cm/an en T3 (pratiquement la même gamme de variation que chez le Balata franc) ; il s'agit d'accroissements assez importants, en particulier dans les trois premières classes, du même ordre de grandeur (mais un peu inférieurs) que ceux observés chez l'Angélique, les Gonfolos ou le Grignon ;
- **c'est dans le traitement 2 que l'on enregistre les plus fortes réactions, quelle que soit la période et, sauf exception, quelle que soit la classe de diamètre considérée** (les exceptions concernent notamment le traitement 3, mais les effectifs considérés sont trop peu importants pour que les données soient valablement interprétées) : les accroissements moyens y ont été multipliés par 3,7, entre 1991 et 1993, par rapport à leur valeur avant intervention (x 1,5 en T3 pendant la même période) ;
- les réactions les plus importantes (parfois spectaculaires) sont enregistrées dans la première classe de diamètre (x 9 en T2 entre 1991 et 1993, x 2,2 en T3 entre 1993 et 1995) ;
- **la faiblesse des effectifs rend délicate l'analyse de la "durabilité" de l'effet traitement.** Dans la première classe de diamètre, il semble que l'effet ait été très net de 1991 à 1993 en T2, de 1993 à 1995 en T3 (voir fig.68(a)), mais le fléchissement est sensible sur la période 1995-1997. Dans la deuxième classe de diamètre, l'effet du traitement 2 reste marqué malgré, là également, un fléchissement sur la dernière période (les effectifs sont cependant trop faibles pour que l'on puisse conclure). Même si les moyennes restent plus élevées dans les parcelles traitées que dans les parcelles témoins, et nettement plus élevées en 95/97 qu'en 84/86 au sein de chaque traitement, il n'est pas certain que les tests (non effectués) concluent à la significativité de l'effet.

4.8.5. Bilan

Le tableau a32 en annexe 1 informe sur l'évolution du bilan et de ses différentes composantes dans chaque traitement (*i*) en valeurs instantanées et (*ii*) en valeurs cumulées depuis 1984 (voir aussi les figures a25 et a26). La figure 69, page suivante, montre l'évolution comparée des bilans cumulés absolu et relatif (/ 1988).

Sur toutes les parcelles, le bilan dépend toujours étroitement de la mortalité (cf. commentaires déjà faits au § 4.1.5). Sur les témoins, le bilan instantané est presque toujours positif et la surface terrière de la population est en nette augmentation. En T1, la mortalité a touché davantage de gros diamètres que dans les autres traitements, si bien que le bilan cumulé reste décroissant à partir de 1991 : les accroissements n'ont pu compenser ces pertes. Elles l'ont en revanche été dans les T2 et T3, mais les accroissements étant répartis sur un nombre d'individus faible, on constate que les bilans cumulés relatifs, quoique positifs, ne sont pas plus importants que dans les parcelles témoins.

(a)



(b)

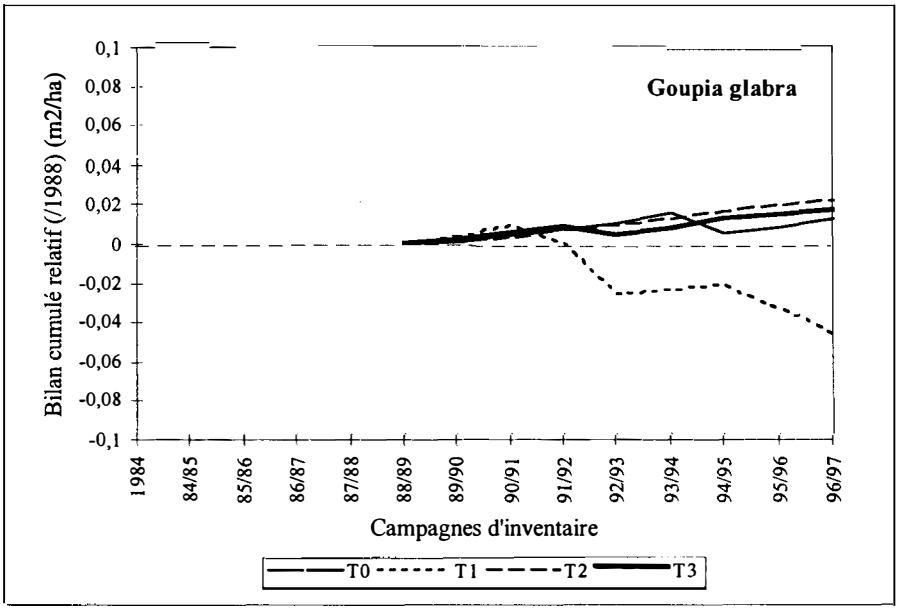


Fig.69. Comparaison, chez *Goupia glabra*, des bilans cumulés dans les différents traitements. (a) Cumul à partir de 1984. (b) Cumul relatif à partir de 1988, année prise comme référence "0".

Globalement, sur la période 1989-1997, le bilan moyen annuel en surface terrière est de 0,0027 m2/ha en T2 et de 0,0020 m2/ha en T3 (voir tableau 45 ci-dessous). Il est négatif en T1 comme nous l'avons vu plus haut (-0,0058 m2/ha). En 1989, les différents groupes de parcelles avaient perdu resp. 0,1489 m2/ha (T1), 0,2460 m2/ha (T2) et 0,1434 m2/ha (T3). Au rythme actuel, il faudrait resp. 91 ans (T2) et 72 ans (T3) pour revenir quantitativement à l'état initial, durée que l'on ne peut estimer en T1 pour l'instant. Les différentes périodes de calcul utilisées fournissent des résultats cohérents les uns avec les autres.

Tableau 45. Calcul de la durée de reconstitution de la surface terrière initiale en prenant en compte différentes périodes de référence (voir le tableau a32 en annexe 1). La durée indiquée est un **minimum**.

Période de référence	Bilan moyen annuel (m2/ha)			Perte en surface terrière entre 1984 et le début de la période de calcul (m2/ha)			Temps minimum écoulé avant retour (quantitatif) à l'état initial (années)		
Traitement	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1989-1997	**< 0**	**0,0027**	**0,0020**	**0,1489**	**0,2460**	**0,1434**	**-**	**91,1**	**71,7**
1989-1996	< 0	0,0027	0,0020	0,1489	0,2460	0,1434	-	91,1	71,7
1988-1997	< 0	0,0027	0,0022	0,1531	0,2486	0,1467	-	92,1	66,7
1988-1996	< 0	0,0027	0,0022	0,1531	0,2486	0,1467	-	92,1	66,7

4.8.6. - Simulations de la reconstitution du stock des gros individus

La méthode utilisée est décrite au § 2.3. Dans le cas du Goupi, seuls les scénarios 1 et 3 ont été mis en oeuvre puisque la mortalité observée dans le T1 est également la mortalité maximale observée quel que soit le traitement. Les résultats sont présentés dans l'annexe 2, tableaux a33 et a34, et illustrés sur la fig.69(bis) ci-dessous. Le DME retenu pour l'espèce est de 60 cm. Les paramètres utilisés dans les simulations sont les suivants :

Tableau 46. Paramètres utilisés pour les simulations du taux de reconstitution des gros diamètres dans les populations de Goupis.

Paramètres	**Scénario 1**	**Scénario 2**	**Scénario 3**	**Scénario 4**
ΔD des tiges d'avenir durant les 10 premières années	0,271 cm/an		0,515 cm/an	
ΔD des tiges d'avenir durant les années suivantes	0,231 cm/an		0,271 cm/an	
Mortalité chez les tiges d'avenir	1,85%			
Taux de dégâts (1986/1987) observés dans la classe 30-60 cm (pour info).	T0 et T1 : 4,54%, T2 : 9,09%, T3 : 10,00%			

On peut faire, pour le Goupi, les mêmes remarques que pour les Gonfolos et le Grignon en ce qui concerne la fiabilité des prédictions au-delà d'une certaine période de temps écoulé : la prise en compte des petites classes de diamètre devrait s'accompagner d'un ré-ajustement des taux de mortalité et de calculs de recrutement (phénomènes pouvant se compenser), mais le problème est moins sensible ici car les accroissements dans les classes intermédiaires sont plus faibles : la période critique se situerait aux alentours de 80 ans, et uniquement dans le cas du scénario 3.

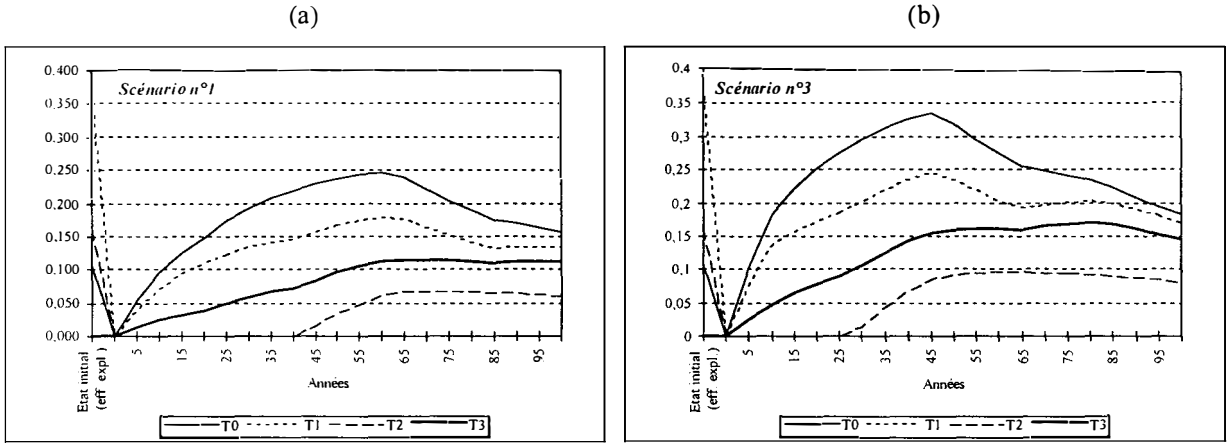


Fig.69(bis). Evolution, après exploitation, des effectifs de Goupis de diamètre supérieur à 60 cm. (a) Cas du scénario 1. (b) Cas du scénario 3.

Nous renvoyons le lecteur aux remarques déjà faites au § 4.1.6 à propos de l'Angélique. Dans le cas du Goupi, on constate :

- que le stock exploitable ne pourrait être reconstitué, sous le scénario 1, que dans le T0 (en 15 ans). En T1 l'effectif prélevé a été très important et ne peut être retrouvé. En T2, la structure actuelle de la population rend impossible la reconstitution du stock. Ces observations restent valables pour le scénario 3 ;
- que l'effectif potentiellement exploitable en T0 (0,107 arbre/ha, soit deux individus sur l'ensemble de la superficie) pourrait, lui, être récupéré en moins de 20 ans sur T0 et T1, en 60 ans sur T3, dans le cas du scénario 1. Un effectif moitié moindre pourrait être prélevé en 30 ans sur tous ces groupes, et en 60 ans sur le T2 ;
- le passage de toutes les courbes d'évolution par un maximum, aux alentours de 60/70 ans dans le scénario 1 et de 45/55 ans dans le scénario 3. Les structures diamétriques sont telles qu'au-delà de ces seuils, la mortalité n'est plus compensée par le recrutement de nouveaux individus ;
- que l'utilisation de valeurs d'accroissement correspondant à des parcelles qui demeurent relativement ouvertes (scénario 3) a peu d'effet sur la rapidité de reconstitution (on "gagne" 5 ans en T0), mais permettrait d'obtenir des effectifs exploitables plus importants : au minimum 0,107 individus par hectare en moins de 30 ans sur T3, davantage sur T0 et T1. Seul T2 se révèle difficilement capable de fournir un individu sur l'ensemble de sa superficie en un temps raisonnable.

Conclusion. Dans les conditions du traitement 1, et même si l'on met en oeuvre un traitement sylvicole à la suite de l'exploitation, seul le T0 pourrait reconstituer son stock d'individus de plus de 60 cm de diamètre. Il le ferait très rapidement, en 10 à 15 ans. Dans les autres traitements, un effectif minimum de 0,160 individus / ha pourrait être récupéré en une cinquantaine d'années, sauf dans le traitement 2 qui présente une structure de population actuellement trop peu favorable.

Un prélèvement de cet ordre de grandeur devrait être compatible avec la reconstitution du potentiel de l'espèce en termes de surface terrière globale. Une interrogation subsiste cependant en ce qui concerne le recrutement à terme. Le Goupi a besoin d'ouvertures pour s'installer durablement, et il semble que ce soit le T3 qui lui fournisse les conditions les plus favorables. Il n'est pas exclu qu'une exploitation modérée et répétée du type de celle que nous suggérons conduise à terme à une baisse des effectifs et de la représentation de l'espèce.

4.9. *Moronobea coccinea* et *Symphonia globulifera* (Clusiaceae)

4.9.1. Effectifs et surface terrière

L'évolution des populations de Manils est illustrée par la figure 70 ci-dessous.

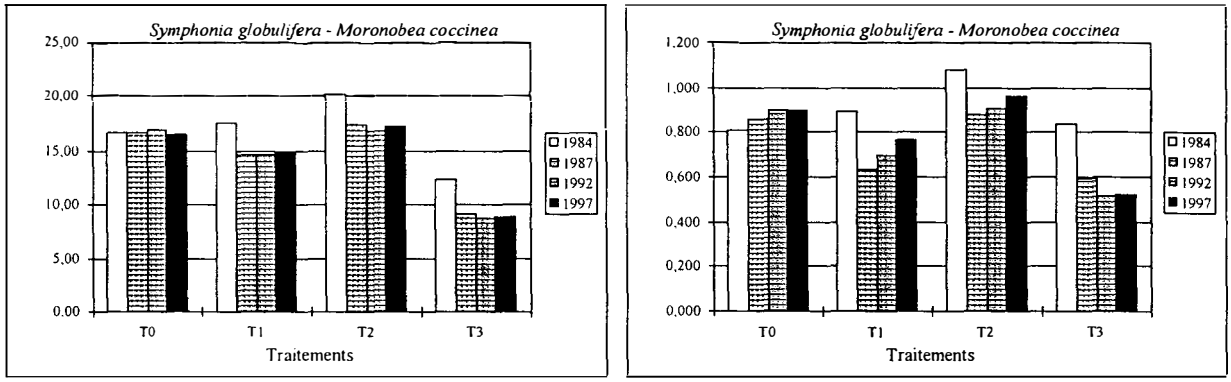


Fig.70. Evolution des effectifs (a) et de la surface terrière (b) des populations de Manils dans les différents traitements.

L'une ou l'autre de ces deux espèces sont représentées dans tous les groupes de parcelles (un peu plus faiblement en T3), avec des effectifs relativement importants : entre 2,0% (T3) et 3,2% (T2) de l'effectif total du peuplement en 1984, entre 2,6% (T0) et 3,4% (T2) de la surface terrière totale. Le ratio surface terrière/effectif est plus faible que celui de l'Angélique, du même ordre de grandeur que celui du Boco : il s'agit là d'espèces dont les individus n'atteignent pas souvent de grandes tailles diamétriques. L'exploitation, ainsi que les dégâts d'abattage, ont entraîné une perte en effectifs de 16,8% sur T1, 13,7% sur T2 et 26,2% sur T3. Elles ont été de 29% (T1), 18,3% (T2) et 28,8% (T3) en terme de surface terrière, les traitements T1 et T3 apparaissant les plus touchés.

4.9.2. Structure diamétrique

La figure 71 montre l'évolution de la structure diamétrique dans les différents traitements (voir également le tableau a33 en annexe 1). Il s'agit de structures de type linéaire décroissant qui rappellent celles rencontrées chez le Carapa (voir fig.33(a), (c) et (d)) et chez le Boco (voir fig.52(c)), avec peut-être cependant un ratio petits diamètres/diamètres intermédiaires supérieur en terme d'effectifs. Seul le T3 présente une structure légèrement différente, plus applatie, avec de petits diamètres moins bien représentés et l'esquisse d'une « cloche » entre 30 et 55 cm de diamètre. Certains individus, même s'ils sont peu nombreux, sont susceptibles d'atteindre de gros diamètres, comme on peut le voir sur les histogrammes des témoins, du T1 et du T3. Ceci explique que ces deux traitements aient été davantage touchés que le T2. On voit bien, cependant, qu'il s'agit d'une présence erratique et que la queue de distribution est discontinue (à l'échelle des classes de diamètre utilisées).

Les calculs du taux de reconstitution du stock des individus exploités selon la méthode exposée au § 2.1 figurent dans le tableau a48 en annexe 1. Si l'on considère un DME de 60 cm (diamètre retenu pour l'exploitation des Manils à Paracou), on voit qu'aucun individu n'est venu alimenter les classes considérées depuis 1987 (resp. 1988) : ceci paraît peu étonnant, au vu de l'allure des structures diamétriques.

4.9.3. Recrutement et mortalité

Le tableau a34 en annexe 1 présente les données de recrutement et de mortalité (toutes causes confondues) en effectifs absolus, ainsi qu'en pourcentage des populations de Manils présentes en début de période considérée. La figure 46(c) montre le recrutement cumulé depuis 1984 dans les 4 groupes de parcelles. On constate tout d'abord que ces deux espèces recrutent beaucoup, en comparaison de toutes celles déjà passées en revue (voir par exemple les Gonfolos : fig. 21(b) ou les Virolas : fig.46(d) qui regroupent également deux espèces). Chaque année, dans tous les groupes de parcelles, ce sont au minimum trois individus qui franchissent le seuil de précomptage (sur l'ensemble de la superficie de chaque groupe) et cela peut aller jusqu'à dix. Sur les témoins, la moyenne annuelle depuis 1984 est de quatre recrutements. L'effet traitement paraît être net dans le T2, à partir de 1988. C'est moins évident pour le T1, quant au T3 les effectifs recrutés y sont moins importants, en effectif absolu, que dans les parcelles témoins. Dans ce dernier cas, deux hypothèses peuvent être émises pour expliquer le phénomène : 1) la casse, qui a été beaucoup plus importante dans ce traitement que dans les autres, a limité l'effectif des Manils présents en-dessous du seuil de précomptage ; 2) la relative faiblesse du recrutement est reliée à un fonctionnement particulier des populations dans ce groupe de parcelles : nous avons vu plus haut que la structure diamétrique y est atypique, en particulier la première classe de diamètre est peu fournie, ce qui tendrait précisément à indiquer un déficit historique de recrutement . Là encore, une étude plus précise s'imposerait ...

La figure 72 ci-après montre que, en T_0, l'importance des Manils dans le recrutement est supérieure à l'importance des « adultes » dans le peuplement total, ce qui en fait des espèces originales dans l'ensemble balayé par ce rapport. Le fait que les effectifs restent presque parfaitement stables s'explique bien sûr par l'importance du taux de mortalité, qui contrebalance le recrutement (voir ci-dessous). En T1, le recrutement permet de maintenir l'importance des populations dans le peuplement, mais ce n'est pas le cas en T2 (malgré l'importance des nouvelles apparitions) et encore moins en T3. Dans ces deux derniers traitements, la mortalité n'est pas tout-à-fait compensée par le recrutement (surtout en T3), et l'augmentation importante de l'effectif des héliophiles accentue le phénomène.

Sur les parcelles témoins la mortalité, nous l'avons dit, compense le recrutement : elle touche chaque année des effectifs à peu près équivalents (voir tableau a34 en annexe 1). Sur les parcelles traitées, une fois passé le pic d'exploitation qui voit la disparition de resp. 3,6 individus, 3,3 individus et 3,4 individus / ha tous diamètres confondus en T1, T2 et T3, la mortalité en T1 tombe rapidement en-dessous de celle des témoins (en effectifs absolus comme en pourcentage), tandis qu'elle demeure légèrement supérieure dans les deux autres traitements.

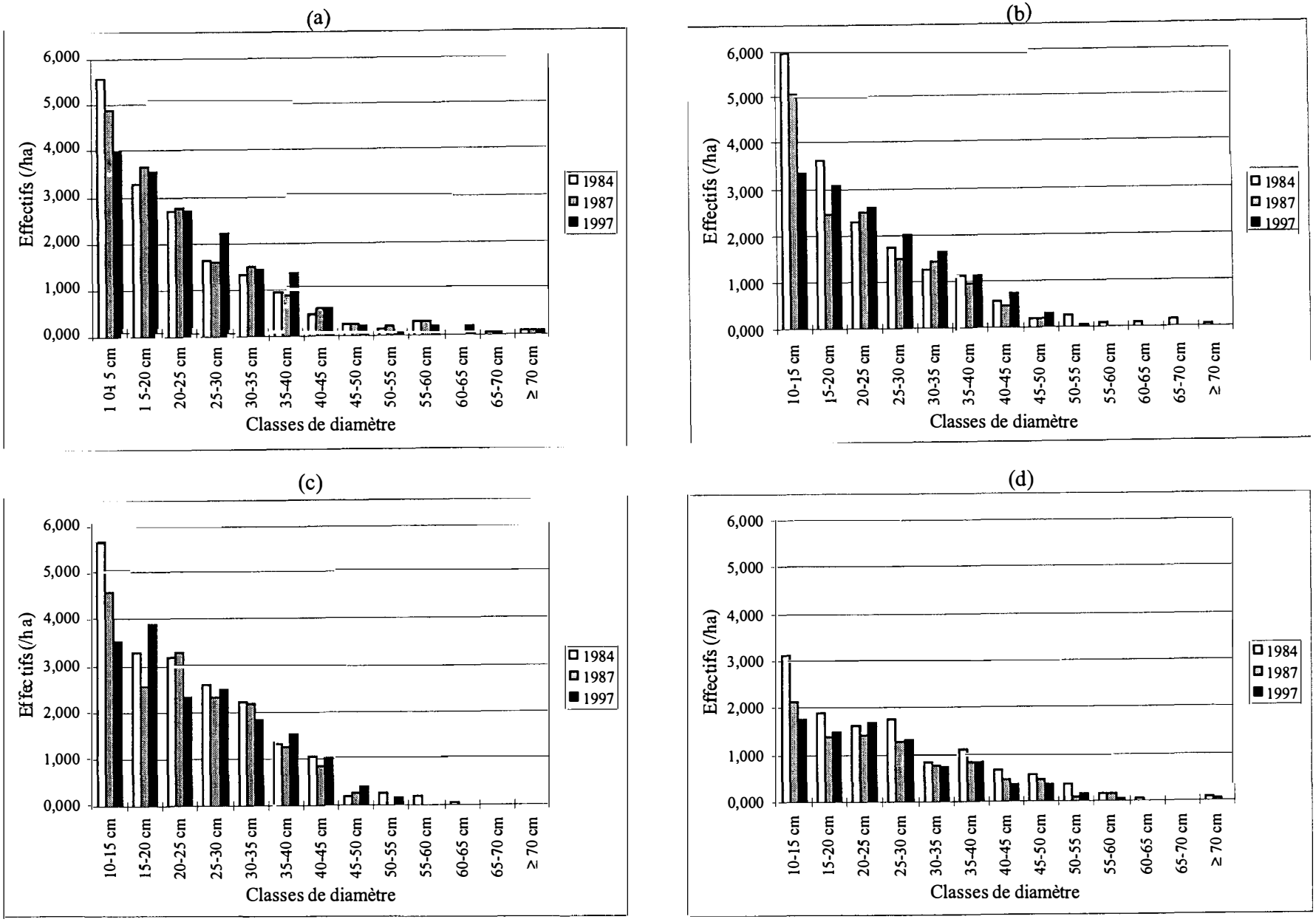


Fig.71. Evolution de la structure diamétrique des populations de *Moronobea coccinea* et *Symphonia globulifera* dans les différents groupes de parcelles. (a) Parcelles témoins. (b) Parcelles du traitement 1. (c) Parcelles du traitement 2. (d) Parcelles du traitement 3.

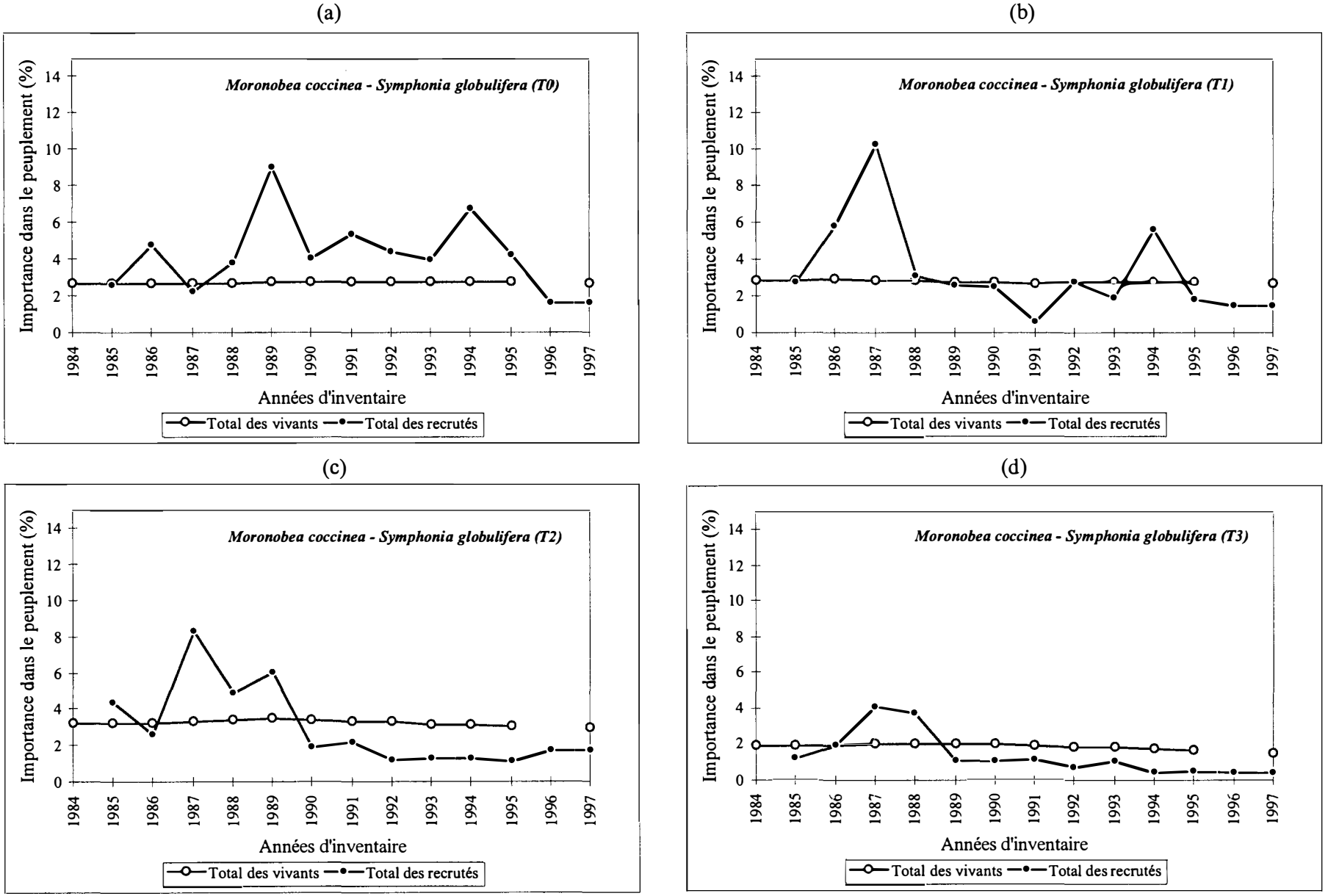


Fig.72. Evolution de l'importance des deux espèces *Moronobea coccinea* et *Symphonia globulifera* dans le peuplement total et dans le peuplement recruté. (a) Dans les parcelles témoins. (b) Dans les parcelles du traitement 1. (c) Dans les parcelles du traitement 2. (d) Dans les parcelles du traitement 3.

Le taux de mortalité moyen sur la période 1988/1989 à 1996/1997 a été estimé à l'aide de la formule [4] (cf. § 2.3). Les calculs ont été effectués tous diamètres confondus, mais également pour la fraction de la population dont le diamètre est compris entre 40 et 60 cm : dans ce cas, seule la mortalité naturelle est prise en compte et toutes les campagnes disponibles (1984/1985 à 1996/1997) sont utilisées (cf. § 4.1.3, la remarque faite pour l'Angélique). Les résultats obtenus sont les suivants.

Tableau 47. Taux de mortalité moyens observés chez *Moronobea coccinea* et *Symphonia globulifera*. Tous diamètres : entre 1988/1989 et 1996/1997. 40-60 cm : entre 1984/1985 et 1996/1997.

Classes de diam. / traitements	T_0	T_1	T_2	T_3
Tous diamètres	1,40 %	1,26 %	2,00 %	2,17 %
40-60 cm de diamètre	4,18 %	2,70 %	2,69 %	2,36 %

De manière logique, au vu des structures diamétriques observées sur ces populations, on constate que les taux de mortalité dans les classes intermédiaires sont nettement supérieurs à ceux calculés tous diamètres confondus.

4.9.4. Accroissements

Les accroissements moyens annuels observés chez les Manils sont présentés dans le tableau 48, illustré par les figures 73 et 74 pages suivantes. Nous n'avons pas effectué d'étude précise chez cette espèce, mais les remarques suivantes peuvent être faites :

- avant traitement, les accroissements moyens observés sont relativement stables d'un groupe de parcelles à l'autre : de 0,245 cm/an en T2 à 0,280 cm/an en T1 ; il s'agit d'accroissements importants, du même ordre de grandeur que ceux observés chez les Angéliques et chez les Gonfolos (parfois supérieurs), légèrement supérieurs à ceux rencontrés chez le Grignon. Ces accroissements sont importants dès la première classe de diamètre, quoique légèrement inférieurs à ceux des deux classes suivantes ;
- les deux traitements T2 et T3 sont ceux qui enregistrent les plus fortes réactions, entre 1989 et 1993 pour T2 (x1,6), entre 1993 et 1997 pour T3 (x 1,7, puis x1,8 sur la période 1995-1997) sans qu'il soit évident de les départager (il n'est pas certain qu'un test conclurait à une différence entre les deux traitements) ; en T1, la réaction est à peine moins marquée que dans les deux traitements précédents ;
- les réactions les plus importantes sont enregistrées dans la première classe de diamètre (x 2,3 en T2 entre 1989 et 1991, x 2,4 en T3 pendant la même période) ;
- **l'effet traitement paraît être un effet durable,** au moins dans les deux premières classes de diamètre (voir fig.74). Si, dans la première classe, on observe un léger fléchissement des accroissement en T1 et en T2, ce n'est le cas, dans la deuxième classe, que pour T2. D'une manière générale, les accroissements moyens dans tous les traitements et, sauf exception, dans toutes les classes ≥ 40 cm demeurent supérieurs à ceux des témoins, y compris sur la dernière période. Ces accroissements restent également supérieurs à ce qu'ils étaient avant traitement, mais il faut noter que c'est également le cas dans les parcelles témoins, quelle que soit la classe de diamètre considérée.

Tableau 48. Evolution des accroissements moyens annuels des Manils (*Moronobea coccinea et Symphonia globulifera*) à Paracou. Les calculs ont été effectués sur des individus ne présentant aucune anomalie sur la circonférence. N représente l'effectif sur lequel le calcul a été effectué. ΔD est l'accroissement moyen annuel calculé sur une période de deux ans (cm/an). L'indice accolé à N et ΔD indique le traitement concerné.

1984/1986								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	160	0,257	175	0,262	161	0,226	94	0,229
20-30	79	0,325	75	0,318	106	0,255	61	0,343
30-40	41	0,312	43	0,353	66	0,277	34	0,316
40-50	11	0,210	14	0,233	21	0,231	23	0,215
50-60	7	0,102	6	0,093	8	0,249	9	0,309
>=60	*3*	*0,159*	5	0,064	1	.	*3*	*0,239*
Moyenne		**0,276**		**0,280**		**0,245**		**0,275**
1989/1991								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	156	0,274	122	0,484	127	0,529	62	0,553
20-30	80	0,399	77	0,506	87	0,492	49	0,477
30-40	46	0,334	40	0,356	55	0,446	25	0,414
40-50	13	0,190	12	0,232	22	0,449	15	0,414
50-60	*4*	*0,179*	.	.	.	.	1	.
>=60	5	0,271	.	.	.	.	.	.
Moyenne		**0,311**		**0,458**		**0,496**		**0,492**
1991/1993								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	153	0,264	123	0,461	129	0,506	63	0,528
20-30	82	0,338	76	0,502	92	0,498	47	0,433
30-40	47	0,322	43	0,350	49	0,383	27	0,433
40-50	15	0,233	14	0,313	28	0,409	15	0,244
50-60	5	0,207	.	.	.	.	*3*	*0,531*
>=60	5	0,382	.	.	.	.	.	.
Moyenne		**0,292**		**0,446**		**0,474**		**0,455**
1993/1995								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	151	0,238	125	0,369	133	0,437	65	0,542
20-30	91	0,329	84	0,516	90	0,447	48	0.438
30-40	45	0,256	41	0,332	56	0,357	26	0,450
40-50	13	0,257	15	0,286	27	0,404	14	0,358
50-60	*4*	*0,398*	1	.	1	.	*3*	*0,504*
>=60	5	0,318	.	.	.	.	.	.
Moyenne		**0,271**		**0,405**		**0,422**		**0,477**
1995/1997								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	146	0,291	125	0,374	133	0,457	64	0,538
20-30	89	0,376	84	0,531	86	0,471	49	0,463
30-40	51	0,376	44	0,387	59	0,415	28	0,495
40-50	11	0,340	18	0,354	25	0,341	14	0,330
50-60	*3*	*0,451*	1	.	*3*	*0,955*	*4*	*0,438*
>=60	5	0,318	.	.	.	.	.	.
Moyenne		**0,334**		**0,424**		**0,448**		**0,486**

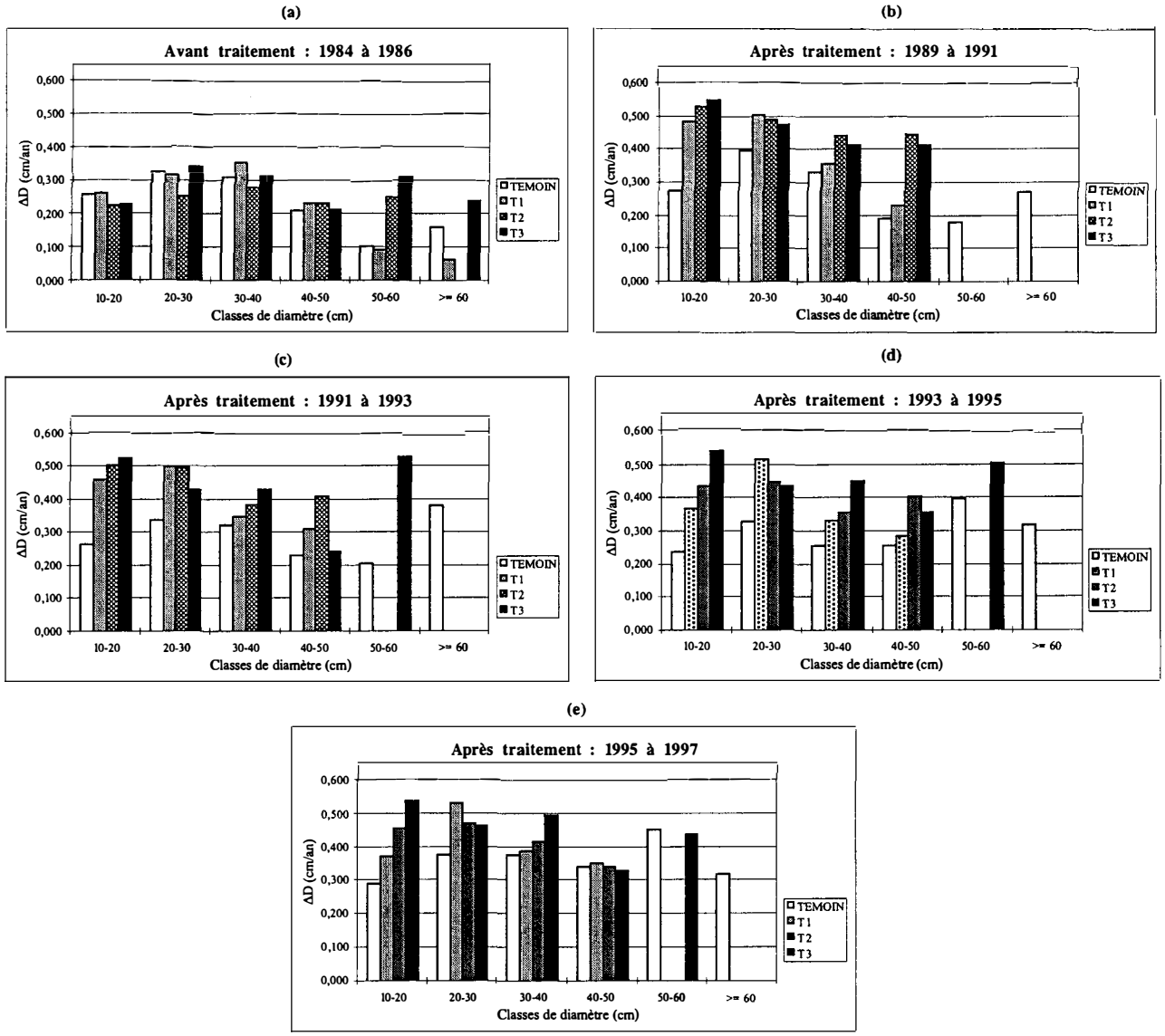


Fig.73. Accroissement moyen annuel (représenté par périodes de deux ans) en diamètre des individus de *Moronobea coccinea* et *Symphonia globulifera* ne présentant pas d'anomalie de circonférence. (a) Période 1984/1986 ; (b) période 1989/1991 ; (c) période 1991/1993 ; (d) période 1993/1995 ; (e) période 1995/1997. NB. Au-delà de 50 cm de diamètre, les effectifs sont très réduits : les ΔD doivent donc être considérés avec prudence.

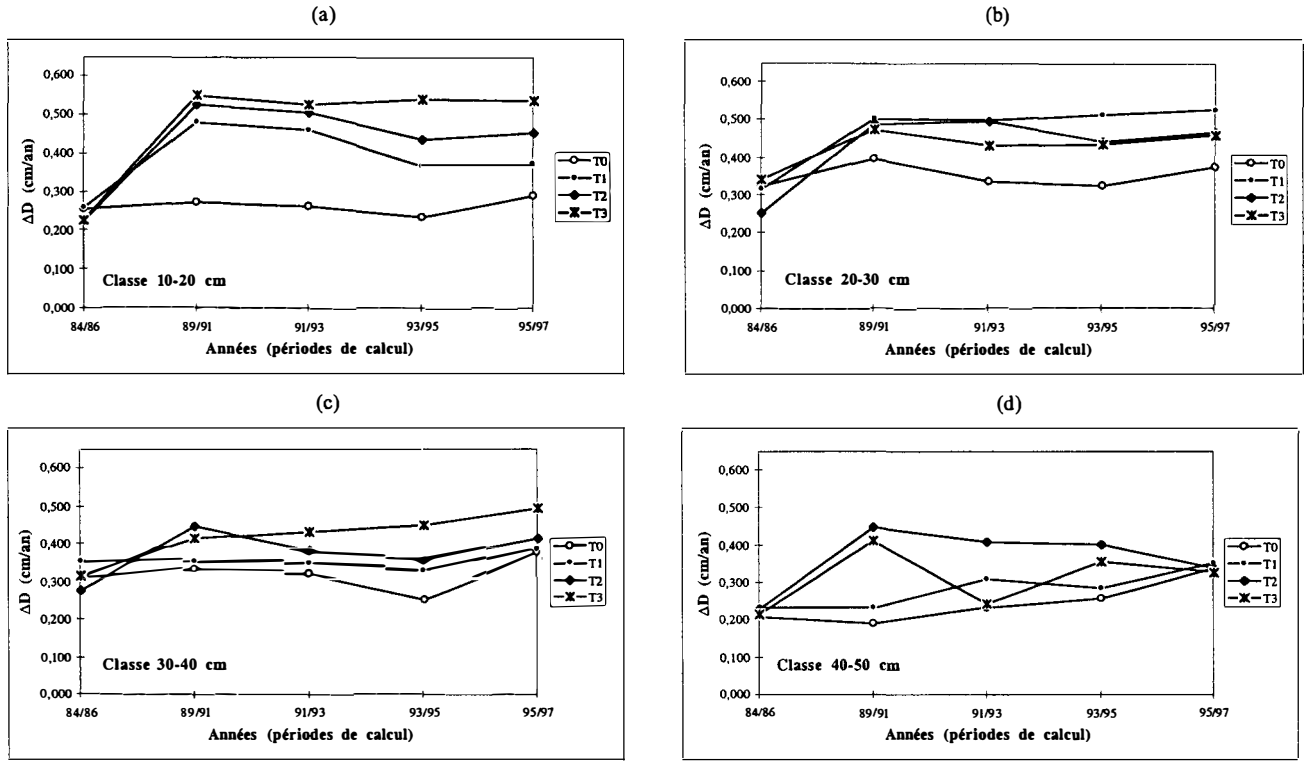


Fig.74. Accroissement moyen annuel (représenté par périodes de deux ans) en diamètre des individus de *Moronobea coccinea* et *Symphonia globulifera* ne présentant pas d'anomalie de circonférence. (a) classe de diamètre 10-20 cm ; (b) classe de diamètre 20-30 cm ; (c) classe de diamètre 30-40 cm ; (d) classe de diamètre 40-50 cm.

