



AVANT- PROJET OIBT PPD 123/06 REV.1(F)

RAPPORT TECHNIQUE

LUTTE CONTRE LE DÉPERISSEMENT DES ESSENCES DE PLANTATIONS

Cas des *Terminalia* spp et du teck (*Tectona grandis*) en Côte d'Ivoire

Chef de Projet

Dr. Venance N'Guettia K. KOUADIO

Coordonnateur

M. Emmanuel Yapi AMONKOU

Consultant

Prof. Séverin AKE

SOMMAIRE

Pages

RESUME	2
INTRODUCTION.....	4
FORMALISATION DES CONNAISSANCES.....	5
ETAT DES LIEUX : BASE DES CONNAISSANCES	5
Dépérissement des Terminalias (Frakés et Framirés).....	5
Défoliations des Terminalias.....	8
Qualité de semences des Terminalias ?.....	8
2 MATERIELS ET METHODES.....	8
2-1 MATERIELS ET SITES D'ÉTUDE.....	8
211 Sites de l'étude.....	8
212 Matériels	8
2121 Matériel végétal.....	8
2122- Autres Matériels.....	9
22 METHODES.....	9
221 Prospections, observations et collectes d'échantillons.....	9
222 ETUDE DE FACTEURS ABIOTIQUES.....	11
2221 Etude d'éléments du sol	11
22211 Dosage des composés phénoliques et minéraux	11
222111 Extraction et dosage des phénols.....	11
222111-1 Echantillons de racines	11
222111-2 Echantillons de sol	11
222112 Extraction et dosage des éléments minéraux.....	12
222112-1 Dosage du potassium (K.).....	12
222112-2 Dosage de l'azote	12
223 ETUDE DE FACTEURS BIOTIQUES.....	12
2231 Causes entomologiques	12
2232 Causes fongiques.....	12
224 ANALYSE DES DONNÉES	12
2241 Données des facteurs biotiques.....	12
2242 Données des facteurs abiotiques.....	12

3 - RÉSULTATS (Base des faits)	14
31 - OBSERVATION GÉNÉRALE	14
32 FACTEURS ABIOTIQUES.....	14
321 Aspect général des sols des parcelles.....	14
3211- Aspects physiques	14
322 - Granulométrie	14
323 – Composants chimiques.....	18
Ensemble des localités	19
33 TECKS.....	24
331-Aspect général des tecks et symptômes macroscopiques aériens.....	24
3311-Symptômes sur les troncs et les branches.....	24
3312-Symptômes d'attaques d'insectes.....	24
332-Symptômes souterrains.....	25
3321-Symptômes macroscopiques.....	25
3322-Symptômes microscopiques.....	25
34-TERMINALIAS (Frakés et Framirés).....	33
341- Teneur en phénol des racines et de la rhizosphère des Terminalias.....	33
342- Observations générales	33
343-Parcelles symptomatiques.....	33
3431-Symptômes d'attaques d'insectes sur les troncs des arbres.....	33
3432- Agent entomofaune.....	34
3433- Réaction tissulaire des arbres.....	35
IV. DISCUSSION	49
41 - CAS DU TECK.....	49
411- Attaques par le champignon responsable de la pourriture brune des racines	49
412 - Attaque par des coléoptères.....	49
413 - Incidences d'actions sylvicoles	50
42 – CAS DES TERMINALIAS	50
421 - Mécanisme du dépérissement occasionné par les coléoptères de l'écorce des Terminalias	50
4211 - Importance vitale des tissus de l'écorce des arbres et les insectes boreurs	50
4212 - Conséquences d'une destruction du phloème	51

• Annelation de l'écorce	53
• Dans le cas d'une annelation complète	53
4213- Spécificité des coléoptères longicornes en tant que consommateurs de phloèmes et/ou de l'aubier et leurs impacts.....	54
422 - Différence de sensibilité/résistance entre les Frakés et les Framirés	54
423 - Par rapport à la position dressée des arbres et les attaques de coléoptères	55
424 - Conséquences d'une défoliation importante	55

ANALYSE DES FACTEURS RESPONSABLES DU STRESS DONT LES CONSEQUENCES CONDUISENT AU DEPERISSEMENT DES TERMINALIAS

• Particularité de l'écorce des Terminalias et leur sensibilité à des facteurs biotiques	57
• Sensibilité particulière à des facteurs abiotiques de type climatique	57
• Implication des facteurs du sol dans le dépérissement des Terminalias	58
• Impact des méthodes sylvicoles sur les attaques par des insectes dont certains arbres, incluant les Terminalias sont l'objet	59
• Particularités biologiques des Terminalias et la survenue de dépérissement..	60
• Phénomène d'arrêt possible de croissance de plantation de Terminalias de plus de 20 ans d'âge	61
• Cas de parcelles de Terminalias moins de 20 ans d'âge.....	63
• Le déficit pluviométrique : un facteur supplémentaire de stress	63
• Par rapport à l'existence de clones locaux résistants de Terminalias et aux conditions de propagations des attaques par les coléoptères	65
• Par rapport a une implication éventuelle de la qualité de semences	66
CONCLUSION GENERALE	67
Dépérissement du Teck	
Dépérissement des Terminalias	
QUELLE GESTION DES DEPERISSEMENTS DU TECK ET DES TERMINALIAS ?	69
Recommandations	69
• Action sanitaire de veille et de surveillance et activités sylvicoles	70
• Sélection génétique et écophysologique	70
• Actions de recherche	71
Références bibliographiques.....	73

RESUME

(Introduction) Le dépérissement des plantations ou reboisements forestiers a été signalé par de nombreux auteurs dans différents pays et sur tous les continents, avec des causes diverses biotiques et/ou abiotiques ou inconnues. En Côte d'Ivoire, plusieurs projets ont permis à la SODEFOR de réaliser d'importants investissements tant en matière de reboisements, d'aménagements de forêts naturelles que de protection des forêts. Ces programmes qui ont permis le reboisement de plus de 170 000 ha en feuillus de bois d'œuvre, comporte environ 44 % de tecks et de *Terminalias* (Framirés et Frakés). Ces principaux reboisements sont affectés par des pathologies de dépérissement. Dans le cadre de l'avant-projet de recherche OIBT/SODEFOR N°123/06 REV1, une étude a été conduite en 2007/2008 dans les reboisements forestiers de Irobo, Séguié, Téné et Rasso (en Côte d'Ivoire) et de Koumassi (Ghana), sur les causes des dépérissements du teck (*Tectona grandis*) et des terminalias (Framirés et Frakés, respectivement *Terminalia ivorensis* et *Terminalia superba*), afin de proposer des voies de gestion durable.

(Matériels et méthodes). Les hypothèses ont été : un (ou des) facteurs(s) (biotique(s), abiotique(s), anthropogène(s)) est (sont) responsable(s) des dépérissements du teck et des terminalias. Des visites, collectes d'échantillons et examens au laboratoire ont été conduits de juillet 2007 à février 2008.

(Résultats) Les résultats ont permis de mettre en évidence que les tecks sont victimes d'une pathologie d'origine biotique de type fongique : la pourriture brune des racines occasionnée par *Phellinus noxius* et des attaques secondaires de boreurs. Les reboisements surtout concernés ont été les jeunes tecks de Rasso. Les autres parcelles visitées ont présenté quelques attaques de pourridiés.

