

ENGREF
CENTRE DE KOUROU

Module Forêts Tropicales Humides
Exercice de terrain

LES BAS-FONDS DE LA FORET DE PARACOU
CARTOGRAPHIE DES SOLS ET RELATION STATIONS-
ESSENCE

Ariane Angelier
Lyne Bricka
Marjorie Cassagnaud
Marie-Pierre Laurent

Encadrées par Bruno Ferry (ENGREF) et Henri Laborde (CNRS
ECOFOR Kourou)

Septembre 2000

Table des matières

TABLE DES MATIERES	2
REMERCIEMENTS	3
INTRODUCTION.....	4
I. PROBLEMATIQUE	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
II. OBJECTIFS DE L’ETUDE.....	5
III. METHODOLOGIE.....	5
III. 1. PHASE DE TERRAIN	5
III. 1. A. Vérification de la validité de la clef des stations 1999 pour l’année 2000	5
III. 1. B. Profils en travers (profondeur de nappe sur les versants).....	5
III. 1. C. Description écologique des différents types de criques	6
III. 2. PHASE DE CARTOGRAPHIE	8
III. 2. A. Affichage des relevés terrain	8
III. 2. B. Digitalisation des zones de classes de profondeur différentes.....	9
III. 2. C. Limites et inconvénients.....	9
III. 2. D. Avantages	9
III. 3. PHASE DE TRAITEMENT DE DONNEES	9
IV. ANALYSE DES RESULTATS.....	9
IV. 1. ANALYSE DES DONNEES POUR TOUTES ESSENCES CONFONDUES	10
IV. 1. A. Relation croissance/station : importance des facteurs lumière et humidité dans les bas-fonds.	
.....	Erreur ! Signet non défini.
TABLE DES ANNEXES	17

Remerciements

Nous remercions Meriem Fournier et toute l'équipe de l'ENGREF de Kourou pour l'organisation de ce module enrichissant sur la forêt tropicale.

Nous tenons aussi à remercier Bruno Ferry pour l'enthousiasme avec lequel pendant une semaine il a creusé ses trous et la bienveillance avec laquelle il a fléché et sécurisé le chemin (indication des dangers divers et variés : guêpes, mygales etc.).

Nous adressons également nos remerciements à Henri Laborde pour sa disponibilité (y compris le week end).

Un grand merci enfin à toute l'équipe de Paracou qui nous permis de passer une semaine de terrain agréable et agrémentée de soirées gastronomiques.

Introduction

L'exercice proposé ici, dans le cadre du module FTH 2000, est une poursuite du travail réalisé lors du module FTH 99. Il consiste en une cartographie des profondeurs de nappes dans les bas fonds du dispositif expérimental de Silvolab à Paracou. Il s'inscrit par ailleurs dans un programme de cartographie complète des sols de Paracou, dont le financement par le contrat de plan Etat-Région a été demandé et obtenu en avril dernier.

En effet, le dispositif de Paracou a été installé sur des sols aussi homogènes que possible, pour étudier les effets de divers traitements sylvicoles sur la dynamique forestière. Or, de nombreuses études ont montré que, entre autres, l'existence d'une nappe permanente plus ou moins profonde dans les bas-fonds avait des conséquences sensibles sur la dynamique forestière.

Les objectifs de l'exercice sont par conséquent d'étudier les effets de la profondeur de nappe sur la croissance en surface terrière du peuplement global et sur l'abondance et la croissance moyenne d'espèces bien choisies puis de déterminer si les effets observés sur la croissance peuvent être expliqués par une concurrence entre espèces ou non.

Des cartes des sols ont été réalisées dans certaines parcelles (Barthes, 1991 ; Lheriteau, 1994), et ont été digitalisées sur le SIG de Paracou. Cela a permis d'établir de nombreuses corrélations entre des distributions d'espèces et les conditions édaphiques. Le facteur édaphique aux effets les plus remarquables est de toute évidence la situation en bas-fonds vs sur les interfluves (Collinet, 1997) : certaines espèces s'installent très difficilement dans les bas fonds (*Iryanthera sagotiana*, *Vouacapoua americana*, *Bocoa prouacensis*, *Pradosia cochlearia*, *Eperua grandiflora*), alors que d'autres y sont au contraire plus abondantes qu'ailleurs (*Iryanthera hostmannii*, *Carapa procera*, *Eperua falcata*).

Cependant, les "bas-fonds" des cartes précédentes étaient eux-mêmes assez hétérogènes du point de vue des contraintes édaphiques. Cela a été mis en évidence par un exercice-terrain du module FTH 98 (N. Barbe-Russier, S. Cathala, S. Marchesi, O. Standaert et Y. Thepot, encadrés par B. Ferry et S. Gonzalès), qui ont distingué 4 stations, définies par des critères de profondeur de nappe d'eau, de morphologie du sol et de présence de certaines plantes de sous-bois. Cette typologie a été reprise et modifiée l'année suivante, lors d'un exercice-terrain de module FTH 99 (B. Janet, S. Forestier, J. Touroult, encadrés par B. Ferry et V. Freycon) : 5 stations ont été définies, avec pour unique critère la profondeur de la nappe stabilisée. Une méthode de cartographie rapide et précise a permis de classer tous les arbres des parcelles 1, 6, 11 et 16 dans une de ces stations, ce qui a permis ensuite de montrer que l'abondance et la croissance de certaines espèces différait fortement d'une station à une autre. Dans les stations à nappe proche de la surface, l'arbre moyen pousse plus vite qu'ailleurs ; on est tenté d'attribuer cela à la possibilité de s'alimenter en eau en saison sèche, mais il se trouve par ailleurs que dans ces mêmes stations la surface terrière est plus faible, donc que la concurrence inter-arbres est plus faible.