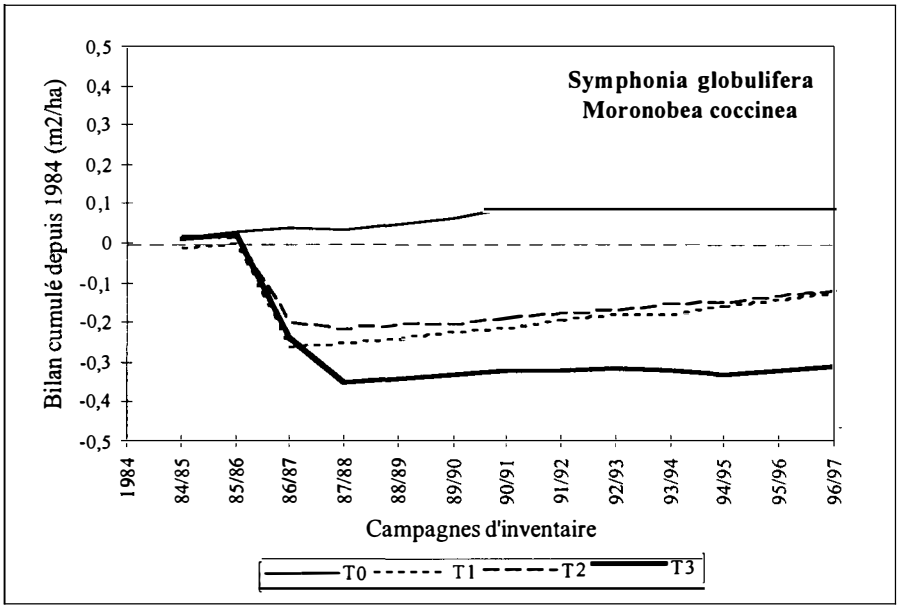
4.9.5. Bilan

Le tableau a35 en annexe 1 informe sur l'évolution du bilan et de ses différentes composantes dans chaque traitement (*i*) en valeurs instantanées et (*ii*) en valeurs cumulées depuis 1984 (voir aussi les figures a27 et a28). La figure 75, page suivante, montre l'évolution comparée des bilans cumulés absolu et relatif (/ 1988).

Sur toutes les parcelles, le bilan dépend toujours étroitement de la mortalité (cf. commentaires déjà faits au § 4.1.5). Sur les témoins, le bilan instantané est presque toujours positif, la surface terrière de la population est en augmentation. Sur les parcelles traitées, ce bilan redevient positif un an (T1) à deux ans (T2 et T3) après l'exploitation, et le reste en T1 et T2. Sur les parcelles du T3 en revanche, la mortalité n'est pas toujours compensée par les accroissements et le bilan cumulé a tendance à stagner.

Globalement, sur la période 1989-1997, le bilan moyen annuel en surface terrière est de (voir tableau 49 ci-après) : 0,0142 m2/ha (T1), 0,0109 m2/ha (T2) et 0,0037 m2/ha (T3). En 1989, les différents groupes de parcelles avaient perdu resp. 0,2374 m2/ha (T1), 0,2029 m2/ha (T2) et 0,3422 m2/ha (T3). Au rythme actuel, il faudrait resp. 17 ans (T1), 19 ans (T2) et 93 ans (T3) pour revenir quantitativement à l'état initial. Ces estimations sont peu sensibles à la période de calcul, excepté pour T3.

(a)



(b)

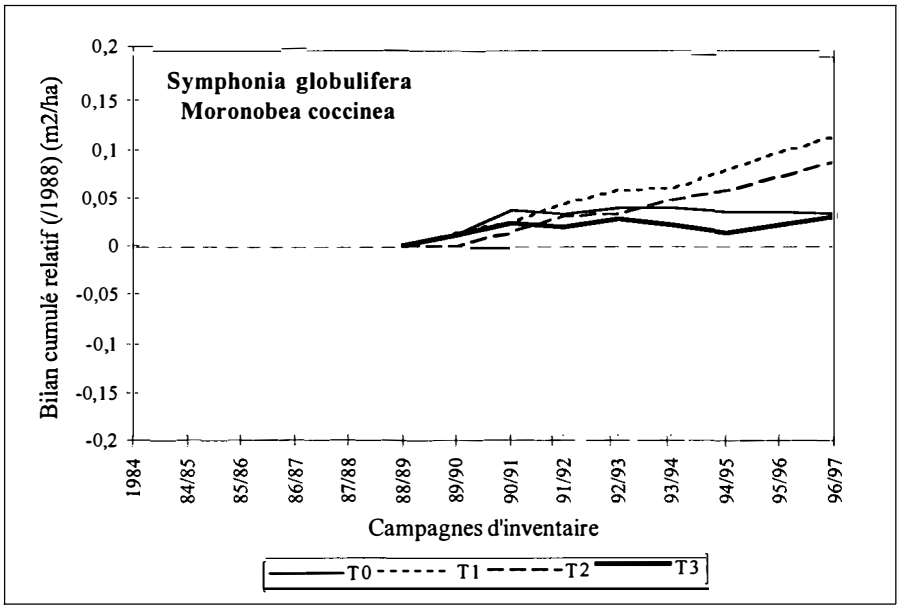


Fig.75. Comparaison, chez *Moronobea coccinea* et *Symphonia globulifera*, des bilans cumulés dans les différents traitements. (a) Cumul à partir de 1984. (b) Cumul relatif à partir de 1988, année prise comme référence "0".

Tableau 49. Calcul de la durée de reconstitution de la surface terrière initiale en prenant en compte différentes périodes de référence (voir le tableau a35 en annexe 1). La durée indiquée est un **minimum**.

Période de référence	Bilan moyen annuel (m2/ha)			Perte en surface terrière entre 1984 et le début de la période de calcul (m2/ha)			Temps minimum écoulé avant retour (quantitatif) à l'état initial (années)		
Traitement	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1989-1997	**0,0142**	**0,0109**	**0,0037**	**0,2374**	**0,2029**	**0,3422**	**16,7**	**18,6**	**92,5**
1989-1996	0,0137	0,0103	0,0029	0,2374	0,2029	0,3422	17,3	19,7	118,0
1988-1997	0,0141	0,0108	0,0044	0,2510	0,2124	0,3528	17,8	19,7	80,2
1988-1996	0,0137	0,0102	0,0039	0,2510	0,2124	0,3528	18,3	20,8	90,5

4.9.6. - Simulations de la reconstitution du stock des gros individus

Les résultats des simulations figurent en annexe 2, tableaux a35 à a36.

Dans le cas des Manils, seuls les scénarios 1 et 3 ont été mis en oeuvre puisque la mortalité observée en T1 représente le taux maximum. Les résultats sont présentés dans l'annexe 2, tableaux a35 et a36, et sont illustrés sur la fig.75(bis) ci-dessous. Le DME retenu pour l'espèce est de 60 cm. Les paramètres utilisés dans les simulations sont les suivants :

Tableau 50. Paramètres utilisés pour les simulations du taux de reconstitution des gros diamètres dans les populations de Manils.

Paramètres	**Scénario 1**	**Scénario 2**	**Scénario 3**	**Scénario 4**
ΔD des tiges d'avenir durant les 10 premières années	0,302 cm/an		0,415 cm/an	
ΔD des tiges d'avenir durant les années suivantes	0,242 cm/an		0,302 cm/an	
Mortalité chez les tiges d'avenir	2,70 %			
Taux de dégâts (1986/1987) observés dans la classe 30-60 cm (pour info).	T0 et T1 : 19,44 %, T2 : 14,00 %, T3 : 26,00 %			

On peut faire, pour les Manils, les mêmes remarques que pour les Gonfolos et le Grignon en ce qui concerne la fiabilité des prédictions au-delà d'une certaine période de temps écoulé : la prise en compte des petites classes de diamètre devrait s'accompagner d'un ré-ajustement des taux de mortalité et de calculs de recrutement (phénomènes pouvant se compenser), mais le problème est moins sensible ici car les accroissements dans les classes intermédiaires sont plus faibles : la période critique se situerait aux alentours de 80 ans, et uniquement dans le cas du scénario 3.

(a) (b)

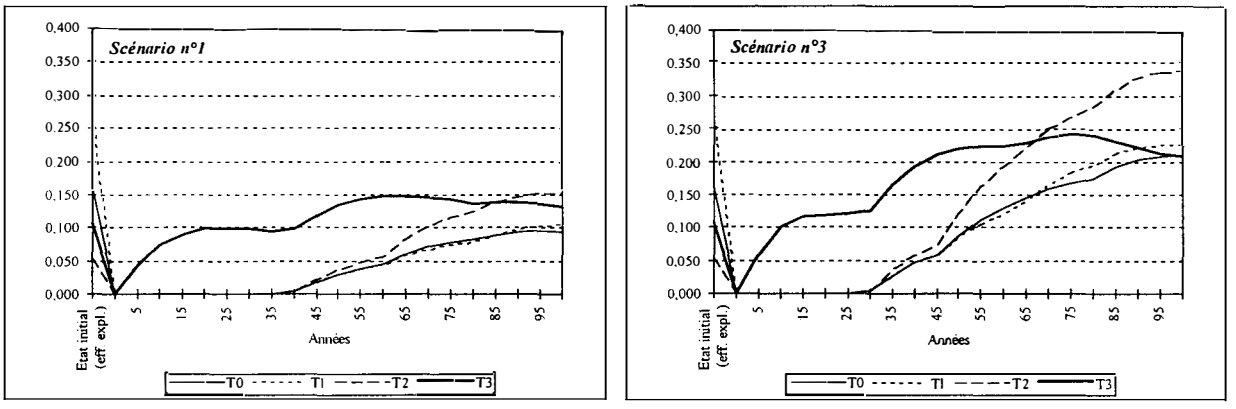


Fig.75(bis). Evolution, après exploitation, des effectifs de Manils de diamètre supérieur à 60 cm. (a) Cas du scénario 1. (b) Cas du scénario 3.

Nous renvoyons le lecteur aux remarques déjà faites au § 4.1.6 à propos de l'Angélique. Dans le cas des Manils, on peut voir :

- que dans le scénario 1, le stock exploité et/ou exploitable est impossible à reconstituer en T0 et en T1, alors qu'il peut l'être en 45 ans en T3 et en 60 ans en T2. Aucun des trois premiers traitements ne peut fournir ne serait-ce que 0,053 individu / ha, soit un individu sur la superficie d'un groupe de parcelles, en moins de 60/65 ans. L'influence de la structure diamétrique, combinée à celle d'une forte mortalité, est claire : les arbres de plus de 60 cm sont peu nombreux chez ces espèces et ils sont situés en queue d'une distribution très étalée, de telle sorte que la relève ne peut être assurée dans un délai raisonnable, sauf cas particulier (T3, dans lequel la classe 40-60 cm est mieux pourvue que dans les autres groupes de parcelles) ;
- que l'apparition d'un maximum se produit presque systématiquement, mais tardivement. Il apparaît, en T3, après la reconstitution du stock ;
- que l'utilisation de valeurs d'accroissement correspondant à des parcelles qui demeurent relativement ouvertes (scénario 3) a pour effet de diminuer pratiquement de moitié la durée de reconstitution des stocks en T2 et en T3, et de rendre possible, dans tous les groupes de parcelles, l'exploitation de 0,053 individu/ha en 40/45 ans.

Conclusion. Dans les conditions du traitement 1, et si aucun traitement n'est mis en oeuvre pendant la durée de la rotation, on ne peut espérer, dans le cas du site de Paracou, reconstituer rapidement, voire reconstituer tout court, le stock initial des Manils. L'effectif exploité en T2 (0,053 individu/ha) n'est récupérable qu'en 60 à 65 ans dans trois cas sur quatre. Seul le T3 présente une structure diamétrique capable d'alimenter rapidement un stock exploitable, mais c'est aussi dans ces parcelles que la dynamique globale des populations pose le plus problème : peu de recrutement, et une mortalité grevant le bilan de telle sorte qu'une exploitation tous les 50 ans de 0,107 arbre/ha, comme cela semble possible (scénario 1, voir le tableau a35), s'accompagnerait d'une diminution de la surface terrière.

A l'inverse, la dynamique dans les autres traitements paraît beaucoup plus favorable, avec des recrutements importants et des accroissements compensant largement la mortalité. Il nous semble que le passage à un DME de 50 cm serait parfaitement envisageable, sans grand danger (les simulations restent cependant à faire) : cela aurait pour effet d'accroître la participation des Manils au stock global exploitable et de la rendre beaucoup plus régulière qu'elle ne peut l'être actuellement.

4.10. *Virola michelii* et *Virola surinamensis* (Myristicaceae)

4.10.1. Effectifs et surface terrière

L'évolution des populations de Virolas est illustrée sur la figure 76 ci-dessous.

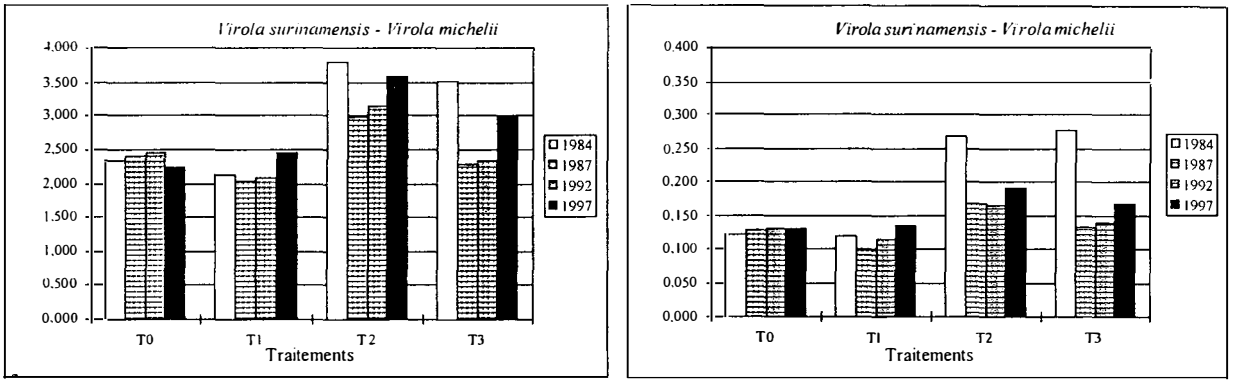


Fig.76. Evolution des effectifs (a) et de la surface terrière (b) des populations de Virolas dans les différents traitements.

L'une ou l'autre de ces deux espèces sont représentées dans tous les groupes de parcelles (un peu plus faiblement en T1 et T2), avec des effectifs à peu près équivalents à ceux rencontrés chez le Grignon : ils représentent entre 0,4% (T1) et 0,6% (T2) de l'effectif total du peuplement en 1984, entre 0,4% (T1) et 0,9% (T3) de la surface terrière totale. Le ratio surface terrière/effectif est un peu plus faible que celui de l'Angélique, du même ordre de grandeur que celui du Balata.

L'exploitation, ainsi que les dégâts d'abattage, ont eu pour effet d'homogénéiser effectifs et surface terrière sur l'ensemble des groupes de parcelles. Les pertes en effectifs ont été très faibles en T1 (-4,7%), nettement plus importantes en T2 (-21,1%) et surtout en T3 (-34,9%). Cela a représenté des pertes de respectivement 16,1% (T1), 37,5% (T2) et 51,8% (T3) en surface terrière : on voit que le dernier traitement a été particulièrement touché.

4.10.2. Structure diamétrique

La figure 77 montre l'évolution de la structure diamétrique dans les différents traitements (voir également le tableau a36 en annexe 1). Cette structure, assez variable d'un groupe à l'autre, rappelle tout-à-fait celles qui ont été rencontrées chez le Balata franc (voir fig.58(a) à (d)). Après une première classe de diamètre plus ou moins bien pourvue en effectifs, on voit se dessiner assez nettement, dans la plupart des cas, une cloche entre 20 et 45 cm. Nous renvoyons le lecteur au § 4.2.2 pour une explication possible du phénomène.

L'espèce est susceptible d'atteindre de grands diamètres, comme on peut le voir sur la fig.77(c), mais ceci paraît être un phénomène rare. Il est exceptionnel sur Paracou de recontrer des Virolas de plus de 60 cm de diamètre.

Les calculs du taux de reconstitution du stock des individus exploités selon la méthode exposée au § 2.1 figurent dans le tableau a48 en annexe 1. Si l'on considère un DME de 50 cm (diamètre retenu pour l'exploitation des Virolas à Paracou) on voit qu'aucun individu n'est venu alimenter les classes considérées depuis 1987 (resp. 1988).

4.10.3. Recrutement et mortalité

Le tableau a37 en annexe 1 présente les données de recrutement et de mortalité (toutes causes confondues) en effectifs absolus, ainsi qu'en pourcentage des populations de Virolas présentes en début de période considérée. Le recrutement cumulé est illustré sur la fig.46(d).

On constate que sur les parcelles témoins le recrutement est un phénomène peu fréquent : seuls trois individus, sur l'ensemble de la surface du groupe, ont franchi le seuil de précomptage depuis 1984. L'ouverture des peuplements lors des interventions sylvicoles paraît avoir eu un effet assez net, tout particulièrement dans le traitement 2 où le recrutement concerne un à trois individus (avec une pointe à cinq en 88/89) chaque année depuis 1987 sur l'ensemble du groupe de parcelles. En T3, le recrutement a concerné 11 Virolas entre 1995 et 1997 ! Ce comportement est cohérent avec celui observé par de Merona (1999) sur les semis et les plantules (espèces héliophiles).

La figure 78 compare l'évolution de l'importance des deux espèces dans le peuplement et dans le recrutement. Dans les témoins, l'importance des Virolas dans le recrutement fluctue autour de celle des « adultes » dans le peuplement total, mais l'absence d'apparition de nouveaux individus depuis 1992 ne compense plus la mortalité et les effectifs sont en diminution. En T1, T2 et T3, l'importance du recrutement dépasse largement celle de la mortalité et permet le maintien (voire l'augmentation en T1 du fait d'une mortalité faible) et/ou le retour (cf. T3) des deux espèces à leur niveau initial.

Sur les parcelles témoins il n'y a pas eu de mortalité entre 1984 et 1991, mais celle-ci a touché cinq individus entre 1991 et 1995 (sur l'ensemble de la surface), ce qui a suffit à faire chuter les effectifs des deux espèces. Sur les parcelles traitées, une fois passé le pic d'exploitation qui voit la disparition de resp. 0,3 individu, 0,7 individu et 1,2 individus / ha tous diamètres confondus en T1, T2 et T3, la mortalité en T1 devient inférieure à celle observée dans les témoins, alors qu'elle se stabilise à un niveau comparable dans les deux autres traitements.

Fig.77. Evolution de la structure diamétrique des populations de *Virola michelii* et *Virola surinamensis* dans les différents groupes de parcelles. (a) Parcelles témoins. (b) Parcelles du traitement 1. (c) Parcelles du traitement 2. (d) Parcelles du traitement 3. *Voir fichier ClarisDraw dans Synthèse97>FigTextStrucDiam3, p.3.*

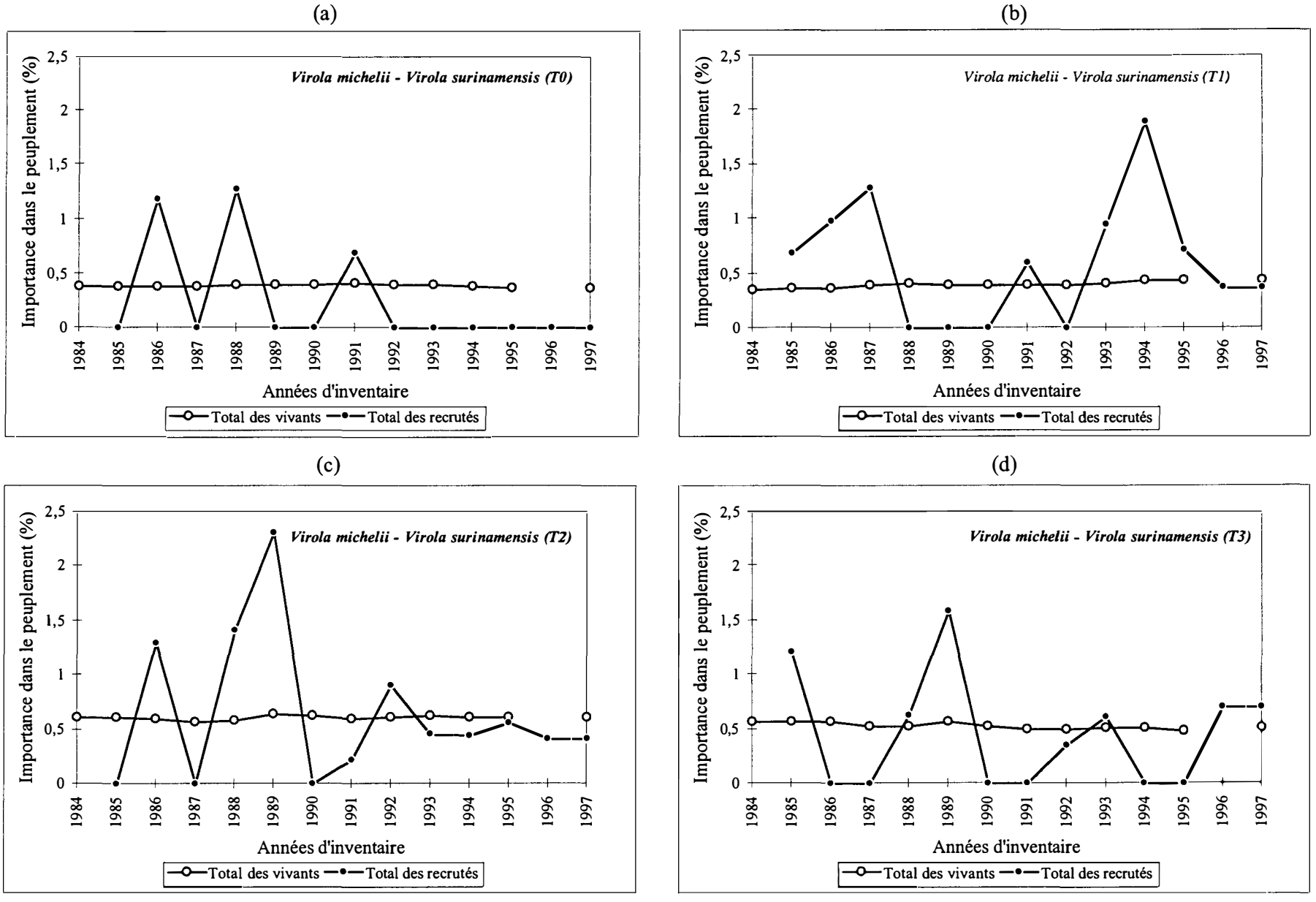


Fig.78. Evolution de l'importance des deux espèces *Virola michelii* et *Virola surinamensis* dans le peuplement total et dans le peuplement recruté. (a) Dans les parcelles témoins. (b) Dans les parcelles du traitement 1. (c) Dans les parcelles du traitement 2. (d) Dans les parcelles du traitement 3.

Le taux de mortalité moyen sur la période 1988/1989 à 1996/1997 a été estimé à l'aide de la formule [4] (cf. § 2.3). Les calculs ont été effectués tous diamètres confondus, mais également pour la fraction de la population dont le diamètre est compris entre 30 et 50 cm : dans ce cas, seule la mortalité naturelle est prise en compte et toutes les campagnes disponibles (1984/1985 à 1996/1997) sont utilisées (cf. § 4.1.3, la remarque faite pour l'Angélique). Les résultats obtenus sont les suivants.

Tableau 51. Taux de mortalité moyens observés chez *Virola michelii* et *Virola surinamensis*. Tous diamètres : entre 1988/1989 et 1996/1997. 30-50 cm : entre 1984/1985 et 1996/1997.

Classes de diam. / traitements	T_0	T_1	T_2	T_3
Tous diamètres	1,24 %	0,55 %	1,12 %	1,24 %
30-50 cm de diamètre	0,52 %	0,69 %	2,86 %	1,42 %

D'une manière générale, les taux de mortalité dans les classes intermédiaires ont tendance à être élevés (sauf en T0), et supérieurs à ceux qui sont obtenus tous diamètres confondus. Ceci est a priori surprenant compte-tenu de l'accumulation observée des tiges dans ces classes (cf. la « cloche » dont nous avons parlé plus haut), mais peut être dû à l'intervalle de taille pris en compte : la cloche se situe davantage sur la fourchette 20-40 cm et les effectifs se raréfient très nettement au-delà de 40 cm, suite à une mortalité nécessairement importante (phénomène de sénescence ?). Une étude un peu plus détaillée du phénomène s'imposerait.

4.10.4. Accroissements

Les accroissements moyens annuels observés chez les Virolas sont présentés dans le tableau 52, illustré par les figures 79 et 80 pages suivantes.

Tableau 52. Evolution des accroissements moyens annuels des Virolas (*Virola michelii, Virola surinamensis*) à Paracou. Les calculs ont été effectués sur des individus ne présentant aucune anomalie sur la circonférence. N représente l'effectif sur lequel le calcul a été effectué. ΔD est l'accroissement moyen annuel calculé sur une période de deux ans (cm/an). L'indice accolé à N et ΔD indique le traitement concerné.

1984/1986								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	17	0,183	18	0,225	25	0,146	23	0,163
20-30	9	0,239	7	0,182	15	0,271	6	0,292
30-40	7	0,102	7	0,375	14	0,199	15	0,255
40-50	2	.	2	.	*3*	*0,371*	8	0,199
50-60	.	.	1	.	2	.	*3*	*0,106*
>=60	.	.	.	.	1	.	.	.
Moyenne		**0,181**		**0,249**		**0,204**		**0,204**
1989/1991								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	17	0,126	18	0,495	23	0,650	18	0,561
20-30	8	0,189	*4*	*0,557*	11	0,810	5	0,668
30-40	9	0,327	7	0,421	13	0,453	10	0,660
40-50	2	.	1	.	2	.	*3*	*0,531*
50-60	.	.	.	.	.	.	.	.
>=60	.	.	.	.	.	.	.	.
Moyenne		**0,194**		**0,486**		**0,633**		**0,601**
1991/1993								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	17	0,187	20	0,477	26	0,566	19	0,490
20-30	13	0,269	6	0,809	13	0,741	*4*	*0,458*
30-40	12	0,232	11	0,434	10	0,366	15	0,419
40-50	2	.	1	.	6	0,477	*4*	*0,497*
50-60	.	.	.	.	.	.	.	.
>=60	.	.	.	.	.	.	.	.
Moyenne		**0,225**		**0,518**		**0,561**		**0,462**
1993/1995								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	16	0,179	19	0,402	31	0,519	21	0,481
20-30	12	0,232	6	0,597	13	0,802	7	0,682
30-40	10	0,223	12	0,431	10	0,422	15	0,408
40-50	*3*	*0,265*	1	.	5	0,509	*4*	*0,298*
50-60	.	.	.	.	.	.	.	.
>=60	.	.	.	.	.	.	.	.
Moyenne		**0,212**		**0,443**		**0,564**		**0,472**
1995/1997								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	15	0,133	20	0,374	33	0,492	18	0,460
20-30	13	0,251	9	0,495	12	0,703	8	0,666
30-40	10	0,215	12	0,411	13	0,520	15	0,318
40-50	*3*	*0,265*	1	.	5	0,366	*4*	*0,438*
50-60	.	.	1	.	.	.	.	.
>=60	.	.	.	.	.	.	.	.
Moyenne		**0,200**		**0,411**		**0,528**		**0,447**

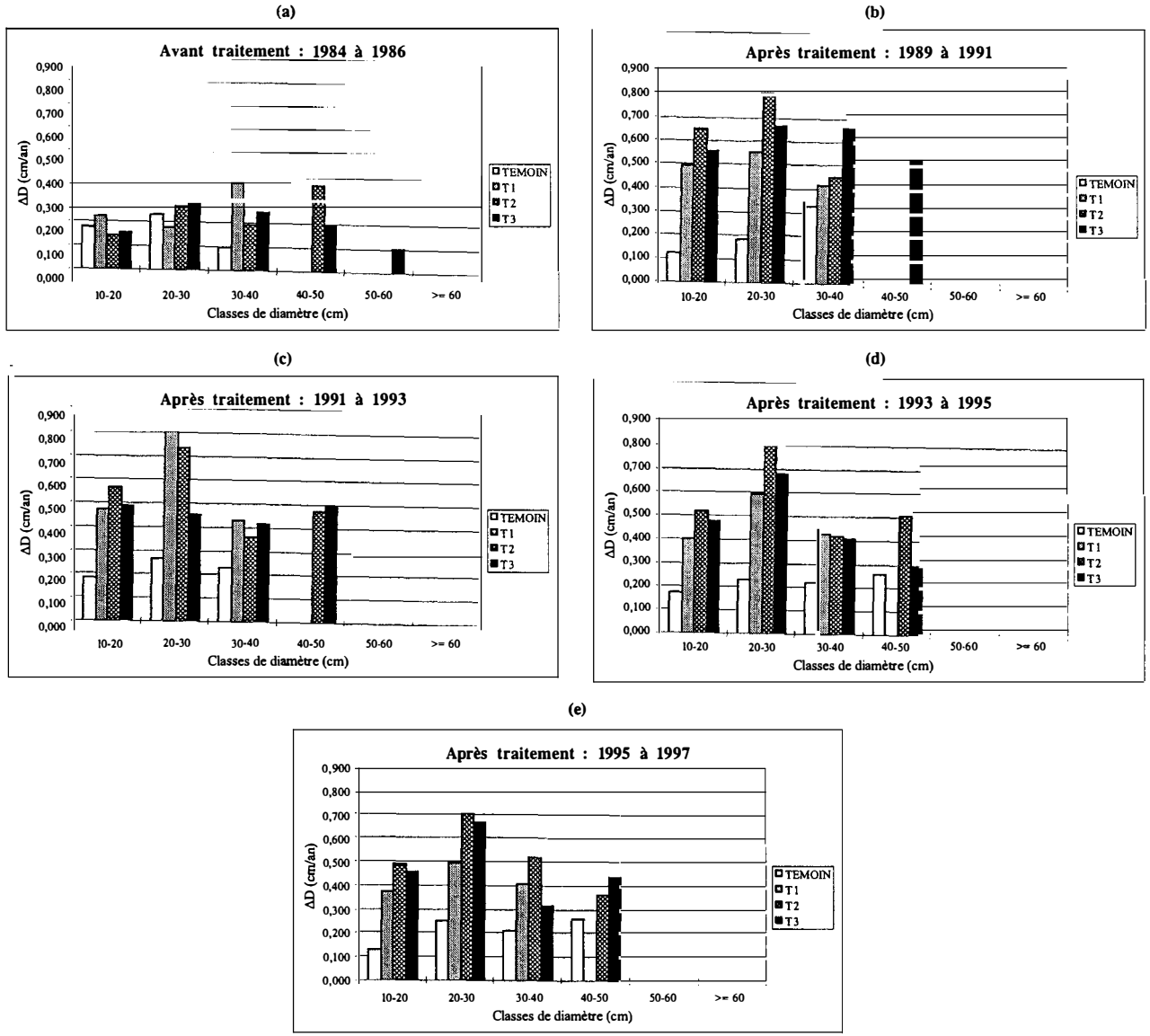


Fig.79. Accroissement moyen annuel (représenté par périodes de deux ans) en diamètre des individus de *Virola michelii* et *Virola surinamensis* ne présentant pas d'anomalie de circonférence. (a) Période 1984/1986 ; (b) période 1989/1991 ; (c) période 1991/1993 ; (d) période 1993/1995 ; (e) période 1995/1997. NB. Au-delà de 40 cm de diamètre, les effectifs sont très faibles. Les ΔD ne sont illustrés qu'à titre indicatif et doivent être considérés avec précaution.

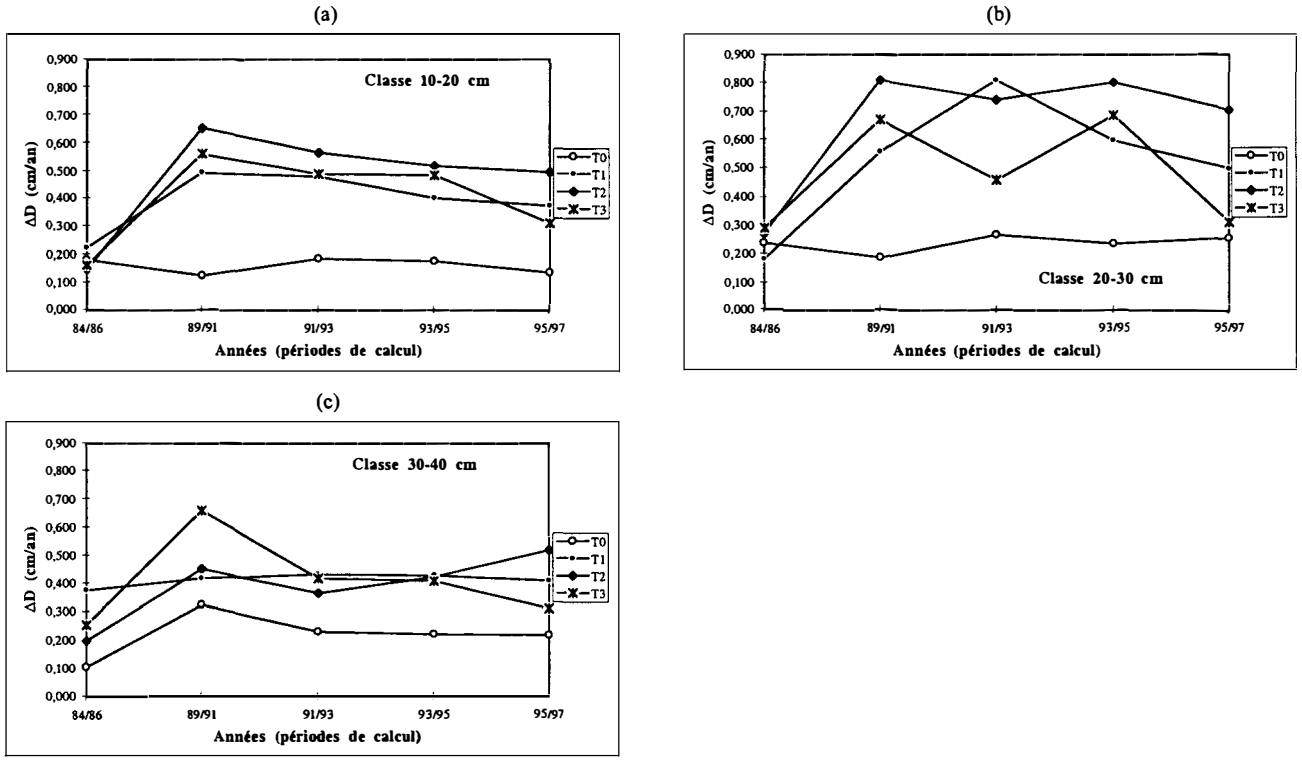


Fig.80. Accroissement moyen annuel (représenté par périodes de deux ans) en diamètre des individus de *Virola michelii* et *Virola surinamensis* ne présentant pas d'anomalie de circonférence. (a) classe de diamètre 10-20 cm ; (b) classe de diamètre 20-30 cm ; (c) classe de diamètre 30-40 cm. NB. Au-delà de 40 cm de diamètre, les effectifs sont très faibles. Les ΔD ne sont illustrés qu'à titre indicatif et doivent être considérés avec précaution.

Nous n'avons pas effectué d'étude précise chez ces deux espèces, mais quelques remarques peuvent être faites et ce malgré l'effectif relativement faible disponible pour les analyses de croissance :

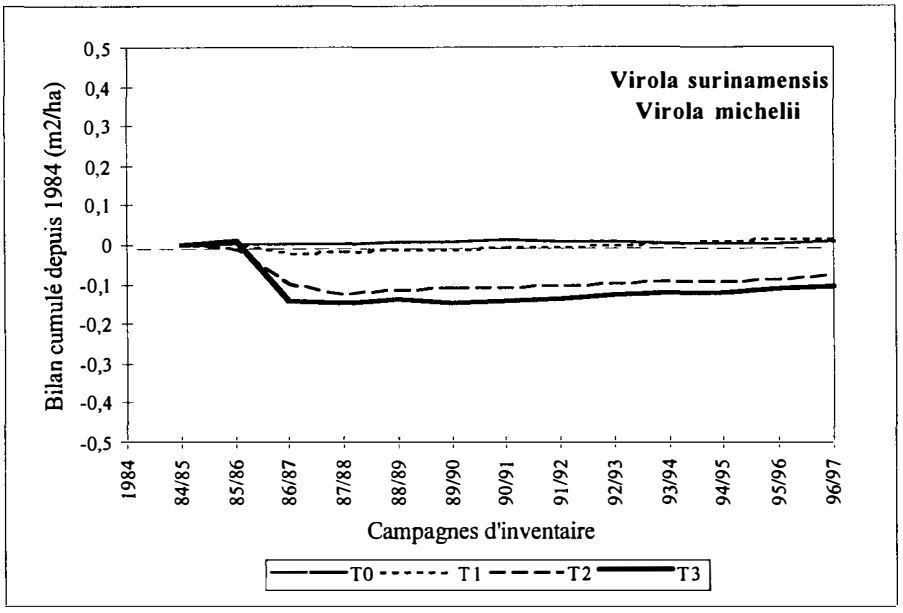
- avant traitement, les accroissements moyens observés sont assez variables d'un groupe de parcelles à l'autre : de 0,181 cm/an en T0 à 0,249 cm/an en T1. Il s'agit d'accroissements assez importants, du même ordre de grandeur que ceux observés chez le Grignon ou chez le Balata franc ;
- **c'est dans le traitement 2 que l'on enregistre les plus fortes réactions** (x 3,1 entre 1989 et 1991) et ce quelle que soit la période et, sauf exception (dans le T3), quelle que soit la classe de diamètre considérée ;
- ces réactions concernent tout particulièrement la première classe de diamètre (x 4,5 en T2 entre 1989 et 1991) mais également la deuxième (x 4,0 en T2 pendant la même période) ;
- **la faiblesse des effectifs rend délicate l'analyse de la "durabilité" de l'effet traitement. Il semble cependant rester très net** dans la première classe de diamètre (voir la fig.80) quel que soit le traitement, et dans la deuxième classe chez T1 et T2, même si les accroissements fléchissent depuis 1995. D'une manière générale, les accroissements moyens restent beaucoup plus élevés dans les parcelles traitées que dans les parcelles témoins, et plus élevés en 95/97 qu'en 84/86 au sein de chaque traitement (tests non effectués, mais ils concluraient vraisemblablement à la significativité de l'effet).

4.10.5. Bilan

Le tableau a38 en annexe 1 informe sur l'évolution du bilan et de ses différentes composantes dans chaque traitement (*i*) en valeurs instantanées et (*ii*) en valeurs cumulées depuis 1984 (voir aussi les figures a29 et a30). La figure 81, page suivante, montre l'évolution comparée des bilans cumulés absolu et relatif (/ 1988).

Sur toutes les parcelles, le bilan dépend toujours étroitement de la mortalité (cf. commentaires déjà faits au § 4.1.5). Dans le cas des Virolas, cette mortalité est pratiquement toujours compensée par les accroissements si bien que les bilans instantanés sont le plus souvent positifs. Dans les parcelles témoins, en raison de l'importance de la mortalité survenue entre 1991 et 1995, le bilan cumulé reste proche de zéro et la surface terrière des populations stagne. Dans les parcelles traitées, le bilan instantané redevient positif un (T1) à deux ans (T2 et T3) après l'exploitation et ne connaît par la suite que de rares épisodes négatifs : la surface terrière est partout en reconstitution rapide et elle a même, en T1, dépassé en 1992/1993 sa valeur initiale.