Chez les terminalias, les arbres déjà dépéris mais restés sur pied et ceux restés en voie de dépérissement plus ou moins avancé ont présenté des atteintes en masse d'origine biotique entomofaune, occasionnées au niveau de l'écorce de troncs et des branches. Dans les pieds en début ou en dépérissement avancé, de nombreuses larves de coléoptères longicornes se nourrissant d'écorce ont été isolées.

(Discussion et Conclusion) La pourriture brune des racines des tecks, occasionnée par le champignon *Phellinus noxius* (Corner) G. H. Cunn) a été due à une occlusion des vaisseaux conducteurs par envahissement progressif. Certains champignons saprophytes observés sur les différents sites, sont apparus comme des ennemis de

faiblesse, et leur développement parfois intense a résulté d'une infection déjà établie ou d'une déficience physiologique liée à des facteurs divers dont l'incidence d'actions sylvicoles. L'action concomitante de coléoptères sur des tecks en dépérissement a été rendu possible sur des arbres déjà stressés et déjà fragilisés par un début de pourriture brune.

Dans le cas du dépérissement des *terminalias*, une analyse des causes de la survenue d'une telle attaque massive de coléoptères en relation avec des observations antérieures d'autres travaux, nous a permis de retenir des particularités intrinsèques aux *terminalias* et des facteurs abiotiques conjugués ayant pu occasionner une perte importante de vigueur de croissance et une grande sensibilité aux attaques des coléoptères, soit :

1-une inadaptation du système racinaire à maintenir un bon développement en présence d'obstacles édaphiques tels qu'une grande compacité, l'abondance de gravillons, une teneur argileuse élevée ;

2-des particularités de l'écorce dont certains composants chimiques du métabolisme secondaire pourraient s'apparenter à des précurseurs de certaines phéromones d'insectes et par conséquent joueraient un rôle attractif d'agrégation des coléoptères ;

3-une grande sensibilité au stress hydrique par défaut (sécheresse) ;

4-une sensibilité à la densité élevée de plantation qui est un facteur sylvicultural inducteur de stress de croissance racinaire latérale et enfin ;

5-une implication de la taille des semences des *terminalias* dans la vigueur génétique des jeunes pieds qui en sont issus.

Perspectives) Des approches pour une meilleure gestion des reboisements des tecks et des *terminalias*, ainsi qu'un meilleur contrôle et une prévention de la menace potentielle des coléoptères attaquant les arbres en croissance ont été proposées.

INTRODUCTION

Le dépérissement des plantations ou reboisements forestiers a été signalé par de nombreux auteurs dans différents pays et sur tous les continents ^(23, 28, 29, 69, 71, 75, 79, 85, 89, 112, 119, 132, 152, 162, 203, 205), avec des causes diverses biotiques et/ou abiotiques ou inconnues. Depuis les années 1970, un certain nombre d'agents parasites incluant des insectes ont été signalés sur des reboisements de terminalias (Frakés et Framirés) ^(1, 6, 11, 39, 44, 45, 62, 70, 111, 143, 145, 146, 148, 153,) et de tecks ^(1, 4, 29, 36, 47, 56, 72, 77, 79, 86, 100, 102, 109, 114, 115, 127, 133, 150, 162, 175, 178, 180, 181, 182, 183, 186, 188, 189, 190, 192, 194). Les causes des dépérissements ou d'autres pestes affectant de manière endémique des terminalias et des tecks ont été attribuées, selon les cas et les pays, à un ou plusieurs facteurs biotiques impliquant des champignons et/ou des insectes ^(19, 24, 25, 27, 30, 70, 76, 86, 143, 182, 185, 188, 190), des facteurs abiotiques climatiques ^(131, 171, 176) et/ou édaphiques ^(5, 6, 11, 34, 55, 88, 133, 186, 189, 197), anthropogènes ⁽¹⁰⁹⁾ et quelquefois des méthodes sylvicoles ^(9, 22, 46, 65, 92, 150, 192, 206).

Une des caractéristiques des travaux de recherche sur les dépérissements et autres pestes qui ont affecté des reboisements et continuent de l'être est l'indication de nouveaux agents biotiques avec de nouveaux arbres hôtes et ceci, avec des spécificités géographiques et temporelles ^(75, 112). Les organes végétaux touchés dans le cas des différentes maladies ont concerné les feuilles, racines, tiges et troncs. Parmi les agents biotiques indiqués, les insectes (lépidoptères et coléoptères surtout) ont constitué l'élément majeur, suivi des champignons.

En Côte d'Ivoire, plusieurs projets ont permis à la SODEFOR (Société de développement des forêts) de réaliser d'importants investissements tant en matière de reboisements, d'aménagements de forêts naturelles que de protection des forêts ^(93, 172). Ces programmes qui ont permis le reboisement de plus de 170 000 Ha en feuillus de bois d'œuvre, comporte environ 44 % de tecks et de terminalias (Framirés et Frakés). Ces principaux reboisements sont affectés par des pathologies de dépérissement. C'est dans un tel contexte que l'OIBT a financé cet Avant-projet de recherche, en vue d'identifier la pathologie dans le contexte de la Côte d'Ivoire, d'en rechercher les composantes et les facteurs responsables dans chacun des cas rapportés (*Terminalias* et tecks) et de proposer des voies de gestion durables.

Formalisation des connaissances

Notre approche d'étude a été basée sur l'hypothèse d'un dépérissement des essences de plantations occasionné par des facteurs biotique ou abiotique (dont principalement le facteur édaphique) ou une combinaison des deux types.

Les sous hypothèses que nous avons considérées sont les suivantes :

- un facteur lié au sol et ses composantes sont responsables des dépérissements des terminalias et du teck ;
- un (ou des) agent(s) biotique(s) est (sont) responsable(s) de ces dépérissements ;
- le facteur responsable est un microorganisme (champignons, bactéries, virus, autres apparentés) ou un agent entomofaune ou les deux associés agissent ensemble ;
- les symptômes et les causes du dépérissement chez chacune des essences étudiées présentent des particularités ;

Les résultats attendus sont :

- la ou les cause(s) du dépérissement des terminalias et du teck dans le contexte de la Côte d'Ivoire est (sont) formellement identifiée(s) ;
- le processus de survenue du dépérissement est connu dans chacun des cas étudiés ;
- des voies de gestion durable pour surmonter les pathologies de dépérissement sont proposées.

ETAT DES LIEUX : Base des connaissances

Dépérissement du teck

Dans son aire d'origine, le Teck subit diverses attaques d'insectes (foreurs, défoliateurs, etc.) très peu constatées en Afrique où la principale attaque a été constituée par le cortège de champignons regroupés sous le nom de "pourridiés" ⁽¹³⁾.

En Côte d'Ivoire, avant les années 2000, la plupart des attaques identifiées sur le teck ont été limitées au niveau des pourridiés racinaires ou ne présentaient pas de symptômes facilement reconnaissables à la vue des arbres sur pied pour les pourritures de bois de cœur provoqués par de nombreux champignons lignivores ⁽¹³⁾.

Ainsi, les teckeraies de la SODEFOR ont été conduites sans contraintes majeures

hormis les feux de brousse, jusqu'à la révolution où les coupes définitives sont effectuées. Les tiges et souches issues de ces coupes rases font apparaître des pourritures de bois de cœur. Les attaques sur pied les plus anciennes, font apparaître des galeries dépréciant fortement la qualité et le volume des tiges exploitées.

Depuis le début des années 2000, une pathologie affecte toutes les teckeraies de la zone semi décidue, précisément les teckeraies de Séguié et de Téné (Fig.1) qui représentent 55 % des teckeraies de la SODEFOR. Le symptôme final de cette maladie est le dépérissement sur pied des arbres atteints. Au cours des années 70, les teckeraies de ces deux sites (Séguié et Téné) avaient été affectées de manière similaire, mais sans ampleur.