Les données collectées en 1999 n'ont pas permis de dire clairement si la croissance plus rapide des arbres en station à nappe superficielle était due à la présence de la nappe ou à la moindre concurrence. Or, la réponse à une telle question est importante pour le modèle de croissance établi par S. Gourlet-Fleury (1999) sur Paracou : si les effets de la concurrence suffisent pour expliquer les variations de croissance, le sous-programme calculant la croissance de chaque arbre peut être le même partout, tandis que les sous-programmes calculant la mortalité et le recrutement devront tenir compte de la station ; si la présence d'une nappe en saison sèche contribue directement à accélérer la croissance des arbres, cela doit être pris en compte dans le sous-programme calculant la croissance.

II. Objectifs de l'étude

L'étude de terrain FTH 2000 se propose de poursuivre la cartographie des stations de bas-fonds avec les méthodes établies lors du module FTH 99. Toutefois, alors que l'équipe précédente avait travaillé des parcelles témoin (1, 6, 11 et 16), l'équipe FTH 2000 s'est, elle, penchée sur des parcelles ayant subi un traitement sylvicole (cf. annexe 1) :

- parcelles 2 et 7 : traitement 1 (exploitation pour le bois d'œuvre) ;
- parcelle 3 : traitement 2 (exploitation pour le bois d'œuvre et éclaircies) ;
- parcelles 4, 8 et 12 : traitement 3 (exploitation pour le bois d'œuvre et pour le bois d'énergie et éclaircies).

Les données de terrain seront ensuite digitalisées sur SIG de façon à attribuer à chaque arbre des parcelles étudiées une station édaphique relative à la nappe en saison sèche. Enfin, l'équipe s'attachera à analyser les effets de la station sur la croissance en surface terrière du peuplement global et sur l'abondance et la croissance moyenne d'espèces bien choisies et à déterminer si les effets observés sur la croissance peuvent s'expliquer par une concurrence moindre, ou pas.

III. Méthodologie

III. 1. Phase de terrain

III. 1. A. Vérification de la validité de la clef des stations 1999 pour l'année 2000

Dans un premier temps, l'équipe s'est attachée à vérifier si la hauteur de nappe avait varié par rapport à l'année précédente sur le dispositif de Paracou. En effet, le mois de septembre 2000 étant plus humide que le mois de septembre 99, le niveau des nappes pourrait être un peu plus haut, ce qui modifierait alors légèrement la définition des stations. Des sondages pédologiques ont donc été réalisés à plusieurs endroits repérés de façon précise sur la parcelle 16, choisie comme zone de test.

Ces sondages révèlent effectivement une remontée de la nappe de 5 à 10 cm par rapport à l'an dernier sauf à deux endroits : pour l'un, le niveau de la nappe était identique à celui de 1999 et pour l'autre, le niveau était 40 cm plus haut (on admet que ce dernier cas est exceptionnel mais nous n'avons pu le vérifier). La clef se trouve quand même validée si l'on considère l'amplitude des classes de profondeur et les imprécisions lors de l'attribution des classes à chaque arbre (lecture sur le clinomètre, digitalisation SIG....)

III. 1. B. Profils en travers (profondeur de nappe sur les versants)

La méthode utilisée est la même que celle mise au point par l'équipe FTH 1999. Elle s'appuie sur l'hypothèse d'une nappe horizontale au niveau du profil en travers c'est-à-dire pris perpendiculairement à l'axe du cours d'eau.

On mesure la profondeur de nappe au pied d'un arbre numéroté sachant que celui-ci était localisé précisément sur le SIG.

Dans le cas où la nappe est affleurante, la surface de l'eau représente la valeur de référence pour extrapoler la profondeur de la nappe au pied des arbres (cf. Fig.1).

Dans le cas de thalwegs secs, on mesure la profondeur de la nappe dans un trou effectué avec une tarière pédologique (P'). La profondeur P de la nappe au pied de l'arbre est alors donnée par $P=x+P'-y$.

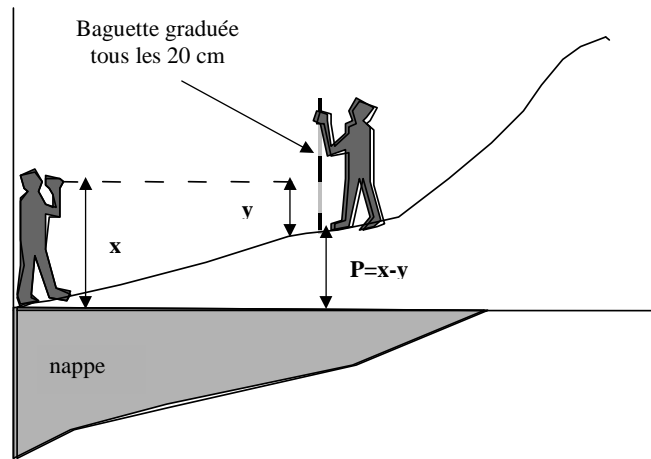


Fig.1 : Profil en travers (mesure de profondeur de nappe au pied des arbres et estimation indirecte de la profondeur de nappe en admettant que sa surface est horizontale dans la direction perpendiculaire à l'axe du thalweg).

Pour chaque mesure, le numéro de l'arbre est alors noté dans la classe de profondeur de nappe qui lui est associée. L'échelle de classe utilisée a une amplitude de 10 cm (par exemple, classe 1 : de 10 à 20 cm).