(a)



(b)

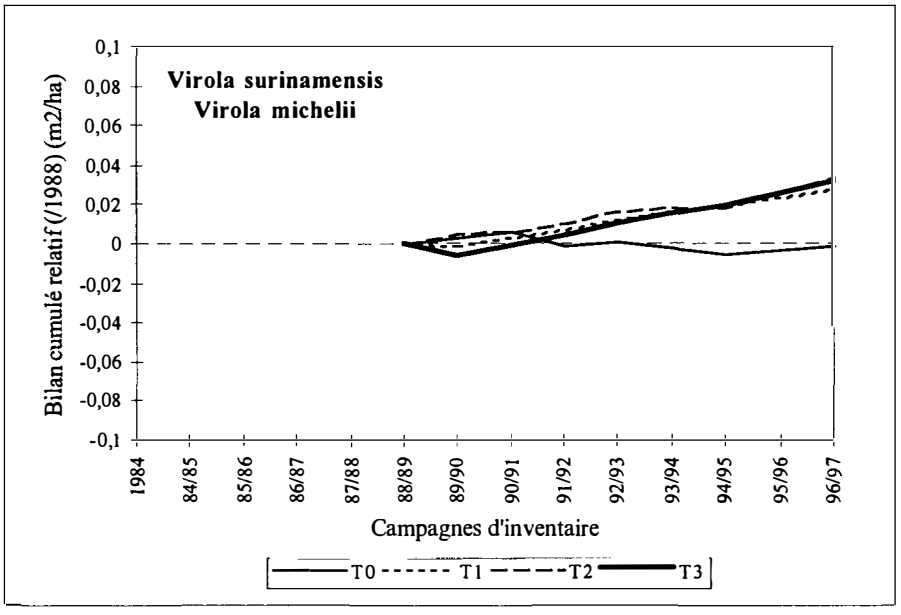


Fig.81. Comparaison, chez *Virola michelii* et *Virola surinamensis*, des bilans cumulés dans les différents traitements. (a) Cumul à partir de 1984. (b) Cumul relatif à partir de 1988, année prise comme référence "0".

Globalement, sur la période 1989-1997, le bilan moyen annuel en surface terrière est de (voir tableau 53 ci-dessous) : 0,0035 m2/ha (T1), 0,0043 m2/ha (T2) et 0,0040 m2/ha (T3). En 1989, les différents groupes de parcelles avaient perdu resp. 0,0108 m2/ha (T1), 0,1112 m2/ha (T2) et 0,1400 m2/ha (T3). Au rythme actuel, il faudrait resp. 3 ans (T1), 26 ans (T2) et 35 ans (T3) pour revenir quantitativement à l'état initial. En T1, cet état initial a été atteint en 1992/1993. On peut noter que dans le cas des Virolas, l'estimation de la durée de reconstitution dépend peu de la période de calcul utilisée.

Tableau 53. Calcul de la durée de reconstitution de la surface terrière initiale en prenant en compte différentes périodes de référence (voir le tableau a38 en annexe 1). La durée indiquée est un **minimum**.

Période de référence	Bilan moyen annuel (m2/ha)			Perte en surface terrière entre 1984 et le début de la période de calcul (m2/ha)			Temps minimum écoulé avant retour (quantitatif) à l'état initial (années)		
Traitement	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1989-1997	**0,0035**	**0,0043**	**0,0040**	**0,0108**	**0,1112**	**0,1400**	**3,1**	**25,9**	**35**
1989-1996	0,0034	0,0038	0,0036	0,0108	0,1112	0,1400	3,2	29,3	38,9
1988-1997	0,0036	0,0049	0,0041	0,0153	0,1211	0,1456	4,3	24,7	35,5
1988-1996	0,0035	0,0045	0,0039	0,0153	0,1211	0,1456	4,4	26,9	37,3

4.10.6. - Simulations de la reconstitution du stock des gros individus

Dans le cas des Virolas, les 4 scénarios ont été mis en oeuvre. Les résultats sont présentés dans l'annexe 2, tableaux a37 à a40, et illustrés sur la fig.81(bis) ci-dessous. Le DME retenu pour l'espèce est de 50 cm. Les paramètres utilisés dans les simulations sont les suivants :

Tableau 54. Paramètres utilisés pour les simulations du taux de reconstitution des gros diamètres dans les populations de Virolas.

Paramètres	**Scénario 1**	**Scénario 2**	**Scénario 3**	**Scénario 4**
ΔD des tiges d'avenir durant les 10 premières années	0,424 cm/an		0,448 cm/an	
ΔD des tiges d'avenir durant les années suivantes	0,230 cm/an		0,424 cm/an	
Mortalité chez les tiges d'avenir	0,69 %	2,86 %	0,69 %	2,86 %
Taux de dégâts (1986/1987) observés dans la classe 30-50 cm (pour info).	T0 et T1 : 11,11 %, T2 : 9,09 %, T3 : 33,33 %			

On peut faire, pour les Virolas, les mêmes remarques que pour les Gonfolos et le Balata franc en ce qui concerne la fiabilité des prédictions au-delà d'une certaine période de temps écoulé : **les prévisions obtenues au-delà de 50 ans sont à considérer avec précaution** : en effet, les classes de diamètre les plus petites sont alors appelées à fournir des effectifs et nous n'avons pas ajusté en conséquence les taux de mortalité. Par ailleurs, ces classes auront été alimentées par des individus ayant passé le diamètre de précomptage. Les deux phénomènes peuvent se contre-balancer mais nous n'avons pas approfondi ce point.

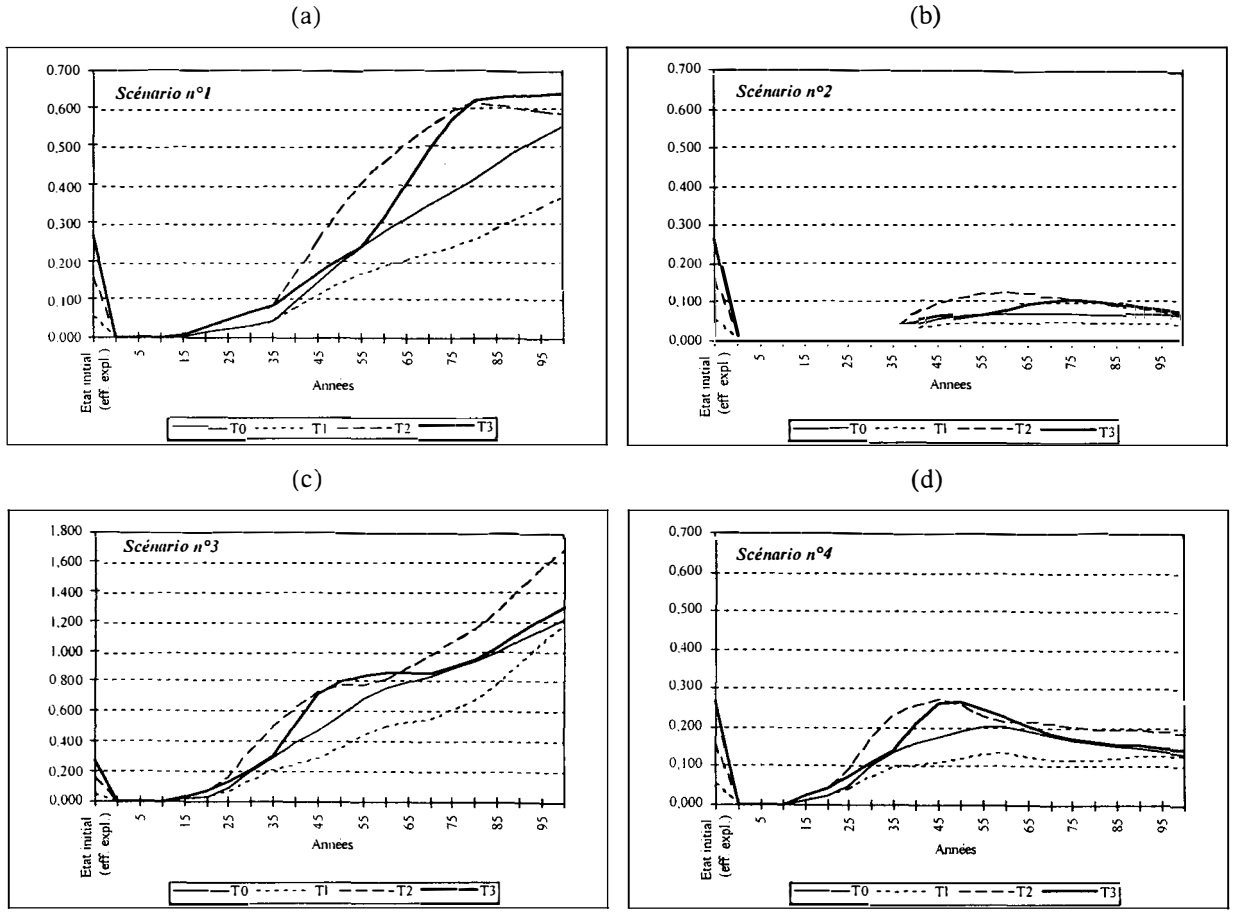


Fig.81(bis). Evolution, après exploitation, des effectifs de Virolas de diamètre supérieur à 50 cm. (a) Cas du scénario 1. (b) Cas du scénario 2. (c) Cas du scénario 3. (d) Cas du scénario 4. Attention : l'échelle de l'axe des ordonnées dans le scénario 3 diffère de celle des autres.

Nous renvoyons le lecteur aux remarques déjà faites au § 4.1.6 à propos de l'Angélique. Dans le cas des Virolas, on constate :

- que dans le contexte du scénario 1, tous les groupes sont capables de reconstituer plus ou moins rapidement (selon l'importance du prélèvement !) leur stock exploitable : 40 ans pour T1 et T2, 60 ans pour T3 mais pour un effectif exploité et des dégâts beaucoup plus importants. L'effectif prélevé sur T2 (0,160 individu/han soit trois Virolas sur l'ensemble des trois parcelles concernées) est récupérable partout en 50/55 ans ;

- que l'utilisation du taux de mortalité maximum observé a des conséquences tout-à-fait catastrophiques sur la reconstitution des stocks. Dans le cas du scénario le plus pessimiste (scénario 2), aucun groupe ne parvient à récupérer son effectif exploitable initial. Cependant, un effectif de 0,053 individu/ha (niveau initial du T1) reste récupérable partout en 50 ans. On peut noter que dans le cas de ce scénario, des rotations de plus de 60 ans seraient, excepté en T3, contre-productives ;
- l'utilisation de valeurs d'accroissement correspondant à des parcelles qui demeurent relativement ouvertes (scénario 3) a pour effet de diminuer pratiquement de moitié la durée de reconstitution des stocks. En 35/40 ans, tous les groupes seraient capables de fournir au moins quatre individus (0,213/ha) sur l'ensemble de leur superficie, et jusqu'à neuf dans le cas du T2. Si la mortalité est prise à son niveau le plus élevé (scénario 4), on voit que l'adoption de durées de rotation de plus de 45/50 ans serait contre-productive.

Conclusion. Dans les conditions du traitement 1, et même si aucun traitement n'est plus mis en oeuvre pendant la durée de la rotation, on peut espérer, toujours dans le cas du site de Paracou, reconstituer rapidement (40 ans) le stock initial dans trois cas sur quatre (on suppose que l'on veut récupérer sur T0 le même effectif que sur T1). 0,160 individu/ha seraient récupérables dans tous les cas en une cinquantaine d'années. Les Virolas réagissent particulièrement bien à l'ouverture des peuplements : il serait alors possible d'augmenter sensiblement leur représentation dans le volume récolté.

A priori, ces deux espèces présentent des caractéristiques très favorables en ce qui concerne la dynamique de leur population, et il ne semble pas y avoir lieu de craindre une diminution de leur représentation, même en cas de prélèvement répété des effectifs exploitables à hauteur, pour donner une indication, de 0,160 Virolas/ha tous les 50 ans, et/ou de 0,053 Virolas/ha tous les 40 ans. Elles diffèrent en cela du Balata franc, dont elles partagent par ailleurs de très nombreuses caractéristiques.

4.11. *Caryocar glabrum* (Caryocaraceae)

4.11.1. Effectifs et surface terrière

L'évolution du Chawari dans les différents groupes de parcelles, en effectifs et en surface terrière, est illustrée figure 82.

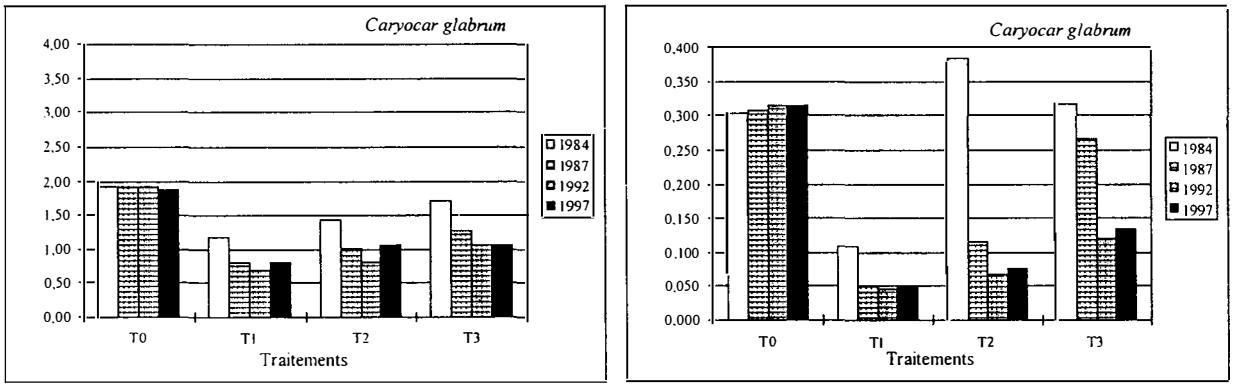


Fig.82. Evolution des effectifs (a) et de la surface terrière (b) des populations de Chawaris dans les différents traitements.

L'espèce est présente dans tous les groupes de parcelles, avec des effectifs un peu plus importants en T0. Elle représente une faible part des effectifs totaux : de 0,2% en T1 à 0,3% en T0 (1984). La surface terrière est, quant à elle, très variable d'un groupe à l'autre et représente une part un peu plus importante de la surface terrière totale : de 0,4% (T1) à 1,2% (T2) en 1984 (l'importance numérique est du même ordre de grandeur que celle du Balata franc, mais la surface terrière de la population de Chawaris est beaucoup plus élevée). Le ratio surface terrière/effectif est plus élevé que celui de l'Angélique (voir fig.15, fig.17(a) et fig.18(a)), il est comparable à celui du Grignon.

L'exploitation a touché le Chawari de manière très inégale selon les groupes de parcelles. Les pertes occasionnées aux effectifs ont été de 31,6% (T1), 29,9% (T2) et 25,1% (T3), entraînant une diminution de la surface terrière de 53,7% (T1), 70% (T2) et 15,5% seulement en T3. La réduction de l'importance du Chawari dans le T2 a donc été considérable.

4.11.2. Structure diamétrique

La figure 83 montre l'évolution de la structure diamétrique de l'espèce dans les différents traitements (voir également le tableau a39 en annexe 1). Elle est très variable d'un groupe de parcelles à l'autre et rappelle tout-à-fait les structures observées chez le Grignon : le type en « U » est bien net dans le T2 (comparer avec la fig.39(c) et (d)). Une cloche est visible dans certains traitements, entre 35/40 cm et 60 cm (T0, T2 et dans une moindre mesure T3). Les structures observées en T1 et T3 sont relativement plates, phénomène accentué par les traitements sylvicoles qui ont tendance à provoquer une vidange de la première classe de diamètre, insuffisamment compensée par le recrutement.

Le Chawari peut atteindre de grandes tailles et l'on observe, comme chez le Grignon, un phénomène d'accumulation dans les grandes classes de diamètre : c'est vrai dans les quatre groupes de parcelles, mais particulièrement spectaculaire dans le T2, ce qui explique l'importance des pertes subies. Nous renvoyons le lecteur au § 4.4.2 pour une discussion sur les origines possibles de ces structures : même si le recrutement, chez le Chawari, est un phénomène un peu moins rare que chez le Grignon, un parallèle intéressant peut être fait entre ces deux espèces. Signalons que dans son étude portant sur les relations hauteur/diamètre et sur le comportement des espèces dans les trois dimensions du peuplement, Collinet (1997, voir p.40 et fig.3.8) a été conduite à regrouper Chawari et Grignon dans un groupe homogène du triple point de vue : hauteur de libération (qui traduit le besoin en lumière à certains stades de développement), croissance préférentielle en hauteur ou en diamètre (qui dépend de la durée de développement en situation de compétition pour la lumière) et potentialité en hauteur. Ces deux espèces occupent le même type de position dans la canopée et présentent le même type de réaction vis-à-vis des conditions d'éclairement.

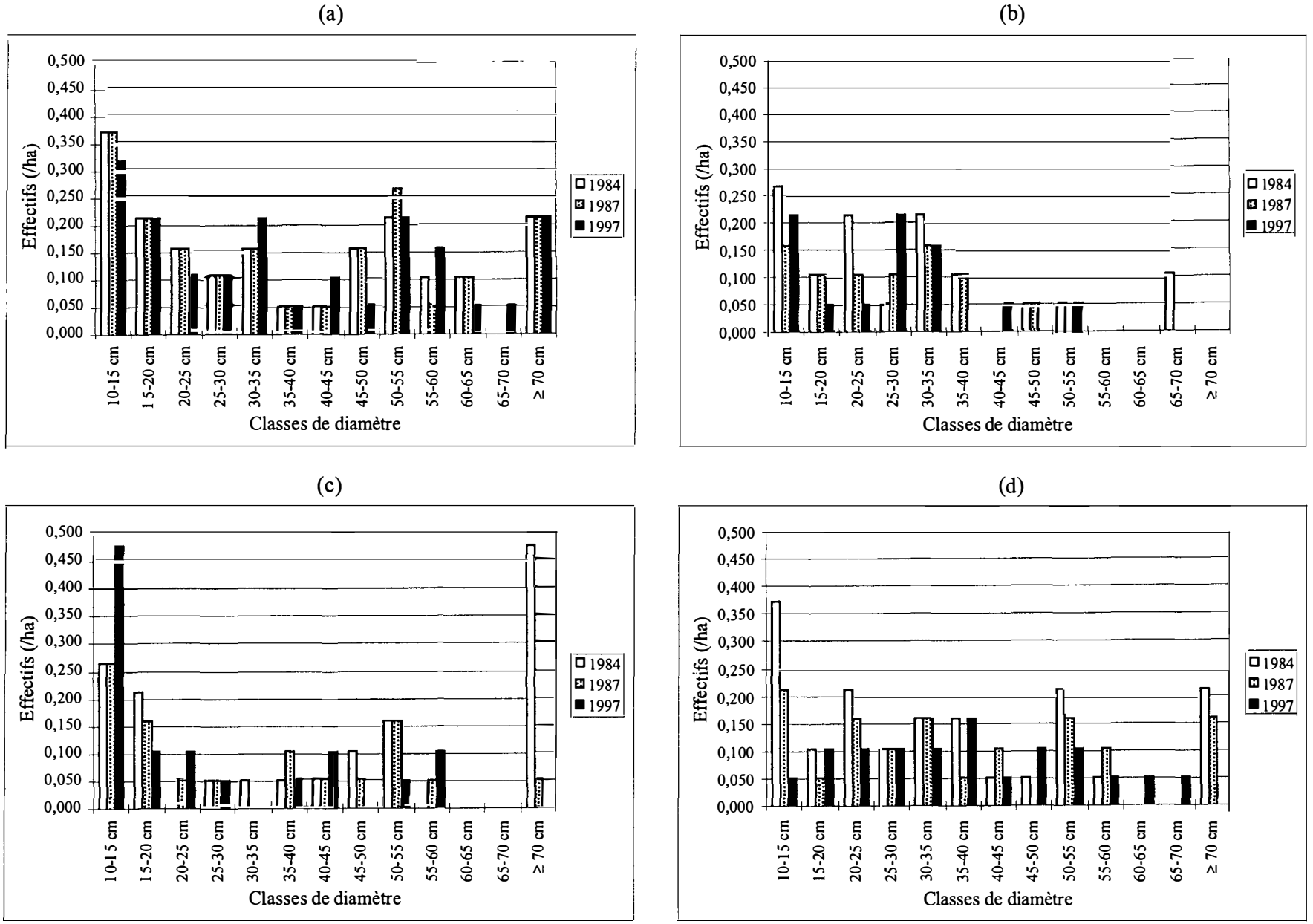


Fig.83. Evolution de la structure diamétrique de la population de *Caryocar glabrum* dans les différents groupes de parcelles. (a) Parcelles témoins. (b) Parcelles du traitement 1. (c) Parcelles du traitement 2. (d) Parcelles du traitement 3.

Les calculs du taux de reconstitution du stock des individus exploités selon la méthode exposée au § 2.1 figurent dans le tableau a48 en annexe 1. Si l'on considère un DME de 60 cm (diamètre retenu pour l'exploitation du Chawari à Paracou), on voit qu'aucun individu n'a franchi ce seuil depuis 1987 (resp. 1988) en T1 ni en T2. En T3, des individus en nombre suffisant étaient en attente dans la classe 55-60 cm et ont pu réalimenter les grandes classes. Si cette alimentation perdurait au même rythme, il ne faudrait que 18 ans pour reconstituer le stock exploité.

4.11.3. Recrutement et mortalité

Le tableau a40 en annexe 1 présente les données de recrutement et de mortalité (toutes causes confondues) en effectifs absolus, ainsi qu'en pourcentage de la population de Chawari présente en début de période considérée. Le recrutement cumulé est illustré sur la fig.59(c). On peut constater qu'il s'agit, comme chez le Grignon, d'un évènement plutôt rare chez cette espèce et ce dans tous les traitements. Un seul Chawari a été recruté en 13 ans sur l'ensemble des parcelles témoins, même chose sur les parcelles du T3. En T1 et en T2, un certain effet traitement semble s'être manifesté puisque respectivement quatre et huit nouveaux Chawaris sont apparus sur l'ensemble de la surface, dont six sur la seule période 1994-1997 dans le T2. Il est difficile, là encore, de faire la part des choses entre configuration de la population et réaction aux ouvertures, une étude plus approfondie s'imposerait.

La figure 84, page suivante, compare l'évolution de l'importance de l'espèce dans le peuplement et dans le recrutement. On y observe, de manière très logique au vu de ce qui a été dit plus haut, une légère diminution de cette importance :

- en T0, parce que l'individu recruté n'a pas compensé les deux individus morts pendant la même période (NB : sur des espèces à effectifs aussi faibles, il est impossible de juger de l'équilibre des populations sur une période aussi courte) ;
- en T3 parce que le recrutement, très faible, ne compense pas la mortalité post-exploitation.

Mortalité et recrutement se compensent après exploitation en T1. Seul le T2 voit la population de Chawari reprendre de l'importance, grâce aux recrutements intervenus depuis 1994.

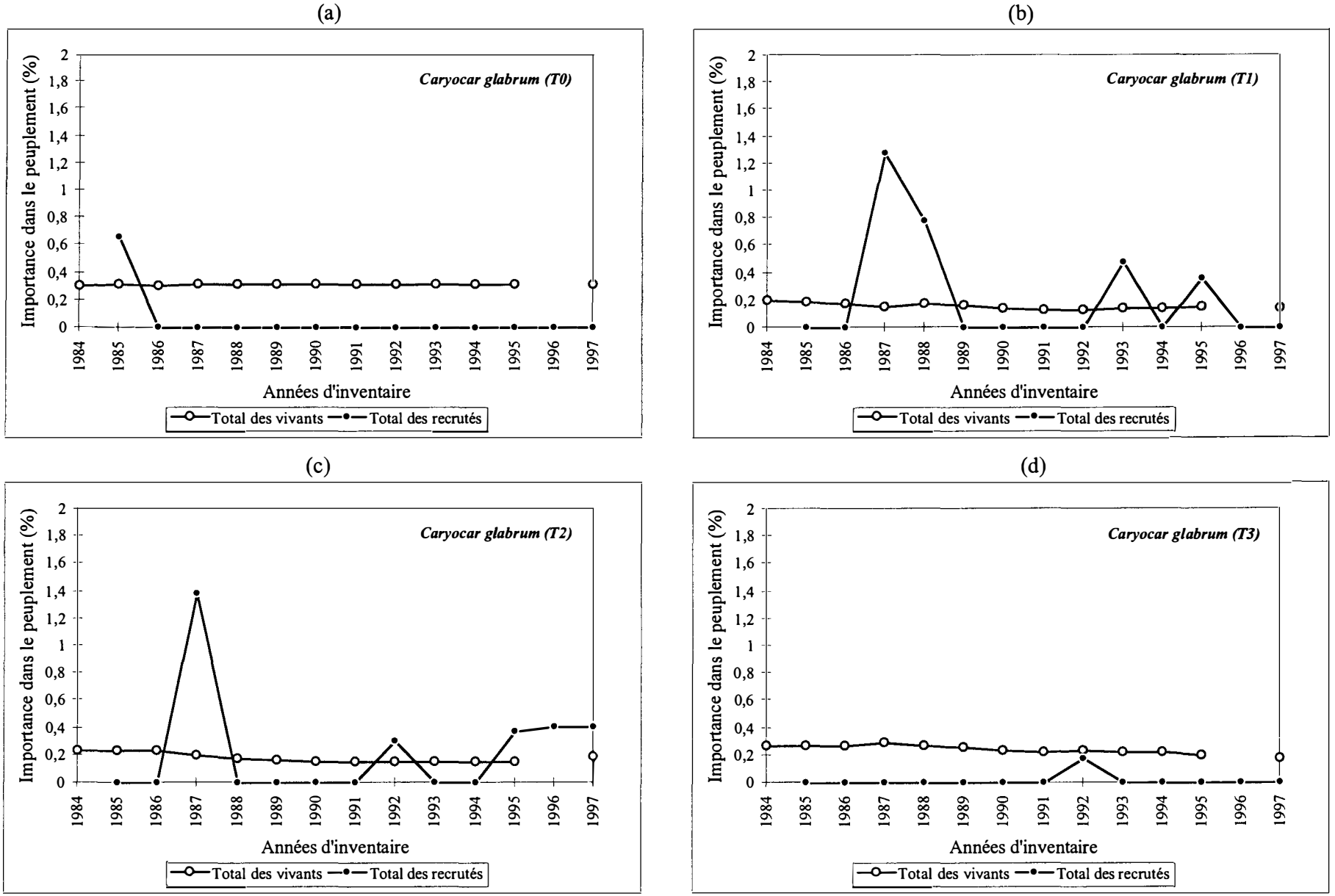


Fig.84. Evolution de l'importance de l'espèce *Caryocar glabrum* dans le peuplement total et dans le peuplement recruté. (a) Dans les parcelles témoins. (b) Dans les parcelles du traitement 1. (c) Dans les parcelles du traitement 2. (d) Dans les parcelles du traitement 3.

Sur les parcelles témoins, la mortalité est un évènement tout aussi rare que le recrutement (voir tableau a40 en annexe 1). Elle n'a concerné que deux individus sur l'ensemble de la superficie depuis 1984. Sur les parcelles traitées, une fois passé le pic d'exploitation qui voit la disparition de resp. 0,3 individu, 0,5 individu et 0,4 individu / ha tous diamètres confondus en T1, T2 et T3, la mortalité reste relativement élevée jusqu'en 1990 dans les trois traitements avant de retomber au niveau de celle des témoins.

Le taux de mortalité moyen sur la période 1988/1989 à 1996/1997 a été estimé à l'aide de la formule [4] (cf. § 2.3). Les calculs ont été effectués tous diamètres confondus, mais également pour la fraction de la population dont le diamètre est compris entre 40 et 60 cm : dans ce cas, seule la mortalité naturelle est prise en compte et toutes les campagnes disponibles (1984/1985 à 1996/1997) sont utilisées (cf. § 4.1.3, la remarque faite pour l'Angélique). Les résultats obtenus sont les suivants.

Tableau 55. Taux de mortalité moyens observés chez *Caryocar glabrum*. Tous diamètres : entre 1988/1989 et 1996/1997. 40-60 cm : entre 1984/1985 et 1996/1997.

Classes de diam. / traitements	T_0	T_1	T_2	T_3
Tous diamètres	0,31 %	2,34 %	2,21 %	1,12 %
40-60 cm de diamètre	1,44 %	4,35 %	0,00 %	2,33 %

Sauf exception (T2), la mortalité dans les classes de diamètre intermédiaires est nettement plus élevée que tous diamètres confondus. Ceci est a priori surprenant compte-tenu de l'accumulation observée des tiges dans ces classes et nous n'avons, à ce stade, pas d'explication particulière à proposer.

4.11.4. Accroissements

Les accroissements moyens annuels observés chez les Chawaris sont présentés dans le tableau 56, illustré par les figures 85 et 86 pages suivantes.

Tableau 56. Evolution des accroissements moyens annuels des Chawaris (*Caryocar glabrum*) à Paracou. Les calculs ont été effectués sur des individus ne présentant aucune anomalie sur la circonférence. N représente l'effectif sur lequel le calcul a été effectué. ΔD est l'accroissement moyen annuel calculé sur une période de deux ans (cm/an). L'indice accolé à N et ΔD indique le traitement concerné.

1984/1986								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	10	0,143	6	0,013	9	0,062	9	0,080
20-30	5	0,191	5	0,175	1	.	6	0,133
30-40	*4*	*0,259*	5	0,095	2	.	5	0,191
40-50	*4*	*0,080*	1	.	*3*	*0,106*	2	.
50-60	6	0,066	1	.	*3*	*0,053*	5	0,271
>=60	5	0,143	2	.	9	0,159	*3*	*0,080*
Moyenne		**0,143**		**0,090**		**0,103**		**0,145**
1989/1991								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	10	0,223	*4*	*0,199*	6	0,544	*4*	*0,597*
20-30	5	0,271	*4*	*0,239*	2	.	*3*	*0,424*
30-40	*3*	*0,371*	*4*	*0,119*	1	.	*4*	*0,298*
40-50	5	0,064	1	.	*3*	*0,345*	2	.
50-60	6	0,146	.	.	2	.	5	0,382
>=60	5	0,064	.	.	.	.	.	.
Moyenne		**0,183**		**0,186**		**0,477**		**0,423**
1991/1993								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	10	0,191	*4*	*0,338*	5	0,446	*3*	*0,477*
20-30	6	0,212	*4*	*0,279*	*3*	*0,424*	*4*	*0,458*
30-40	*3*	*0,292*	*3*	*0,080*	1	.	*3*	*0,398*
40-50	5	0,143	2	.	*3*	*0,451*	*3*	*0,424*
50-60	6	0,212	.	.	2	.	*4*	*0,219*
>=60	5	0,143	.	.	.	.	1	.
Moyenne		**0,193**		**0,246**		**0,441**		**0,389**
1993/1995								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	10	0,207	5	0,382	5	0,462	*4*	*0,577*
20-30	5	0,143	*4*	*0,159*	*3*	*0,477*	5	0,382
30-40	*4*	*0,179*	*3*	*0,133*	1	.	*3*	*0,371*
40-50	*4*	*0,080*	1	.	*3*	*0,212*	*3*	*0,371*
50-60	7	0,182	1	.	2	.	*3*	*0,371*
>=60	5	0,080	.	.	.	.	2	.
Moyenne		**0,157**		**0,245**		**0,398**		**0,420**
1995/1997								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	10	0,135	5	0,127	7	0,284	*3*	*0,504*
20-30	*4*	*0,298*	5	0,366	*3*	*0,504*	5	0,509
30-40	5	0,302	*3*	*0,027*	1	.	*4*	*0,358*
40-50	*3*	*0,080*	1	.	*3*	*0,239*	*3*	*0,371*
50-60	7	0,171	1	.	2	.	*3*	*0,239*
>=60	6	0,093	.	.	.	.	2	.
Moyenne		**0,173**		**0,196**		**0,324**		**0,407**

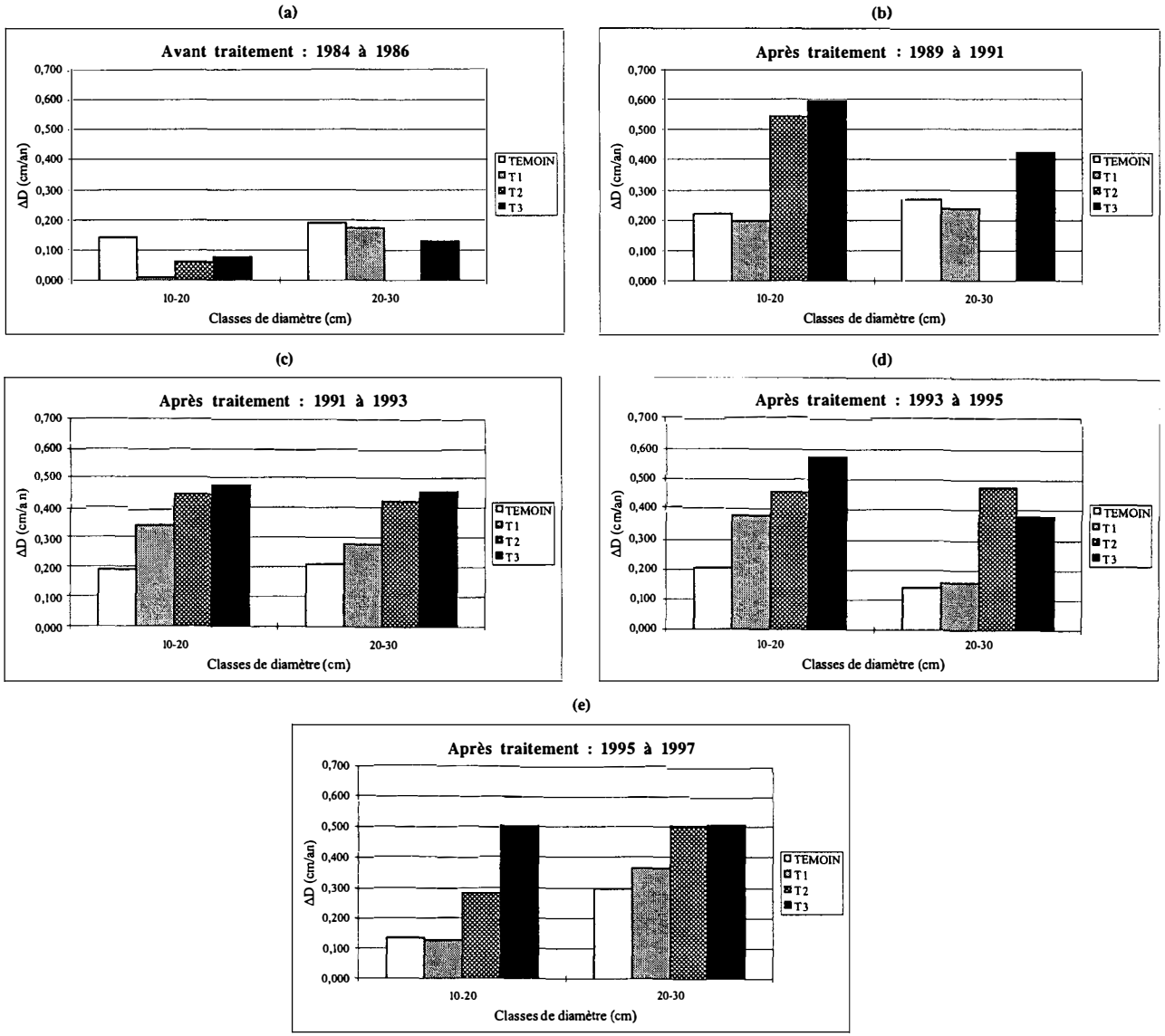
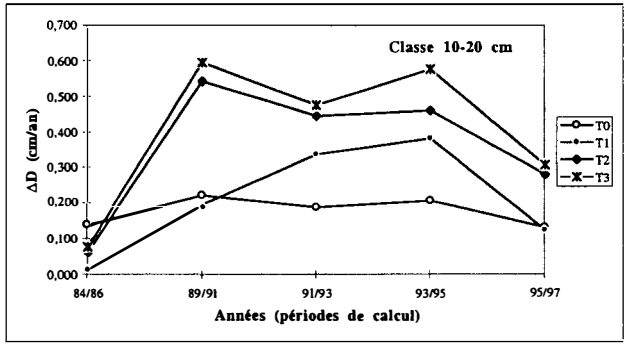


Fig.85. Accroissement moyen annuel (représenté par périodes de deux ans) en diamètre des individus de *Caryocar glabrum* ne présentant pas d'anomalie de circonférence. (a) Période 1984/1986 ; (b) période 1989/1991 ; (c) période 1991/1993 ; (d) période 1993/1995 ; (e) période 1995/1997. Seules les deux premières classes de diamètre ont été représentées, et ce à titre indicatif : les effectifs y sont très faibles et les ΔD doivent être considérés avec précaution.

(a)



(b)

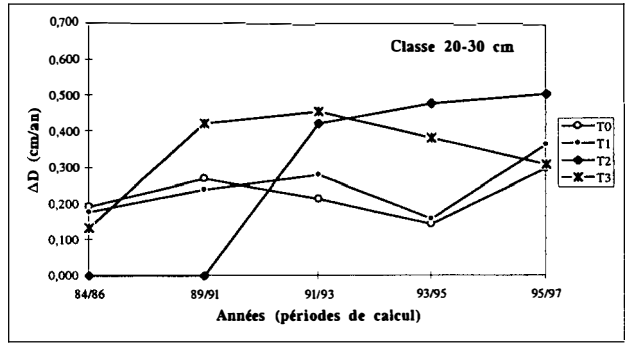


Fig.86. Accroissement moyen annuel (représenté par périodes de deux ans) en diamètre des individus de *Caryocar glabrum* ne présentant pas d'anomalie de circonférence. (a) classe de diamètre 10-20 cm ; (b) classe de diamètre 20-30 cm. Seules les deux premières classes de diamètre ont été représentées, et ce à titre indicatif : les effectifs y sont très faibles et les ΔD doivent être considérés avec précaution.

Nous n'avons pas effectué d'étude précise chez cette espèce, mais quelques remarques peuvent être faites et ce malgré le faible effectif disponible pour les analyses de croissance :

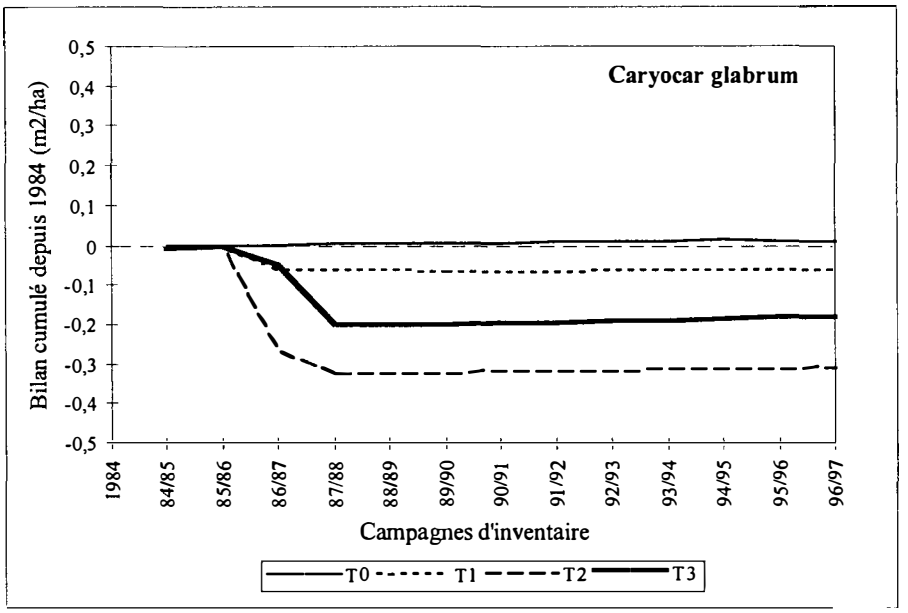
- avant traitement, les accroissements moyens observés sont assez variables d'un groupe de parcelles à l'autre : de 0,090 cm/an en T1 à 0,145 cm/an en T3 ; il s'agit d'accroissements relativement faibles dans l'ensemble, supérieurs à ceux rencontrés chez le Boco ou le Wacapou, mais inférieurs à ceux du Grignon ;
- les deux traitements T2 et T3 sont ceux qui enregistrent les plus fortes réactions, entre 1989 et 1993 pour T2 (x 4,6 entre 1989 et 1991, x 4,3 entre 1991 et 1993), entre 1993 et 1997 pour T3 (x 2,9, puis x 2,8) sans qu'il soit évident de les départager (il n'est pas certain qu'un test concluerait à une différence entre les deux traitements) ; en T1, la réaction est moins marquée et les accroissements ne sont nettement supérieurs à ceux des témoins que durant la période 1991 à 1995 ;
- les réactions les plus importantes sont enregistrées dans la première classe de diamètre (x 8,8 en T2 entre 1989 et 1991, x 7,5 en T3 entre 1993 et 1995) ;
- **la faiblesse des effectifs rend délicate l'analyse de la "durabilité" de l'effet traitement.** Dans la première classe de diamètre, il semble que l'effet ait été très net de 1991 à 1995 (voir fig.86(a)) dans les deux traitements les plus forts (T2 et T3), mais le fléchissement est sensible sur la période 1995-1997. Dans la deuxième classe de diamètre, l'effet du traitement 2 reste marqué, y compris sur la dernière période, alors qu'il fléchit légèrement chez T3. Il est à peu près certain qu'un test concluerait à une absence d'effet traitement en ce qui concerne le T1. On peut noter quand même que les moyennes restent plus élevées dans les parcelles traitées que dans les parcelles témoins, et plus élevées en 95/97 qu'en 84/86 au sein de chaque traitement (les effets sont probablement significatifs en T2 et en T3).