Au Nigeria, au Bénin et au Ghana le même phénomène sévit. Des traitements contre *Fomes lignosus* ont été appliqués aux teckeraies Nigérianes après quelques années d'étude. En Côte d'ivoire, au Bénin et au Ghana ⁽⁹⁰⁾, le problème demeure et inquiète, eu égard au taux d'attaque relevé au sein de certaines parcelles inventoriées. A ce jour, trois champignons sont des causes potentielles majeures probables du dépérissement du teck de Côte d'ivoire : il s'agit de *Rigidoporus lignosus*, *Phellinus noxius* et *Verticillium* ^(13,199).

Outre la présence de carpophores de ces champignons précédemment cités, des attaques d'insectes ont été observées sur le bois de teck dépéri ou en dépérissement. Ces perforations d'insectes ont été à la base de l'abandon par les exploitants, de nombreux pieds de teck sur les parterres de coupe. Les auteurs ont écarté les causes d'un dépérissement dû à des insectes et nématodes.

Les champignons secondaires observés sur les différents sites leur étant apparus comme des ennemis de faiblesse et leur développement parfois intense résulterait d'une infection déjà établie ou d'une déficience physiologique des arbres qui serait liée à des facteurs divers non énumérés.

Pour l'essentiel, le diagnostic issu de ces premiers travaux a confirmé l'implication de deux agents de pourridiés racinaires dans le dépérissement des tecks que sont *Rigidoporus lignosus* et *Phellinus noxius*, ces deux champignons coexistant naturellement dans les zones forestières qui constituent leur habitat de prédilection.

Les auteurs ont recommandé une action immédiate pour circonscrire l'action de ces redoutables agents pathogènes qui constituent une sérieuse menace pour l'exploitation forestière. Cependant, les rapports n'ont pas donné d'orientations à cette fin.

Dépérissement des *Terminalias* (Frakés et Framirés)

Le Framiré, (*Terminalia ivorensis* A. Chev), est une espèce indigène en Côte d'Ivoire. Cette essence a été utilisée dans les reboisements, avec plus de 11500 ha. Dans les années 70, des symptômes d'arrêt de croissance, suivis de dépérissement ont été observés dans certaines parcelles en peuplements purs à fortes densités et âgés de 20 ans et plus.

Les travaux de Brunck et Malagnoux et de Wahounou ont été conduits afin de mettre en évidence un éventuel agent causal primaire. Parallèlement, d'autres travaux comparant l'évolution des cycles biogéochimiques entre une forêt naturelle et une plantation de Framiré avaient fait ressortir une action perturbatrice de la litière de Framiré sur la minéralisation de l'azote dans le sol ^(6, 12, 84, 124). La litière riche en phénols entraînerait la formation de composés insolubles suite à une combinaison à des éléments argileux, lesquels en immobilisant l'azote dans le sol, induiraient une carence nutritionnelle des arbres. Il était ressorti de cette étude un appauvrissement sensible du sol en cations échangeables sous plantation de Framiré, surtout pour le calcium. Cette hypothèse ⁽³⁴⁾ a servi de base à une expérimentation plus poussée ⁽¹³⁶⁾ qui a visé la manière dont des extraits de litières et de racines de Framiré ou d'autres espèces pourraient agir sur la croissance et la nutrition minérale de jeunes plants. Ces travaux n'ont pas pris en compte l'ensemble des symptômes observés et sont restés au stade d'hypothèses, malgré une certaine cohérence des résultats discutés par les auteurs.

Toutes ces études antérieures qui n'ont pas été approfondies importent d'être clarifiées pour la compréhension des facteurs impliqués dans ce dépérissement spectaculaire des terminalias afin d'en tirer des conclusions utiles.

D'autres recherches antérieures cependant plus récentes sur les causes des dépérissements des Terminalias et du teck ont été pluridisciplinaires et ont porté sur les sols, les insectes, et les champignons ⁽¹⁸³⁾. Les conclusions de ces études quant aux Terminalias ont particulièrement mis en cause la nutrition minérale liée au sol et

à la présence de composés phénoliques qui inhiberaient l'assimilabilité de l'azote par les plantes (5, 6, 11, 12, 34, 55, 84, 85, 124, 179).

Des attaques entomologiques ont été observées et attribuées à des muloteurs du tronc représentés par le Lépidoptère *Euphonotus* spp qui ont été considérés comme étant responsables de perforations observées sur des troncs ⁽¹¹⁹⁾. Les larves de ces papillons traverseraient l'écorce pour atteindre le bois où elles creuseraient des galeries de 2 à 32 cm de profondeurs et de 0,8 à 12 mm de diamètre avec en moyenne 12 galeries par arbre. Les auteurs ne les ont pas considérés comme responsables du dépérissement des tiges.

Défoliations des *Terminalias*

Kanga et Fédière ⁽¹¹⁹⁾ ont identifié *Epicerura pergrisea* comme un défoliateur des *Terminalias* en Côte d'Ivoire. Selon les mêmes auteurs, les insecticides « Deck » et « Evisect'S » ont été testés avec succès sur les larves d'*Epicerura pergrisea*, avec respectivement 99 % et 94 % de mortalité.

Qualité de semences des *Terminalias* ?

Dans une autre approche, des études sur la qualité des semences des essences de plantation ont été conduites en Côte d'Ivoire dans les années 80 ⁽⁴⁹⁾ en vue d'obtenir des semences de qualité.

2 MATERIELS ET METHODES

2-1 MATERIELS ET SITES D'ÉTUDE

211 Sites de l'étude

L'étude a été menée dans les Forêts classées ivoiriennes de Irobo, Anguédedou et Séguié (Zone sempervirente) Mopri, Bouaflé, Téné (zone semi décidue) et Ghanéennes de Formansu (Sempervirente) et d'Amantia (Semi décidue) (**Fig.1**).

212 Matériels

2121 Matériel végétal

Le matériel de travail est essentiellement constitué de Frakés (*Terminalia superba*) et de Framirés (*Terminalia ivorensis*) tous deux de la famille des Combretaceae et du teck (*Tectona grandis* : **Verbenaceae**).

2122- Autres Matériels

D'autres matériels aussi ont été étudiés à savoir : les champignons, l'entomofaune et les sols. Les champignons ont été prélevés sur les essences pour la recherche des agents nuisibles. L'entomofaune a également été explorée. Enfin, le sol et ses composantes ont été étudiés car c'est l'une des hypothèses majeures de notre travail.

22 METHODES

221 Prospections, observations et collectes d'échantillons

Des missions de terrain des périmètres de reboisements ont été effectuées en vue de faire une enquête diagnostique sur le dépérissement du Teck et des *Terminalias*. Les forêts retenues pour les *Terminalias* ont aussi permis de réaliser l'étude sur le Teck. Ainsi, les peuplements artificiels et naturels (Ghana) de Teck et de *Terminalias* ont été parcourus. Des arbres asymptomatiques et symptomatiques (dépérissant ou dépéris) ont fait l'objet d'observations visuelles sur site concernant leur état physiologique et analysés au laboratoire.

Des prélèvements d'échantillons de bois, écorces, feuilles, sols, racines, d'insectes à différents stades d'évolutions et de fructifications de champignons ont été réalisés.