Cette opération est répétée sur un même profil jusqu'à trouver une profondeur supérieure ou égale à un mètre avec un maximum d'arbres de classes différentes.

Ce travail constitue la majeure partie de la phase de terrain, le but étant de faire des mesures exhaustives afin de bien délimiter les zones de différentes profondeur de nappe. La profondeur de nappe a été ainsi mesurée d'environ 2000 arbres. L'acquisition de ces données de terrain nous a amenés à réfléchir de façon plus approfondie sur la diversité des cours d'eau, du point de vue de la morphologie, de la répartition des espèces végétales et de la pédologie.

I. 1. C. Description écologique des différents types de criques

L'objectif de cette 3^{ème} de terrain est d'essayer de caractériser l'hétérogénéité des criques à l'intérieur d'une même classe de profondeur de nappe. Le dernier jour de terrain a donc été consacré à la description de deux criques particulièrement représentatives de cette diversité : profil en long, profils en travers, description de la végétation et du sol.

Profils en long

Les profils en long ont été réalisés en remontant le thalweg. A chaque rupture de pente observée, des mesures ont été effectuées : la distance parcourue est mesurée au topofil ou au décamètre et la pente est relevée à l'aide du clinomètre. L'utilisation de ce dernier instrument a imposé la prise de mesures intermédiaires lorsque la visibilité était réduite. Dans le cas où le thalweg s'assèche, l'utilisation de la tarière devenait indispensable pour suivre l'évolution de la profondeur de la nappe (cf. Fig.2).

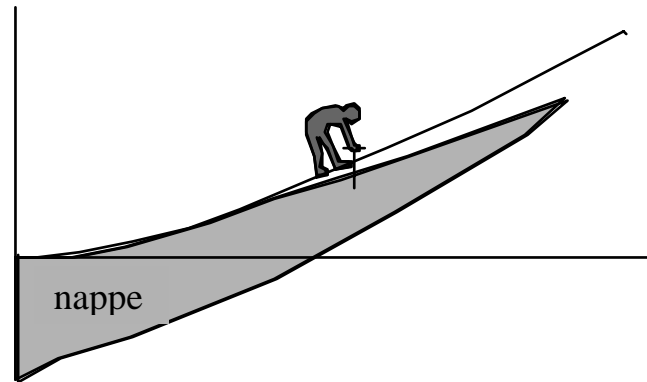


Fig.2 : profil en long (mesure directe de la profondeur de nappe à l'aide d'une tarière pédologique)

Profils en travers

Un profil en travers a été effectué à chaque fois que le thalweg présentait une physionomie différente. On a procédé de même que pour les profils en long.

Description de la végétation

La végétation présente sur chaque profil en travers a été caractérisée sommairement en notant quelques espèces végétales de bas-fonds (Astrocaryum, pinot, autres palmiers) ainsi que l'emplacement des premiers grands arbres.

Limites et inconvénients

Délai de stabilisation de la nappe dans les sondages pédologiques

Lorsqu'un sondage pédologique est effectué, il existe un phénomène de rabattement de la nappe (cf. Fig.3). La mesure ne peut donc pas être effectuée tout de suite. Il faut attendre environ 2 à 20 minutes selon la texture du sol, donc la perméabilité pour que la nappe se stabilise (plus le sol est argileux, plus le délai est important). Pour cette raison, il a été nécessaire qu'une personne parte faire les sondages en amont avant le passage de l'équipe de mesure.

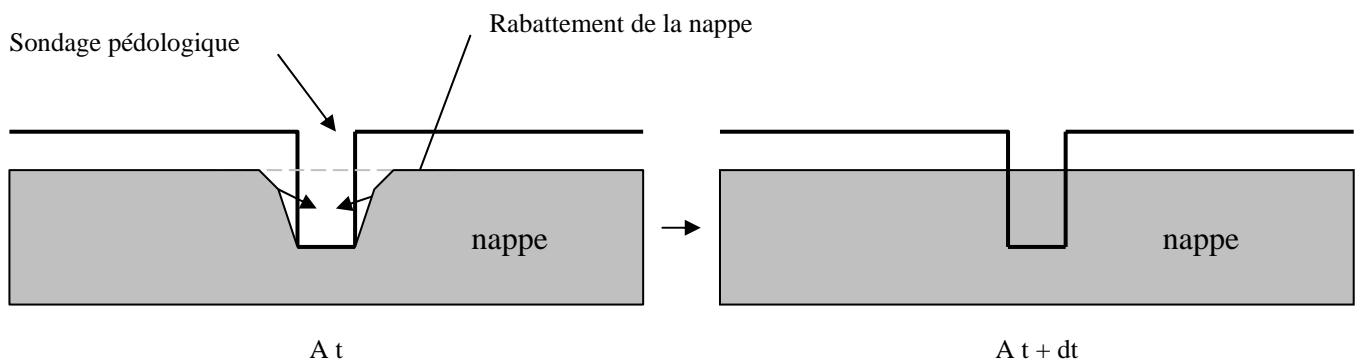


Fig.3 : délai de stabilisation dû à la perméabilité faible du sol et au rabattement de la nappe lors des sondages pédologiques

Limite de validation de la méthode dans le cas de nombreux méandres

La méthode décrite pour les profils en travers se trouve pleinement validée lorsque le cours d'eau a un axe d'écoulement bien défini et assez rectiligne. Des vérifications ont été faites sur le terrain dans ce sens. Par contre, lorsque les méandres se multiplient et que le lit du cours d'eau est large et mal défini (la géométrie de la surface de la nappe est difficile à prévoir), il devient nécessaire de faire des sondages à la tarière dès que l'on s'éloigne de la crique.