4.11.5. Bilan

Le tableau a41 en annexe 1 informe sur l'évolution du bilan et de ses différentes composantes dans chaque traitement (*i*) en valeurs instantanées et (*ii*) en valeurs cumulées depuis 1984 (voir aussi les figures a31 et a32). La figure 87, page suivante, montre l'évolution comparée des bilans cumulés absolu et relatif (/ 1988).

Sur toutes les parcelles, le bilan dépend toujours étroitement de la mortalité (cf. commentaires déjà faits au § 4.1.5). Sur les parcelles témoins, le bilan instantané ne connaît d'épisode négatif qu'au moment de la perte enregistrée entre 1995 et 1997, ce qui ne suffit pas à annuler la valeur du bilan cumulé : la surface terrière de la population augmente légèrement depuis 1984. Sur les parcelles traitées, le bilan instantané connaît plusieurs épisodes négatifs jusqu'en 1990, les accroissements ne parvenant pas à compenser les disparitions de la période 1987-1990. Il en résulte une ré-augmentation très lente des bilans cumulés, le bilan cumulé relatif (/1988) demeurant négatif en T1.

(a)



(b)

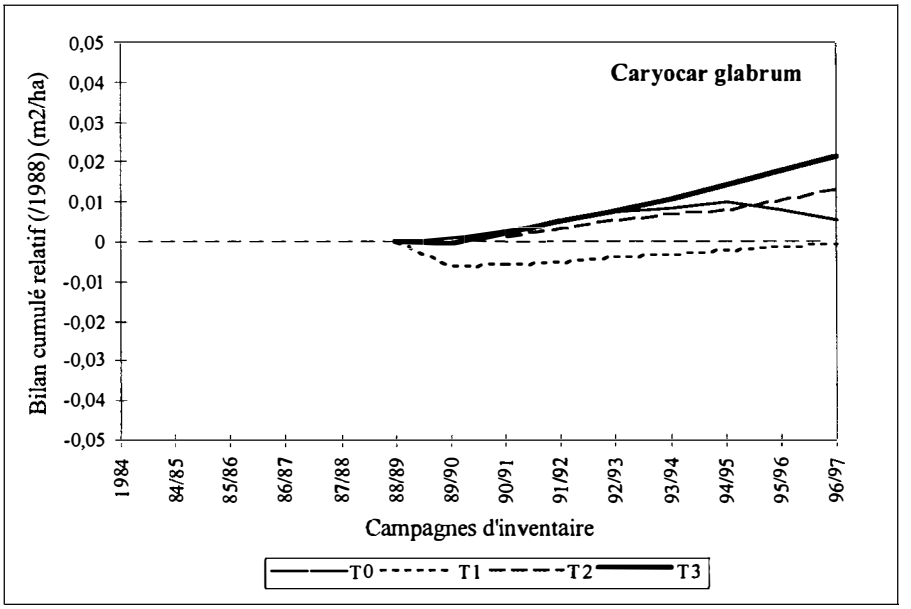


Fig.87. Comparaison, chez *Caryocar glabrum*, des bilans cumulés dans les différents traitements. (a) Cumul à partir de 1984. (b) Cumul relatif à partir de 1988, année prise comme référence "0".

Globalement, sur la période 1989-1997, le bilan moyen annuel en surface terrière est de (voir tableau 57 ci-dessous) : 0,0017 m2/ha (T2) et 0,0022 m2/ha (T3), il est négatif en T1 comme nous l'avons vu plus haut. En 1989, les différents groupes de parcelles avaient perdu resp. 0,0571 m2/ha (T1), 0,3209 m2/ha (T2) et 0,1994 m2/ha (T3). Au rythme actuel, il faudrait resp. 189 ans (T2) et 91 ans (T3) pour revenir quantitativement à l'état initial, estimation pour l'instant impossible à réaliser en T1. **Ces résultats sont parfaitement comparables à ceux obtenus chez le Grignon : voir le tableau 29, § 4.4.5.**

L'estimation de la durée de reconstitution dépend peu de la période de calcul utilisée en T3, mais ce n'est pas le cas en T2 où elle apparaît peu stable. C'est la prise en compte de l'année 1988 qui pose problème, la mortalité ayant été importante à ce moment-là.

Tableau 57. Calcul de la durée de reconstitution de la surface terrière initiale en prenant en compte différentes périodes de référence (voir le tableau a41 en annexe 1). La durée indiquée est un **minimum**.

Période de référence	Bilan moyen annuel (m2/ha)			Perte en surface terrière entre 1984 et le début de la période de calcul (m2/ha)			Temps minimum écoulé avant retour (quantitatif) à l'état initial (années)		
Traitement	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1989-1997	**< 0**	**0,0017**	**0,0022**	**0,0571**	**0,3209**	**0,1994**	-	**188,8**	**90,6**
1989-1996	< 0	0,0015	0,0021	0,0571	0,3209	0,1994	-	213,9	95,0
1988-1997	< 0	0,0014	0,0021	0,0564	0,3203	0,2011	-	228,8	95,8
1988-1996	< 0	0,0013	0,0021	0,0564	0,3203	0,2011	-	246,4	95,8

4.11.6. - Simulations de la reconstitution du stock des gros individus

Nous avons travaillé, pour le Chawari, avec un DME de 60 cm. Seuls deux scénarios (le 1 et le 3) ont été mis en oeuvre. Il faut noter que nous n'avons pas utilisé la mortalité observée en T1 (4,35%), qui nous a paru trop importante et sans doute peu représentative. Nous avons préféré retenir la valeur calculée en T3 et la considérer comme maximale. Les résultats sont présentés dans l'annexe 2, tableaux a41 et a42, et illustrés sur la fig.87(bis) ci-dessous. Les paramètres utilisés dans les simulations sont les suivants :

Tableau 58. Paramètres utilisés pour les simulations du taux de reconstitution des gros diamètres dans les populations de Chawaris.

Paramètres	**Scénario 1**	**Scénario 2**	**Scénario 3**	**Scénario 4**
ΔD des tiges d'avenir durant les 10 premières années	0,164 cm/an		0,217 cm/an	
ΔD des tiges d'avenir durant les années suivantes	0,131 cm/an		0,164 cm/an	
Mortalité chez les tiges d'avenir	2,33%			
Taux de dégâts (1986/1987) observés dans la classe 30-60 cm (pour info).	T0 et T1 : 14,29 %, T2 : 0,00 %, T3 : 8,33 %			

Chez le Chawari, les accroissements sont suffisamment faibles pour que les hypothèses faites sur la mortalité restent valables pendant toute la période prise en compte, et pour qu'il n'y ait pas d'interférence avec le recrutement.

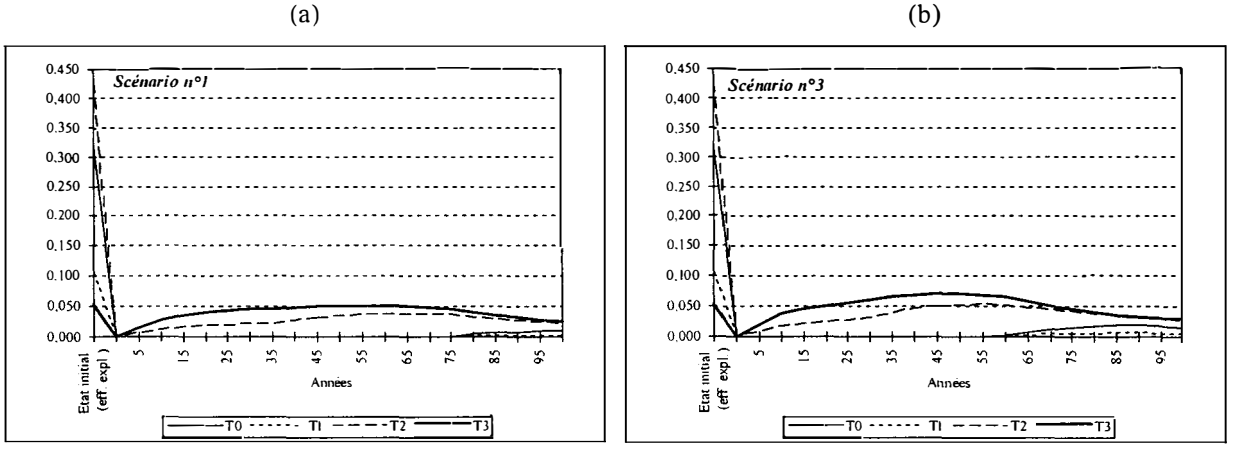


Fig.87(bis). Evolution, après exploitation, des effectifs de Chawaris de diamètre supérieur à 60 cm. (a) Cas du scénario 1. (b) Cas du scénario 3.

Nous renvoyons le lecteur aux remarques déjà faites au § 4.1.6 à propos de l'Angélique. Dans le cas du Chawari, il ressort :

- qu'aucun des groupes ne peut reconstituer son stock exploitable initial, même sur une longue durée ; c'est en T3 que l'on rencontre la configuration la plus favorable, le prélèvement n'ayant porté que sur un individu (sur l'ensemble de la superficie) et la classe 45-60 cm étant la mieux fournie : dans ce traitement, on pourrait pratiquement récupérer un autre Chawari de grande taille en 45-50 ans. Le mauvais résultat obtenu dans les témoins s'explique par l'application d'un taux de dégâts identique à celui observé en T1, qui a eu pour effet d'anéantir une bonne partie des effectifs des classes intermédiaires. Ce scénario est sans doute trop pessimiste et l'on pourrait obtenir, en T0, les mêmes résultats qu'en T3 (les configurations diamétriques sont très semblables). En revanche, dans le scénario 1, T1 et T2 demeurent incapables de fournir cet effectif minimum ;
- on observe le passage des courbes d'évolution par un maximum qui se situe autour de 50/60 ans. Les effectifs demeurant relativement stables dans les classes de diamètre intermédiaires, les pertes avant passage du seuil de 60 cm ne sont pas compensées. Si l'on compare les deux scénarios 1 et 3 aux scénarios 2 et 4 mis en oeuvre pour le Grignon, avec un taux de mortalité quasiment identique, on voit que les deux espèces présentent une nette similitude de comportement (voir fig.43(bis) (b) et (d)) ;
- l'utilisation de valeurs d'accroissement correspondant à des parcelles qui demeurent relativement ouvertes (scénario 3) a peu d'effet en T0 et en T1 (configuration trop défavorable dans ce dernier cas). En revanche, il deviendrait possible de récupérer 0,053 individu/ha en 50 ans en T2 comme en T3 (vraisemblablement aussi en T0, si l'on réduisait les dégâts d'abattage).

Conclusion. Dans les conditions du traitement 1, et même si un traitement complémentaire est mis en oeuvre pendant la durée de la rotation, on ne peut espérer, dans le cas du site de Paracou, reconstituer le stock initial des Chawaris que dans le groupe de parcelles T3 où l'exploitation a été la plus légère (0,053 individu par hectare, effectif également reconstituable en T0 en limitant les dégâts simulés d'abattage) : 50 ans environ seraient nécessaires. En T1, on ne pourra plus exploiter le Chawari avant longtemps. En T2, la moitié de l'effectif ci-dessus serait récupérable en 50 ans. Il faut cependant noter que, comme dans le cas des Gonfolos et du Grignon, on se retrouvera au bout de 50 ans face à une population qui n'aura pas reconstitué sa surface terrière (cf. tableau 57) et que, si l'on cherche à produire du Chawari de manière continue, un équilibre sera à trouver en exploitant à terme un effectif plus réduit. Il faut également bien noter qu'une limitation immédiate des effectifs exploités et/ou un allongement des durées de rotation se révèlerait contre-productif, étant donnée l'importance potentielle de la mortalité : **comme pour le Grignon, il paraît largement préférable d'exploiter le stock existant pendant une ou deux rotations, puis d'accepter de ne plus retrouver de Chawaris pendant plusieurs rotations.** Là encore, l'équilibre doit être recherché dans le temps (et, bien sûr, dans l'espace !).

Le Chawari apparaît donc, au moins sur le secteur de Paracou, être une espèce aussi sensible que le Grignon : nous renvoyons le lecteur aux commentaires déjà faits à propos de cette espèce (voir § 4.4.6).

4.12. Les autres ...

Les six espèces présentant les effectifs les plus faibles sont traitées dans ce dernier paragraphe. Nous n'avons pas effectué l'analyse de la dynamique de ces populations. Le lecteur trouvera, dans les pages qui suivent ainsi que dans les deux annexes, une série de graphiques et de tableaux que nous le laisserons interpréter. Ils permettent dans un premier temps, du moins nous l'espérons, de fournir quelques indications utiles et des points de repère. Nous nous contentons de quelques remarques au fil des pages.

Certaines caractéristiques seront présentées globalement pour les cinq premières espèces : *Peltogyne venosa* et *Diplotropis purpurea* (Caesalpiniaceae), *Andira coriacea* (Fabaceae), *Platonia insignis* (Clusiaceae), *Tabebuia serratifolia* (Bignoniaceae). *Simarouba amara* (Simaroubaceae) est toujours traitée à part, car sa dynamique est bien particulière : son comportement héliophile est bien illustré sur la fig.89(e) et (f), au paragraphe suivant.

4.12.1. Effectifs et surface terrière

L'évolution des six espèces dans les différents groupes de parcelles, en effectifs et en surface terrière, est illustrée sur les figures 88 et 89. Nous renvoyons le lecteur au tableau 12 pour les données chiffrées.

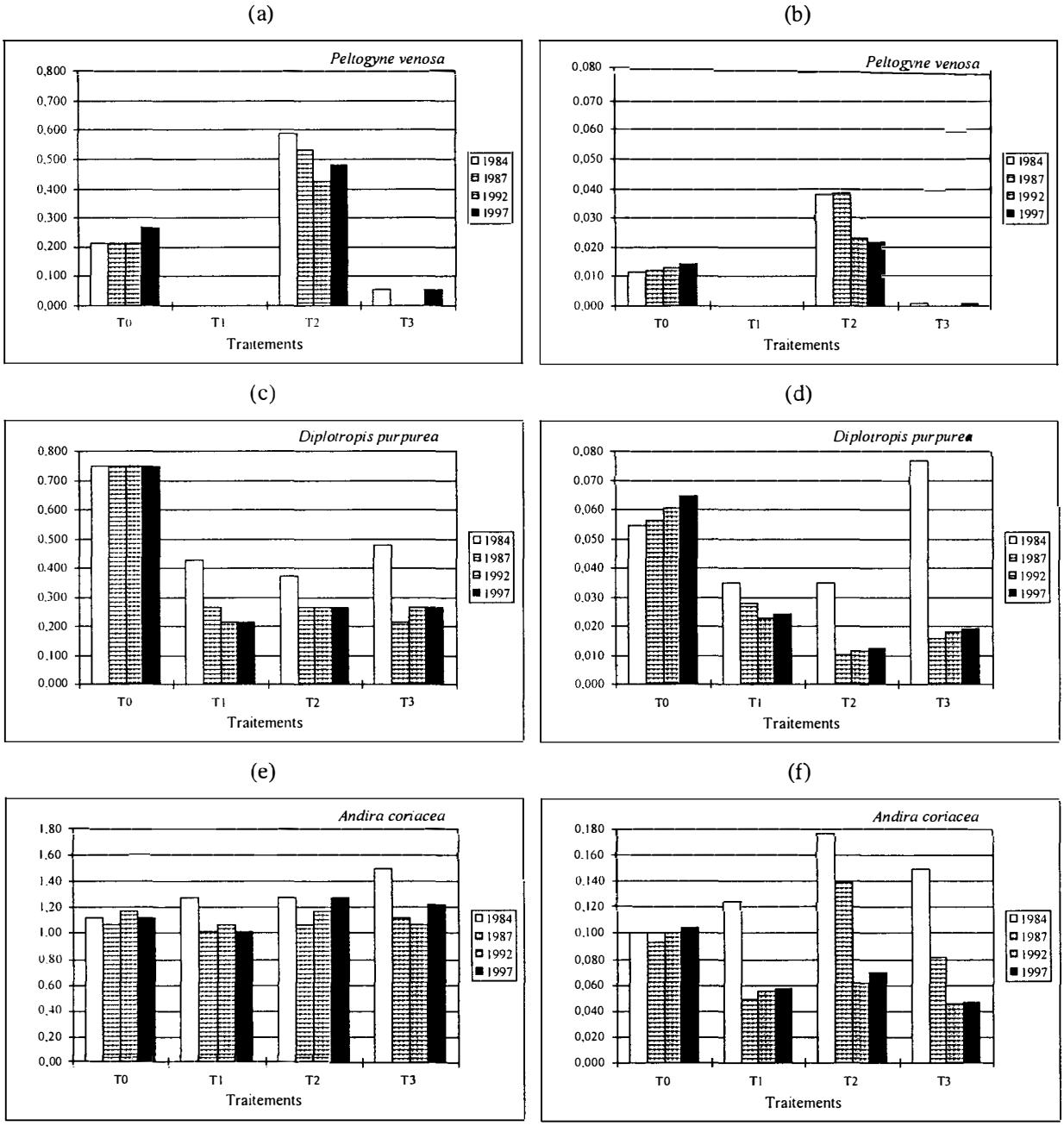


Fig.88. Evolution des effectifs et de la surface terrière des populations de : (a) et (b) Amarantes, (c) et (d) Coeurs dehors, (e) et (f) Saint-Martin rouges, dans les différents traitements.

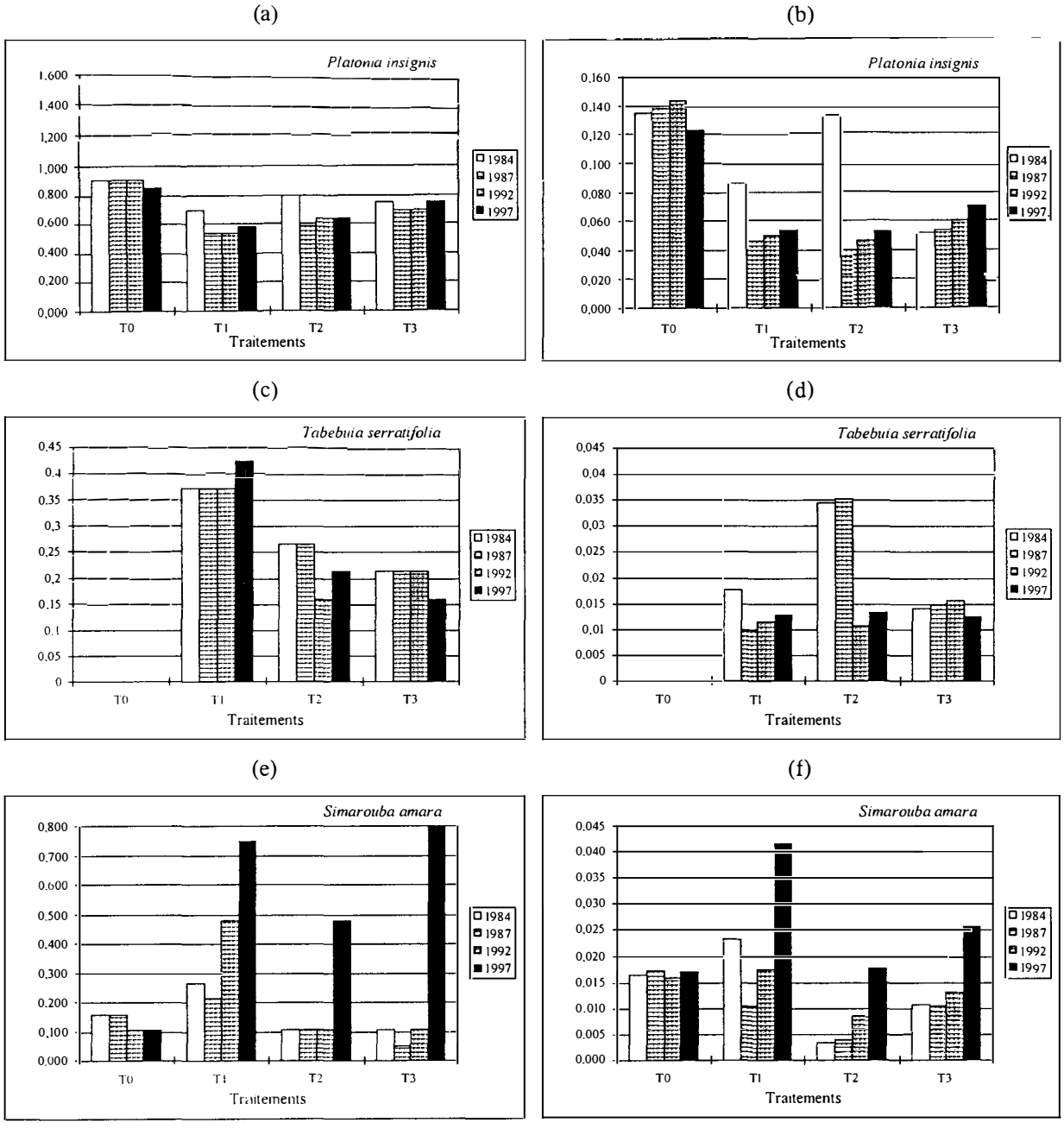


Fig.89. Evolution des effectifs et de la surface terrière des populations de : (a) et (b) Parcouris, (c) et (d) Ebènes vertes, (e) et (f) Simaroubas, dans les différents traitements.

L'Amarante et l'Ebène verte sont chacune absentes d'un traitement.

La figure 90 ci-dessous permet de se faire une idée de l'importance relative des six espèces. Elle montre que :

- prises ensemble, elles représentent en effectifs comme en surface terrière une importance à peu près équivalente à celle du Goupi ;
- le Saint-Martin rouge est l'espèce la mieux représentée (en effectifs comme en surface terrière), suivie du Parcouri puis du Coeur dehors.

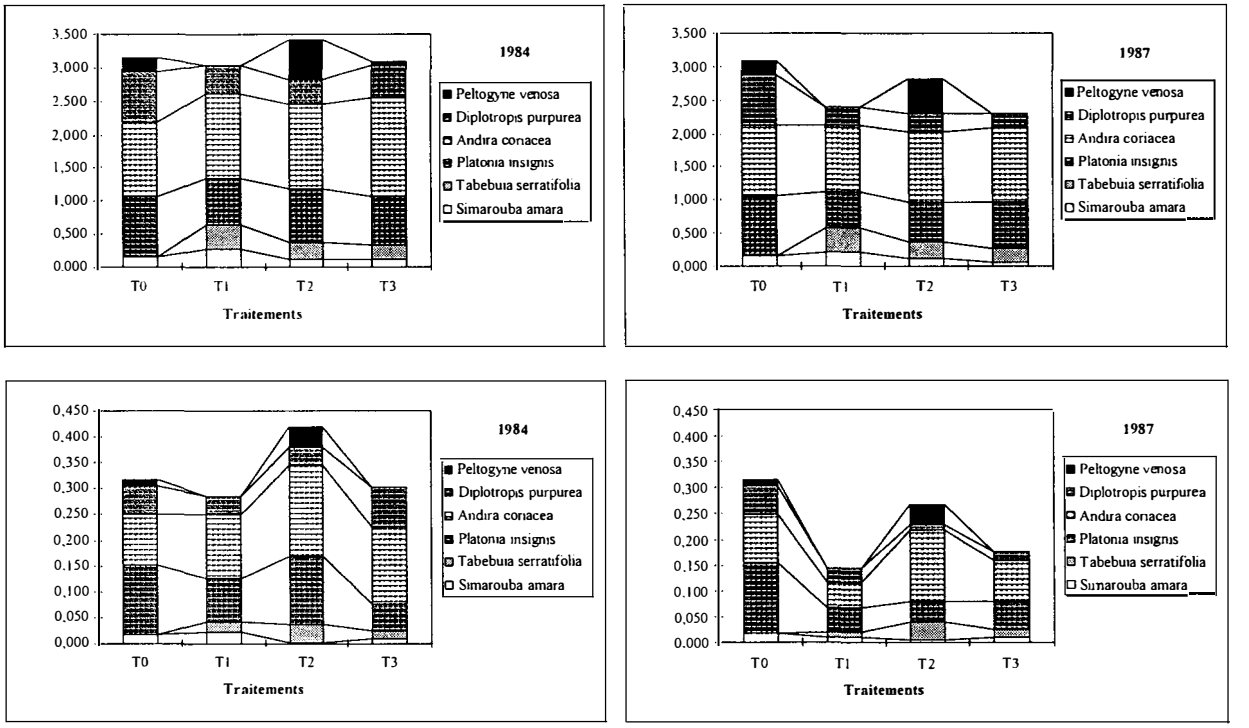


Fig.90. Importance relative des six "populations", en 1984 et en 1987 : (a) et (b) du point de vue des effectifs ; (c) et (d) : du point de vue de la surface terrière.

4.12.2. Structure diamétrique

La figure 91 montre l'évolution de la structure diamétrique de l'ensemble des six espèces dans les différents traitements (voir également les tableaux a42 et a43 en annexe 1, qui distinguent les cinq premières espèces de l'espèce *Simarouba amara*). Cet histogramme est fourni à titre indicatif. Réalisé espèce par espèce, il révèle une distribution plus ou moins erratique des individus dans les classes et est difficile à exploiter.

Diplotropis purpurea (Coeur dehors), *Andira coriacea* (Saint-Martin rouge) et *Platonia insignis* (Parcouri) sont susceptibles d'atteindre de gros diamètres (individus de plus 70 cm) : on constate même chez ces deux dernières espèces une tendance au sur-stockage en T1/T3 et dans le T2 respectivement. Les trois autres espèces ne possèdent pas de représentants de plus de 60 cm sur le site.

Les calculs du taux de reconstitution du stock des individus exploités selon la méthode exposée au § 2.1 figurent dans le tableau a48 en annexe 1. Chez toutes ces espèces, le DME retenu à Paracou a été de 50 cm, excepté chez le Parcouri (DME = 60 cm). Cette dernière espèce est la seule chez laquelle s'est produite depuis 1988 une alimentation des grandes classes, et uniquement dans le traitement 2 : 27 ans seraient nécessaires, dans ce cas particulier, pour récupérer le stock exploité.

4.12.3. Recrutement et mortalité

Les tableaux a44 et a45 en annexe 1 présentent les données de recrutement et de mortalité (toutes causes confondues) en effectifs absolus, ainsi qu'en pourcentage des populations, respectivement des cinq premières espèces et de *Simarouba amara*. La figure 92 montre le recrutement cumulé observé depuis 1984 chez chacune des six espèces. On voit qu'il est très rare dans les parcelles témoins, un peu moins chez le Saint-Martin rouge (*Andira coriacea*) et le Coeur dehors (*Diplotropis purpurea*). Les traitements semblent avoir eu un léger effet mais pas systématiquement. Les espèces qui paraissent les plus sensibles aux ouvertures et qui ont le plus franchement réagi sont le Saint-Martin rouge et surtout le Simarouba. Nous avons comparé, pour cette dernière espèce, l'évolution de l'importance dans le peuplement et dans le recrutement : la figure 93 illustre bien son comportement héliophile.

Si l'on compare mortalité et recrutement à partir de 1987, on voit que :

- l'Amarante parvient à compenser ses pertes excepté en T2,
- le Saint-Martin rouge compense largement ses pertes en T2 et en T3, il les équilibre en T1. Sur les parcelles témoins, les effectifs sont en légère augmentation par rapport à 1987 ;
- le Parcouri augmente légèrement ses effectifs en T1 et en T2, compense ses pertes post-exploitation en T3 mais perd des effectifs en T0 (mortalité entre 1995 et 1997) ;
- le Coeur dehors compense ses pertes en T0 mais pas en T1, il augmente légèrement ses effectifs en T3 ;
- l'Ebène verte ne compense ses pertes ni en T2 ni en T3.

Globalement, sur l'ensemble de ces cinq espèces, les pertes par mortalité depuis 1987 sont largement compensées par le recrutement sur T0, T2 et T3. Elles sont équilibrées en T1.

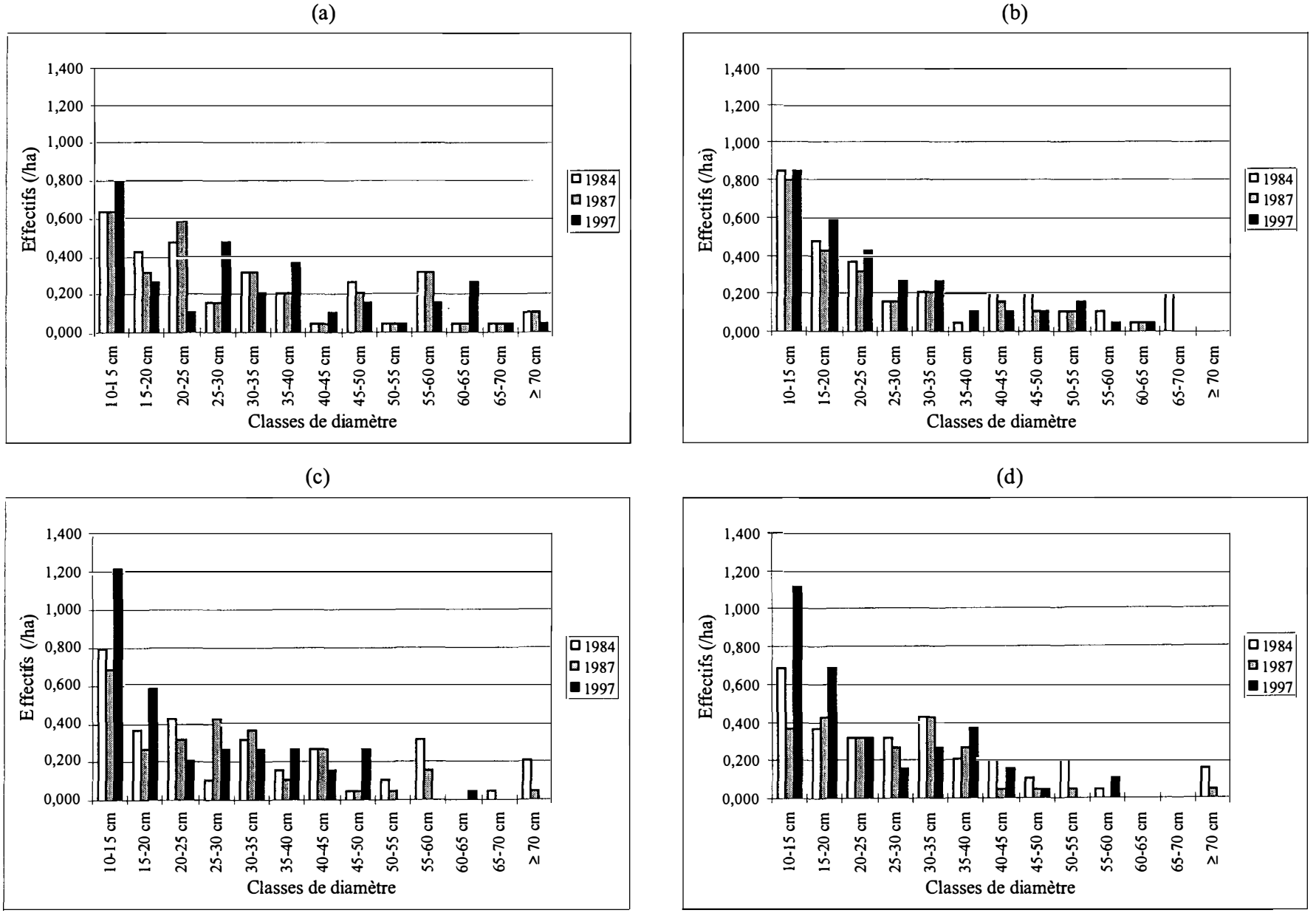


Fig.91. Evolution de la structure diamétrique des six populations de *Peltogyne venosa*, *Diplotropis purpurea*, *Andira coriacea*, *Platonia insignis*, *Tabebuia serratifolia* et *Simarouba amara* dans les différents groupes de parcelles. (a) Parcelles témoins. (b) Parcelles du traitement 1. (c) Parcelles du traitement 2. (d) Parcelles du traitement 3.

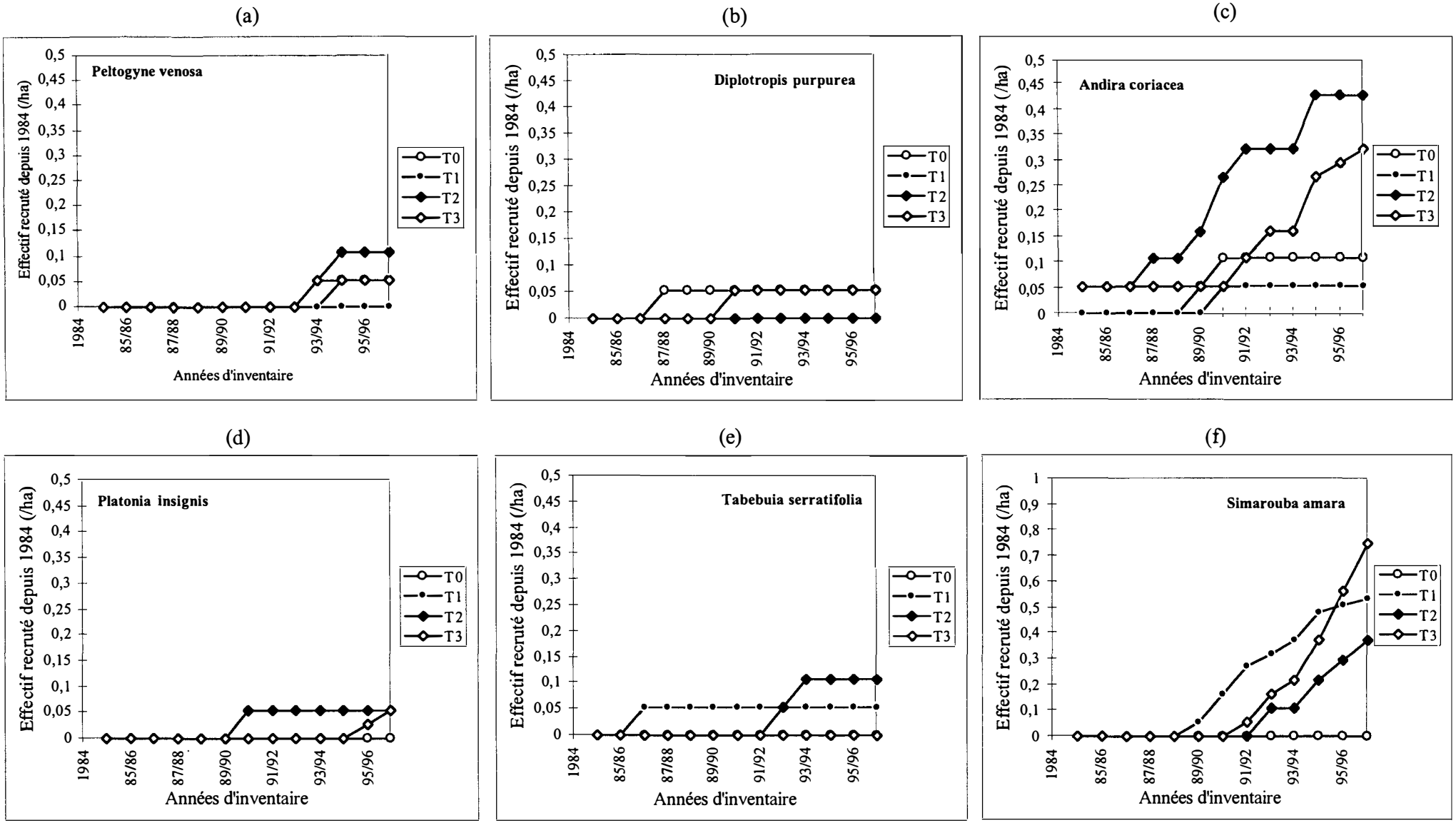


Fig.92. Recrutement cumulé depuis 1984, en fonction des traitements : (a) chez *Peltogyne venosa* ; (b) chez *Diplotropis purpurea* ; (c) chez *Andira coriacea* ; (d) chez *Platonia insignis ; (e)* chez *Tabebuia serratifolia ; (f)* chez *Simarouba amara.* NB : l'échelle de l'axe des ordonnées n'est pas la même chez cette dernière espèce.

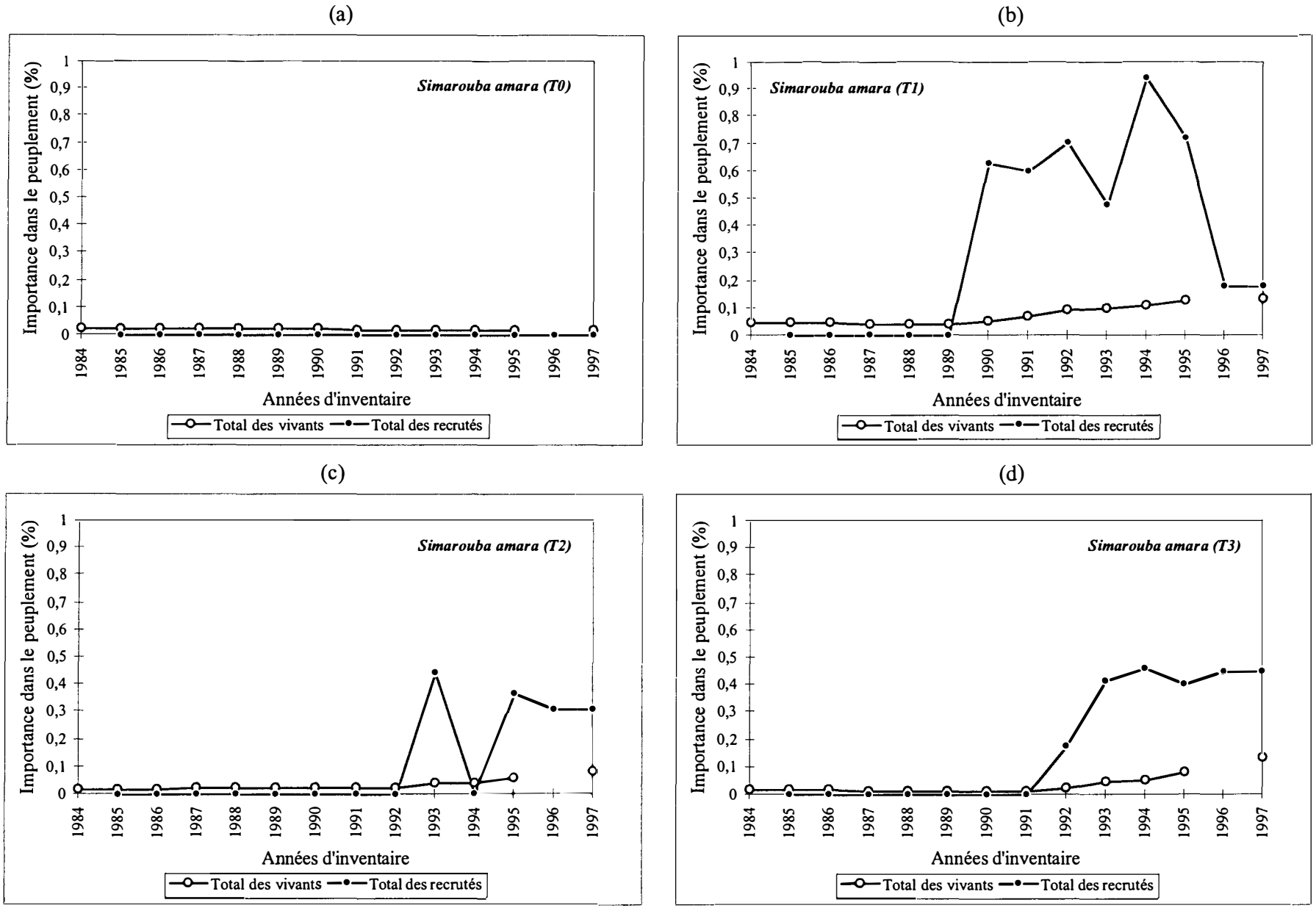


Fig.93. Evolution de l'importance de l'espèce *Simarouba amara* dans le peuplement total et dans le peuplement recruté. (a) Dans les parcelles témoins. (b) Dans les parcelles du traitement 1. (c) Dans les parcelles du traitement 2. (d) Dans les parcelles du traitement 3.