Le prélèvement des échantillons a porté sur 5 pieds sains et 5 pieds dépéris pour chaque espèce et par forêt. Exemple à Bouaflé, 5 pieds asymptomatiques et 5 pieds symptomatiques (dépéris ou en voie de dépérissement) de Frakés ont fait l'objet de prélèvements pour l'écorce, les feuilles, les racines et les sols entourant les racines. L'évaluation de la répartition des symptômes en parcelles a été faite à partir de 2 ou 3 placettes de 400 m² délimitées par parcelle à Irobo et Bouaflé.

Pour les symptômes foliaires, tous les symptômes descriptifs qualitatifs sur la coloration et la morphologie ont été recherchés et la discrimination a été faite par rapport aux arbres asymptomatiques.

Les aspects quantitatifs ont été considérés par rapport à l'ensemble du feuillage de l'arbre (3 stades : 0, 100 et 50 %) et la répartition spatiale, par rapport à un échantillon de parcelle symptomatique du site prospecté.

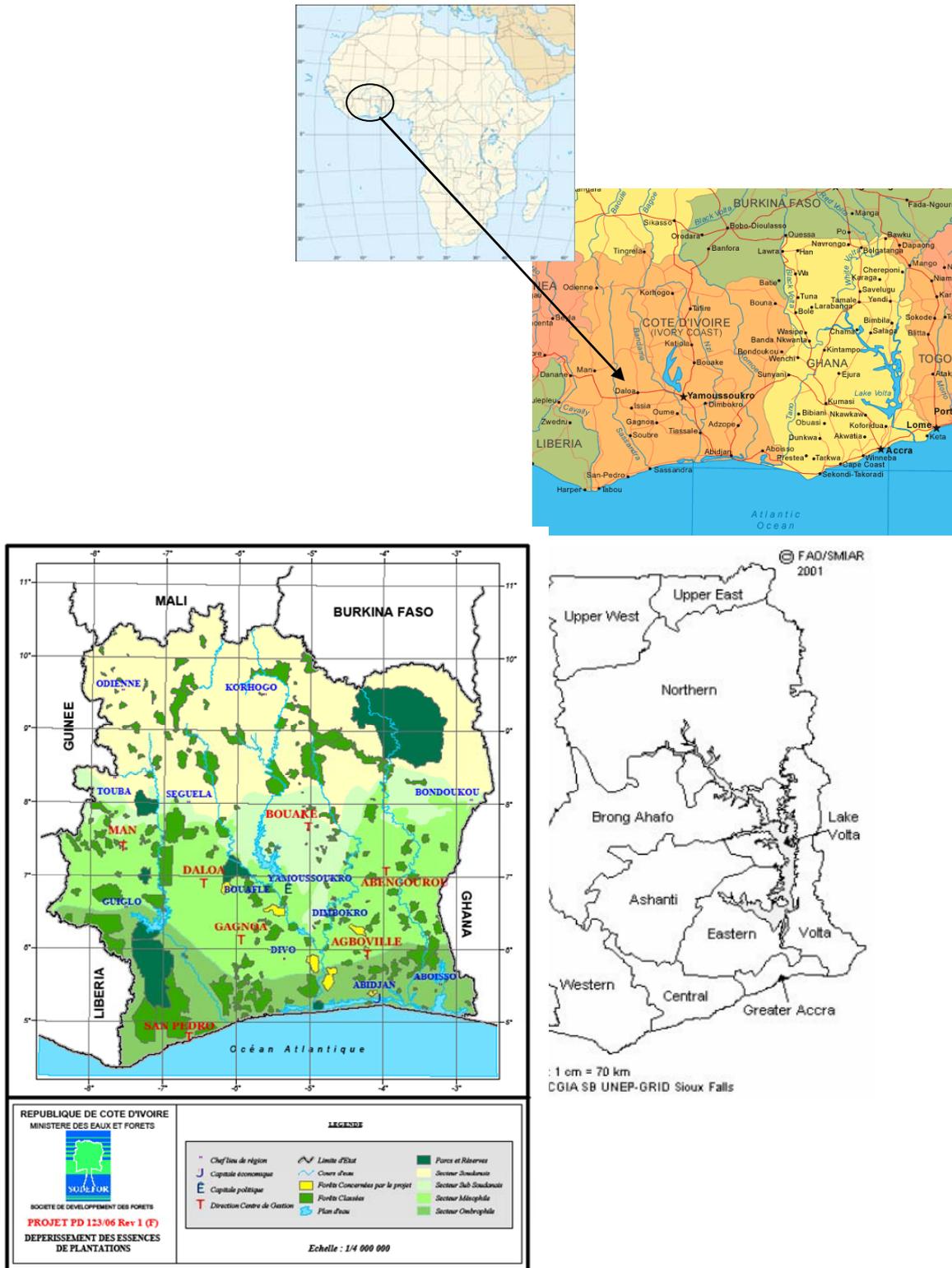


Figure 1 : Cartes des zones parcourues en Côte d'ivoire et au Ghana dans le cadre de l'étude

222 ETUDE DE FACTEURS ABIOTIQUES

2221 Etude d'éléments du sol

Les sites d'observation ont été caractérisés au niveau des propriétés physiques et chimiques ; des toposéquences ont été identifiées et des fosses y ont été implantées. Des observations et une description des sols ont été faites. Ensuite des prélèvements pour des analyses en laboratoire ont été effectués.

22211 Dosage des composés phénoliques et minéraux

L'objectif visé par ces dosages de composés phénoliques et de minéraux est la disponibilité ou non de certains minéraux, notamment l'azote qui, par sa carence dans la plante à cause de la présence de composés phénoliques dans le sol, provoquerait son dépérissement.

Le dosage des composés phénoliques et des minéraux vise à rechercher la cause chimique et nutritionnelle du phénomène au niveau racinaire et de l'environnement racinaire des *Terminalia spp.*

222111 Extraction et dosage des phénols

222111-1 Echantillons de racines

Les phénols ont été extraits des racines en broyant 500 mg de cet organe. Les 500 mg de racines ont été broyés dans 5 ml d'éthanol à 80 % contenant 0,5 ml de métabisulfite (5 %). Le broyat a été centrifugé à 5000 trs/min pendant 5 min. le surnageant obtenu, contenant les phénols cytoplasmiques, a été ajusté à 10 ml avec de l'acétone à 80 %.

222111-2 Echantillons de sol

L'extraction des phénols du sol a été réalisée en laissant séjourner 24 h dans 10 ml d'éthanol à 80 % des échantillons de 500 mg. L'éthanol utilisé contenait 0,5 ml de métabisulfite à 5 %. La phase liquide du mélange (sol + éthanol) a été filtré sur de la percale blanche. Le filtrat obtenu a constitué l'extrait phénolique de sol.

Deux fractions des extraits phénoliques du sol et des racines ont servi aux dosages : une fraction avec PVP (polyvinylpyrrolidone) et une fraction sans PVP. Le PVP permet de complexer les phénols et les empêche de réagir avec le réactif de Folin Ciocalteux. Une solution de tyrosine à 200 µg/ml a servi à réaliser la gamme étalon. Après le dosage, les quantités de phénols dans les échantillons de sol et de racines ont été obtenues en faisant la différence entre les taux de phénols des fractions sans PVP et celles des fractions avec PVP.

222112 Extraction et dosage des éléments minéraux

222112-1 Dosage du potassium (K)

Echantillons de racines

Cinq gramme (5 g) de racines d'arbres sains et dépéris de Frakés et de Framiré ont été incinérés à 550 °C pendant 3 h. Les cendres obtenues ont été minéralisées dans 20 ml d'acide chlorhydrique (0,5 N). Les minéralisats ont été filtrés et les volumes des filtrats ajustés à 100 ml avec du l'eau bidistillée.