Imprécisions des données relevées sur le terrain

Les données relevées sur le terrain ont un degré certain d'imprécision pour plusieurs raisons :

- mauvaise lisibilité des numéros sur certains arbres ;
- difficulté de repérer avec exactitude la perpendiculaire à la crique (en particulier dans les méandres larges) d'où la présence d'un biais dans l'estimation de la profondeur de nappe sur les profils en travers correspondants ;
- erreurs possibles lors de la saisie des données ;

I. 2. Phase de cartographie

La digitalisation des données relevées sur le terrain a été effectuée à l'aide du logiciel SIG Arcview.

I. 2. A. Affichage des relevés terrain

Sur le dispositif de Paracou, tous les arbres sont inventoriés, identifiés et positionnés sur SIG. Pour chaque parcelle, la profondeur de la nappe mesurée au pied de chaque arbre a été représentée par un point de couleur. Pour une meilleure lisibilité de la carte, les différentes classes de profondeur relevées sur le terrain ont été regroupées en cinq grandes classes :

- classe 0 : 0 à 10 cm de profondeur ;
- classe 1 : 10 à 60 cm de profondeur (regroupement des classes de terrain 1 à 5) ;
- classe 2 : 60 à 80 cm de profondeur (regroupement des classes de terrain 6 à 7) ;
- classe 3 : 80 à 100 cm de profondeur (regroupement des classes de terrain 8 à 9) ;

-classe 4 : plus d'1 m de profondeur (regroupement des classes de terrain 10 et plus).

I. 2 .B. Digitalisation des zones de classes de profondeur différentes

Pour le tracé des limites de zones ont été pris en compte : les points de même couleur, les courbes de niveau, l'emplacement de la crique lorsqu'elle était présente et la mise à l'écart des points aberrants (cf. annexe 2). A chaque zone de classe de profondeur différente ainsi délimitée correspond une couleur spécifique, à l'exception de la classe 4. En effet, on peut considérer que l'effet bas-fonds se ressent de façon significative dans les classes 0 et 1, de façon intermédiaire dans les classes 2 et 3 et ne se ressent quasiment plus dans la classe 4 qui comprend en fait tout le reste de la parcelle.

I. 2. C. Limites et inconvénients

Plusieurs imprécisions sont aussi apparues à ce stade :

- localisation des arbres ponctuellement imprécise sur le SIG (il est arrivé sur le terrain de constater une différence de plusieurs mètres entre la position réelle d'un arbre et sa position sur la carte) ;
- à certains endroits, le faible nombre d'arbres en raison des chablis, pinotières ou tout simplement de la faible densité nous a empêchés de pouvoir extrapoler correctement la limite des zones.

I. 2. D. Avantages

Les classes de profondeur utilisées sur le terrain étaient nombreuses et de faible amplitude (seulement 10 cm) de façon à avoir une plus grande précision lors du tracé des limites de zones. De plus, le regroupement de ces classes en 4 grandes classes identiques à celles que l'équipe de 1999 avait utilisées nous a permis de pouvoir comparer les résultats obtenus.

I. 3. Phase de traitement de données

Une fois, les cartes réalisées sous SIG, il a été possible d'attribuer une valeur de classe de profondeur de nappe à tous les arbres des parcelles étudiées et non plus seulement aux seuls arbres relevés sur le terrain. Ces informations et les données de croissance communiquées par Sylvie Gourlet-Fleury ont été rassemblées sur des fichiers uniques.