Les taux de mortalité moyens sur la période 1988/1989 à 1996/1997 ont été estimés à l'aide de la formule [4] (cf. § 2.3). Les calculs ont été effectués tous diamètres confondus, mais également pour la fraction des populations dont le diamètre est compris entre 30 et 50 cm (resp. 40 et 60 cm pour le Parcouri) : dans ce cas, seule la mortalité naturelle est prise en compte et toutes les campagnes disponibles (1984/1985 à 1996/1997) sont utilisées (cf. § 4.1.3, la remarque faite pour l'Angélique). Les résultats obtenus sont les suivants.

Tableau 59. Taux de mortalité moyens observés chez les six espèces *Peltogyne venosa*, *Diplotropis purpurea*, *Andira coriacea, Platonia insignis*, *Tabebuia serratifolia* et *Simarouba amara*.. Tous diamètres : entre 1988/1989 et 1996/1997. 30-50 cm et/ou 40-60 cm : entre 1984/1985 et 1996/1997.

Classes de diam. / traitements	T_0	T_1	T_2	T_3
Peltogyne venosa (DME : 50 cm)				
Tous diamètres	0,00 %	-	2,67 %	0,00 %
30-50 cm de diamètre	0,00 %	-	2,78 %	0,00 %
Diplotropis purpurea (DME : 50 cm)				
Tous diamètres	0,77 %	2,70 %	0,00 %	0,00 %
30-50 cm de diamètre	0,00 %	0,93 %	0,00 %	0,00 %
Andira coriacea (DME : 50 cm)				
Tous diamètres	0,52 %	0,58 %	0,52 %	1,08 %
30-50 cm de diamètre	2,19 %	0,00 %	1,02 %	2,19 %
Platonia insignis (DME : 60 cm)				
Tous diamètres	1,7 %	0,00 %	0,00 %	0,86 %
40-60 cm de diamètre	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
Tabebuia serratifolia (DME : 50 cm)				
Tous diamètres	-	0,00 %	6,06 %	2,78 %
30-50 cm de diamètre	-	0,00 %	0,00 %	3,85 %
Simarouba amara (DME : 50 cm)				
Tous diamètres	4,76 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
30-50 cm de diamètre	-	0,00 %	0,00 %	0,00 %

4.12.4. Accroissements

Les six espèces étudiées présentent un effectif trop faible pour pouvoir faire séparément l'objet d'une analyse de leurs accroissements. Nous présentons donc ci-dessous des données relatives aux groupes de croissance dans lesquels Gourlet-Fleury (1997) a classé chacune de ces espèces à savoir :

- l'Amarante, le Coeur dehors et le Parcouri dans le groupe g2.4 des espèces à taille potentielle moyenne à grande, présentant une faible sensibilité au statut social ;
- le Saint-Martin rouge et l'Ebène verte dans le groupe g4.2 des espèces à taille potentielle moyenne à grande, présentant une sensibilité moyenne à forte au statut social ;
- le Simarouba dans le groupe g3.2 des espèces à grande taille potentielle, présentant une sensibilité moyenne à forte au statut social.

Les accroissements moyens annuels observés chez ces différents groupes sont présentés dans les tableaux 60, 61 et 62, illustrés par les figures 94, 95 et 96 pages suivantes.

Tableau 60. Evolution des accroissements moyens annuels des espèces du groupe g2.4 (qui comprend notamment *Peltogyne venosa*, *Diplotropis purpurea* et *Platonia insignis*) à Paracou. Les calculs ont été effectués sur des individus ne présentant aucune anomalie sur la circonférence. N représente l'effectif sur lequel le calcul a été effectué. ΔD est l'accroissement moyen annuel calculé sur une période de deux ans (cm/an). L'indice accolé à N et ΔD indique le traitement concerné.

1984/1986								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	336	0,149	257	0,108	224	0,109	337	0,120
20-30	181	0,202	165	0,177	149	0,179	215	0,176
30-40	156	0,204	76	0,118	99	0,191	173	0,153
40-50	94	0,146	60	0,157	69	0,138	80	0,158
50-60	67	0,157	43	0,067	44	0,136	53	0,114
>=60	34	0,138	42	0,127	27	0,080	46	0,100
Moyenne		**0,170**		**0,130**		**0,143**		**0,142**
1989/1991								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	321	0,123	225	0,244	200	0,384	239	0,383
20-30	188	0,209	144	0,279	127	0,367	170	0,389
30-40	147	0,152	86	0,215	101	0,371	159	0,299
40-50	100	0,177	53	0,218	53	0,362	58	0,338
50-60	58	0,147	24	0,249	*2*	*0,477*	8	0,328
>=60	39	0,249	18	0,371	.	.	.	.
Moyenne		**0,161**		**0,250**		**0,375**		**0,358**
1991/1993								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	333	0,178	234	0,289	204	0,430	260	0,407
20-30	192	0,247	144	0,338	144	0,476	173	0,421
30-40	156	0,246	95	0,293	99	0,379	158	0,325
40-50	102	0,240	56	0,290	59	0,483	70	0,365
50-60	69	0,202	27	0,268	*4*	*0,418*	11	0,354
>=60	42	0,205	20	0,259	1	.	1	.
Moyenne		**0,215**		**0,300**		**0,439**		**0,386**
1993/1995								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	341	0,133	237	0,254	210	0,360	285	0,383
20-30	199	0,180	144	0,234	153	0,366	190	0,373
30-40	154	0,137	99	0,199	100	0,301	162	0,312
40-50	107	0,148	56	0,186	60	0,386	75	0,325
50-60	70	0,128	27	0,150	8	0,388	13	0,263
>=60	42	0,163	23	0,218	1	.	1	.
Moyenne		**0,147**		**0,227**		**0,354**		**0,357**
1995/1997								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	340	0,146	238	0,255	226	0,332	323	0,388
20-30	199	0,201	143	0,267	151	0,396	194	0,393
30-40	156	0,208	99	0,260	101	0,310	157	0,326
40-50	110	0,171	54	0,262	62	0,326	80	0,334
50-60	67	0,163	29	0,258	12	0,584	14	0,347
>=60	45	0,159	25	0,280	1	.	1	.
Moyenne		**0,173**		**0,260**		**0,350**		**0,370**

Tableau 61. Evolution des accroissements moyens annuels des espèces du groupe g4.2 (qui comprend notamment *Andira coriacea* et *Tabebuia serratifolia*) à Paracou. Les calculs ont été effectués sur des individus ne présentant aucune anomalie sur la circonférence. N représente l'effectif sur lequel le calcul a été effectué. ΔD est l'accroissement moyen annuel calculé sur une période de deux ans (cm/an). L'indice accolé à N et ΔD indique le traitement concerné.

1984/1986								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	285	0,210	266	0,223	263	0,198	205	0,200
20-30	151	0,268	145	0,319	145	0,255	98	0,286
30-40	75	0,271	77	0,317	82	0,266	56	0,288
40-50	24	0,252	28	0,264	26	0,266	25	0,312
50-60	8	0,308	6	0,199	7	0,227	9	0,088
>=60	*4*	*0,438*	6	0,345	6	0,292	5	0,605
Moyenne		**0,239**		**0,266**		**0,229**		**0,243**
1989/1991								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	278	0,229	258	0,456	240	0,586	165	0,595
20-30	148	0,309	148	0,460	146	0,594	95	0,480
30-40	85	0,304	82	0,400	89	0,510	57	0,525
40-50	19	0,235	23	0,284	25	0,468	14	0,563
50-60	9	0,274	2	.	1	.	.	.
>=60	6	0,438	2	.	.	.	.	.
Moyenne		**0,266**		**0,440**		**0,569**		**0,548**
1991/1993								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	284	0,223	275	0,431	263	0,577	178	0,584
20-30	160	0,326	153	0,461	158	0,586	96	0,456
30-40	86	0,295	95	0,364	86	0,482	67	0,416
40-50	26	0,226	26	0,373	33	0,444	15	0,377
50-60	9	0,380	2	.	2	.	2	.
>=60	6	0,451	1	.	.	.	.	.
Moyenne		**0,268**		**0,425**		**0,556**		**0,509**
1993/1995								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	283	0,205	307	0,446	303	0,589	223	0,674
20-30	165	0,300	161	0,480	163	0,564	105	0,507
30-40	88	0,279	98	0,376	92	0,469	67	0,439
40-50	29	0,206	29	0,456	35	0,493	18	0,566
50-60	9	0,398	*4*	*0,657*	2	.	2	.
>=60	6	0,252	*3*	*0,371*	.	.	.	.
Moyenne		**0,247**		**0,445**		**0,558**		**0,589**
1995/1997								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	272	0,237	339	0,438	377	0,617	317	0,676
20-30	162	0,339	169	0,467	157	0,512	112	0,497
30-40	93	0,336	98	0,325	103	0,515	70	0,430
40-50	26	0,263	31	0,406	35	0,471	15	0,509
50-60	10	0,430	8	0,477	*4*	*0,816*	*3*	*0,345*
>=60	6	0,279	7	0,341	.	.	.	.
Moyenne		**0,287**		**0,427**		**0,570**		**0,597**

Tableau 62. Evolution des accroissements moyens annuels des espèces du groupe g3.2 (qui comprend notamment *Simarouba amara*) à Paracou. Les calculs ont été effectués sur des individus ne présentant aucune anomalie sur la circonférence. N représente l'effectif sur lequel le calcul a été effectué. ΔD est l'accroissement moyen annuel calculé sur une période de deux ans (cm/an). L'indice accolé à N et ΔD indique le traitement concerné.

1984/1986								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	40	0,384	33	0,347	19	0,235	13	0,459
20-30	14	0,358	16	0,676	14	0,472	6	0,570
30-40	4	0,438	16	0,716	8	0,497	12	0,610
40-50	10	0,470	15	0,658	8	0,657	8	0,657
50-60	9	0,363	12	0,431	*3*	*0,345*	8	0,259
>=60	9	0,292	7	0,659	*4*	*0,298*	*4*	*0,099*
Moyenne		**0,380**		**0,539**		**0,402**		**0,479**
1989/1991								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	36	0,385	25	0,583	15	0,881	8	0,955
20-30	16	0,557	13	0,771	14	1,125	6	1,618
30-40	5	0,828	13	0,937	6	0,889	8	0,836
40-50	7	0,568	15	0,711	5	1,178	9	0,964
50-60	9	0,707	7	0,784	*4*	*1,054*	*4*	*0,895*
>=60	8	0,249	4	0,875	.	.	1	.
Moyenne		**0,484**		**0,733**		**1,009**		**1,037**
1991/1993								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	37	0,366	34	0,674	16	0,880	13	1,328
20-30	19	0,771	14	0,637	13	1,145	*4*	*0,955*
30-40	6	0,875	12	1,220	9	1,424	7	1,569
40-50	8	1,064	18	0,778	*4*	*0,935*	9	0,787
50-60	9	0,531	6	0,610	5	0,748	6	1,154
>=60	9	0,504	*4*	*0,657*	.	.	2	.
Moyenne		**0,582**		**0,759**		**1,048**		**1,181**
1993/1995								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	34	0,358	42	0,722	20	0,573	22	1,049
20-30	19	0,637	15	0,690	14	1,177	8	1,184
30-40	6	1,035	10	0,684	10	1,353	5	2,069
40-50	8	0,816	22	0,901	2	.	10	1,011
50-60	13	0,704	8	0,766	6	0,875	5	0,780
>=60	8	0,199	5	1,019	.	.	*3*	*0,690*
Moyenne		**0,543**		**0,770**		***0,934***		**1,113**
1995/1997								
Diam (cm)	N_0	ΔD_0	N_1	ΔD_1	N_2	ΔD_2	N_3	ΔD_3
10-20	32	0,368	50	0,535	33	0,748	42	1,006
20-30	19	0,863	18	0,964	11	1,071	8	1,005
30-40	6	0,862	9	0,566	8	1,144	*3*	*1,300*
40-50	7	1,103	19	1,160	5	1,114	11	1,447
50-60	14	0,716	10	1,019	6	0,915	8	0,806
>=60	9	0,557	6	0,942	1	.	*3*	*1,406*
Moyenne		**0,645**		**0,777**		**1,048**		**1,077**

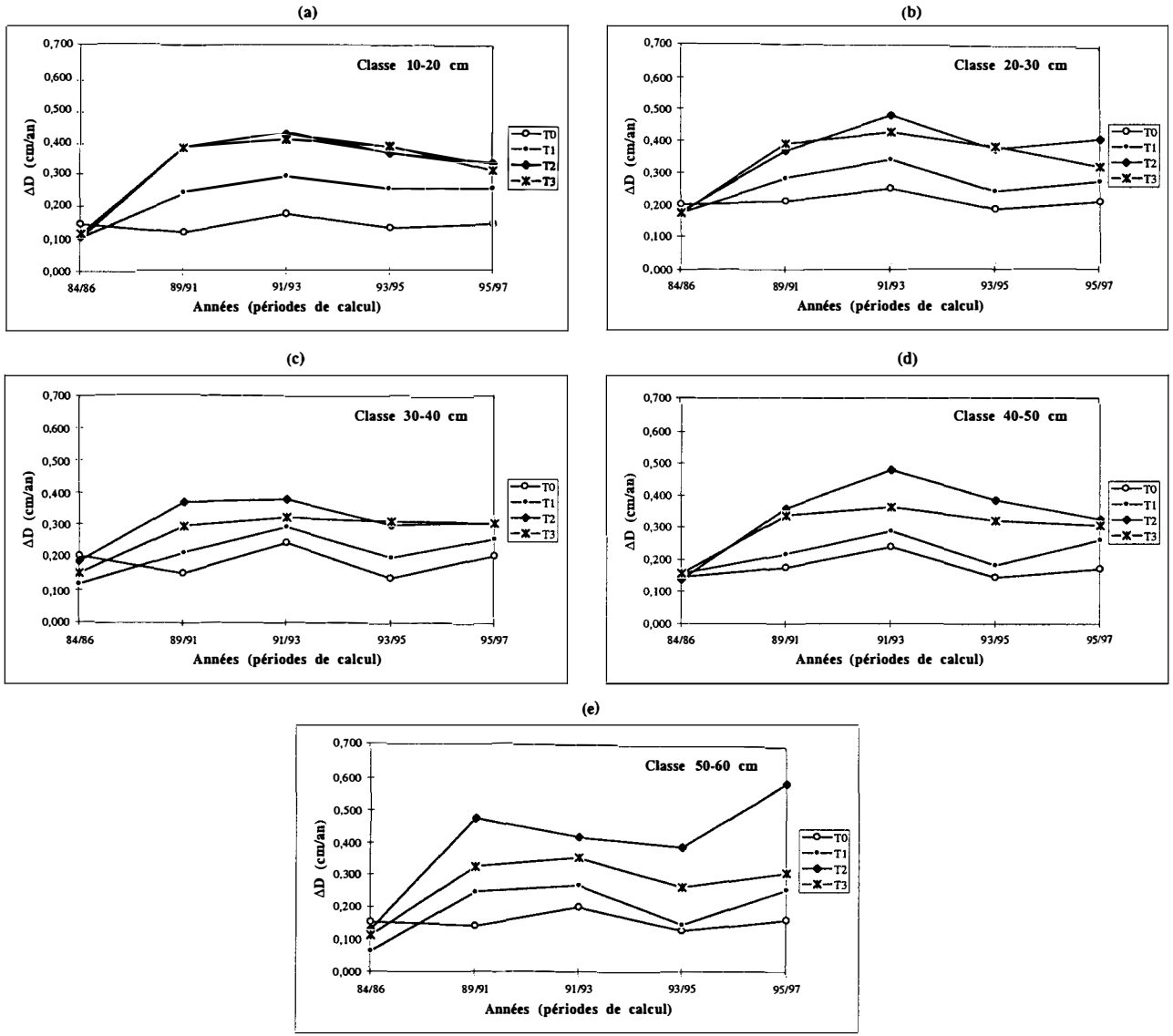


Fig.94. Accroissement moyen annuel (représenté par périodes de deux ans) en diamètre des individus appartenant au groupe g2.4 et ne présentant pas d'anomalie de circonférence. (a) classe de diamètre 10-20 cm ; (b) classe de diamètre 20-30 cm ; (c) classe de diamètre 30-40 cm ; (d) classe de diamètre 40-50 cm ; (e) classe de diamètre 50-60 cm. NB : les ΔD calculés dans la dernière classe de diamètre, dans les parcelles du traitement 2, le sont sur un effectif très réduit (en particulier dans les parcelles traitées) et doivent être considérés avec prudence.

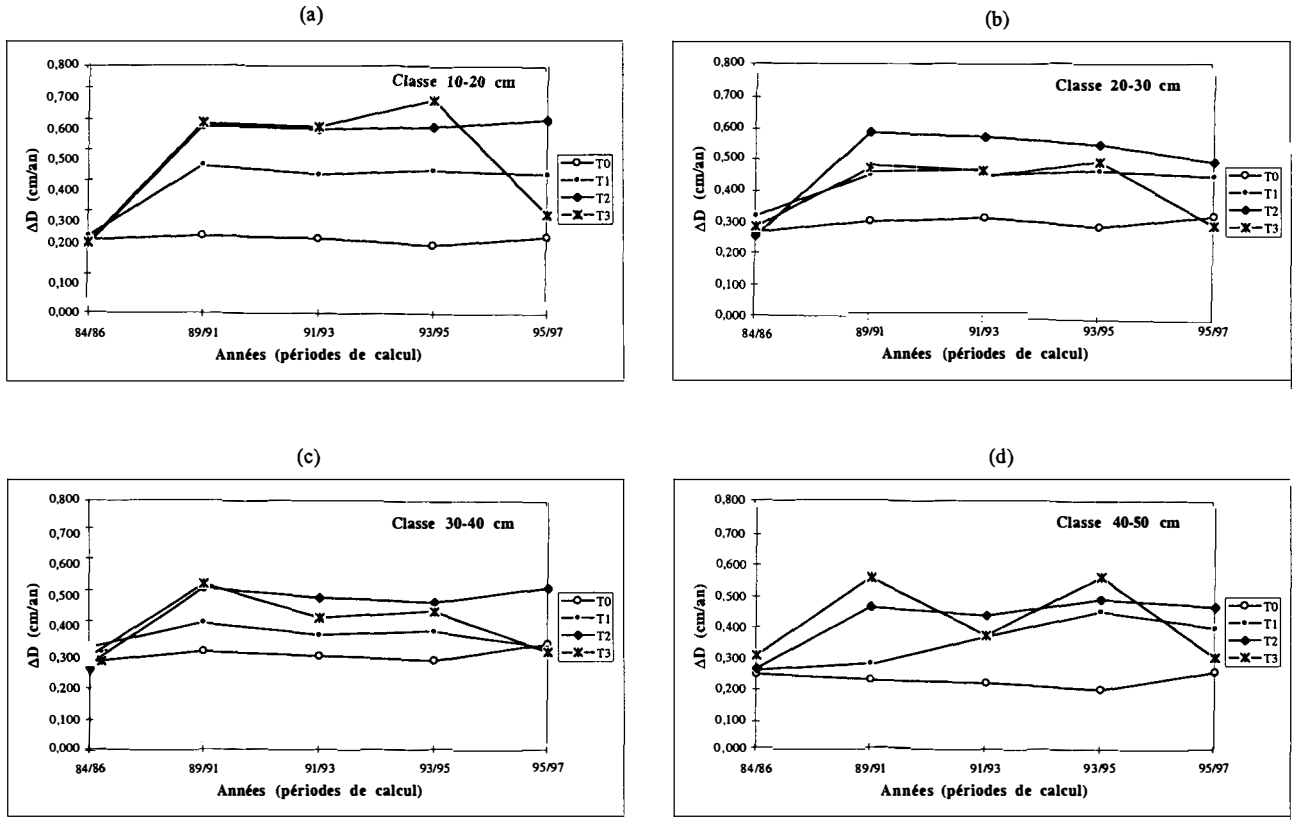


Fig.95. Accroissement moyen annuel (représenté par périodes de deux ans) en diamètre des individus appartenant au groupe g4.2 et ne présentant pas d'anomalie de circonférence. (a) classe de diamètre 10-20 cm ; (b) classe de diamètre 20-30 cm ; (c) classe de diamètre 30-40 cm ; (d) classe de diamètre 40-50 cm ; (e) classe de diamètre 50-60 cm. NB : les ΔD calculés dans la dernière classe de diamètre, dans les parcelles du traitement 2, le sont sur un effectif très réduit (en particulier dans les parcelles traitées) et doivent être considérés avec prudence.

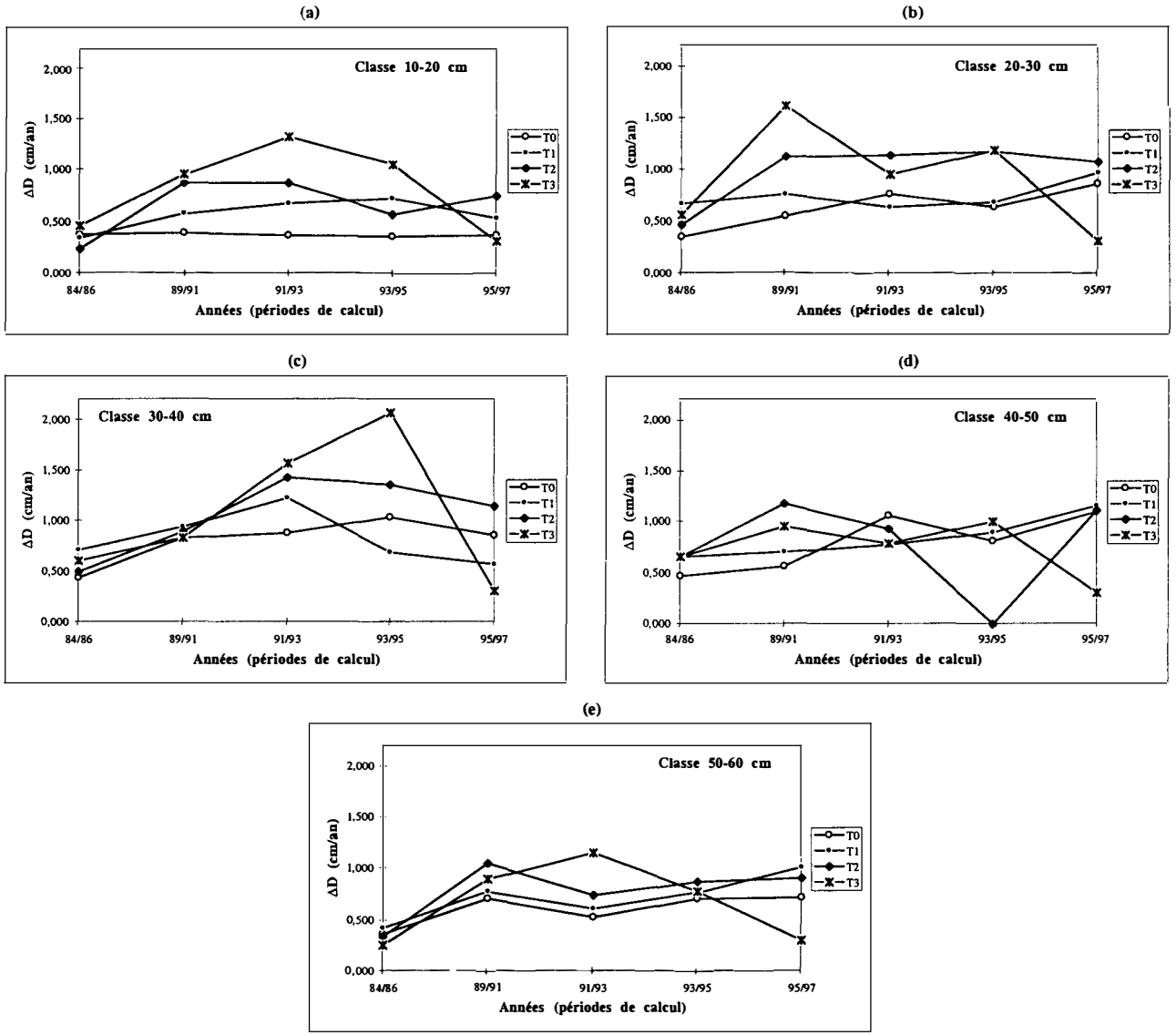


Fig.96. Accroissement moyen annuel (représenté par périodes de deux ans) en diamètre des individus appartenant au groupe g3.2 et ne présentant pas d'anomalie de circonférence. (a) classe de diamètre 10-20 cm ; (b) classe de diamètre 20-30 cm ; (c) classe de diamètre 30-40 cm ; (d) classe de diamètre 40-50 cm ; (e) classe de diamètre 50-60 cm.

4.12.5. Bilan

Les tableaux a46 et a47 en annexe 1 informent sur l'évolution du bilan et de ses différentes composantes dans chaque traitement (*i*) en valeurs instantanées et (*ii*) en valeurs cumulées depuis 1984 (voir aussi les figures a31 et a32). La figure 97, page suivante, montre l'évolution comparée des bilans cumulés absolu et relatif (/ 1988).

Sur les parcelles témoins, la chute du bilan cumulé à partir de 1995 est liée à la mortalité enregistrée chez le Parcouri.

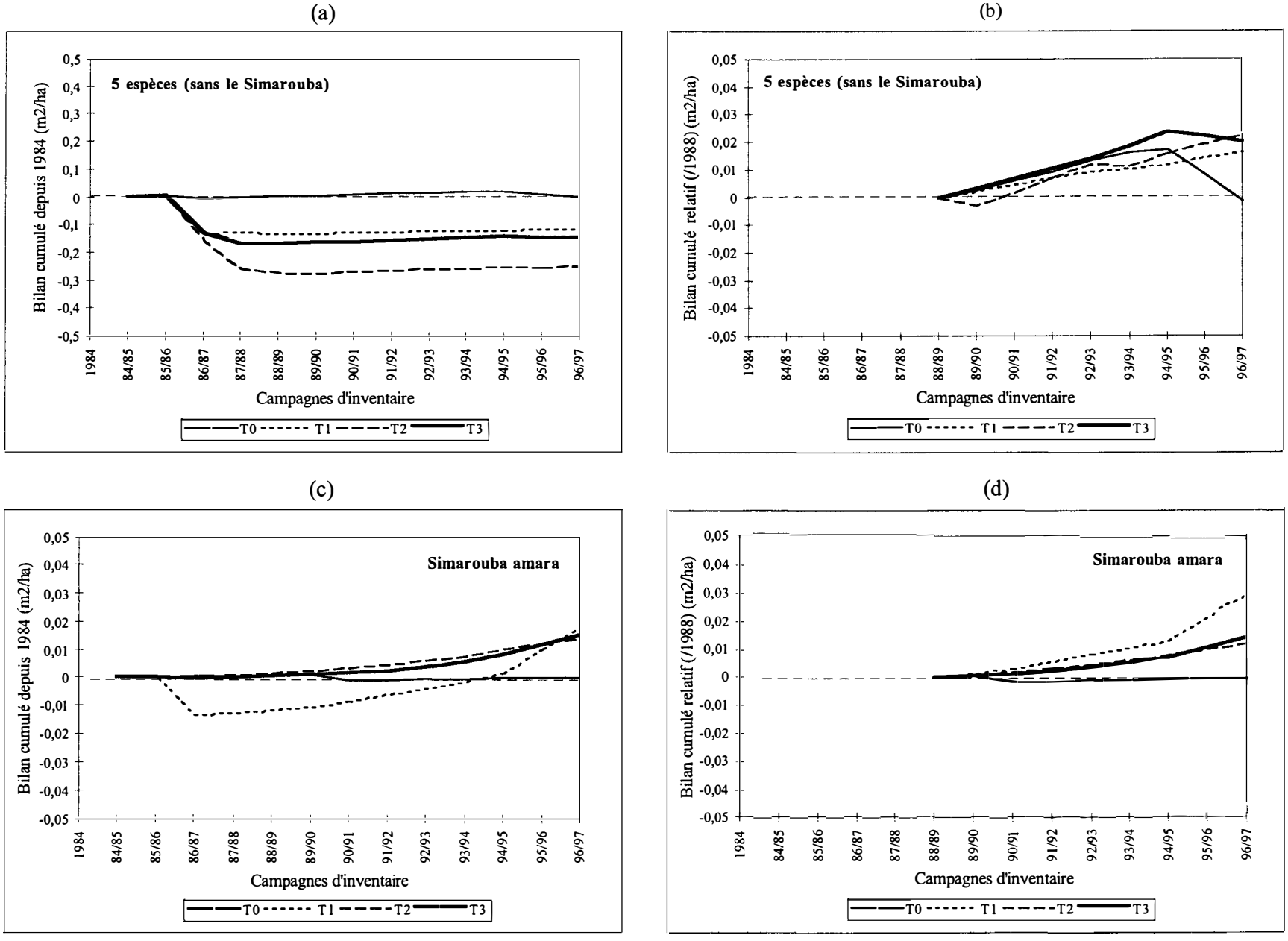


Fig.97. Comparaison, chez plusieurs espèces, des bilans cumulés dans les différents traitements : cumul à partir de 1984 et cumul relatif à partir de 1988, année prise comme référence "0". (a) et (b) Ensemble des cinq espèces *Peltogyne venosa, Diplotropis purpurea, Andira coriacea, Platonia insignis, Tabebuia serratifolia* ; (c) et (d) *Simarouba amara.*

En ce qui concerne les cinq premières espèces, sur la période 1989-1997, le bilan moyen annuel en surface terrière est de (voir tableau 63 ci-dessous) : 0,0021 m2/ha (T1), 0,0030 m2/ha (T2) et 0,0026 (T3). En 1989, les différents groupes de parcelles avaient perdu resp. 0,1307 m2/ha (T1), 0,2695 m2/ha (T2) et 0,1644 m2/ha (T3). Au rythme actuel, il faudrait resp. 62 ans (T1), 90 ans (T2) et 63 ans (T3) pour revenir quantitativement à l'état initial. On voit que les résultats sont très sensibles à la période de calcul : le problème vient essentiellement de la période 1988/1989 durant laquelle les bilans instantanés ont été négatifs (voir tableau a46 en annexe 1).

Tableau 63. Calcul de la durée de reconstitution de la surface terrière initiale des 5 premières espèces, en prenant en compte différentes périodes de référence (voir le tableau a46 en annexe 1). La durée indiquée est un **minimum**.

Période de référence	Bilan moyen annuel (m2/ha)			Perte en surface terrière entre 1984 et le début de la période de calcul (m2/ha)			Temps minimum écoulé avant retour (quantitatif) à l'état initial (années)		
Traitement	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1989-1997	**0,0021**	**0,0030**	**0,0026**	**0,1307**	**0,2695**	**0,1644**	**62,2**	**89,8**	**63,2**
1989-1996	0,0020	0,0029	0,0031	0,1307	0,2695	0,1644	65,4	92,9	53,0
1988-1997	0,0013	0,0009	0,0028	0,1266	0,2569	0,1644	97,4	285,4	58,7
1988-1996	0,0014	0,0013	0,0023	0,1266	0,2569	0,1644	90,4	197,6	71,5

En ce qui concerne le Simarouba, sur la période 1989-1997, le bilan moyen annuel en surface terrière est de (voir tableau 64 ci-dessous) : 0,0031 m2/ha (T1), 0,0016 m2/ha (T2) et 0,0018 (T3) (presque comparable, donc, à ceux des cinq autres espèces prises dans leur ensemble !). En 1989, le groupe T1 avait perdu 0,0114 m2/ha, qui ont été reconstitués dès 1993 (voir fig.97(c)). Dans les autres traitements, la surface terrière de l'espèce est en augmentation depuis 1989.

Tableau 64. Calcul de la durée de reconstitution de la surface terrière initiale de *Simarouba amara* en prenant en compte différentes périodes de référence (voir le tableau a47 en annexe 1). La durée indiquée est un **minimum**.

Période de référence	Bilan moyen annuel (m2/ha)			Perte en surface terrière entre 1984 et le début de la période de calcul (m2/ha)			Temps minimum écoulé avant retour (quantitatif) à l'état initial (années)		
Traitement	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1989-1997	**0,0031**	**0,0016**	**0,0018**	**0,0114**	-	-	**3,7**	-	-
1989-1996	0,0037	0,0015	0,0016	0,0114	-	-	3,1	-	-
1988-1997	0,0034	0,0015	0,0016	0,0121	-	-	3,6	-	-
1988-1996	0,0028	0,0014	0,0014	0,0121	-	-	4,3	-	-

4.12.6. - Simulations de la reconstitution du stock des gros individus

Les six espèces ont été traitées séparément. Le tableau 65 ci-dessous reprend les paramètres utilisés pour chacune d'entre elles dans les différentes simulations. NB. Chez *Platonia insignis* et *Simarouba amara*, aucune mortalité n'a été observée dans les classes de diamètre intermédiaires depuis 1984, nous avons donc arbitrairement fixé le taux maximum à 1%.

Tableau 65. Paramètres utilisés pour les simulations du taux de reconstitution des gros diamètres dans les populations des six espèces *Peltogyne venosa*, *Diplotropis purpurea*, *Andira coriacea, Platonia insignis*, *Tabebuia serratifolia* et *Simarouba amara.*

Paramètres	**Scénario 1**	**Scénario 2**	**Scénario 3**	**Scénario 4**
Peltogyne venosa (DME : 50 cm)				
ΔD des tiges d'avenir durant les 10 premières années	0,241 cm/an		0,358 cm/an	
ΔD des tiges d'avenir durant les années suivantes	0,184 cm/an		0,241 cm/an	
Mortalité chez les tiges d'avenir	0,00 %	2,78 %	0,00 %	2,78 %
Taux de dégâts (1986/1987) observés dans la classe 30-50 cm (pour info).	T0 et T1 : 0,00 %, T2 : 0,00 %, T3 : 0,00 %			
Diplotropis purpurea (DME : 50 cm)				
ΔD des tiges d'avenir durant les 10 premières années	0,241 cm/an		0,358 cm/an	
ΔD des tiges d'avenir durant les années suivantes	0,184 cm/an		0,241 cm/an	
Mortalité chez les tiges d'avenir	0,93 %			
Taux de dégâts (1986/1987) observés dans la classe 30-50 cm (pour info).	T0 et T1 : 50,00 %, T2 : 0,00 %, T3 : 60,00 %			
Andira coriacea (DME : 50 cm)				
ΔD des tiges d'avenir durant les 10 premières années	0,369 cm/an		0,488 cm/an	
ΔD des tiges d'avenir durant les années suivantes	0,284 cm/an		0,369 cm/an	
Mortalité chez les tiges d'avenir	0,00 %	2,94 %	0,00 %	2,94 %
Taux de dégâts (1986/1987) observés dans la classe 30-50 cm (pour info).	T0 et T1 : 0,00 %, T2 : 12,5 %, T3 : 0,00 %			

Platonia insignis (DME : 60 cm)				
ΔD des tiges d'avenir durant les 10 premières années	0,237 cm/an		0,399 cm/an	
ΔD des tiges d'avenir durant les années suivantes	0,170 cm/an		0,237 cm/an	
Mortalité chez les tiges d'avenir	0,00 %	1,00 %	0,00 %	1,00 %
Taux de dégâts (1986/1987) observés dans la classe 30-60 cm (pour info).	T0 et T1 : 33,33 %, T2 : 0,00 %, T3 : 0,00 %			
Tabebuia serratifolia (DME : 50 cm)				
ΔD des tiges d'avenir durant les 10 premières années	0,369 cm/an		0,488 cm/an	
ΔD des tiges d'avenir durant les années suivantes	0,284 cm/an		0,369 cm/an	
Mortalité chez les tiges d'avenir	0,00 %	3,85 %	0,00 %	3,85 %
Taux de dégâts (1986/1987) observés dans la classe 30-50 cm (pour info).	T0 et T1 : 50,00 %, T2 : 0,00 %, T3 : 0,00 %			
Simarouba amara (DME : 50 cm)				
ΔD des tiges d'avenir durant les 10 premières années	0,892 cm/an		1,192 cm/an	
ΔD des tiges d'avenir durant les années suivantes	0,805 cm/an		0,892 cm/an	
Mortalité chez les tiges d'avenir	0,00 %	1,00 %	0,00 %	1,00 %
Taux de dégâts (1986/1987) observés dans la classe 30-50 cm (pour info).	T0 et T1 : 0,00 %, T2 : 0,00 %, T3 : 0,00 %			

Les résultats de ces simulations figurent en annexe 2, tableaux a43 à a46 (*Peltogyne venosa*), tableaux a47 et a48 (*Diplotropis purpurea*), tableaux a49 à a52 (*Andira coriacea*), tableaux a53 à a56 (*Platonia insignis*), tableaux a57 à a60 (*Tabebuia serratifolia*), tableaux a61 à a64 (*Simarouba amara*).

On peut faire, pour ces différentes espèces, les remarques déjà faites à plusieurs reprises en ce qui concerne la fiabilité des prédictions au-delà d'une certaine période de temps écoulé : chez le Coeur dehors et l'Ebène verte, les prévisions obtenues au-delà de 80 ans sont à considérer avec précaution, même chose pour le Saint-Martin rouge et l'Amarante (80 ans, mais 60 ans dans les scénarios à forte croissance). Le Parcouri ne pose pas de problèmes particuliers. Par contre, chez le Simarouba où les accroissements enregistrés sont très importants, il faut considérer que les prévisions à plus de 30 ans ne sont plus guère fiables.

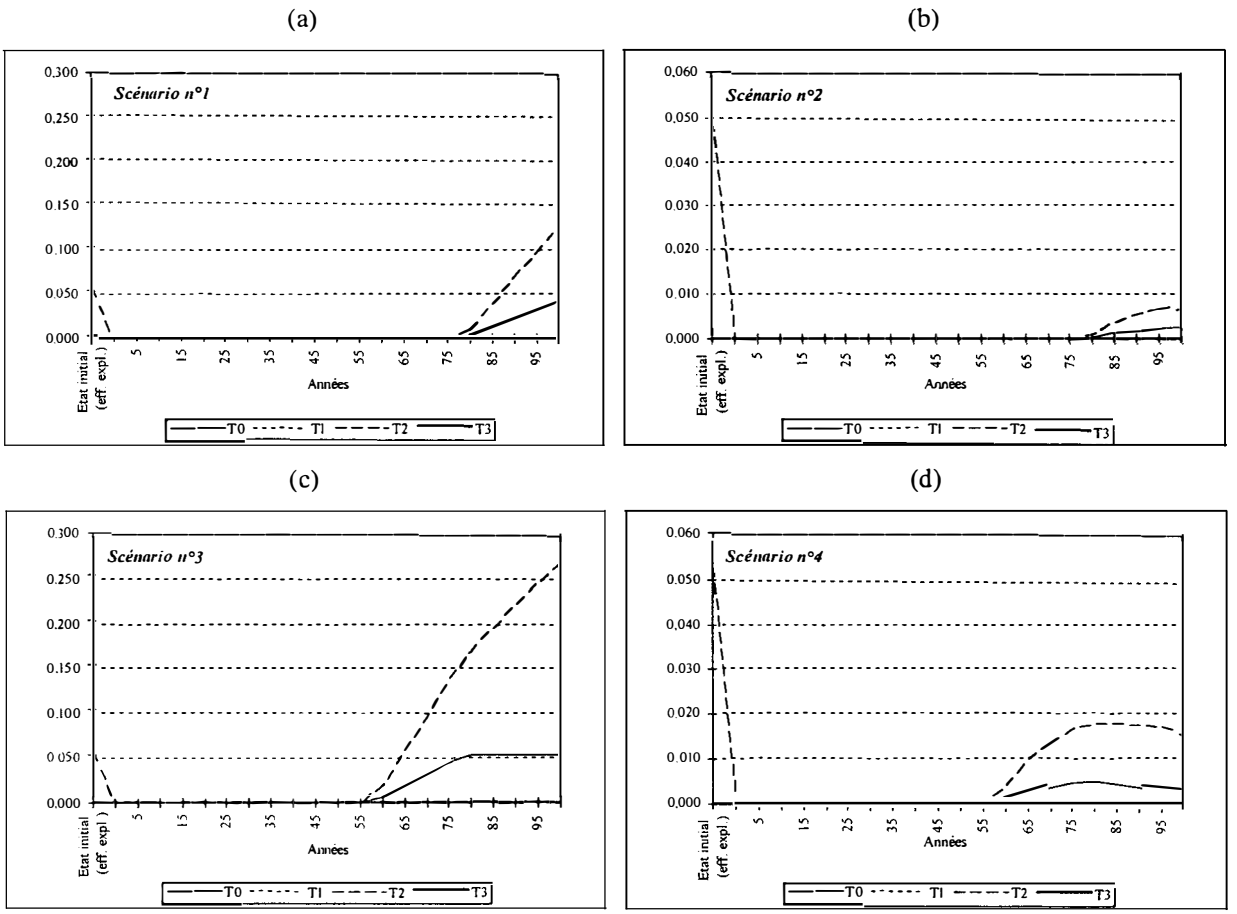


Fig.98. Evolution, après exploitation, des effectifs d'Amarantes de diamètre supérieur à 50 cm. (a) Cas du scénario 1. (b) Cas du scénario 2. (c) Cas du scénario 3. (d) Cas du scénario 4. Attention : l'échelle de l'axe des ordonnées dans les scénarios 1 et 3 diffère de celle des scénarios 2 et 4.