Des fractions de 1 ml prélevées du filtrat et diluées 100 fois ont servi pour le dosage. Le dosage de ce minéral a été fait par spectrophotométrie d'absorption

Echantillons de sol

La minéralisation des échantillons de sol a été faite dans de l'acide chlorhydrique. Le dosage du potassium a été fait de la même manière qu'avec les échantillons de racines.

222112-2 Dosage de l'azote

Le dosage de l'azote contenu dans les échantillons de sol et de racines a été fait en 3 étapes : minéralisation, distillation et titrage à l'acide sulfurique (0,1N).

223 ETUDE DE FACTEURS BIOTIQUES

2231 Causes entomologiques

Au plan entomologique, les signes d'attaques d'insectes, les sécrétions ou exsudats ont été recherchés. De mêmes, d'autres dégâts corticaux ou sous corticaux ont été explorés, des larves d'insectes probables ont été collectées pour être caractérisées en laboratoire.

2232 Causes fongiques

L'équipe a recherché des chancres sur les arbres pour analyse, des isollements de champignons par la mise en culture sur milieu PDA, des observations microscopiques et caractérisations des champignons ont été effectuées.

224 ANALYSE DES DONNÉES

2241 Données des facteurs biotiques

Les données entomologiques collectées et analysées ont permis d'avoir des résultats affinés grâce à des comparaisons à des bases de données entomologiques et bibliographiques nationales et internationales ^(200, 201, 202).

Au niveau des données fongiques, une comparaison avec les données fongiques et bibliographiques internationales a été faite.

2242 Données des facteurs abiotiques

Les statistiques élémentaires paramétriques (ANOVA) ont été effectuées sur les dénombrements de terrain.



Figure 2 : Peuplement de *Terminalias ivorensis*, après abattage des pieds de teck en mélange : Reboisements de Téné

3 - RÉSULTATS (Base des faits)

31 - OBSERVATION GÉNÉRALE

Les densités des parcelles visitées sont restées relativement fortes et proches des densités initiales ; notamment à la Téné (**Fig. 2**), cela traduit le manque d'interventions sylvicoles (éclaircies). Cette situation de biomasse abondante pourrait favoriser une propagation rapide en cas d'attaques de parasites.

32 FACTEURS ABIOTIQUES

321 Aspect général des sols des parcelles

3211- Aspects physiques

Les observations faites sur le terrain ont montré que le site de Irobo est plus accidenté que les autres sites de reboisement. Le sol de Irobo est plus gravillonnaire et compacté depuis les horizons superficiels vers la profondeur des sols (**Fig. 3**).

Les sols de Mopri sont plus gravillonnaires et plus compactés que ceux rencontrés à Irobo et Bouaflé (**Fig. 4 et 5**).

Les zones d'hydromorphie permanente ont présenté des dépérissements avancés de toutes les essences dans toutes les localités. Les sols ont été également argileux surtout à Irobo.

322 - Granulométrie

Irobo et Bouaflé

Le sol de chacun de ces deux sites a présenté une texture sablo-argileuse en surface (0-5 cm) et argileuse en profondeur. Il a été essentiellement sableux dans les zones hydromorphes sous plantation de teckeraie.

A Irobo, la texture a été variable, avec des sols sableux en surface et argileux en profondeur ou sablo-limoneux-argileux également en profondeur sur les versants comme au bas de versant.

Mopri

A Mopri, les sols sous les arbres ont présenté une texture sablo-limoneuse en surface. La texture argileuse est apparue à partir de 50 cm de profondeur sur les sommets et à plus de 75 cm dans les bas de pente.

- FORETS CLASSEES DE IROBO – MOPRI

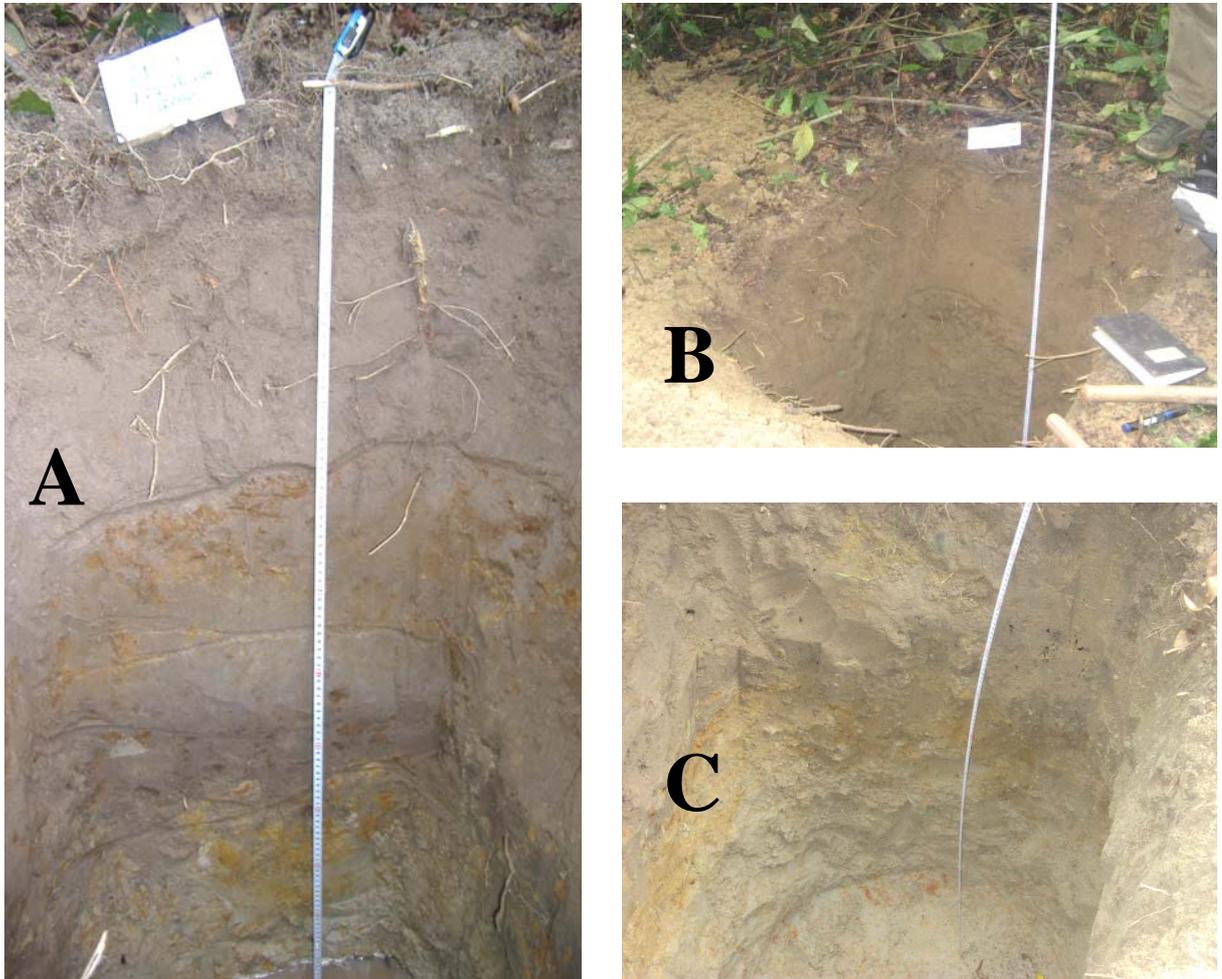


Fig.3 Aspect général du sol à Irobo et Mopri (A) profil de sol de bas de pente, (B) de haut de pente et © de sol compacté et gravillonnaire.