II. Analyse des résultats

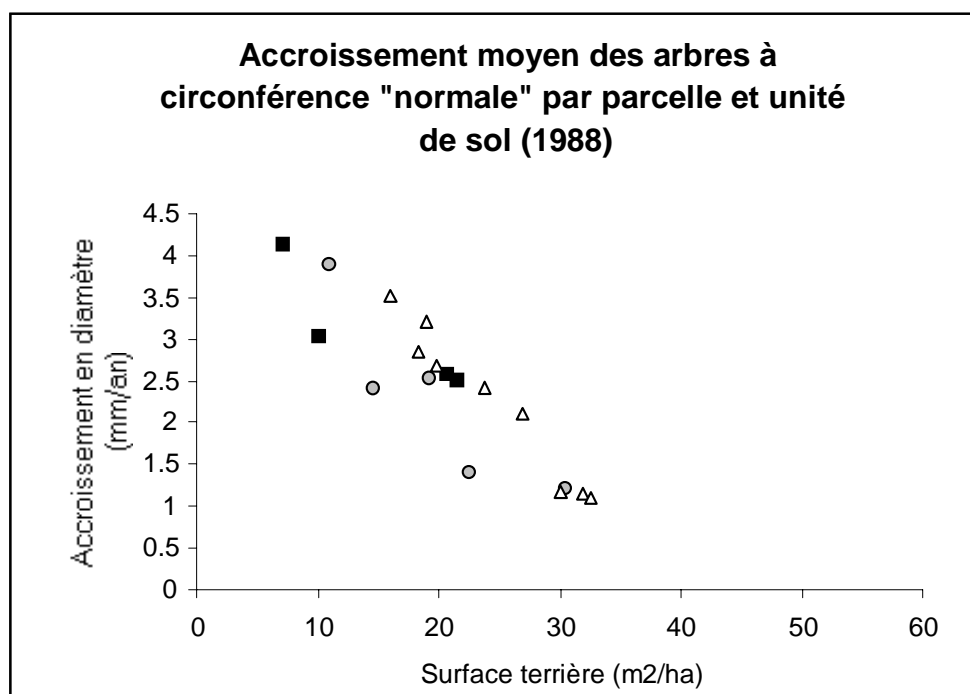
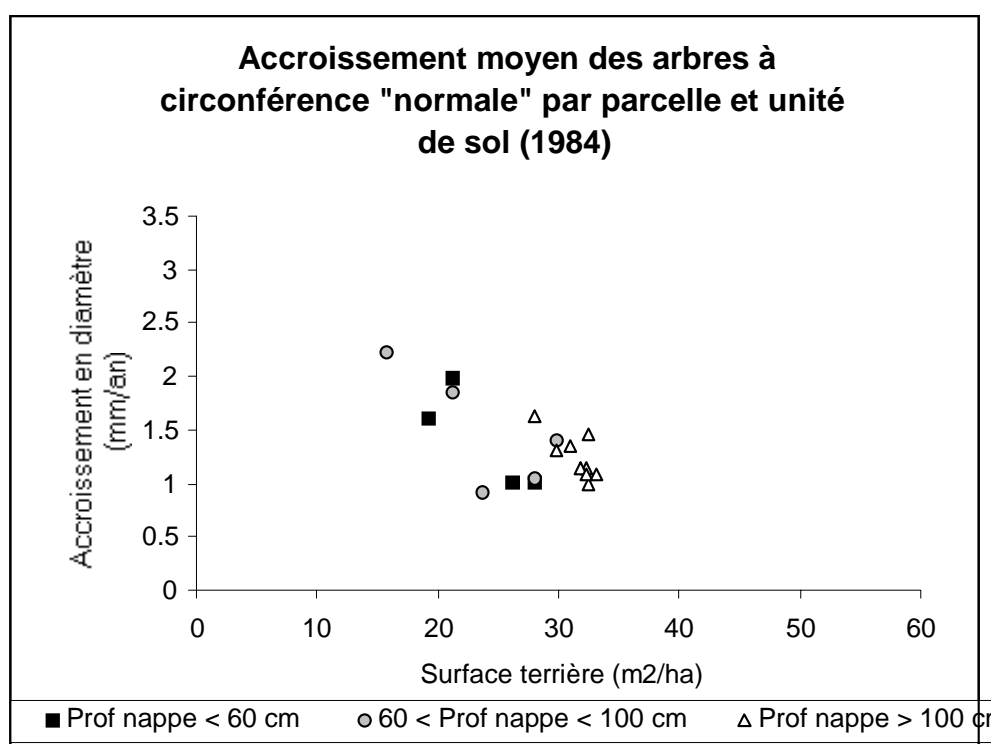
Pour l'analyse, nous avons disposé non seulement de nos données mais aussi de celles de l'étude FTH 1999 sur les parcelles 1, 6 et 11. Nos résultats permettent donc d'affiner les résultats déjà énoncés dans le rapport 1999.

II. 1. Analyse des données pour l'ensemble du peuplement : relation croissance/station (importance des facteurs lumière et humidité dans les bas-fonds).

Les classes 0, 1, 2 et 3 représentent de trop faibles surfaces ($< 0,2$ ha) pour que les résultats que l'on en tire soient significatifs. Nous les avons donc regroupés de la façon suivante :

- profondeur de nappe < 60 cm (classes 0 et 1) ;
- 60 cm $<$ profondeur de nappe < 100 cm (classes 2 et 3) ;
- profondeur > 100 cm.

Parmi ces regroupements de classe, certains ont toutefois encore une surface trop faible ($< 0,2$ ha). Dans le graphique ci-dessous, les points représentatifs d'une surface inférieure à $0,2$ ha n'ont pas été pris en compte.



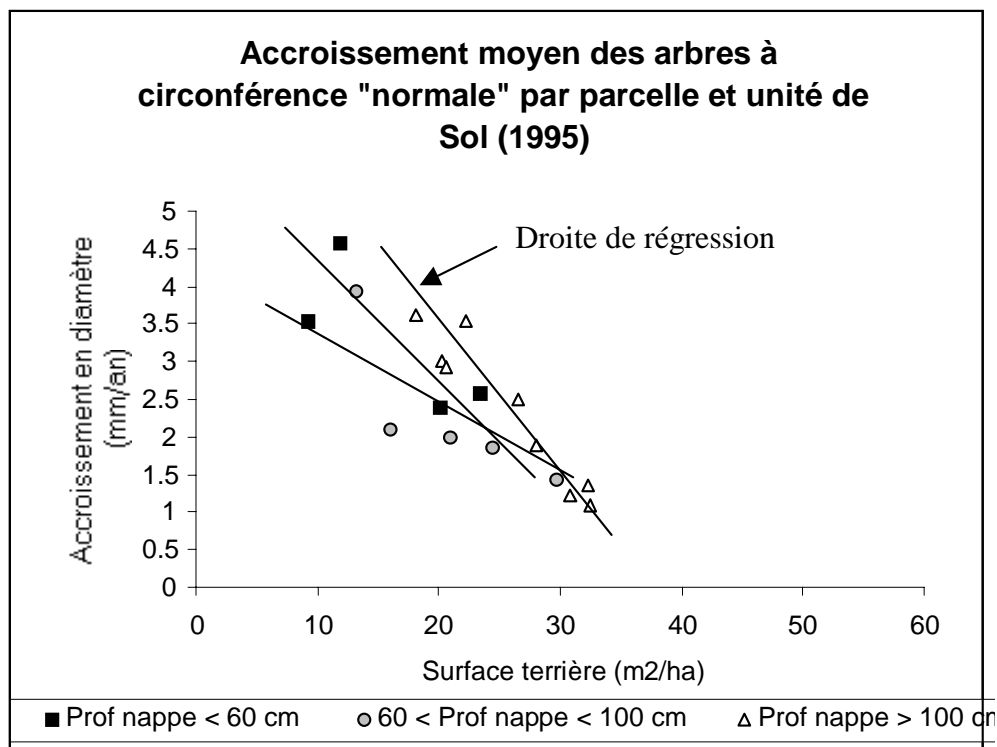


Fig.4 : accroissement moyen des arbres à circonférence « normale » par parcelle et unité de sol (1984, 1988 et 1995)