Chez l'Amarante, exploitée uniquement en T2 (un individu sur l'ensemble de la superficie), la reconstitution du stock est lente (90 ans pour le scénario 1, 65 ans pour le scénario 3, mais ces chiffres sont peu fiables : voir la remarque faite plus haut). L'obtention d'effectifs exploitables paraît impossible dans un délai raisonnable en T0, encore moins en T3 où l'espèce n'est pratiquement pas représentée.

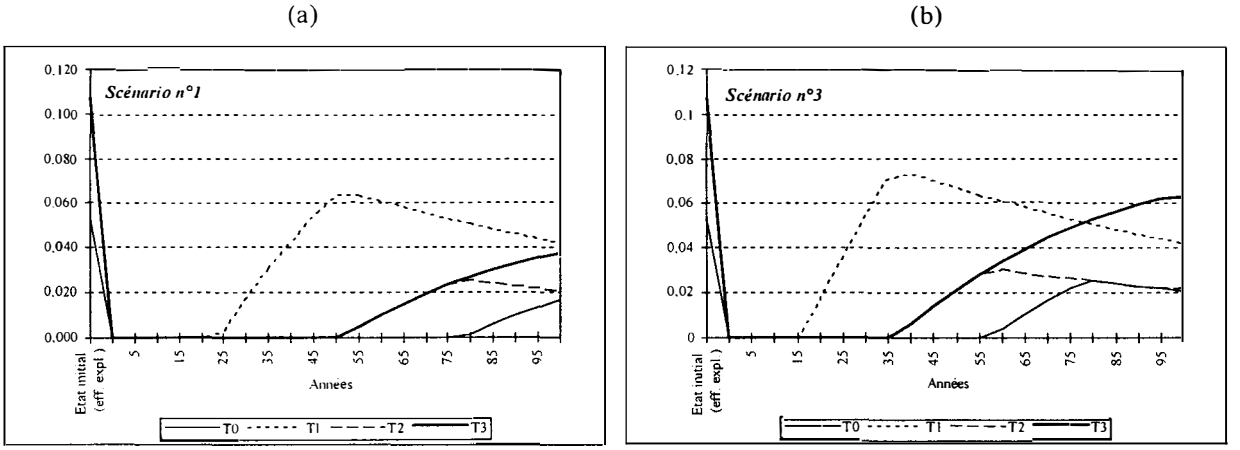


Fig.99. Evolution, après exploitation, des effectifs de Coeurs dehors de diamètre supérieur à 50 cm. (a) Cas du scénario 1. (b) Cas du scénario 3.

Chez le Coeur dehors, le stock exploité en T2 et en T3 n'est pas récupérable. Aucun individu exploitable n'est susceptible d'apparaître en T0, T2 ni T3 avant une cinquantaine d'années dans le scénario 1, une quarantaine dans le scénario 3. Seul le T1 pourrait fournir dans ce délai, et dans les deux cas, un individu de plus de 50 cm de diamètre. Au-delà de 50 ans (resp. 40 ans), la mortalité n'est plus compensée par l'apparition de nouveaux individus et l'on observe une décroissance des courbes d'évolution.

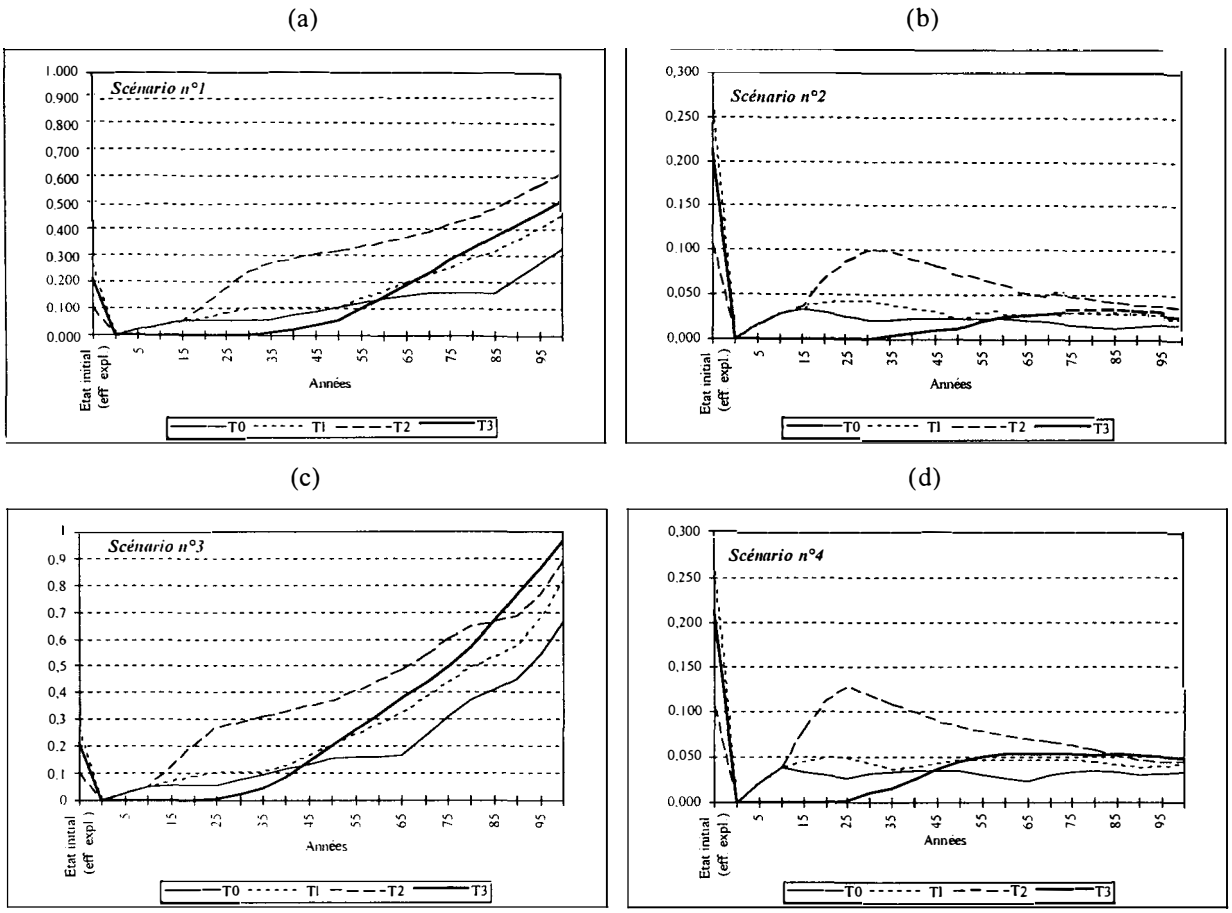


Fig.100. Evolution, après exploitation, des effectifs de Saint-Martin rouges de diamètre supérieur à 50 cm. (a) Cas du scénario 1. (b) Cas du scénario 2. (c) Cas du scénario 3. (d) Cas du scénario 4. Attention : l'échelle de l'axe des ordonnées dans les scénarios 1 et 3 diffère de celle des scénarios 2 et 4.

Chez le Saint-Martin rouge, dans le cas du scénario 1, tous les groupes de parcelles sont susceptibles de récupérer leur stock exploitable, dans un délai plus ou moins long : 20 ans dans le T2 qui a été peu exploité, 70 ans et 80 ans dans les T1 et T3 beaucoup plus touchés et 90 ans dans le T0 (mais résultats peu fiables : cf. la remarque faite plus haut). L'effectif exploité en T2 (deux individus sur l'ensemble de la superficie) est récupérable partout en moins de 60 ans.

Lorsque la mortalité est considérée à sa valeur maximale, on voit apparaître très rapidement un maximum sur les courbes d'évolution : entre 15 et 35 ans (resp. 10 et 25 ans dans le scénario 4), exception faite du T3. Dans ces conditions, on ne peut espérer récupérer que entre 1/3 et 2/3 de l'effectif mentionné plus haut.

L'utilisation de valeurs d'accroissement correspondant à des parcelles qui demeurent relativement ouvertes (scénario 3) a pour effet de réduire nettement les durées de reconstitution : on gagnerait entre 5 et 15 ans selon les cas. Il serait possible, dans tous les groupes de parcelles, d'exploiter 0,107 individu/ha en 45 ans.

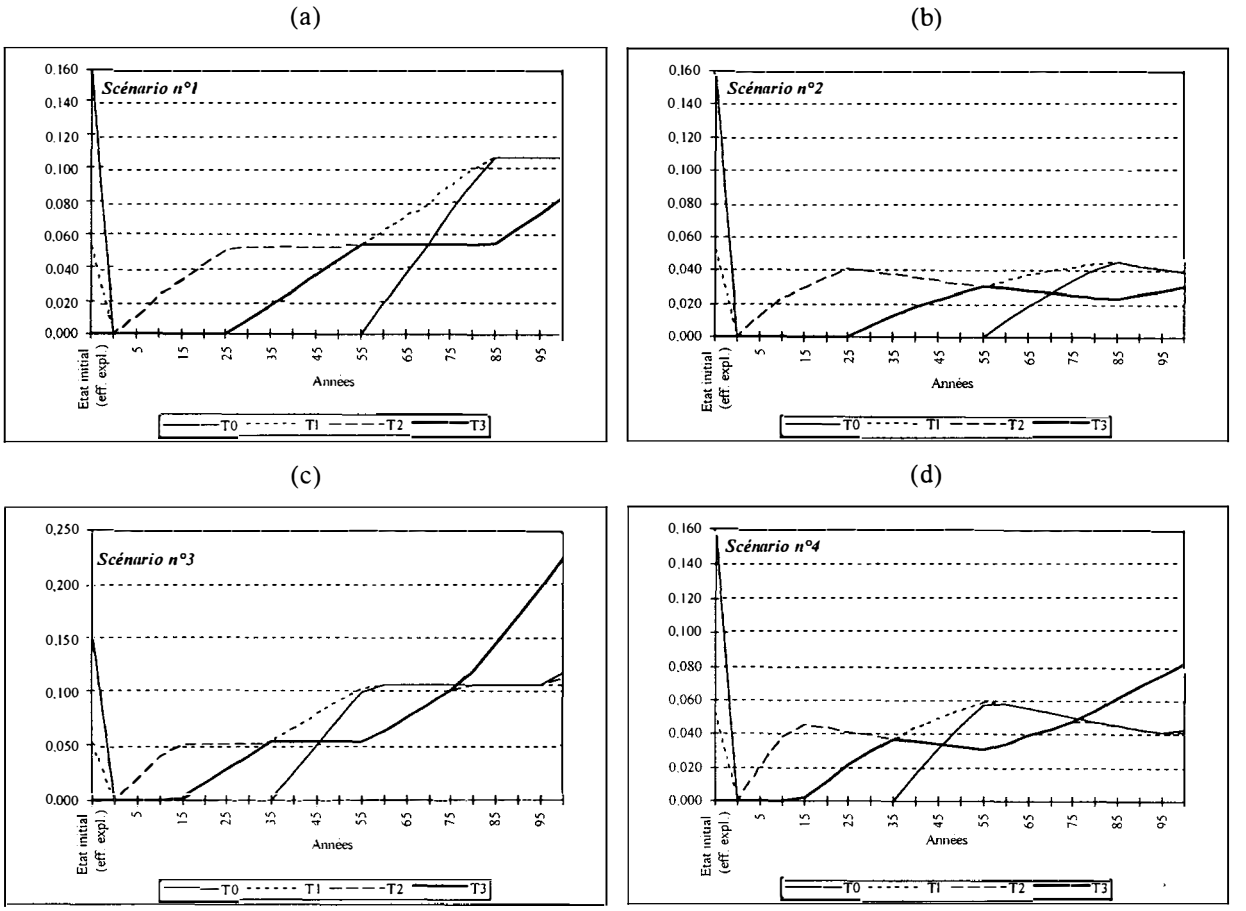


Fig.101. Evolution, après exploitation, des effectifs de Parcouris de diamètre supérieur à 60 cm. (a) Cas du scénario 1. (b) Cas du scénario 2. (c) Cas du scénario 3. (d) Cas du scénario 4. Attention : l'échelle de l'axe des ordonnées dans le scénario 3 diffère de celle des autres.

Chez le Parcouri, on ne peut retrouver le stock exploitable qu'en T1, où l'exploitation n'a prélevé qu'un individu sur l'ensemble de la surface : 55 ans seraient nécessaires dans le cas du scénario 1, 40 ans dans le cas du scénario 3. Le même effectif peut être récupéré dans les mêmes délais sur T2 et T3, et sur T0 uniquement dans le scénario 3. Lorsque l'on fixe le taux de mortalité à 1% on voit que cet effectif ne peut être récupéré que dans le scénario 4, et uniquement chez T0 et T1 (du moins dans un délai raisonnable). Il faut noter que les scénarios ne prévoyant pas la survenue de la mortalité (1 et 3) ne sont guère réalistes à moyen terme, sans que l'on sache vraiment dans quelle mesure ...

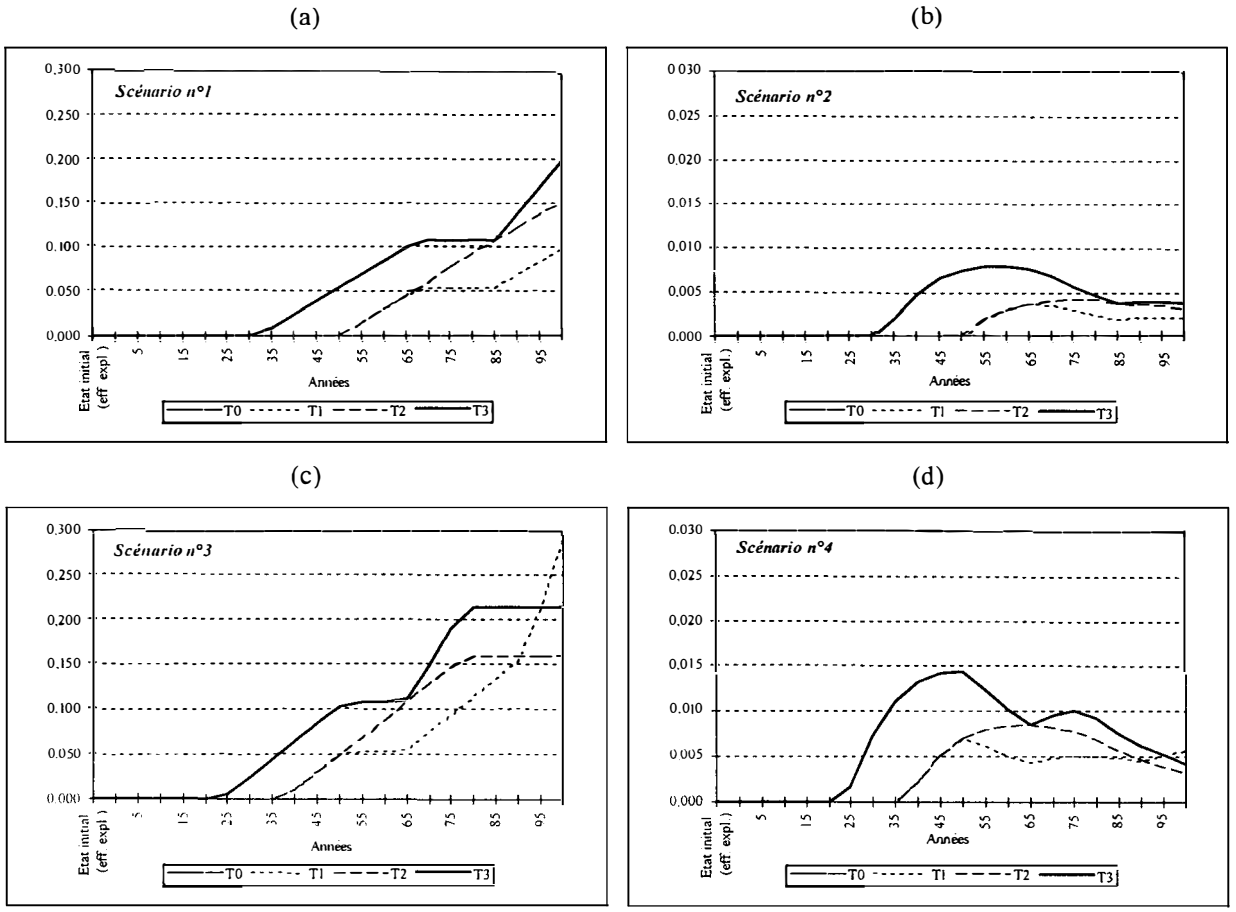


Fig.102. Evolution, après exploitation, des effectifs d'Ebènes vertes de diamètre supérieur à 50 cm. (a) Cas du scénario 1. (b) Cas du scénario 2. (c) Cas du scénario 3. (d) Cas du scénario 4. Attention : l'échelle de l'axe des ordonnées dans les scénarios 1 et 3 diffère de celle des scénarios 2 et 4.

Il n'y a pas eu d'Ebènes vertes exploitées à Paracou. Dans la configuration du T3, un individu de plus de 50 cm pourrait être prélevé au bout de 50 ans (sur l'ensemble de la superficie), mais ce n'est le cas nulle part ailleurs. Dans le cas du scénario 3, un individu au moins pourrait être prélevé partout en 50 ans, sauf en T0 où l'espèce est absente. Si la mortalité est prise à son taux maximum, on voit apparaître un maximum sur toutes les courbes d'évolution : aux alentours de 55 ans en T1 dans les scénarios 2 et 4, au-delà de 60 ans dans les autres groupes de parcelles.

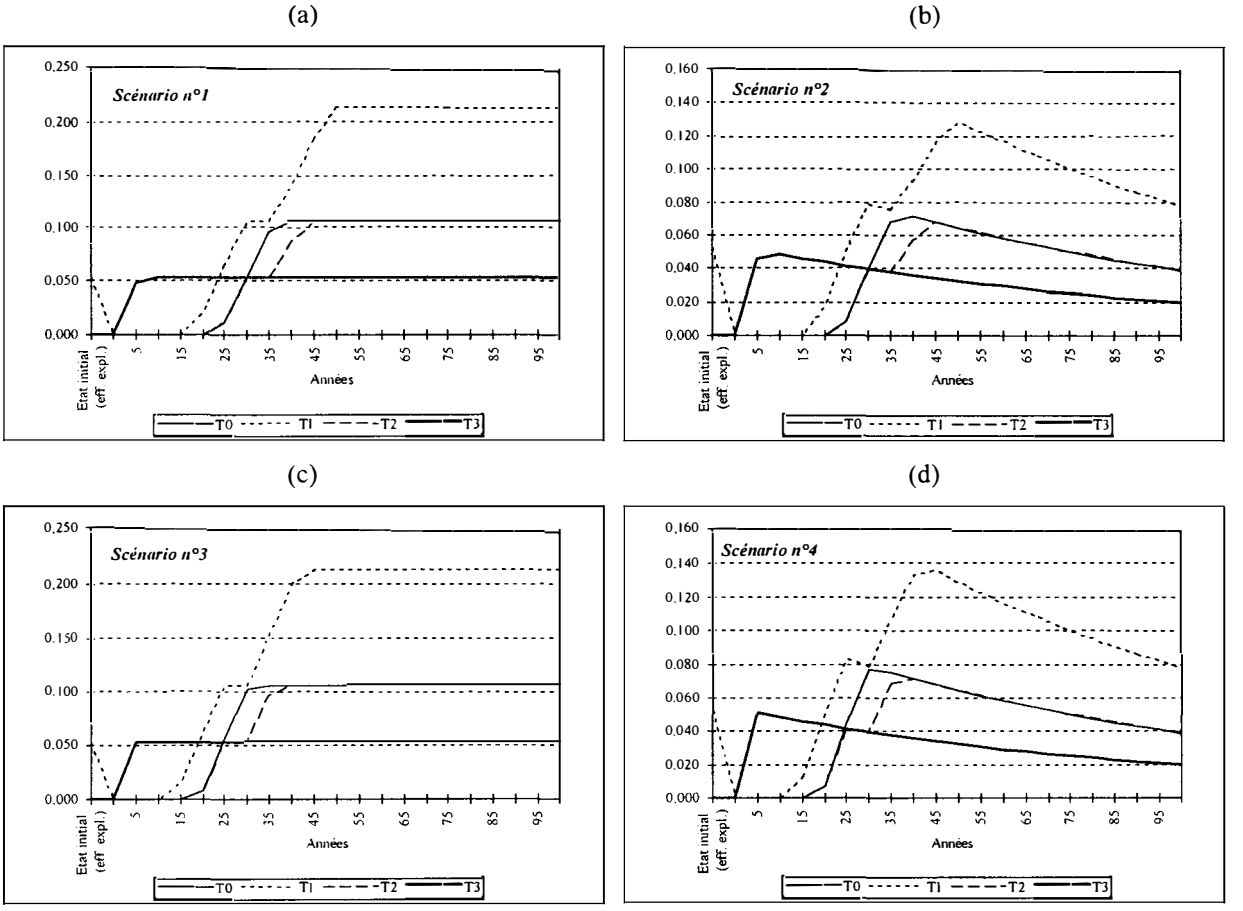


Fig.103. Evolution, après exploitation, des effectifs de Simaroubas de diamètre supérieur à 50 cm. (a) Cas du scénario 1. (b) Cas du scénario 2. (c) Cas du scénario 3. (d) Cas du scénario 4. Attention : l'échelle de l'axe des ordonnées dans les scénarios 1 et 3 diffère de celle des scénarios 2 et 4.

Chez le Simarouba enfin, seul le T1 a fourni un individu à l'exploitation. Cet effectif est reconstituable en 25 ans dans le scénario 1, 20 ans dans le scénario 3. Il paraît envisageable d'exploiter, partout où les peuplements ont été ouverts, un individu en moins de 30 ans, sauf si la mortalité intervient.

Il est difficile de prévoir ajourd'hui l'avenir de la population de Simarouba en cas d'exploitation régulière et répétée à des intervalles de temps courts. Tous les indicateurs paraissent être au vert chez cette espèce : recrutement "explosif", forte croissance, pas de mortalité, mais tous ces paramètres pourraient évoluer très rapidement avec la fermeture des peuplements (on peut imaginer que les taux de mortalité vont remonter très sensiblement, au point de laminer les effectifs).

5. Synthèse

5.1. A Paracou ...

Nous abordons, dans ce chapitre, le problème de la reconstitution du stock exploitable dans les différents groupes de parcelles (T0, T1, T2 et T3) en supposant que ce stock doit être durablement fourni par les 17 EGE précédemment étudiées. Dans tout ce qui suit, « reconstitution » ou « récupération » sous-entendent un retour à 100 % de l'effectif de départ.

Les résultats obtenus lorsque l'on regroupe les effectifs de toutes ces espèces sont présentés, pour chacun des 4 scénarios et chacun des groupes, dans les tableaux a65(a) à a68(d) en annexe 2 (4 tableaux par scénario). L'évolution du stock dans chaque situation est illustrée sur la fig.104 ci-dessous.

D'un strict point de vue quantitatif, on peut faire les constatations suivantes :

le stock exploitable en début de simulation, compte-tenu des DME assignés à chaque EGE, varie entre 4,2 individus/ha (T1) et 5,5 individus/ha (T3) ;

- dans le cas du scénario 1, que l'on peut considérer comme raisonnable, **on voit que ce stock n'est récupérable en moins de 50 ans que dans les deux premiers groupes de parcelles** (T0 et T1), les moins bien "pourvues" au départ. Il faudrait attendre respectivement 100 ans et 90 ans en T2 et T3 pour retrouver les valeurs d'origine (mais les prévisions sont peu fiables à cette échelle de temps). **Pour récupérer le même effectif qu'en T0 et T1, il faudrait attendre respectivement 70 ans et 60 ans dans les deux traitements**. En 50 ans, ceux-ci ne pourraient fournir que 3,4 individus par hectare ;
- dans le cas du scénario 2, que l'on peut considérer comme pessimiste, la récupération du stock présent en T0 et T1 se ferait avec 10 ans de retard (60 et 50 ans respectivement). Il ne se ferait pas dans les autres groupes, à cette échelle de temps. En 50 ans, T2 et T3 ne pourraient respectivement fournir que 2,5 à 2,9 individus/ha ;
- l'utilisation de valeurs d'accroissement correspondant à des parcelles qui demeurent relativement ouvertes (scénario 3) a un effet très net sur l'évolution du stock : elle permet de gagner 10 à 15 ans en T0 et T1 (30 ans et 25 ans seraient respectivement nécessaires), et les deux autres groupes de parcelles : (*i*) peuvent reconstituer leur stock initial en moins de 60 ans ; (*ii*) peuvent fournir le même effectif que les deux premiers groupes en moins de 40 ans. Si l'on fixe les taux de mortalité à leur valeur maximale (scénario 4), les choses changent peu sur T0 et T1 : 30 ans suffisent à retrouver 4,2 individus/ha, 45 ans sur T3. Par contre, le groupe T2 demeure incapable de fournir cet effectif en moins de 80 ans (attention : données peu fiables à cette échelle de temps).

Morts en tant que 9990, 9996 ou 9997 entre 1984 et 1985.
Effectifs totaux sur 3*6.25 ha.
ON NE PREND QUE LES INDIVIDUS FAISANT ENTRE 30 ET 50 CM AU DEBUT DE LA PERIODE DE CALCUL.

OBS	TRAIT	CODESS	_TYPE_	_FREQ_	EFF
1	1	209	0	1	1
2	1	214	0	1	1
3	1	218	0	1	1
4	2	116	0	1	1
5	3	105	0	1	1
6	3	209	0	1	1
7	3	218	0	1	1

Morts en tant que 9990, 9996 ou 9997 entre 1985 et 1986.

OBS	TRAIT	CODESS	_TYPE_	_FREQ_	EFF
1	0	105	0	1	1
2	0	116	0	1	1
3	0	214	0	1	1
4	1	212	0	1	1
5	2	105	0	1	1
6	2	218	0	2	2
7	2	316	0	1	1
8	3	103	0	1	1

Morts en tant que 9990, 9996 ou 9997 entre 1986 et 1987.

OBS	TRAIT	CODESS	_TYPE_	_FREQ_	EFF
1	0	115	0	1	1
2	0	218	0	1	1
3	1	105	0	1	1
4	1	116	0	1	1
5	1	207	0	1	1
6	1	218	0	1	1
7	2	105	0	2	2
8	2	116	0	2	2
9	2	218	0	2	2
10	2	316	0	1	1
11	3	105	0	2	2
12	3	207	0	1	1
13	3	209	0	1	1
14	3	218	0	1	1
15	3	316	0	1	1

Morts en tant que 9990, 9996 ou 9997 entre 1987 et 1988.

OBS	TRAIT	CODESS	_TYPE_	_FREQ_	EFF
1	0	116	0	1	1
2	1	103	0	1	1
3	1	116	0	1	1
4	1	207	0	1	1
5	1	218	0	3	3
6	2	103	0	1	1
7	2	116	0	1	1
8	2	218	0	3	3
9	2	316	0	1	1
10	3	207	0	2	2
11	3	218	0	4	4
12	3	316	0	1	1

Morts en tant que 9990, 9996 ou 9997 entre 1988 et 1989.

OBS	TRAIT	CODESS	_TYPE_	_FREQ_	EFF
1	0	105	0	1	1
2	1	103	0	1	1
3	1	108	0	1	1
4	1	116	0	1	1
5	1	207	0	1	1
6	1	218	0	1	1
7	2	103	0	1	1
8	2	105	0	1	1
9	2	116	0	1	1
10	2	218	0	2	2
11	3	205	0	1	1
12	3	218	0	1	1

Morts en tant que 9990, 9996 ou 9997 entre 1989 et 1990.

OBS	TRAIT	CODESS	_TYPE_	_FREQ_	EFF
1	1	116	0	1	1
2	1	207	0	1	1
3	1	209	0	1	1
4	1	218	0	1	1
5	1	316	0	1	1
6	2	105	0	2	2
7	2	115	0	1	1
8	2	116	0	3	3
9	2	218	0	3	3
10	2	607	0	1	1
11	3	316	0	1	1
12	3	658	0	1	1

Morts en tant que 9990, 9996 ou 9997 entre 1990 et 1991.

OBS	TRAIT	CODESS	_TYPE_	_FREQ_	EFF
1	0	105	0	1	1
2	0	207	0	1	1
3	0	214	0	1	1
4	1	214	0	1	1
5	1	218	0	1	1
6	2	105	0	1	1
7	2	116	0	1	1
8	2	207	0	1	1
9	2	218	0	1	1
10	2	316	0	1	1
11	2	607	0	1	1
12	3	103	0	1	1
13	3	105	0	1	1
14	3	607	0	1	1

Morts en tant que 9990, 9996 ou 9997 entre 1991 et 1992.

OBS	TRAIT	CODESS	_TYPE_	_FREQ_	EFF
1	0	207	0	1	1
2	0	607	0	2	2
3	0	608	0	1	1
4	0	658	0	1	1
5	1	116	0	2	2
6	1	218	0	1	1

7	2	103	0	1	1
8	2	105	0	1	1
9	2	207	0	1	1
10	2	218	0	2	2
11	2	316	0	1	1
12	3	218	0	1	1
13	3	607	0	1	1
14	3	608	0	1	1

Morts en tant que 9990, 9996 ou 9997 entre 1992 et 1993.

OBS	TRAIT	CODESS	_TYPE_	_FREQ_	EFF
1	0	103	0	2	2
2	0	105	0	1	1
3	0	207	0	1	1
4	0	604	0	1	1
5	0	608	0	1	1
6	1	103	0	2	2
7	1	607	0	1	1
8	2	105	0	2	2
9	2	207	0	1	1
10	2	218	0	2	2
11	2	607	0	2	2
12	3	105	0	1	1
13	3	212	0	1	1
14	3	608	0	1	1

Morts en tant que 9990, 9996 ou 9997 entre 1993 et 1994.

OBS	TRAIT	CODESS	_TYPE_	_FREQ_	EFF
1	0	207	0	1	1
2	0	607	0	1	1
3	0	608	0	1	1
4	0	658	0	1	1
5	1	116	0	1	1
6	1	607	0	4	4
7	2	102	0	1	1
8	2	105	0	1	1
9	2	207	0	1	1
10	2	316	0	1	1
11	2	607	0	1	1
12	2	608	0	1	1
13	3	105	0	2	2
14	3	607	0	2	2
15	3	608	0	1	1

Morts en tant que 9990, 9996 ou 9997 entre 1994 et 1995.

OBS	TRAIT	CODESS	_TYPE_	_FREQ_	EFF
1	0	103	0	1	1
2	0	105	0	1	1
3	0	207	0	1	1
4	0	607	0	1	1
5	0	608	0	1	1
6	0	658	0	1	1
7	1	103	0	2	2
8	1	105	0	1	1
9	1	116	0	1	1

10	1	604	0	1	1
11	2	207	0	3	3
12	2	607	0	1	1
13	2	608	0	1	1
14	2	658	0	1	1
15	3	607	0	2	2
16	3	608	0	1	1

Morts en tant que 9990, 9996 ou 9997 entre 1995 et 1997.
ATTENTION: CALCUL SUR DEUX ANS !!!!!!

OBS	TRAIT	CODESS	_TYPE_	_FREQ_	EFF
1	0	105	0	1	1
2	0	116	0	1	1
3	0	207	0	3	3
4	0	209	0	1	1
5	0	607	0	1	1
6	0	608	0	2	2
7	1	105	0	2	2
8	1	116	0	1	1
9	1	207	0	1	1
10	1	212	0	1	1
11	2	103	0	1	1
12	2	116	0	1	1
13	2	207	0	2	2
14	2	607	0	4	4
15	3	105	0	1	1
16	3	110	0	1	1
17	3	115	0	1	1
18	3	207	0	3	3
19	3	604	0	1	1
20	3	607	0	1	1

103. Total des morts en T1 à partir de ~~87/88~~ 84/85 : 5

A partir de 87/88 5

Morts en tant que 9990, 9996 ou 9997 entre 1984 et 1985.
Effectifs totaux sur 3*6.25 ha.
ON NE PREND QUE LES INDIVIDUS FAISANT ENTRE 40 ET 60 CM AU DEBUT DE LA ERIODE DE CALCUL.

OBS	TRAIT	CODESS	_TYPE_	_FREQ_	EFF
1	1	214	0	1	1
2	1	218	0	1	1

Morts en tant que 9990, 9996 ou 9997 entre 1985 et 1986.

OBS	TRAIT	CODESS	_TYPE_	_FREQ_	EFF
1	0	105	0	1	1
2	0	214	0	1	1
3	1	212	0	1	1
4	1	218	0	1	1
5	2	105	0	1	1
6	2	218	0	2	2
7	2	316	0	1	1
8	3	103	0	1	1

Morts en tant que 9990, 9996 ou 9997 entre 1986 et 1987.

OBS	TRAIT	CODESS	_TYPE_	_FREQ_	EFF
1	0	115	0	1	1
2	1	116	0	1	1
3	1	218	0	1	1
4	2	116	0	1	1
5	2	218	0	1	1
6	2	316	0	1	1
7	3	209	0	1	1

Morts en tant que 9990, 9996 ou 9997 entre 1987 et 1988.

OBS	TRAIT	CODESS	_TYPE_	_FREQ_	EFF
1	0	103	0	1	1
2	1	103	0	1	1
3	2	103	0	1	1
4	2	116	0	1	1
5	2	218	0	2	2
6	3	218	0	1	1

Morts en tant que 9990, 9996 ou 9997 entre 1988 et 1989.

OBS	TRAIT	CODESS	_TYPE_	_FREQ_	EFF
1	1	103	0	2	2
2	1	108	0	1	1
3	1	116	0	1	1
4	2	103	0	2	2
5	2	110	0	1	1
6	2	205	0	1	1
7	3	105	0	1	1
8	3	205	0	1	1

Morts en tant que 9990, 9996 ou 9997 entre 1989 et 1990.

OBS	TRAIT	CODESS	_TYPE_	_FREQ_	EFF
1	1	116	0	1	1
2	1	218	0	1	1
3	2	115	0	1	1
4	2	116	0	1	1

Morts en tant que 9990, 9996 ou 9997 entre 1990 et 1991.

OBS	TRAIT	CODESS	_TYPE_	_FREQ_	EFF
1	0	214	0	2	2
2	2	105	0	1	1
3	2	218	0	1	1
4	2	316	0	1	1
5	3	103	0	2	2

Morts en tant que 9990, 9996 ou 9997 entre 1991 et 1992.

OBS	TRAIT	CODESS	_TYPE_	_FREQ_	EFF
1	0	207	0	1	1
2	0	607	0	1	1
3	0	608	0	1	1
4	0	658	0	1	1
5	1	116	0	1	1
6	1	212	0	1	1
7	2	116	0	1	1
8	2	207	0	1	1
9	3	607	0	1	1

Morts en tant que 9990, 9996 ou 9997 entre 1992 et 1993.

OBS	TRAIT	CODESS	_TYPE_	_FREQ_	EFF
1	0	103	0	1	1
2	0	608	0	1	1
3	1	103	0	1	1
4	1	607	0	1	1
5	2	105	0	1	1
6	2	218	0	1	1
7	3	212	0	1	1
8	3	604	0	1	1
9	3	608	0	1	1

Morts en tant que 9990, 9996 ou 9997 entre 1993 et 1994.

OBS	TRAIT	CODESS	_TYPE_	_FREQ_	EFF
1	0	607	0	1	1
2	0	608	0	1	1
3	1	116	0	2	2
4	1	607	0	1	1
5	2	105	0	1	1
6	3	607	0	1	1

Morts en tant que 9990, 9996 ou 9997 entre 1994 et 1995.

OBS	TRAIT	CODESS	_TYPE_	_FREQ_	EFF
1	0	103	0	1	1
2	0	212	0	1	1
3	0	607	0	1	1
4	0	608	0	1	1
5	1	103	0	1	1
6	1	116	0	1	1
7	1	604	0	1	1
8	2	608	0	1	1
9	2	658	0	1	1
10	3	607	0	1	1
11	3	608	0	1	1

Morts en tant que 9990, 9996 ou 9997 entre 1995 et 1997.

ATTENTION: CALCUL SUR DEUX ANS !!!!!!

OBS	TRAIT	CODESS	_TYPE_	_FREQ_	EFF
1	0	105	0	1	1
2	0	116	0	1	1
3	0	207	0	1	1
4	0	209	0	1	1
5	0	607	0	1	1
6	0	608	0	3	3
7	1	116	0	1	1
8	1	207	0	1	1
9	1	212	0	1	1
10	1	604	0	1	1
11	2	116	0	1	1
12	2	604	0	1	1
13	2	607	0	2	2
14	3	207	0	1	1
15	3	604	0	1	1
16	3	607	0	1	1

DEGATS D'EXPLOITATION OCCASIONNES AUX INDIVIDUS DE PLUS DE 40 CM DE DIAMETRE EN 1987
(9991+9992+9993+9995 en 1987).

CODESS						
103	108	113	115		116	
TRAIT	TRAIT	TRAIT	TRAIT		TRAIT	
3	2	2	2	3	1	2
N	N	N	N	N	N	N
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	4.00	2.00

CODESS						
116	117	204		206		207
TRAIT	TRAIT	TRAIT		TRAIT		TRAIT
3	3	1	2	1	2	3
N	N	N	N	N	N	N
1.00	4.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

CODESS						
209	210	211			212	
TRAIT	TRAIT	TRAIT			TRAIT	
1	1	1	2	3	1	2
N	N	N	N	N	N	N
1.00	1.00	4.00	2.00	5.00	1.00	1.00

CODESS						
214		218			220	224
TRAIT		TRAIT			TRAIT	TRAIT
2	3	1	2	3	3	1
N	N	N	N	N	N	N
1.00	2.00	1.00	5.00	3.00	1.00	1.00

CODESS						
224	302	303	304	310		
TRAIT	TRAIT	TRAIT	TRAIT	TRAIT		
2	3	3	1	3	1	2
N	N	N	N	N	N	N
8.00	8.00	1.00	1.00	2.00	2.00	2.00

CODESS						
310	313		314	316		401
TRAIT	TRAIT		TRAIT	TRAIT		TRAIT
3	1	3	1	1	3	1
N	N	N	N	N	N	N
3.00	2.00	1.00	1.00	1.00	2.00	11.00

CODESS						
401		402			403	
TRAIT		TRAIT			TRAIT	
2	3	1	2	3	1	2
N	N	N	N	N	N	N
8.00	4.00	1.00	4.00	2.00	3.00	5.00

CODESS			
403	405		
TRAIT	TRAIT		
3	1	2	3
N	N	N	N
3.00	11.00	8.00	12.00

INDIVIDUS EXPLOITES A PARACOU. (ie = 9994 en 1987).