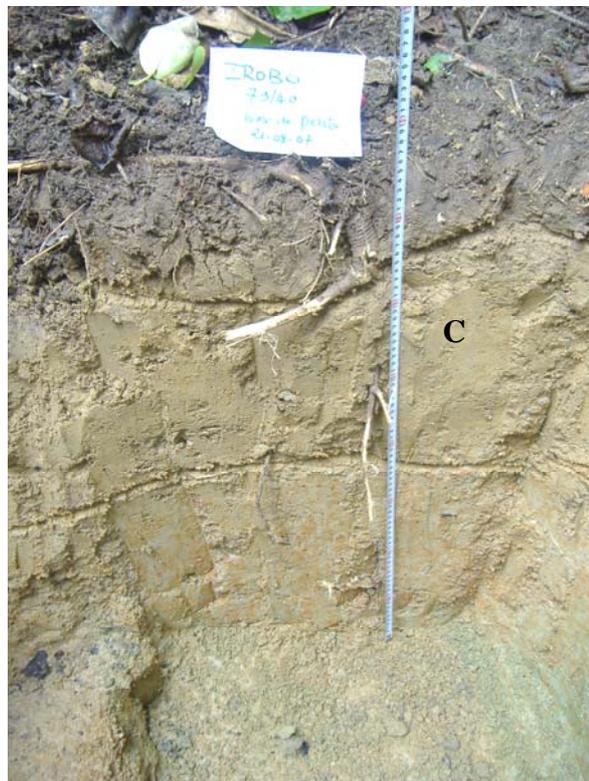
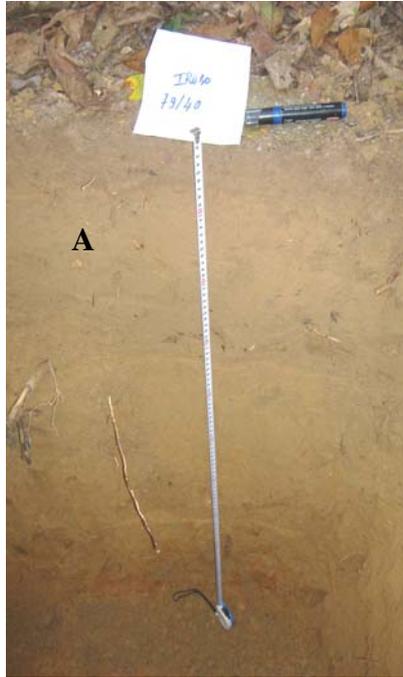


Figure 4 : Aspect général du sol d'Irobo (A) sommet de versant (B) mi-versant et (C) bas de pente de la parcelle 79/40

- FORETS CLASSEES DE BOUAFLE - OUME

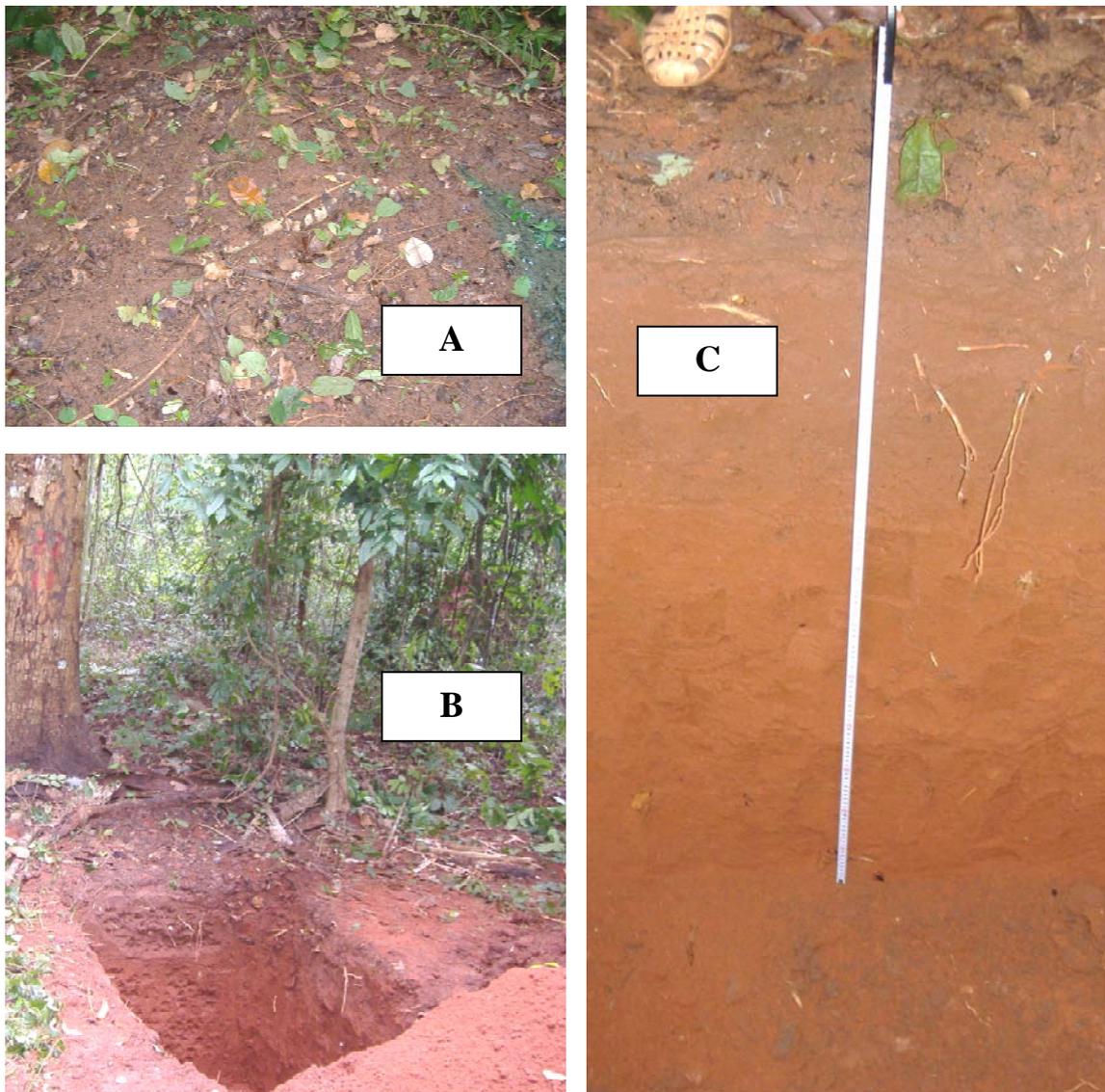


Figure 5 : Aspect général du sol de Bouaflé et Oumé (A) Surface du sol (B) Haut de pente gravillonnaire, (C) profil de sol compacté

323 – Composants chimiques

Les composants minéraux ont été aussi bien disponibles dans le sol que dans la plante symptomatique ou asymptomatique. Les analyses des échantillons de sol prélevés ont permis de mieux comprendre les phénomènes et les processus biochimiques qui se déroulent au voisinage de la zone racinaire et dans les premiers horizons de sol.

La disponibilité de l'Azote, du Potassium, du Phosphore et du Sodium dans ces compartiments de sol et dans la plante a été quantifiée.