Effet de la compétition

On constate une corrélation négative entre l'accroissement en diamètre et la surface terrière (cf. Fig.4) c'est-à-dire que pour des surfaces terrières importantes (forte compétition), l'accroissement est plus faible.

De plus, la comparaison des trois graphiques présentés ci-dessus met nettement en évidence l'effet du traitement sylvicole qui a eu lieu entre 1984 et 1988 : les arbres des parcelles fortement éclaircies ont une croissance beaucoup plus forte.

Effet du sol

Pour une même surface terrière et pour un même degré de compétition, la croissance semble être plus faible dans les zones de bas-fonds (cf. Fig.4 comparaison des 3 droites de régression). Nos observations de terrain sont en adéquation avec ce résultat. Toutefois, il reste à confirmer par des tests statistiques que nous n'avons pas le temps d'effectuer ici.

IV. 3. Comportement de certaines essences

L'analyse des données nous a fourni des résultats pour de nombreuses essences. Parmi 14 essences qui semblent être plus présentes dans les bas-fonds, nous avons éliminé celles dont les effectifs étaient trop faibles ou dont le comportement n'était pas suffisamment tranché.

Nous n'avons retenu que deux essences qui présentent des comportements contrastés : *Bocoa prouacensis* et *Carapa procera*.

IV. 3. A. Espèce peu fréquente dans les bas-fonds

Le diagramme de densité de *Bocoa prouacensis* (Fig.5) indique quel que soit le traitement sylvicole, cette essence est beaucoup plus fréquente hors bas-fonds que dans les zones où la profondeur de la nappe est inférieure à 1 m.

L'absence d'arbres à une profondeur de nappe < 60 cm dans le cas du traitement 3, conforme à cette observation mais est cependant regrettable pour la suite du traitement des données (effectif trop faible non représentatif).

Ce comportement peut être dû à des difficultés de régénération, à un fort taux de mortalité, à une très faible tolérance à l'engorgement.

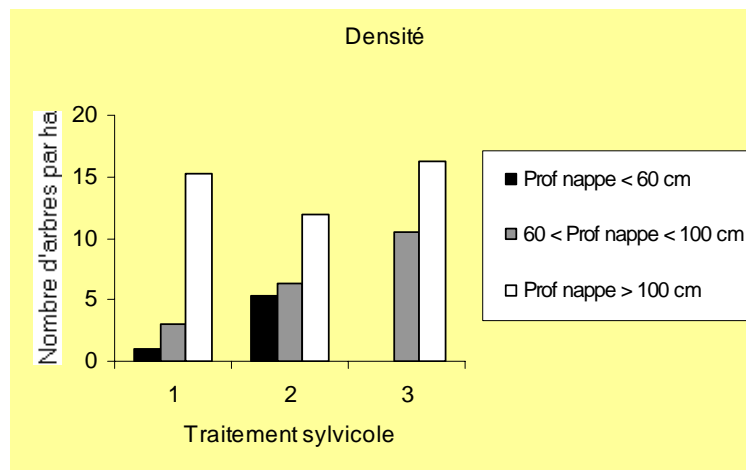


Fig.5 : Diagramme de densité de *Bocoa prouacensis*

Nous avons travaillé avec quatre indices de compétition différents :

- indice 1 : nombre d'arbres voisins dans un rayon de 20 m ;
- indice 2 : nombre d'arbres voisins de plus gros diamètre dans un rayon de 20 m ;
- indice 3 : surface terrière (en m²) des arbres voisins dans un rayon de 20 m ;
- indice 4 : surface terrière (en m²) des arbres voisins de plus gros diamètre dans un rayon de 20 m.

L'indice 4 a été retenu car il permettait de meilleures régressions et donc une meilleure exploitation des données.

Les diagrammes de la Fig.6 montrent qu'il existe une corrélation négative entre compétition et taux d'accroissement. Cette corrélation est encore plus lisible après le traitement sylvicole (Fig. 6, 1988 et 1995) car les points sont plus dispersés (en raison des éclaircies).

De plus, pour un même degré de compétition, la croissance semble être plus rapide dans les zones de bas-fonds (Fig.6).