CODESS						
101			103			104
TRAIT			TRAIT			TRAIT
1	2	3	1	2	3	2
N	N	N	N	N	N	N
2.00	1.00	2.00	12.00	6.00	24.00	2.00

CODESS						
105			107			108
TRAIT			TRAIT			TRAIT
1	2	3	1	2	3	2
N	N	N	N	N	N	N
3.00	6.00	11.00	3.00	1.00	1.00	1.00

CODESS						
108	110	111	113		114	
TRAIT	TRAIT	TRAIT	TRAIT		TRAIT	
3	1	2	1	2	1	2
N	N	N	N	N	N	N
4.00	1.00	1.00	2.00	3.00	1.00	1.00

CODESS						
115			116			117
TRAIT			TRAIT			TRAIT
1	2	3	1	2	3	1
N	N	N	N	N	N	N
5.00	2.00	4.00	10.00	4.00	1.00	5.00

CODESS						
117	204			205		
TRAIT	TRAIT			TRAIT		
2	3	1	2	3	1	2
N	N	N	N	N	N	N
3.00	4.00	5.00	5.00	3.00	2.00	1.00

CODESS						
205	206			207	208	
TRAIT	TRAIT			TRAIT	TRAIT	
3	1	2	3	2	3	1
N	N	N	N	N	N	N
4.00	5.00	9.00	24.00	1.00	1.00	4.00

CODESS						
208	209			210		
TRAIT	TRAIT			TRAIT		
2	3	1	2	3	1	2
N	N	N	N	N	N	N
2.00	2.00	2.00	8.00	1.00	8.00	2.00

Gonfolos

CODESS						
210	211			212		
TRAIT	TRAIT			TRAIT		
3	1	2	3	1	2	3
N	N	N	N	N	N	N
5.00	26.00	37.00	50.00	6.00	3.00	1.00

CODESS						
213			214			217
TRAIT			TRAIT			TRAIT
1	2	3	1	2	3	1
N	N	N	N	N	N	N
1.00	1.00	2.00	9.00	25.00	11.00	2.00

CODESS						
217			218			219	220
TRAIT			TRAIT			TRAIT	TRAIT
2	3	1	2	3	2	1
N	N	N	N	N	N	N
1.00	4.00	11.00	7.00	11.00	1.00	1.00

CODESS						
220		222		224		
TRAIT		TRAIT		TRAIT		
2	3	2	3	1	2	3
N	N	N	N	N	N	N
2.00	2.00	2.00	1.00	36.00	42.00	68.00

CODESS						
301		302		303		
TRAIT		TRAIT		TRAIT		
1	2	1	2	1	2	3
N	N	N	N	N	N	N
1.00	2.00	1.00	2.00	5.00	1.00	2.00

CODESS						
304	305		306		308	
TRAIT	TRAIT		TRAIT		TRAIT	
3	1	2	2	3	1	2
N	N	N	N	N	N	N
3.00	4.00	3.00	1.00	1.00	4.00	4.00

CODESS						
308	309		310			311
TRAIT	TRAIT		TRAIT			TRAIT
3	1	2	1	2	3	1
N	N	N	N	N	N	N
3.00	3.00	1.00	3.00	2.00	5.00	1.00

CODESS						
311	312			313		
TRAIT	TRAIT			TRAIT		
3	1	2	3	1	2	3
N	N	N	N	N	N	N
1.00	1.00	2.00	1.00	2.00	1.00	3.00

CODESS						
314			315	316		
TRAIT			TRAIT	TRAIT		
1	2	3	1	1	2	3
N	N	N	N	N	N	N
2.00	1.00	4.00	1.00	1.00	5.00	12.00

CODESS						
401	402	403	404	405	655	704
TRAIT	TRAIT	TRAIT	TRAIT	TRAIT	TRAIT	TRAIT
3	3	3	3	3	3	3
N	N	N	N	N	N	N
57.00	30.00	67.00	2.00	108.00	1.00	1.00

DEGATS D'EXPLOITATION (9991+9992+9993+9995 en 1987) OCCASIONNES TOUS DIAMETRES CONFONDUS

CODESS						
101	102		103			104
TRAIT	TRAIT		TRAIT			TRAIT
1	2	3	1	2	3	2
N	N	N	N	N	N	N
1.00	1.00	1.00	14.00	9.00	23.00	1.00

CODESS						
105			107		108	
TRAIT			TRAIT		TRAIT	
1	2	3	2	3	1	2
N	N	N	N	N	N	N
28.00	19.00	42.00	2.00	3.00	3.00	1.00

CODESS						
111		112	113			114
TRAIT		TRAIT	TRAIT			TRAIT
2	3	1	1	2	3	1
N	N	N	N	N	N	N
1.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	6.00

CODESS						
114		115	116			
TRAIT		TRAIT	TRAIT			
2	3	2	3	1	2	3
N	N	N	N	N	N	N
1.00	12.00	3.00	4.00	22.00	21.00	4.00

CODESS							
117			204			205	
TRAIT			TRAIT			TRAIT	
1	2	3	1	2	3	1	
N	N	N	N	N	N	N	
3.00	4.00	15.00	1.00	1.00	2.00	6.00	

CODESS							
205			206			207	
TRAIT			TRAIT			TRAIT	
2	3	1	2	3	1	2	
N	N	N	N	N	N	N	
3.00	4.00	8.00	5.00	17.00	6.00	11.00	

CODESS							
207	208			209			
TRAIT	TRAIT			TRAIT			
3	1	2	3	1	2	3	
N	N	N	N	N	N	N	
25.00	12.00	23.00	31.00	4.00	1.00	4.00	

CODESS							
210			211			212	
TRAIT			TRAIT			TRAIT	
1	2	3	1	2	3	1	
N	N	N	N	N	N	N	
8.00	5.00	2.00	16.00	16.00	22.00	11.00	

CODESS						
212		214			216	217
TRAIT		TRAIT			TRAIT	TRAIT
2	3	1	2	3	3	2
N	N	N	N	N	N	N
5.00	6.00	4.00	3.00	7.00	1.00	1.00

CODESS						
217	218			220	221	222
TRAIT	TRAIT			TRAIT	TRAIT	TRAIT
3	1	2	3	3	2	1
N	N	N	N	N	N	N
6.00	52.00	50.00	46.00	1.00	1.00	34.00

CODESS						
222		224			302	
TRAIT		TRAIT			TRAIT	
2	3	1	2	3	1	2
N	N	N	N	N	N	N
45.00	57.00	31.00	28.00	110.00	1.00	4.00

CODESS						
302	303			304		
TRAIT	TRAIT			TRAIT		
3	1	2	3	1	2	3
N	N	N	N	N	N	N
5.00	2.00	6.00	11.00	8.00	7.00	7.00

CODESS						
305			306	307	308	
TRAIT			TRAIT	TRAIT	TRAIT	
1	2	3	3	2	1	2
N	N	N	N	N	N	N
1.00	1.00	1.00	4.00	2.00	16.00	14.00

CODESS						
308	309			310		312
TRAIT	TRAIT			TRAIT		TRAIT
3	2	3	1	2	3	1
N	N	N	N	N	N	N
8.00	4.00	2.00	9.00	10.00	24.00	7.00

CODESS						
312			313		314	
TRAIT			TRAIT		TRAIT	
2	3	1	2	3	1	2
N	N	N	N	N	N	N
5.00	6.00	5.00	2.00	2.00	38.00	48.00

CODESS						
314	315		316		401	
TRAIT	TRAIT		TRAIT		TRAIT	
3	3	1	2	3	1	2
N	N	N	N	N	N	N
58.00	1.00	4.00	6.00	10.00	172.00	229.00

CODESS						
401	402			403		
TRAIT	TRAIT			TRAIT		
3	1	2	3	1	2	3
N	N	N	N	N	N	N
380.00	20.00	14.00	60.00	115.00	152.00	247.00

CODESS						
404			405			501
TRAIT			TRAIT			TRAIT
1	2	3	1	2	3	1
N	N	N	N	N	N	N
57.00	33.00	91.00	699.00	746.00	1341.00	38.00

CODESS						
501	502	614	618	633	655	
TRAIT	TRAIT	TRAIT	TRAIT	TRAIT	TRAIT	
2	3	1	3	3	3	3
N	N	N	N	N	N	N
43.00	75.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

CODESS			
704	705	724	804
TRAIT	TRAIT	TRAIT	TRAIT
2	1	1	2
N	N	N	N
1.00	1.00	1.00	1.00

FORAFRI

Relecture après réception des livrets

Document	*Envoi*	*Nom*	*Bureau*	*Tél*	*Remis le*	*Réponse*	*Observation*
11	1 ex	J. GERARD	16 123	65 16	11-mars		
12	1 ex	M. PAIN ORCET	D 129	38 86	11-mars		
13	1 ex	N. FAUVET	C 201	38 79	11-mars		
14	1 ex	S. GOURLET FLEURY	D 216	38 83	11-mars		
15	1 ex	P. DETIENNE	16 104	44 96	11-mars		
16	1 ex	M. FUHR	D 122	42 23	11-mars	Problème mise en page	Donné à refaire
17	1 ex	C. LOUBET	D 124	37 26	11-mars		

Merci de bien vouloir vérifier ce document FORAFRI que nous venons de recevoir et auquel vous avez participé.
J'espère une réponse très rapide : sous 24 h, afin de procéder à l'expédition des documents à tous les intéressés.

Catherine LOUBET, Programme Forêt Naturelle D 124 - Tél 37 26

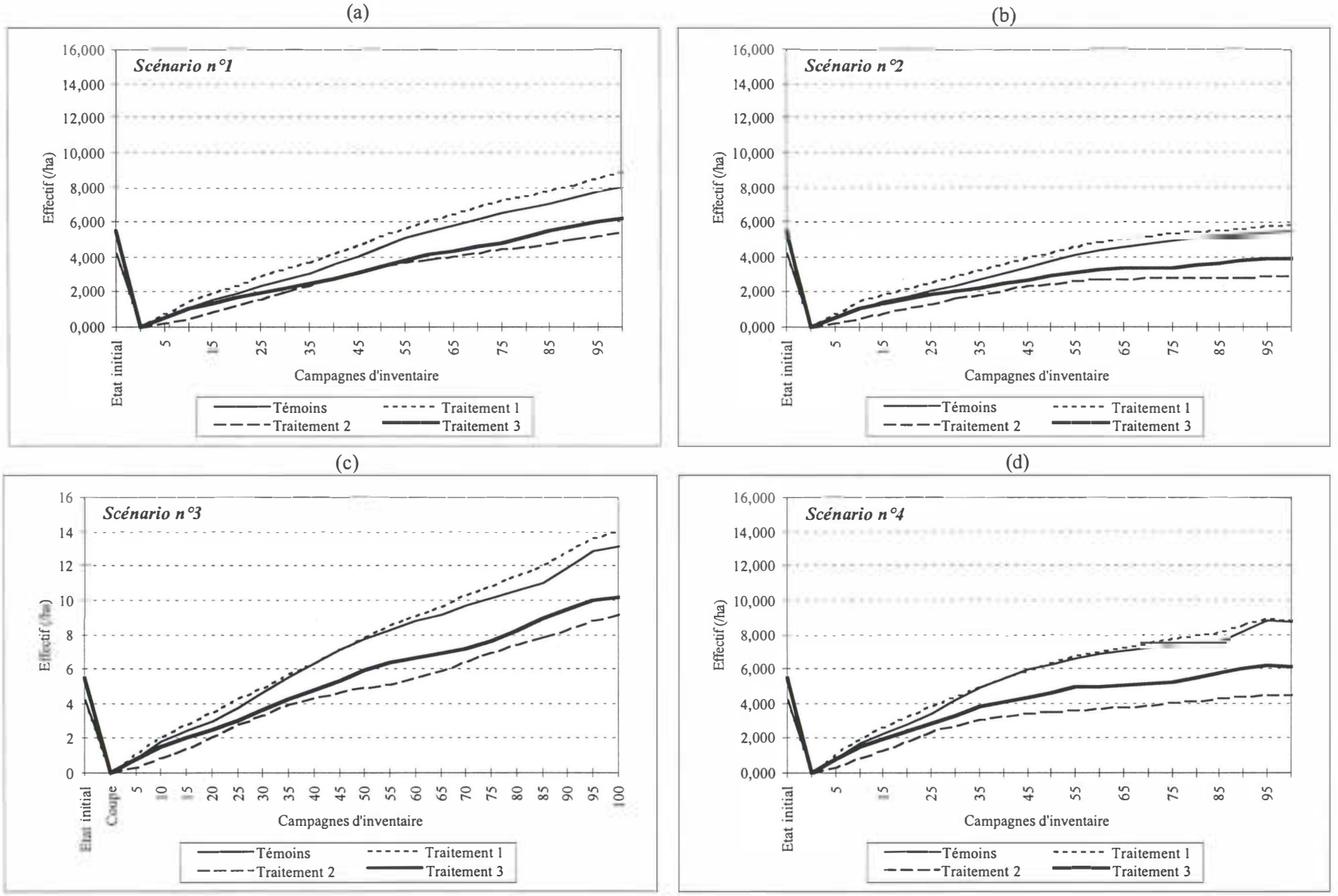


Fig.104. Evolution possible de la ressource exploitable (17 espèces) dans quatre cas : (a) les accroissements sont stimulés pendant 10 ans, à hauteur de ceux que l'on observe en T1, puis l'on retrouve les accroissements des témoins. La mortalité est égale aux valeurs observées en T1. (b) Même chose que (a), avec une mortalité égale au maximum observé à Paracou (par traitement). (c) Les accroissements sont stimulés pendant 10 ans à hauteur de ce que l'on observe en T2, puis l'on retrouve les accroissements du T1. Mortalité : même chose que (a). (d) Les accroissements sont identiques à ceux de (c) et la mortalité est maximale.

Les groupes T2 et T3 sont ceux sur lesquels on trouve en 1986 des accumulations importantes de gros diamètres chez l'Angélique (1,3 individus/ha sur T3), les Gonfolos (2,0 individus/ha en T2 et 2,6 individus/ha en T3, contre 1,4 en T1), le Grignon (1,4 individus/ha en T2, contre 0,5/ha en T1), c'est-à-dire les espèces qui font l'essentiel du volume exploité. Il est compréhensible que la reconstitution de ces stocks soit plus difficile, lorsqu'elle est possible. Dans le même temps, ces parcelles souffrent d'un déficit net d'effectifs dans les classes intermédiaires chez les Gonfolos (particulièrement en T2 : voir fig.27(c)), le Grignon (voir fig.39(c) et (d)) et le Wacapou (quasiment absent du T3, voir fig.45(d)), ce qui peut expliquer une récupération plus lente d'un effectif identique à celui des autres parcelles. On peut également signaler que l'impact des dégâts d'exploitation a été plus fort en T2 et T3 chez des espèces comme le Boco et le Goupi, qui fournissent de ce fait des effectifs beaucoup plus réduits qu'en T0 et T1. Rappelons à ce stade que les résultats obtenus sur T3 sont trop pessimistes, car nous avons pris en compte des dégâts réels d'exploitation valables pour une intensité de prélèvement que l'on ne pratique jamais en Guyane. **Si l'on applique aux parcelles du T3 des taux de dégâts identiques à ceux observés en T1, le stock se reconstitue en 65 à 70 ans, au lieu des 90 ans annoncés** (voir également le tableau 67, pour une comparaison des résultats tous groupes de parcelles confondus).

Nous avons illustré, sur une série de graphiques, l'évolution potentielle de la composition floristique du stock suite à l'exploitation : les graphiques 105 à 108 pages suivantes comparent, dans chaque groupe de parcelles, les évolutions probables dans chaque scénario. La simulation a été arrêtée lorsque le stock était reconstitué. En annexe 2 nous avons représenté, pour chaque groupe de parcelles et chaque scénario, l'évolution de la composition du stock en fonction du temps : voir les figures a1 à a4 pour les témoins, a5 à a8 pour le T1, a9 à a12 pour le T2 et a13 à a16 pour le T3.

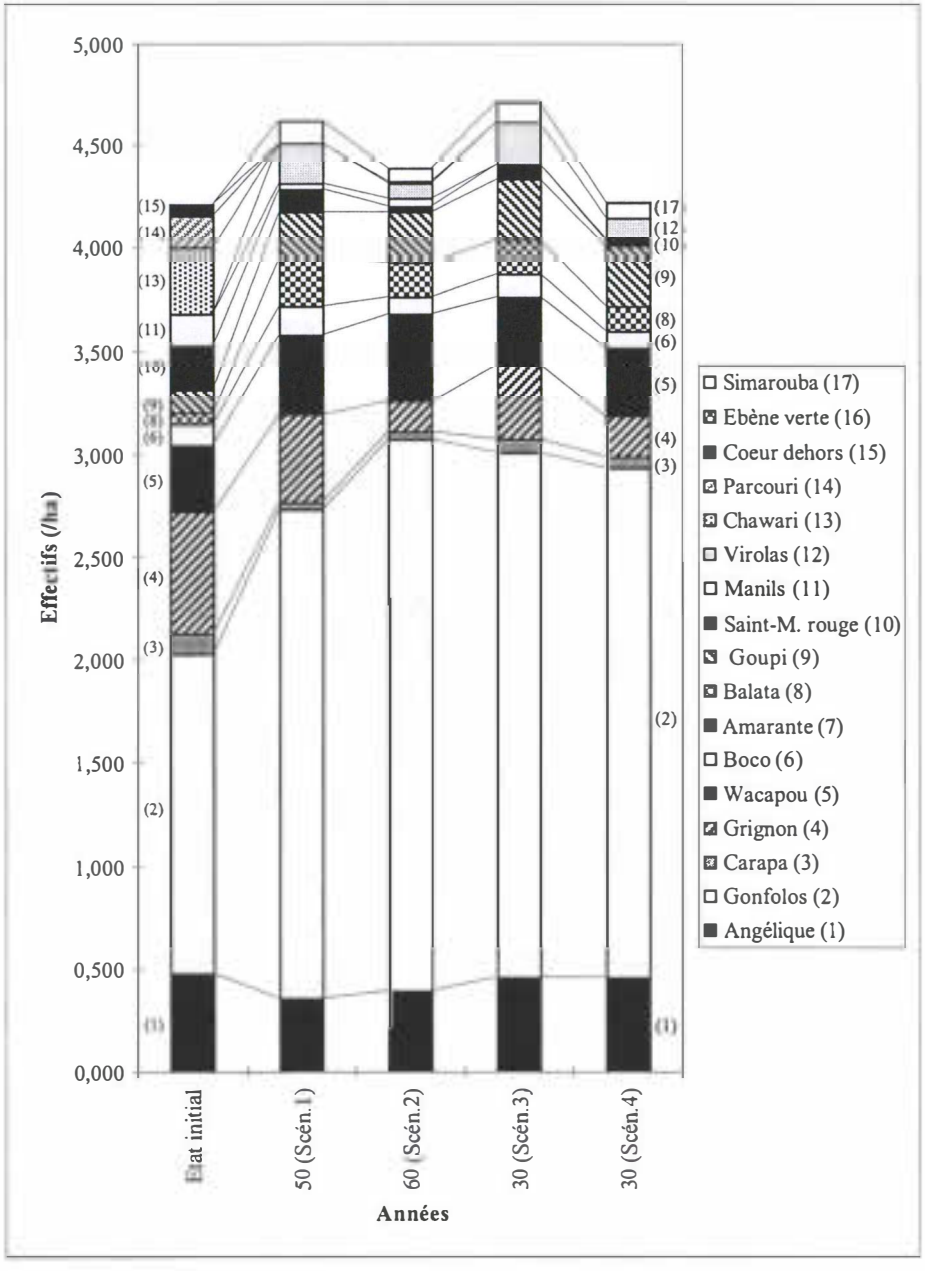


Fig.105. Parcelles témoins : comparaison de la composition floristique du stock potentiellement exploitable (*i*) à l'état initial sur les parcelles ; (*ii*) à l'issue d'une rotation complète telle qu'elle serait obtenue dans les différents scénarios.

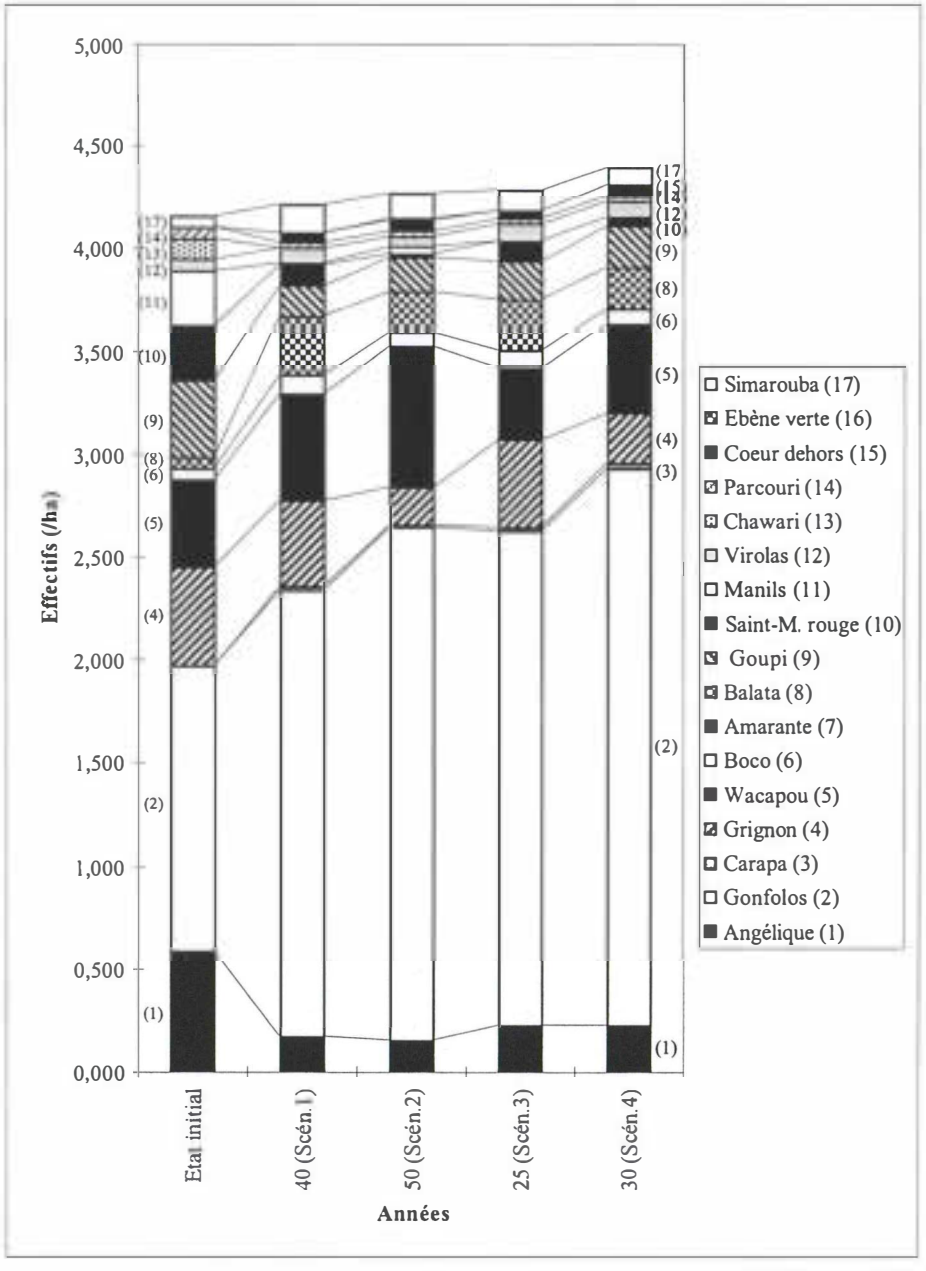


Fig.106. Parcelles du traitement 1 : comparaison de la composition floristique du stock potentiellement exploitable (*i*) à l'état initial sur les parcelles ; (*ii*) à l'issue d'une rotation complète telle qu'elle serait obtenue dans les différents scénarios.

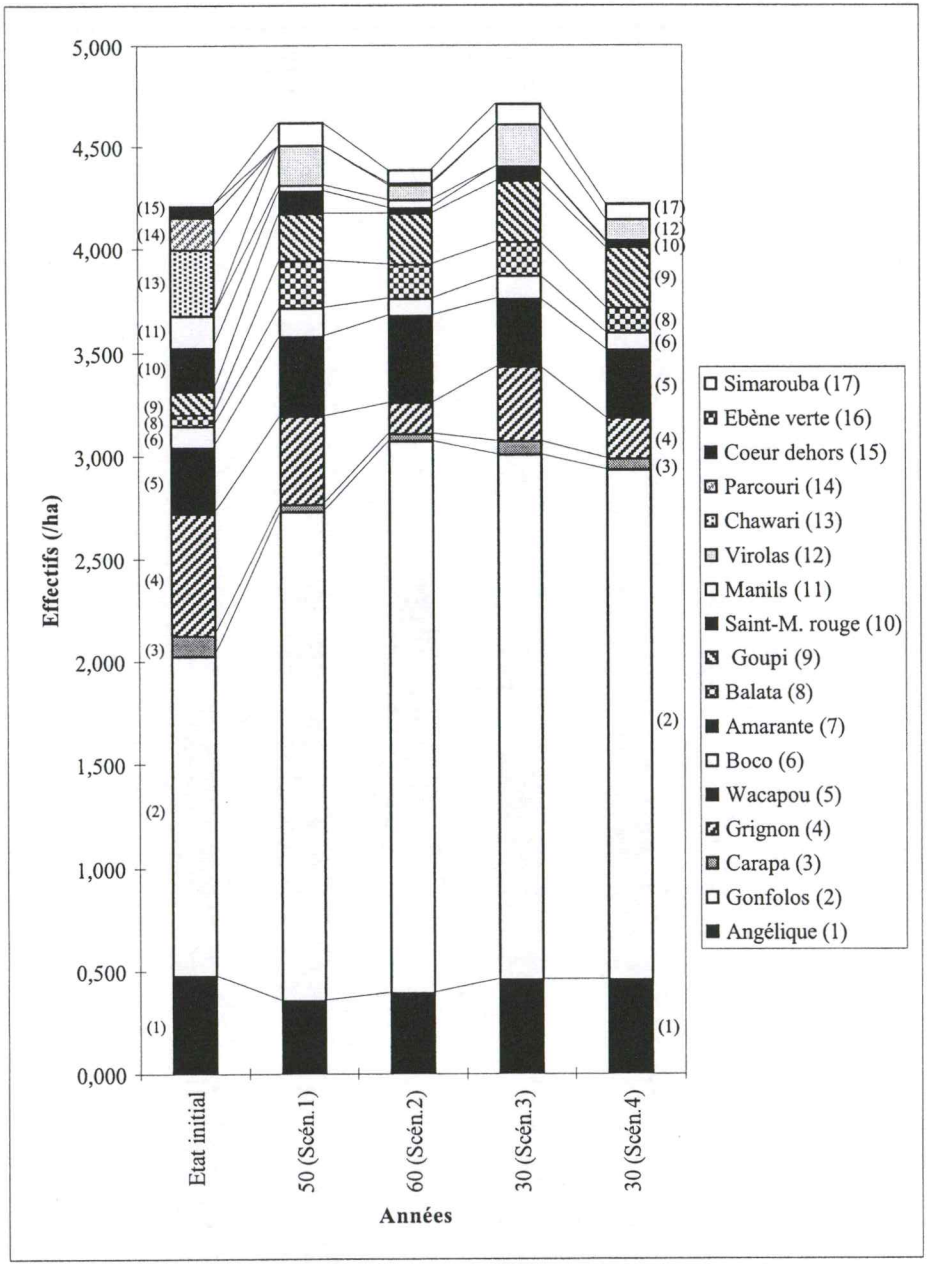


Fig.105. Parcelles témoins : comparaison de la composition floristique du stock potentiellement exploitable (*i*) à l'état initial sur les parcelles ; (*ii*) à l'issue d'une rotation complète telle qu'elle serait obtenue dans les différents scénarios.

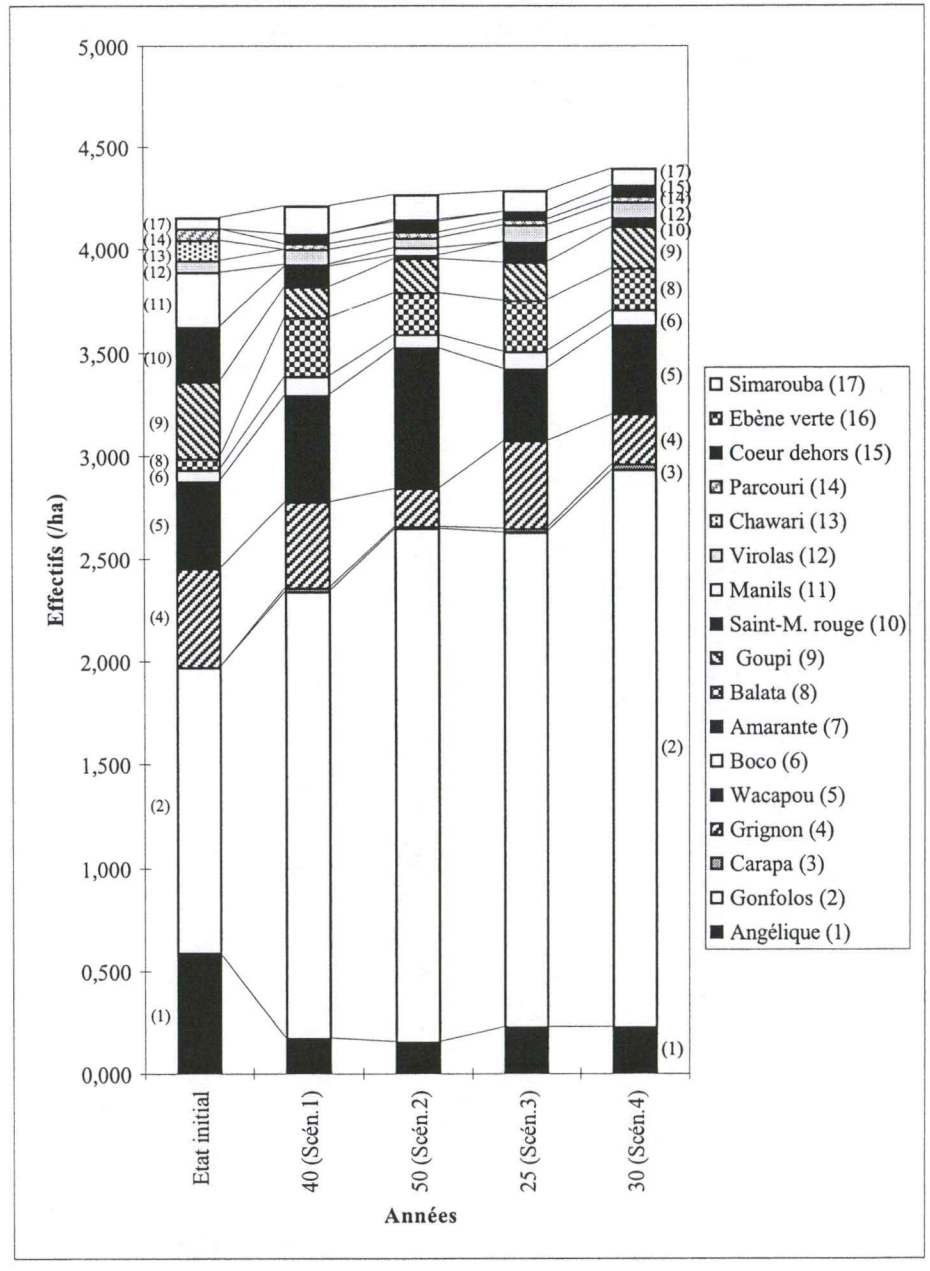


Fig.106. Parcelles du traitement 1 : comparaison de la composition floristique du stock potentiellement exploitable (*i*) à l'état initial sur les parcelles ; (*ii*) à l'issue d'une rotation complète telle qu'elle serait obtenue dans les différents scénarios.

Même s'il faut considérer le résultat de ces simulations avec une certaine prudence, il est certain que la composition floristique du stock exploitable ne sera pas la même à la prochaine rotation. Ainsi même si les Gonfolos, qui représentent l'essentiel de la récolte, retrouvent à peu près leur effectif en fin de parcours (voire l'augmentent comme dans les parcelles du T1), l'Angélique perd systématiquement de l'importance en T1 et en T3, quel que soit le scénario. Le Grignon fait de même en T2 et T3, le Chawari disparaît en T0 et presque totalement en T2 alors qu'il était initialement bien représenté. Les Manils maintiennent plus ou moins bien leur représentation, de même que le Parcouri, qui peut cependant disparaître localement (T0). Le Carapa peut prendre localement de l'importance, de même que le Wacapou, le Goupi, le Saint-Martin rouge (moins fréquemment), les Virolas (parfois considérablement, comme en T2 et T3 et à condition que les taux de mortalité se maintiennent au niveau actuellement observé en T1), l'Ebène verte et le Simarouba. Le Balata franc augmente sa représentation dans tous les cas de figure.

Supposons que le peuplement tel qu'il se présentait en 1986 à Paracou fasse l'objet d'une exploitation du type T1 puis ne subisse plus d'intervention par la suite (scénario 1). Supposons également que l'on attende la reconstitution du stock initial : 50 ans en T0, 40 ans en T1, 100 ans en T2 et 90 ans en T3. Nous indiquons, dans le tableau suivant, quel serait l'état de chaque espèce du point de vue : 1) de la reconstitution de son effectif initial, ainsi que du plus petit effectif exploité sur les différents groupes et 2) de la reconstitution de son potentiel en surface terrière. Rappelons qu'en ce qui concerne les rotations en T2 et T3, les chiffres doit être pris comme indicatifs car peu fiables chez certaines espèces à croissance rapide.

Tableau 66. Etat du stock exploitable et de la reconstitution globale en surface terrière chez les différentes espèces, lorsque l'on adapte au mieux (globalement) la durée de rotation à chaque groupe de parcelles (cas du scénario 1). Le pourcentage entre parenthèses indique la proportion reconstituée de l'effectif minimum exploitable rencontré sur l'ensemble des groupes de parcelles. Les caractères en gras indiquent que l'on a dépassé la période optimum de prélèvement, dans la mesure où la mortalité n'est plus compensée par l'alimentation des grandes classes. Le signe "+" indique qu'il n'y avait pas d'effectif exploitable en 1986.

Groupes	T0		T1		T2		T3	
Rotation	50 ans		40 ans		100 ans		80 ans	
	% Stock	%ST	% Stock	%ST	% Stock	%ST	% Stock	%ST
Espèces								
Angélique	74% (100%)	-	29% (53%)	OK	**59% (59%)**	OK	**22% (90%)**	OK
Gonfolos	153% (171%)	-	156% (156%)	Limite	71% (101%)	OK	109% (206%)	Non
Carapa [1]	39%	-	+	+	+	+	+	+
Grignon	72% (88%)	-	88% (88%)	Non	27% (77%)	Non	48% (59%)	Imp. à estimer
Wacapou [2]	122%	-	120%	Imp. à estimer	242%	Limite	183%	OK
Boco	123% (0,247%)	-	178% (178%)	Imp. à estimer	203% (409%)	Imp. à estimer	42% (85%)	Imp. à estimer
Balata franc	432% (432%)	-	535% (535%)	OK	1220% (1220%)	OK	427% (862%)	OK
Goupi	222% (222%)	-	39% (136%)	Imp. à estimer	**38% (57%)**	OK	+	+
Manils[3]	18% (55%)	-	1% (7%)	OK	287% (287%)	OK	**130% (262%)**	Limite
Virolas	+	-	146% (146%)	OK	**365% (1102%)**	OK	236% (1189%)	OK
Chawari	0%	-	0%	Imp. à estimer	**6% (45%)**	Non	**60% (60%)**	OK
Amarante	0%	-	0%	-	503% (503%)	Non étudié	-	-
Coeur dehors	0%	-	+	-	**20% (40%)**	Non étudié	31% (56%)	Non étudié
Saint-Martin rouge	50% (100%)	-	40% (100%)	Non étudié	576% (576%)	Non étudié	196% (391%)	Non étudié
Parcouri	0%	-	50% (50%)	Non étudié	51% (155%)	Non étudié	+	-
Ebène verte	-	-	0%	-	+	-	+	-
Simarouba	+	-	263% (263%)	Non étudié	+	-	+	-

[1] L'espèce est pratiquement absente du T3. [2] et [3] Le DME paraît trop élevé chez ces espèces.

Ce tableau permet d'illustrer le principal inconvénient que présentent, à notre sens, des durées de rotation trop longues : chez certaines espèces, l'époque de prélèvement optimum (temps au bout duquel la mortalité va laminer les effectifs exploitables) est dépassée. **Ceci doit être pris en considération d'autant plus sérieusement que nous n'avons pas pris ici les valeurs maximales de mortalité** : dans le scénario 2, le problème serait rencontré beaucoup plus souvent. Par ailleurs, une bonne moitié des espèces considérées ne reconstitue pas son stock initial (même minimum) quoi qu'il arrive, en particulier le Grignon et le Chawari dont la dynamique de population pose problème comme nous l'avons vu dans ce rapport.

A ce stade, et ainsi que nous l'avons laissé entendre à plusieurs reprises, la démarche qui nous conseillerions en matière d'exploitation des peuplements sur un site identique à celui de Paracou serait la suivante :

- exploiter quoi qu'il arrive le stock initial (on suppose que l'on travaille dans une forêt non perturbée), même chez les espèces présentant un "sur-stockage", ceci afin d'éviter de perdre des individus par mortalité naturelle. Il serait possible, éventuellement, d'étaler ce prélèvement chez des espèces dont le taux de mortalité naturelle paraît être faible comme cela semble le cas chez les Gonfolos. ATTENTION : cette recommandation ne tient pas compte d'autres types de considération comme la nécessité de préserver certains gros individus pouvant constituer des sources de nourriture, des sources de gènes ou des abris. Notre raisonnement à ce stade est purement « économique » ;
- prévoir que l'on ne retrouvera pas ce stock initial et que l'exploitation, à la rotation suivante, portera sur un effectif plus réduit ;
- éviter de fixer des durées de rotation trop longues, qui risquent de poser problème (voir plus haut). A Paracou, la durée de rotation qui nous paraît être la plus adaptée est de 50 ans. Elle permettrait de retrouver plus de 4 individus par hectare en T0 et en T1, un effectif probablement supérieur en T3 (où nous avons travaillé avec des dégâts d'abattage trop importants) et un effectif moindre en T2. **Si l'on considère l'ensemble du peuplement des quatre groupes, l'effectif moyen récupérable serait alors de 4,2 individus par hectare, pour un effectif moyen de départ de 4,8 individus (87% du stock initial)** (voir le tableau 67 page suivante). En cas de mortalité plus forte que prévue (scénario 2, que l'on peut considérer comme pessimiste), cet effectif ne serait que de 3,8 individus par hectare (70% du stock initial, voir tableau 68).

Tableau 67. Evolution supposée du stock des individus exploitables appartenant aux 17 espèces étudiées (effectifs/ha).

Scénario 1 : accroissements observés en T1 pendant 10 ans, accroissements des témoins ensuite. Taux de mortalité observé en T1.

Configuration de l'ensemble des parcelles de Paracou.