Il ressort de ces dosages, une disponibilité similaire aussi bien dans les plants dépéris ou en dépérissement que sain (**Tab. I-4**)

A Irobo, les Framirés en dépérissement ont au niveau de leurs substrats une teneur en potassium identique à celle des arbres sains. Cette teneur a été de 0,05 %.

Concernant les teneurs en phosphore et en azote, les sols de ces arbres de conditions physiologiques différentes sont identiques.

Chez les Frakés de cette forêt, les arbres sains et en dépérissement se trouvent sur des substrats qui ne sont pas différents quant à leurs teneurs en potassium (K) en phosphore (P) et en azote (N).

L'analyse minérale réalisée à partir de fragments de tiges a révélé chez les arbres en dépérissement et chez les arbres sains de Framiré des taux de Potassium, phosphore et azote qui ne sont pas statistiquement différents.

Dans les racines de Frakés, le taux de potassium a été plus élevé chez les arbres sains (8,5 % contre 6,7 %). Par contre, les autres minéraux dosés (P, N) ont été rencontrés dans des proportions statistiquement identiques.

A Bouaflé, l'étude de la teneur en potassium du sol environnant les racines des arbres asymptomatiques et symptomatiques de Framiré a montré des teneurs identiques pour cet élément. Le dosage du phosphore et de l'azote a permis de noter des taux statistiquement ($\alpha = 0,5 \%$) identiques. Les taux de potassium, de phosphore et d'azote enregistrés aux pieds des Frakés asymptomatiques et symptomatiques dépéris n'ont pas été pas statistiquement différents (**Tableaux III**).

Au niveau des racines (**Tableau IV**), les différences notées entre les teneurs en minéraux (K, P, N) des arbres sains et dépéris de Framirés et de Frakés ne sont pas significatives ($\alpha=0,5 \%$).

ENSEMBLE DES LOCALITES

Les résultats sont présentés au tableau V-B.

pH

Les sols des localités étudiés ont présenté un pH acide variant entre 4,5 et 5,8. L'acidité de ces sols serait due à la présence de l'argile. La conséquence est la fixation du phosphore par les ions aluminium. Le Fer a été aussi observé.

Bases échangeables

Les bases échangeables ont été faibles dans l'ensemble pour tous les sites, (<6 mé/100 g). Les teneurs d'azote et de carbone n'ont pas été suffisantes. Cela pourrait s'expliquer par une minéralisation rapide de la matière organique sous forêt.

Hydromorphie

Les sols sont bien drainants en surface et en profondeur (jusqu'à 50-60 cm). Les cas d'hydromorphie signalés ont été isolés dans des bas fonds où la mort de quelques plantes par asphyxie a été notée. Les zones de bas fonds ont été dans quelques rares cas, utilisées pour l'installation des tecks comme à Oumé (forêt classée de la Téné) et à Bouaflé.

Rapport carbone – azote (C/N)

Les valeurs de C/N ont été généralement inférieures à 9, ce qui traduit une minéralisation rapide de l'azote sous forêt de Terminalias, avec pour conséquence un risque de perte d'une partie de la matière organique si la cinétique de l'assimilabilité par la plante n'est pas proportionnelle à ce rythme. Une minéralisation normale suppose des valeurs de C/N comprises entre 9 et 12.

Tableau 1. Teneurs en minéraux du sol de la rhizosphère des *Terminalia* sp : reboisements d'Irobo-Côte d'Ivoire

<i>Teneurs (%) en éléments minéraux</i>				
Nature des éléments	<i>T. ivorensis</i>		<i>T. superba</i>	
	Arbres asymptomatiques	Arbres en dépérissement	Arbres asymptomatiques	Arbres en dépérissement
K (%)	0,050a	0,051a	0,052a	0,052a
P (%)	2,014a	2,52b	3,62a	3,26a
N (%)	1,064a	1,232a	0,90a	1,73a

Tableau 2. Teneurs en minéraux des racines de *Terminalias* asymptomatiques et symptomatiques : reboisements d'Irobo- Côte d'Ivoire

<i>Teneurs (%) en éléments minéraux</i>				
Nature des éléments	<i>T. ivorensis</i>		<i>T. superba</i>	
	Arbres asymptomatiques	Arbres en dépérissement	Arbres asymptomatiques	Arbres en dépérissement
K (%)	7,3a	7,3a	8,5b	6,7a
P (%)	14,70a	14,91a	12,91a	12,50a
N (%)	1,5a	1,99a	2,35a	3,5a

Tableau 3. Teneurs en minéraux des racines de *Terminalias* asymptomatiques et symptomatiques : reboisements de Bouaflé- Côte d'Ivoire

<i>Teneurs (%) en éléments minéraux</i>				
Nature des éléments	<i>T. ivorensis</i>		<i>T. superba</i>	
	Arbres asymptomatiques	Arbres en dépérissement	Arbres asymptomatiques	Arbres en dépérissement
K (%)	5,40a	5,40a	5,50a	5,40a
P (%)	9,66a	9,59a	9,66a	9,59a
N (%)	2,66a	1,76a	2,66a	1,65a

Tableau 4. Teneurs en minéraux du sol de la rhizosphère de *Terminalias* asymptomatiques et symptomatiques : reboisements de Bouaflé- Côte d'Ivoire

<i>Teneurs (%) en éléments minéraux</i>				
Nature des éléments	<i>T. ivorensis</i>		<i>T. superba</i>	
	Arbres asymptomatiques	Arbres en dépérissement	Arbres asymptomatiques	Arbres en dépérissement
K (%)	0,017a	0,018a	0,019a	0,018a
P (%)	1,32a	1,64a	13,65a	3,26a
N (%)	1,2a	0,92a	0,63a	0,28a

Localités	Parcelles	Profondeur	A	Lf	Lg	Sf	Sg	Sable total	Limon tot	
Bouaflé	Fraké/Framiré	0-5 cm	27,48	8,1	4,6	33,22	23,5	56,72	12,7	
		5-38 cm	30,83	8,27	4,8	35,49	19,41	54,9	13,07	
		38-116 cm	46,38	7,3	4,1	26,75	15,1	41,85	11,4	
		Zone hydromorphe	2,53	8,91	3,8	55,46	27	82,46	12,71	
IROBO	Teckeraie 66/84 mi-versant	0-25 cm	8,83	9,1	26,39	17,87	36,71	54,58	35,49	
		25-68 cm	16,15	10	18,1	20,25	34,1	54,35	28,1	
		68-91 cm	26,48	9,92	17,53	19,64	25,43	45,07	27,45	
	79/40 haut versant	0-3 cm	3,65	18,5	17,56	15,52	42,67	58,19	36,06	
		3-32 cm	17,53	9,62	16,8	14,78	39,35	54,13	26,42	
		32-70 cm	17,25	18,13	12,59	24,52	26,25	50,77	30,72	
		>70 cm	19,73	12,02	16,71	14,15	36,75	50,9	28,73	
	79/40 Bas de pente	0-7 cm	11,3	9,5	19,28	12,26	43,81	56,07	28,78	
		7-36 cm	19,5	8,63	18,87	12,63	39,94	52,57	27,5	
		>36 cm	7,33	8,42	18,09	27,63	37,8	65,43	26,51	
	79/39 bas de pente hydromorphe	36-54 cm	3,68	5,25	13,31	25,56	51,35	76,91	18,56	
	MOPRI	Fraké/Framiré sommet	0-3cm	11,48	14,27	20,78	20,56	30,34	50,9	35,05
			3-13 cm	11,2	16,95	19,43	26,5	25,89	52,39	36,38
13-50 cm			15,98	11,57	18,93	33,5	20,41	53,91	30,5	
>50 cm			44,63	9,37	9,87	25,3	10,89	36,19	19,24	
Fraké/Framiré bas de pente		0-6 cm	10,45	13,95	15,32	33,59	25,86	59,45	29,27	
		6-75 cm	21,65	12,48	15,67	28,24	21,57	49,81	28,15	
		>75 cm	32,3	10,38	11,95	30,25	15,2	45,45	22,33	