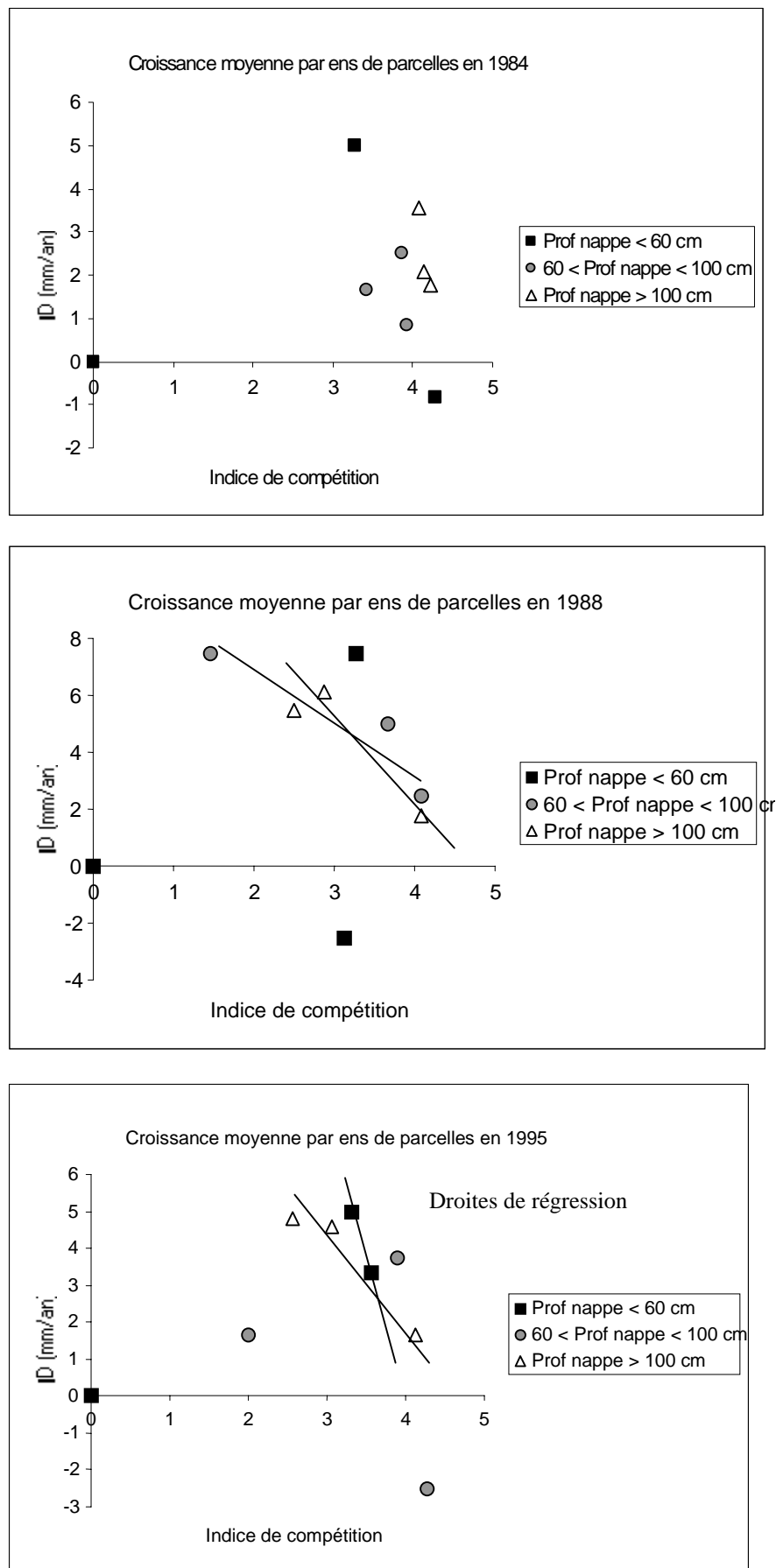


Fig.6 : croissance moyenne par ensemble de parcelles en fonction de la compétition (1984, 1988 et 1995)

IV. 3. B. Espèce fréquente dans les bas-fonds

Le diagramme de Carapa procera (Fig.7) indique que cette espèce est fréquente dans les bas-fonds.

De plus, d'après la thèse de F. Collinet, cette espèce est abondante dans les bas-fonds et sur les sols hydromorphes.

Par ailleurs, dans le rapport FTH 1999, cette espèce avait été répertoriée dans la pinotière (classe 0). Elle tolère donc très bien une nappe d'eau affleurante toute l'année.