Temps	Angélique	Gonfolos	Carapa	Grignon	Wacapou	Boco	Amarante	Balata	Goupi	S.-M. rouge	Manils	Virolas	Chawari	Parcouri	C. dehors	E. verte	Simarouba	Total	%Initial	T3 —> T1*
Etat initial	**0,667**	**1,880**	**0,027**	**0,760**	**0,267**	**0,094**	**0,013**	**0,067**	**0,160**	**0,200**	**0,147**	**0,120**	**0,227**	**0,093**	**0,067**	**0,000**	**0,013**	**4,801**	**100**	**4,801**
Coupe	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0**	**0,000**
5	0,079	0,260	0,000	0,050	0,053	0,013	0,000	0,037	0,026	0,015	0,011	0,000	0,006	0,003	0,000	0,000	0,012	0,565	12	0,585
10	0,143	0,513	0,000	0,097	0,102	0,026	0,000	0,074	0,048	0,030	0,018	0,000	0,010	0,006	0,000	0,000	0,013	1,079	22	1,118
15	0,169	0,697	0,000	0,141	0,142	0,035	0,000	0,097	0,062	0,041	0,022	0,006	0,013	0,009	0,000	0,000	0,013	1,448	30	1,506
20	0,192	0,877	0,001	0,185	0,179	0,045	0,000	0,120	0,074	0,060	0,024	0,021	0,015	0,011	0,000	0,000	0,019	1,823	38	1,891
25	0,209	1,053	0,006	0,227	0,212	0,053	0,000	0,143	0,087	0,079	0,025	0,036	0,016	0,013	0,001	0,000	0,035	2,194	46	2,279
30	0,220	1,246	0,011	0,258	0,240	0,061	0,000	0,169	0,096	0,098	0,024	0,050	0,017	0,017	0,004	0,000	0,067	2,580	54	2,678
35	0,228	1,443	0,015	0,263	0,279	0,069	0,000	0,201	0,104	0,113	0,024	0,063	0,017	0,022	0,008	0,002	0,077	2,927	61	3,035
40	0,257	1,635	0,017	0,267	0,321	0,075	0,000	0,233	0,109	0,124	0,028	0,118	0,019	0,027	0,011	0,006	0,096	3,344	70	3,491
45	0,279	1,818	0,019	0,278	0,358	0,082	0,000	0,266	0,121	0,136	0,045	0,170	0,021	0,031	0,014	0,010	0,112	3,758	78	3,944
50	**0,293**	**1,992**	**0,030**	**0,299**	**0,391**	**0,087**	**0,000**	**0,306**	**0,133**	**0,148**	**0,057**	**0,218**	**0,022**	**0,036**	**0,016**	**0,014**	**0,120**	**4,163**	**87**	**4,389**
55	0,302	2,162	0,040	0,319	0,421	0,093	0,000	0,349	0,142	0,174	0,066	0,263	0,022	0,040	0,018	0,025	0,120	4,555	95	4,818
60	0,298	2,318	0,047	0,334	0,446	0,098	0,000	0,391	0,149	0,201	0,072	0,311	0,022	0,047	0,020	0,036	0,120	4,911	102	5,179
65	0,292	2,423	0,052	0,345	0,469	0,102	0,000	0,436	0,149	0,227	0,087	0,359	0,022	0,054	0,022	0,048	0,120	5,206	108	5,474
70	0,284	2,525	0,056	0,356	0,498	0,106	0,000	0,482	0,141	0,254	0,097	0,403	0,022	0,061	0,023	0,055	0,120	5,482	114	5,756
75	0,275	2,625	0,070	0,374	0,523	0,117	0,000	0,529	0,134	0,280	0,103	0,444	0,021	0,067	0,025	0,059	0,120	5,765	120	6,043
80	0,271	2,722	0,084	0,398	0,544	0,127	0,003	0,576	0,127	0,307	0,105	0,476	0,020	0,074	0,026	0,063	0,120	6,043	126	6,307
85	0,267	2,817	0,094	0,420	0,562	0,136	0,013	0,619	0,120	0,333	0,114	0,494	0,019	0,081	0,027	0,067	0,120	6,303	131	6,556
90	0,261	2,908	0,102	0,445	0,578	0,145	0,023	0,661	0,119	0,381	0,119	0,510	0,018	0,085	0,028	0,082	0,120	6,585	137	6,830
95	0,314	2,980	0,106	0,470	0,590	0,153	0,033	0,704	0,118	0,429	0,121	0,524	0,017	0,090	0,029	0,097	0,120	6,894	144	7,144
100	0,297	3,038	0,111	0,493	0,597	0,160	0,042	0,762	0,116	0,478	0,121	0,537	0,016	0,094	0,029	0,112	0,120	7,123	148	7,384

* Résultats obtenus lorsque l'on refait les simulations en appliquant aux parcelles du T3 les dégâts observés en T1.

Tableau 68. Evolution supposée du stock des individus exploitables appartenant aux 17 espèces étudiées (effectifs/ha).

Scénario 2 : accroissements observés en T1 pendant 10 ans, accroissements des témoins ensuite. Taux de mortalité maximum observé quel que soit le traitement.

Configuration de l'ensemble des parcelles de Paracou.

Temps	Angélique	Gonfolos	Carapa	Grignon	Wacapou	Boco	Amarante	Balata	Goupi	S.-M. rouge	Manils	Virolas	Chawari	Parcouri	C. dehors	E. verte	Simarouba	Total	%Initial
Etat initial	0,667	1,880	0,027	0,760	0,267	0,094	0,013	0,067	0,160	0,200	0,147	0,120	0,227	0,093	0,067	0,000	0,013	4,801	100
Coupe	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0
5	0,079	0,258	0,000	0,045	0,053	0,013	0,000	0,035	0,026	0,013	0,011	0,000	0,006	0,003	0,000	0,000	0,011	0,553	12
10	0,143	0,508	0,000	0,079	0,102	0,023	0,000	0,065	0,048	0,022	0,018	0,000	0,010	0,006	0,000	0,000	0,012	1,037	22
15	0,169	0,688	0,000	0,105	0,142	0,031	0,000	0,081	0,062	0,026	0,022	0,004	0,013	0,007	0,000	0,000	0,011	1,363	28
20	0,192	0,862	0,000	0,125	0,179	0,037	0,000	0,095	0,074	0,033	0,024	0,014	0,015	0,009	0,000	0,000	0,015	1,674	35
25	0,209	1,031	0,005	0,139	0,212	0,042	0,000	0,107	0,087	0,038	0,025	0,021	0,016	0,010	0,001	0,000	0,027	1,967	41
30	0,220	1,214	0,008	0,143	0,240	0,046	0,000	0,119	0,096	0,040	0,024	0,026	0,017	0,013	0,004	0,000	0,049	2,260	47
35	0,228	1,400	0,010	0,132	0,279	0,049	0,000	0,134	0,104	0,040	0,024	0,029	0,017	0,015	0,008	0,001	0,054	2,523	53
40	0,257	1,579	0,011	0,122	0,321	0,051	0,000	0,146	0,109	0,038	0,028	0,049	0,019	0,018	0,011	0,001	0,064	2,823	59
45	0,279	1,748	0,011	0,115	0,358	0,053	0,000	0,157	0,121	0,035	0,045	0,063	0,021	0,020	0,014	0,002	0,071	3,112	65
50	**0,293**	**1,907**	**0,017**	**0,112**	**0,391**	**0,054**	**0,000**	**0,171**	**0,133**	**0,033**	**0,057**	**0,073**	**0,022**	**0,022**	**0,016**	**0,002**	**0,073**	**3,374**	**70**
55	0,302	2,061	0,021	0,108	0,421	0,054	0,000	0,183	0,142	0,034	0,066	0,078	0,022	0,023	0,018	0,003	0,069	3,605	75
60	0,298	2,199	0,023	0,103	0,446	0,055	0,000	0,194	0,149	0,033	0,072	0,083	0,022	0,026	0,020	0,003	0,066	3,793	79
65	0,292	2,289	0,024	0,096	0,469	0,054	0,000	0,204	0,149	0,033	0,087	0,086	0,022	0,028	0,022	0,004	0,062	3,921	82
70	0,284	2,376	0,024	0,090	0,498	0,054	0,000	0,213	0,141	0,031	0,097	0,086	0,022	0,030	0,023	0,004	0,059	4,032	84
75	0,275	2,458	0,029	0,086	0,523	0,057	0,000	0,220	0,134	0,030	0,103	0,085	0,021	0,032	0,025	0,003	0,056	4,136	86
80	0,271	2,538	0,032	0,083	0,544	0,059	0,000	0,226	0,127	0,028	0,105	0,082	0,020	0,033	0,026	0,003	0,054	4,231	88
85	0,267	2,615	0,034	0,079	0,562	0,060	0,001	0,229	0,120	0,026	0,114	0,076	0,019	0,034	0,027	0,002	0,051	4,319	90
90	0,261	2,689	0,035	0,076	0,578	0,061	0,002	0,231	0,119	0,026	0,119	0,070	0,018	0,034	0,028	0,002	0,048	4,397	92
95	0,314	2,743	0,034	0,073	0,590	0,061	0,002	0,232	0,118	0,025	0,121	0,065	0,017	0,035	0,029	0,002	0,046	4,506	94
100	0,297	2,784	0,034	0,069	0,597	0,061	0,003	0,237	0,116	0,024	0,121	0,059	0,016	0,034	0,029	0,002	0,044	4,528	94

Fixer une durée de rotation de 50 ans permettra en théorie le retour de l'ensemble du peuplement à sa surface terrière initiale, comme semblent l'indiquer les résultats présentés au tableau 12. Ce ne sera pas le cas d'un certain nombre d'espèces comme le Grignon, le Chawari ou l'ensemble des 5 espèces Coeur dehors/Saint-Martin rouge/Parcouri/Amarante/Ebène verte, le cas des Gonfolos étant limite. Une interrogation subsiste chez les espèces telles que le Wacapou, le Boco ou le Goupi, chez lesquelles les bilans cumulés en surface terrière sont négatifs sur la période 1989/1997.

Au-delà de cette deuxième exploitation, il est difficile de prévoir l'évolution du peuplement, si ce n'est que les espèces précédemment mentionnées auront perdu en surface terrière et continueront sans doute à perdre. La prédiction de l'importance du recrutement et de sa réponse aux ouvertures est peu évidente. Si certaines espèces présentent une réaction franchement positive aux traitements d'intensité croissante, comme le Carapa, le Boco, les Virolas, le Saint-Martin rouge ou le Simarouba, les choses sont plus complexes chez les autres, **avec une part difficile à faire entre dynamique propre de la population et ouverture du milieu.** Dans ces conditions, seuls le recul dans le temps et l'accumulation d'observations sur l'autécologie des espèces peut nous faire progresser.

Il y a lieu de prévoir, en tout état de cause, que les espèces dont la structure diamétrique présente une cloche marquée à commencer par les Gonfolos, risquent de voir leur importance nettement diminuer à terme dans le volume exploitable. Chez ces espèces, il faudrait rechercher une régularisation de la structure diamétrique à la fois, si possible, en levant les contraintes d'environnement sur les petites classes de diamètre (sylviculture !) et en acceptant des sacrifices d'exploitation lors de la deuxième rotation.

Le tableau 69 montre comment le peuplement sur l'ensemble des parcelles reconstituerait son stock dans le cas du scénario 3, c'est-à-dire dans le cas où l'on maintiendrait les peuplements ouverts ; le tableau 70 reprend les taux de mortalité maximaux.

Tableau 69. Evolution supposée du stock des individus exploitables appartenant aux 17 espèces étudiées (effectifs/ha).

Scénario 3 : accroissements observés en T2 pendant 10 ans, accroissements des T1 ensuite. Taux de mortalité observé dans le traitement 1.

Configuration de l'ensemble des parcelles de Paracou.

Temps	Angélique	Gonfolos	Carapa	Grignon	Wacapou	Boco	Amarante	Balata	Goupi	S.-M. rouge	Manils	Virolas	Chawari	Parcouri	C. dehors	E. verte	Simarouba	Total	%Initial
Etat initial	**0,667**	**1,880**	**0,027**	**0,760**	**0,267**	**0,094**	**0,013**	**0,067**	**0,160**	**0,200**	**0,147**	**0,120**	**0,227**	**0,093**	**0,067**	**0,000**	**0,013**	**4,801**	**100**
Coupe	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0**
5	0,100	0,394	0,000	0,070	0,071	0,018	0,000	0,037	0,050	0,020	0,014	0,000	0,008	0,005	0,000	0,000	0,013	0,801	17
10	0,179	0,838	0,000	0,137	0,135	0,036	0,000	0,074	0,092	0,039	0,025	0,000	0,014	0,011	0,000	0,000	0,013	1,592	33
15	0,235	1,138	0,010	0,182	0,177	0,047	0,000	0,111	0,111	0,063	0,029	0,023	0,017	0,014	0,000	0,000	0,017	2,173	45
20	0,277	1,481	0,019	0,225	0,215	0,057	0,000	0,148	0,126	0,088	0,030	0,052	0,019	0,021	0,004	0,000	0,033	2,794	58
25	0,337	1,816	0,027	0,263	0,249	0,067	0,000	0,194	0,137	0,110	0,030	0,114	0,021	0,027	0,009	0,001	0,067	3,470	72
30	0,410	2,128	0,050	0,268	0,291	0,076	0,000	0,246	0,154	0,125	0,034	0,225	0,023	0,033	0,014	0,006	0,079	4,162	87
35	**0,464**	**2,433**	**0,078**	**0,273**	**0,340**	**0,084**	**0,000**	**0,305**	**0,176**	**0,139**	**0,064**	**0,329**	**0,026**	**0,040**	**0,018**	**0,011**	**0,102**	**4,882**	**102**
40	0,485	2,638	0,099	0,280	0,383	0,092	0,000	0,373	0,192	0,164	0,085	0,446	0,029	0,049	0,021	0,021	0,116	5,473	114
45	0,495	2,835	0,138	0,302	0,421	0,099	0,000	0,443	0,205	0,199	0,100	0,555	0,030	0,058	0,025	0,036	0,120	6,060	126
50	0,511	3,026	0,192	0,323	0,454	0,105	0,000	0,518	0,201	0,233	0,128	0,628	0,031	0,068	0,028	0,050	0,120	6,617	138
55	0,533	3,214	0,233	0,340	0,484	0,111	0,000	0,591	0,192	0,268	0,151	0,684	0,031	0,077	0,030	0,057	0,120	7,116	148
60	0,544	3,350	0,267	0,351	0,515	0,119	0,007	0,659	0,183	0,302	0,166	0,732	0,030	0,084	0,032	0,062	0,120	7,526	157
65	0,534	3,478	0,301	0,362	0,548	0,133	0,020	0,727	0,175	0,339	0,184	0,770	0,029	0,091	0,034	0,068	0,120	7,915	165
70	0,520	3,622	0,325	0,378	0,576	0,146	0,032	0,848	0,176	0,402	0,203	0,804	0,028	0,097	0,036	0,088	0,120	8,402	175
75	0,508	3,763	0,342	0,403	0,601	0,158	0,045	0,968	0,176	0,465	0,215	0,866	0,027	0,103	0,038	0,108	0,120	8,906	186
80	0,499	3,924	0,368	0,426	0,622	0,169	0,056	1,117	0,174	0,522	0,223	0,924	0,026	0,110	0,039	0,122	0,120	9,439	197
85	0,487	4,083	0,385	0,450	0,640	0,178	0,062	1,271	0,170	0,572	0,237	1,021	0,024	0,116	0,038	0,127	0,120	9,981	208
90	0,481	4,480	0,394	0,476	0,652	0,187	0,069	1,320	0,161	0,621	0,244	1,138	0,023	0,122	0,038	0,132	0,120	10,658	222
95	0,472	4,908	0,403	0,500	0,658	0,196	0,075	1,320	0,153	0,717	0,245	1,246	0,021	0,129	0,038	0,147	0,120	11,346	236
100	0,461	4,923	0,406	0,528	0,661	0,203	0,080	1,320	0,145	0,834	0,246	1,345	0,019	0,140	0,037	0,166	0,120	11,635	242

Tableau 70. Evolution supposée du stock des individus exploitables appartenant aux 17 espèces étudiées (effectifs/ha).

Scénario 4 : accroissements observés en T2 pendant 10 ans, accroissements des T1 ensuite. Taux de mortalité maximum observé quel que soit le traitement.

Configuration de l'ensemble des parcelles de Paracou.

Temps	Angélique	Gonfolos	Carapa	Grignon	Wacapou	Boco	Amarante	Balata	Goupi	S.-M. rouge	Manils	Virolas	Chawari	Parcouri	C. dehors	E. verte	Simarouba	Total	%Initial
Etat initial	0,667	1,880	0,027	0,760	0,267	0,094	0,013	0,067	0,160	0,200	0,147	0,120	0,227	0,093	0,067	0,000	0,013	4,801	100
Coupe	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0
5	0,100	0,393	0,000	0,064	0,071	0,018	0,000	0,035	0,050	0,017	0,014	0,000	0,008	0,005	0,000	0,000	0,013	0,786	16
10	0,179	0,831	0,000	0,112	0,135	0,033	0,000	0,066	0,092	0,029	0,025	0,000	0,014	0,010	0,000	0,000	0,012	1,537	32
15	0,235	1,123	0,008	0,136	0,177	0,041	0,000	0,093	0,111	0,040	0,029	0,017	0,017	0,012	0,000	0,000	0,015	2,052	43
20	0,277	1,455	0,015	0,152	0,215	0,047	0,000	0,117	0,126	0,048	0,030	0,033	0,019	0,017	0,004	0,000	0,027	2,583	54
25	0,337	1,776	0,020	0,161	0,249	0,053	0,000	0,145	0,137	0,052	0,030	0,066	0,021	0,021	0,009	0,000	0,052	3,130	65
30	0,410	2,073	0,035	0,149	0,291	0,057	0,000	0,173	0,154	0,051	0,034	0,116	0,023	0,025	0,014	0,002	0,059	3,665	76
35	**0,464**	**2,360**	**0,051**	**0,137**	**0,340**	**0,060**	**0,000**	**0,203**	**0,176**	**0,049**	**0,064**	**0,152**	**0,026**	**0,028**	**0,018**	**0,003**	**0,072**	**4,203**	**88**
40	0,485	2,548	0,061	0,128	0,383	0,062	0,000	0,234	0,192	0,050	0,085	0,185	0,029	0,033	0,021	0,004	0,078	4,577	95
45	0,495	2,725	0,081	0,125	0,421	0,064	0,000	0,262	0,205	0,052	0,100	0,206	0,030	0,037	0,025	0,006	0,076	4,910	102
50	0,511	2,897	0,106	0,121	0,454	0,065	0,000	0,289	0,201	0,052	0,128	0,209	0,031	0,041	0,028	0,007	0,073	5,213	109
55	0,533	3,063	0,121	0,115	0,484	0,065	0,000	0,311	0,192	0,052	0,151	0,204	0,031	0,044	0,030	0,007	0,069	5,472	114
60	0,544	3,179	0,131	0,108	0,515	0,067	0,001	0,327	0,183	0,050	0,166	0,195	0,030	0,046	0,032	0,006	0,066	5,648	118
65	0,534	3,287	0,139	0,101	0,548	0,071	0,003	0,340	0,175	0,049	0,184	0,184	0,029	0,047	0,034	0,005	0,062	5,793	121
70	0,520	3,407	0,141	0,096	0,576	0,074	0,005	0,374	0,176	0,050	0,203	0,172	0,028	0,048	0,036	0,006	0,059	5,971	124
75	0,508	3,524	0,140	0,092	0,601	0,076	0,005	0,403	0,176	0,050	0,215	0,166	0,027	0,049	0,038	0,006	0,056	6,132	128
80	0,499	3,659	0,142	0,089	0,622	0,078	0,006	0,438	0,174	0,048	0,223	0,159	0,026	0,049	0,039	0,005	0,054	6,308	131
85	0,487	3,791	0,140	0,085	0,640	0,078	0,006	0,470	0,170	0,045	0,237	0,157	0,024	0,049	0,038	0,005	0,051	6,473	135
90	0,481	4,142	0,135	0,081	0,652	0,079	0,005	0,461	0,161	0,042	0,244	0,157	0,023	0,050	0,038	0,004	0,048	6,802	142
95	0,472	4,518	0,130	0,078	0,658	0,078	0,005	0,434	0,153	0,042	0,245	0,154	0,021	0,050	0,038	0,004	0,046	7,124	148
100	0,461	4,512	0,123	0,074	0,661	0,077	0,005	0,410	0,145	0,042	0,246	0,149	0,019	0,051	0,037	0,003	0,044	7,059	147

On gagnerait, dans ce cas, 15 ans en moyenne sur le scénario 1 avec possibilité de récupérer l'intégralité du stock en 35 ans. Même en cas de mortalité importante, on obtiendrait de meilleurs résultats qu'avec le scénario 1 (88% du stock reconstitué en 35 ans). Ceci évidemment sans que l'on sache davantage de quoi serait faite l'exploitation au bout de la deuxième rotation. Le risque essentiel serait de voir un glissement plus rapide s'effectuer sur la composition floristique, les espèces « à cloche » parvenant plus vite dans la zone de déficit. Mais dans le même temps, d'autres espèces favorisées par les ouvertures prendraient de l'importance (cf. plus haut), toute la question étant de savoir dans quelle mesure ces espèces présenteraient un intérêt commercial dans 35 ans.

En matière d'ouverture des peuplements, et au cas où des opérations sylvicoles visant à cette ouverture seraient économiquement envisageables, les résultats obtenus à Paracou laissent peu d'équivoque quant aux seuils à ne pas dépasser. **Les accroissements maximaux sont obtenus dans les conditions du traitement 2.** Il est très rare que le traitement 3 fournisse de meilleurs résultats, en général les accroissements obtenus sont non significativement différents des accroissements en T1. Le traitement 3, sans parler des dégâts accrus occasionnés au peuplement résiduel, présente par ailleurs un inconvénient majeur qui est celui de l'envahissement des parcelles par des espèces héliophiles. A moins que l'on ne souhaite développer un marché utilisant ces espèces, et que l'on n'intervienne fréquemment pour maintenir le milieu ouvert, ce phénomène ne présente que des désavantages : compétition accrue à terme avec les arbres d'avenir (on peut craindre un ralentissement très net des accroissements) et gêne occasionnée à la régénération des espèces de "valeur" (le milieu se ferme très vite et la lumière parvenant au sol diminue rapidement : voir les mesures de LAI réalisées par Ferment (1999). **Le traitement 2 à Paracou a provoqué une diminution de la surface terrière de 1/3 (passage de 30 m2/ha à 20 m2/ha environ). Nous déconseillons vivement le dépassement de ce ratio.**

Signalons, pour terminer, la deuxième raison pour laquelle nous pensons qu'il faut éviter les rotations trop longues : les peuplements produisent lorsqu'ils sont ouverts. Si aucune sylviculture ne peut être mise en oeuvre après l'exploitation, pour des raisons de coût, on a intérêt à utiliser l'exploitation comme une opération sylvicole et donc à la répéter "fréquemment" (c'est-à-dire plutôt tous les 50 ans que tous les 70 ans !). En revanche, il est certainement très important de chercher à tout prix à réduire les dégâts d'exploitation. Si l'avenir du recrutement est incertain, celui des individus qui auront été préservés l'est beaucoup plus, et leur impact sur la rotation suivante est vraisemblablement non négligeable. A titre d'exemple et pour fixer les idées, nous avons refait des simulations en prenant deux hypothèses : (*i*) réduction des dégâts d'abattage ("RIL" = "reduced impact logging") à hauteur de ce qui a pu être fait expérimentalement par l'équipe de TROPENBOS à Mabura Hills, au Guyana (Van der Hout, 1999), c'est-à-dire environ 25% d'arbres détruits en moins ; (*ii*) aucun dégât sur les arbres appartenant aux 17 espèces jugées prioritaires. Les résultats présentés ci-dessous sont indicatifs, car ils reposent sur des calculs qui demanderaient à être affinés.

Le tableau 71, illustré par la figure 109 ci-dessous, compare l'évolution des effectifs du stock exploitable dans les différents cas. Seul le scénario 1 a été traité.

Tableau 71. Comparaison de l'évolution supposée du stock des individus exploitables appartenant aux 17 espèces étudiées (effectifs/ha) selon l'intensité des dégâts entraînés par l'exploitation. Cas du scénario 1 (accroissements observés en T1 pendant 10 ans, accroissements des témoins ensuite. Taux de mortalité observé en T1). Toutes les parcelles sont confondues.

Temps	Exploitation "conventionnelle"	RIL	"0" dégât
Etat initial	4,801	4,801	4,801
Coupe	0,000	0,000	0,000
5	0,565	0,714	0,765
10	1,079	1,360	1,458
15	1,448	1,793	1,921
20	1,823	2,240	2,390
25	2,194	2,675	2,843
30	2,580	3,086	3,262
35	2,927	3,423	3,627
40	3,344	3,796	4,007
45	3,758	4,183	4,407
50	**4,163**	**4,589**	**4,831**
55	4,555	4,991	5,245
60	4,911	5,361	5,638
65	5,206	5,666	5,954
70	5,482	5,965	6,277
75	5,765	6,264	6,596
80	6,043	6,552	6,897
85	6,303	6,805	7,157
90	6,585	7,108	7,471
95	6,894	7,434	7,813
100	7,123	7,676	8,072

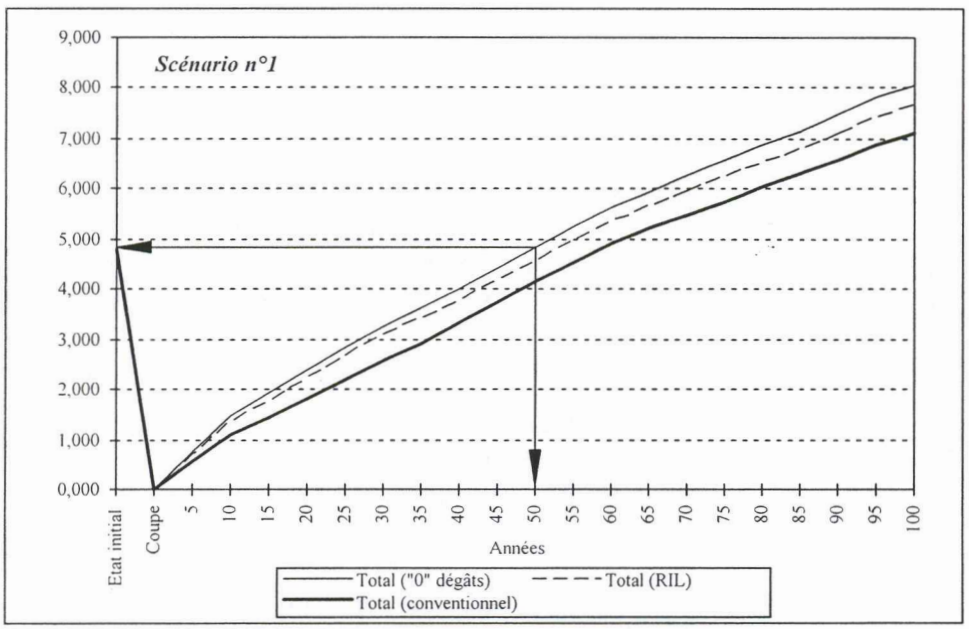


Fig.109. Evolution supposée du stock des individus exploitables appartenant aux 17 espèces étudiées (effectifs/ha) selon l'intensité des dégâts entraînés par l'exploitation. Cas du scénario 1. Tous les groupes de parcelles sont confondus.

Le cas "0 dégât d'abattage" donne une idée de la marge maximale d'amélioration possible. Si l'on pouvait désigner et éviter, lors de l'exploitation, tous les individus de valeur, on pourrait retrouver l'intégralité du stock initial (du point de vue quantitatif, toujours) en 50 ans dans le scénario 1 : soit un gain en effectifs de 16% par rapport à la situation actuelle. La mise en oeuvre de règles et techniques d'exploitation à faible impact conduisant à une réduction de 25% des effectifs détruits se traduirait par un gain de 10% en effectifs exploitables au bout de 50 ans (4,6 individus/ha) et/ou permettrait de gagner 5 ans sur la reconstitution complète du stock.

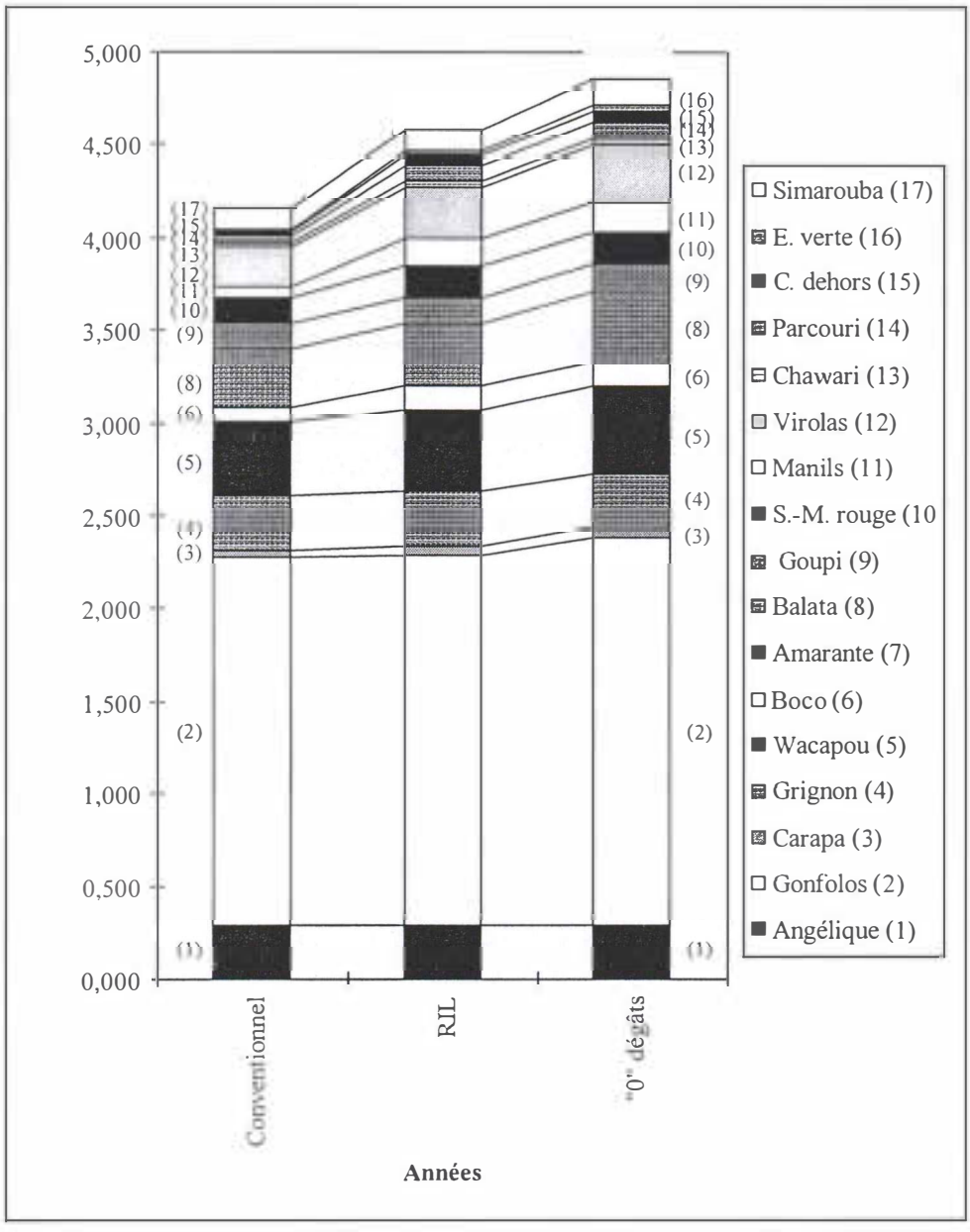


Fig.110. Comparaison de la composition floristique du stock exploitable après 50 ans d'évolution, selon l'intensité des dégâts d'exploitation (scénario 1, tous groupes de parcelles confondus).

La figure 110 ci-dessus représente la composition floristique du stock exploitable après 50 ans d'évolution, selon l'intensité des dégâts (scénario 1 toujours, tous groupes de parcelles confondus). La figure 111 illustre la situation espèce par espèce. Les espèces avantagées par la réduction des destructions sont bien évidemment (*i*) celles qui ont été les plus touchées lors de l'exploitation conventionnelle, tout particulièrement celles dont les effectifs dans les petites classes de diamètre sont les plus nombreux : Carapa, Boco, Balata franc, Manils, Virolas (*ii*) mais aussi celles qui sont les plus rares et qui ont vu disparaître la quasi-totalité de leurs effectifs d'avenir comme le Parcouri ou le Coeur dehors.

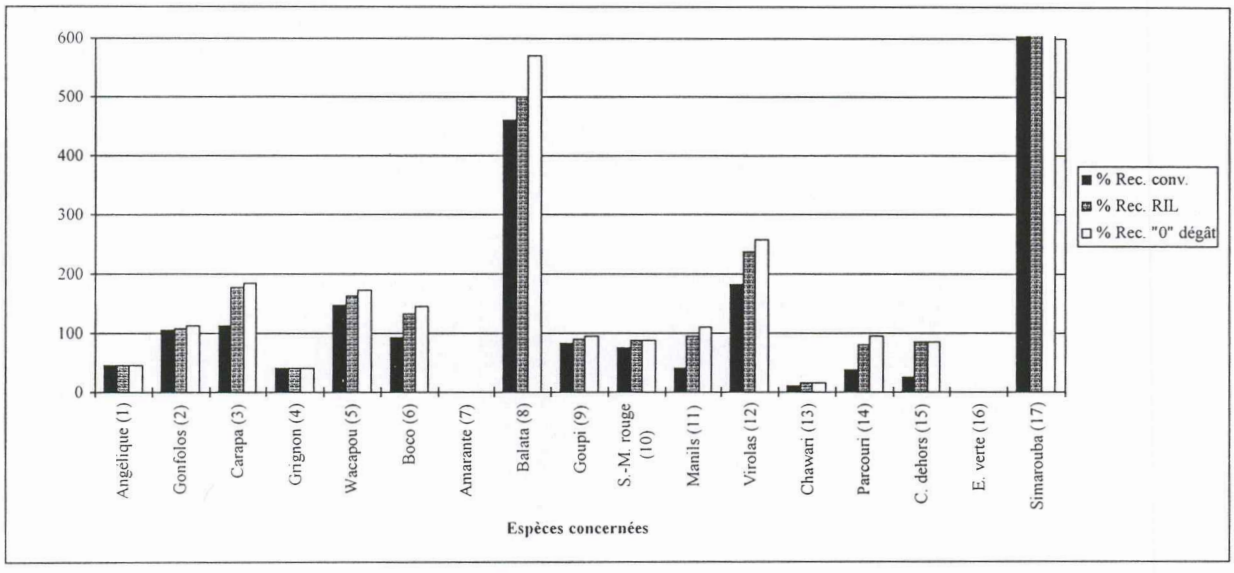


Fig.111. Niveau de reconstitution du stock exploitable au bout de 50 ans, pour les 17 espèces étudiées, selon l'intensité des dégâts occasionnés par l'abattage. Cas du scénario 1. Tous les groupes de parcelles sont confondus.

5.2. Extension au cas des massifs aménagés par l'ONF

L'exercice consistant à traiter séparément chaque groupe de parcelle avait pour objectif la mise en évidence de la variabilité pouvant exister d'un endroit à l'autre (même si le secteur est réduit), et des conséquences pouvant en découler.

Les résultats présentés dans ce rapport sont valables pour le site de Paracou. Il convient d'être prudent dans leur application à d'autres sites. En effet, s'il est sans doute possible dans une certaine mesure d'extrapoler des accroissements et des taux de mortalité, il est impossible d'extrapoler des structures diamétriques, surtout pour un groupe d'espèces ciblées. La solution la plus raisonnable à notre sens consisterait donc à répéter l'exercice effectué plus haut en utilisant les données de structures relevées sur chaque massif aménagé, **et d'adapter des taux de rotation à chaque massif.**

Par ailleurs, il nous paraît indispensable d'installer, si possible dans chaque massif aménagé et si possible dans des zones contrastées des parcelles permanentes qui permettront d'adapter les données d'accroissement dans un premier temps, les données de mortalité dans un deuxième temps au site étudié. Ceci permettrait de ré-ajuster rapidement, si nécessaire, l'estimation des durées de rotation, voire de modifier l'identité des « essences-objectif ». A plus long terme, le suivi du recrutement permettrait de repérer plus précisément les espèces à risque et éventuellement de suspendre leur prélèvement. Ces placettes devraient pouvoir devenir de véritables instruments de pilotage des interventionsNous espérons pouvoir concrétiser une partie de ce projet avec l'ONF dans le cadre du XIIème CPER.

Références bibliographiques

Bergonzini J.-C. et Schmitt L. (1985). Constitution des blocs du dispositif « Forêt Naturelle ». Rapport interne C.T.F.T., 39 p.

Collinet F. (1997). Essai de regroupements des principales essences structurantes d'une forêt dense humide d'après l'analyse de leur répartition spatiale (Forêt de Paracou - Guyane). Thèse de doctorat de l'Université Claude Bernard Lyon I / ENGREF. 203 p. + ann.

Durrieu De Madron L.(1993). Mortalité, chablis et rôle des trouées avant et après exploitation sur le dispositif d'étude sylvicole de Paracou – Guyane Française. Thèse de 3ème cycle - ENGREF/CIRAD, 203 p. + ann.

Durrieu De Madron L., Forni E., Karsenty A., Loffeier E., Pierre M. (1998). Le projet d'aménagement pilote intégré de Dimako (Cameroun) (1992-1996). Série FORAFRI. Document n°7, 160 p.

Favrichon V. (1995). Modèle matriciel déterministe en temps discret - Application à l'étude de la dynamique d'un peuplement forestier tropical humide (Guyane française). Thèse de doctorat de l'Université Claude Bernard Lyon I / CIRAD. 252 p. + ann.

Favrichon V., Gourlet-Fleury S., Bar-Hen A., Dessard H. (1998). Parcelles permanentes de recherche en forêt dense tropicale humide. Eléments pour une méthodologie d'analyse de données. Série FORAFRI. Document n°14, 67 p.

Ferment A. (1999). Comparaison de différentes méthodes d'estimation de l'environnement lumineux et de description de la structure de la canopée en forêt dense tropicale humide sur le dispositif de Paracou (Guyane française). Mémoire de maîtrise de Bioloigie des Populations et des Ecosystèmes, Université Paris XI Orsay. 66 p. + ann.

Forget P.-M. (1988). Dissémination et régénération naturelle de huit espèces d'arbres en forêt guyanaise. Thèse de doctorat de l'Université Paris VI. 245 p. + ann.

Gourlet-Fleury S. (1997). Modélisation individuelle spatialement explicite de la dynamique d'un peuplement de forêt dense tropicale humide (dispositif de Paracou - Guyane française). Thèse de doctorat de l'Université Claude Bernard Lyon I / CIRAD. 274 p. + ann.

Molino J.-F. (1999). Evaluation de l'impact de l'exploitation forestière et des traitements sylvicoles sur l'évolution de la diversité spécifique des arbres en forêt guyanaise. Programme SOFT : *Structure spatiale des écosystèmes forestiers guyanais : les mailles de la diversité et la gestion de l'espace.* Projet 1. 23 p. + ann.

Montpied P. (1995). La régénération naturelle en forêt tropicale humide : effet de traitements sylvicoles d'intensité variable. Bilan des inventaires INRA à Paracou, Guyane française - 1986 à 1992. Actes du séminaire interne de *Silvolab*-Guyane, tenu en Avril 1994 : « Recherches sur les écosystèmes forestiers de Guyane ». 51-69.

Prothery N. (1995). Recherches sylvicoles sur les peuplements naturels en forêt dense guyanaise. Présentation de quelques résultats d'ensemble 11 ans après la mise en place du dispositif. Rapport interne CIRAD-Forêt/Silvolab-Guyane. 42 p. + ann.

Rankin de Mérona J.M. (1999). Synthesis and evaluation of the results of the INRA inventory studies on the natural regeneration of selected tropical rain forest tree species at the Paracou silviculture experiment station in French Guiana (Guyane, France), 1986-1995. Rapport Oïkos Bois/ECOFOR/CIRAD-forêt, 85 p. + 2 volumes d'annexes.

Schmitt L. (1984). Recherches sylvicoles sur les peuplements naturels en forêt dense guyanaise. Phase préliminaire : localisation du dispositif principal. Rapport interne, C.T.F.T., 38 p.

Schmitt L. (1985). Recherches sylvicoles sur les peuplements naturels en forêt dense guyanaise. Présentation des résultats issus de la première campagne de mesures (état du dispositif à l'origine). Rapport interne, C.T.F.T., 43 p.

Schmitt L. (1989). Etude des peuplements naturels en forêt dense guyanaise. Compte-rendu de mise en application des traitements sylvicoles sur le dispositif de PARACOU. Rapport interne, C.T.F.T., 51 p.

Schmitt L. & Perrot T. (1988). Etude des peuplements naturels en forêt dense guyanaise. Dévitalisation d'arbres sur pied. Note interne, C.T.F.T., 16 p.

Schmitt L. et Bariteau M. (1990). Gestion de l'écosystème forestier guyanais. Etude de la croissance et de la régénération naturelle. Dispositif de Paracou. *Bois et Forêts des Tropiques* 220 : 3-23.

Traissac S. (1998). Etude de la dynamique de la répartition spatiale de *Vouacapoua americana* (Aublet) arbre de forêt tropicale guyanaise. 30 p. + ann.

Van der Hout P. (1999). Reduced impact logging in the tropical rain forest of Guyana. Ecological, economic and silvicultural consequences. Tropenbos - Guyana Series 6. 335 p.