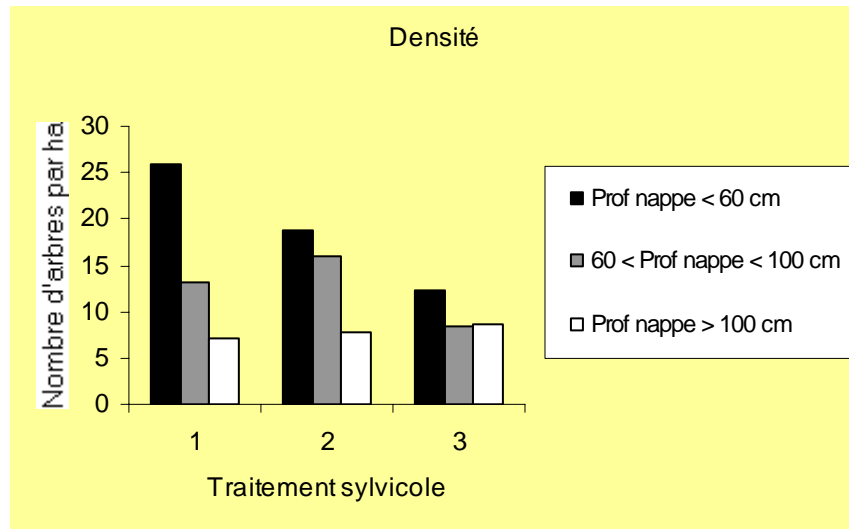


Fig.7 : Diagramme de densité de Bocoa prouacensis

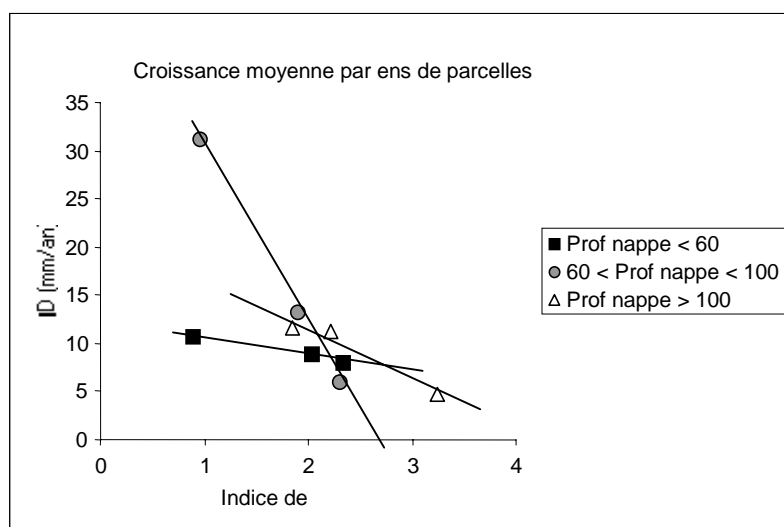
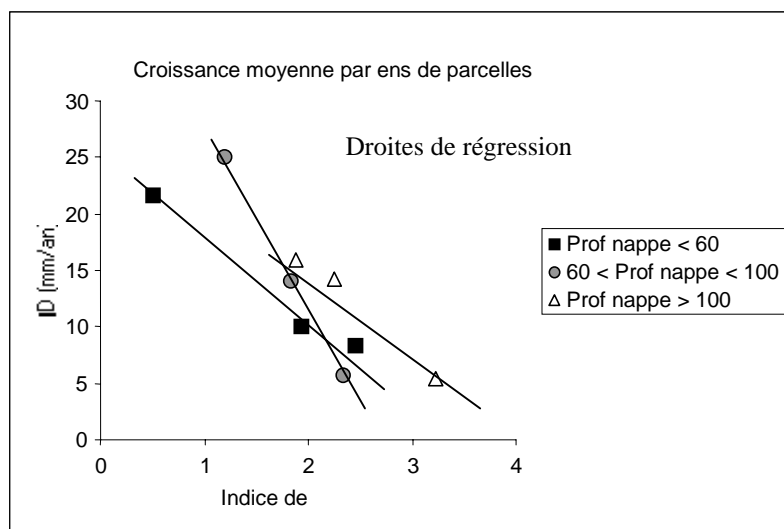
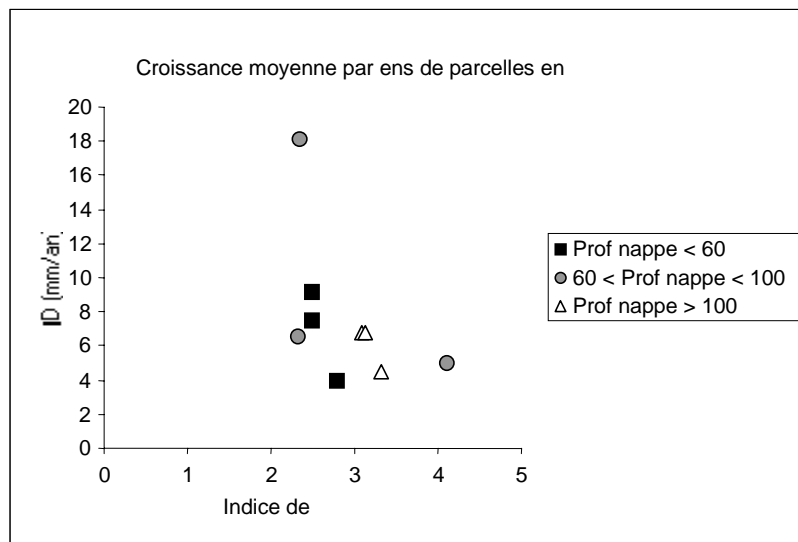


Fig.8 : croissance moyenne par ensemble de parcelles en fonction de la compétition (1984, 1988 et 1995)

Elles aiment les bas fonds a cause de la lumière.

Table des figures

Fig.1 : Profil en travers (mesure de profondeur de nappe au pied des arbres et estimation indirecte de la profondeur de nappe en admettant que sa surface est horizontale dans la direction perpendiculaire à l'axe du thalweg).

Fig.2 : profil en long (mesure directe de la profondeur de nappe à l'aide d'une tarière pédologique)

Fig.3 : délai de stabilisation dû à la perméabilité faible du sol et au rabattement de la nappe lors des sondages pédologiques

Fig.4 : accroissement moyen des arbres à circonférence « normale » par parcelle et unité de sol (1984, 1988 et 1995)

Fig.5 : Diagramme de densité de *Bocoa prouacensis*

Fig.6 : croissance moyenne par ensemble de parcelles en fonction de la compétition (1984, 1988 et 1995)

Fig.7 : Diagramme de densité de *Bocoa prouacensis*

Fig.8 : croissance moyenne par ensemble de parcelles en fonction de la compétition (1984, 1988 et 1995)

Table des annexes

Annexe 1 : le dispositif expérimental du Silvolab (Paracou)

Annexe 2 : méthodologie utilisée lors de la cartographie (exemple : parcelle 7)

Annexe 3 : typologie des stations de bas-fonds du module FTH 1999-2000

Annexe 4 : profondeur de nappe sur les parcelles étudiées (2, 3, 4, 7, 8 et 12) (cartes élaborées avec le logiciel SIG Arcview)

Annexe 5 : localisation des profils effectués, profils en longs, profils en travers et caractérisation de la végétation