Tableau 5b- Analyse physico-chimique des sols des sites de reboisements : Bouaflé, Irobo et Mopri-Côte d'Ivoire

Localités	Parcelles	Profondeur	pH _{eau}	C%	N%	P _{tot}	P ₂ O ₅ ass	CEC	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	S mé/100 g	V%	
Bouaflé	Fraké/Framiré	0-5 cm	5,8	1,95	0,196	254	3	13,03	4,176	2,123	0,426	6,725	51,6	
		5-38 cm	5,1	0,74	0,112	189	3	6,32	1,102	0,740	0,032	1,874	29,7	
		38-116 cm	4,5	0,39	0,06	236	2	7,04	0,499	0,491	0,026	1,016	14,4	
	Zone hydromorphe		5,2	1,37	0,07	178	6	6,24	3,353	0,425	0,098	3,876	62,1	
IROBO	Teckeraie 66/84 mi-versant	0-25 cm	4,8	0,82	0,68	167	4	3,28	1,437	0,219	0,057	1,713	52,2	
		25-68 cm	5,3	0,37	0,06	167	5	3,6	1,886	0,821	0,041	2,748	76,3	
		68-91 cm	5,2	0,39	0,06	98	3	4,8	1,797	0,884	0,082	2,763	57,6	
	79/40 haut versant	0-3 cm	5,8	2,15	0,15	189	18	7,76	1,604	0,525	0,247	2,376	30,6	
		3-32 cm	4,5	1,42	0,28	138	5	4,96	0,150	0,108	0,058	0,316	6,4	
		32-70 cm	4,5	0,53	0,06	145	4	7,76	0,100	0,190	0,064	0,354	4,6	
		>70 cm	4,6	0,57	0,06	335	1	4,64	0,125	0,135	0,049	0,309	6,7	
	79/40 Bas de pente	0-7 cm	5,7	2,15	0,14	113	25	7,04	1,651	0,970	0,216	2,837	40,3	
		7-36 cm	5,1	0,45	0,04	122	5	3,60	0,294	0,273	0,077	0,644	17,9	
		>36 cm	4,7	0,39	0,05	100	3	4,56	0,162	0,142	0,065	0,369	8,1	
	79/39 bas de pente hydromorphe		36-54 cm	5,1	0,75	0,06	110	2	2,00	0,039	0,036	0,028	0,103	5,2
	MOPRI	Fraké/Framiré sommet	0-3cm	5,8	1,40	0,84	263	2	5,12	1,422	1,789	0,343	3,554	69,4
			3-13 cm	5,3	0,78	0,05	335	2	4,40	1,145	0,359	0,138	1,642	37,3
13-50 cm			5,2	0,02	0,03	112	2	6,72	1,134	0,491	0,155	1,78	26,5	
>50 cm			5,1	0,20	0,03	167	3	9,84	0,379	0,468	0,137	0,984	10,00	
Fraké/Framiré bas de pente		0-6 cm	5,6	0,7	0,06	188	3	3,60	1,256	0,512	0,171	1,939	53,9	
		6-75 cm	5,3	0,35	0,04	178	3	4,64	1,185	0,42	1,122	2,727	37,2	
		>75 cm	5,3	0,23	0,02	218	1	3,20	0,653	0,319	0,141	1,113	34,8	

33 TECKS

331-Aspect général des tecks et symptômes macroscopiques aériens

Le dépérissement des tecks a été observé dans toutes les localités visitées en Côte d'Ivoire et au Ghana, mais il a été prépondérant dans le reboisement de Rasso à Agboville. Les feuilles des pieds atteints sont petites, décolorées (chlorose) puis survient avec le temps, le dessèchement des branches, tiges et feuilles (**Fig. 6**).

De nombreuses zonations ou poches de plants dépéris ont été notées. Ces pieds ont dépéri sur toutes les toposéquences.

Des pieds complètement dépéris ont été observés, d'autres ont été en dépérissement à divers stades (**Fig. 6**). Dans tous les cas de pieds en dépérissement, le dessèchement des extrémités est caractéristique, avec une défoliation qui s'étend progressivement vers la base, précédée par un jaunissement puis une chlorose.

Les feuilles médianes et basales des arbres en début de dépérissement restent complètement vertes et fonctionnelles (**Fig. 7**).

3311-Symptômes sur les troncs et les branches

Certains pieds ont présenté un caractère asymptotique et apparemment sain. L'écorce des arbres dans ces cas n'a présenté aucun signe visible de pourriture ou de brunissement (**Fig. 7**). Seul un écorçage partiel a permis de révéler une atteinte interne du bois de cœur avec une décoloration brun-noirâtre qui atteint progressivement la partie sous corticale (tissus du phloème) (**Fig. 8 et 9**).

3312-Symptômes d'attaques d'insectes

La pourriture brune corticale et sous corticale a parfois été associée à quelques types de trous d'entrée ou d'émergence d'insectes sur des arbres en dépérissement, parfois avec un feuillage apparemment sain (**Fig. 7 et 10 : b, c et d**). Deux types d'insectes ont été observés ; il s'agit de : *Apate terebrans* et une larve d'insecte (**Fig.10 c, d**). Les galeries creusées par les larves déprécient fortement la qualité du bois de teck

332-Symptômes souterrains

3321-Symptômes macroscopiques

Les racines des arbres en dépérissement ou dépéris sont décolorées, d'aspect brun noirâtre. Une section révèle l'atteinte de tous les tissus racinaires (**Fig. 11 b**).

3322-Symptômes microscopiques

Les cultures des champignons associés au dépérissement du teck ont donné après caractérisation, les champignons majeurs suivants : *Phellinus noxius*, *Rigidoporus* sp et *Paecilomyces* sp qui ont été isolés sur milieu de culture PDA (**Fig.12**).

RESULTATS BIOTIQUES
B/ TECKS



Figure 6 : Jeune pied de teck entièrement dépéri à Rasso
Deux autres pieds à l'arrière plan le sont aussi
En médaillon : à gauche : défoliation des extrémités
A droite : écorçage partiel révélant la pourriture totale



Figure 7 : Teck en début apparent de symptômes : Rasso

Vue éclatée du sommet à la base :

A : Début de défoliation centripète, apico-basale

B : Feuilles médianes demeurant assimilatrices

C : Aspect de l'écorce similaire à celui des arbres non symptomatiques

D : Un écorçage partiel de la base du tronc présente cependant le drame



A

B

C

D

Figure 8 : Jeune teck symptomatique de la pourriture brune à Rasso.

A : Portion du tronc partiellement écorcée, laissant apparaître une décoloration du bois de cœur

B : Partie sous-corticale devenant brun-noirâtre

C : Partie basse d'un jeune tronc écorcé montrant l'intérieur du bois atteint

D : Point d'insertion d'une jeune branche présentant aussi un envahissement progressif par le bois



Figure 9 : Jeune teck symptomatique de la pourriture brune à Rasso
Vue agrandie d'un tronc avec une écorce apparemment saine



Figure 10 : Teck symptomatique de la pourriture brune à Rasso

- A : Tronc complètement dépéri
- B : Arbre en voie de dépérissement avancé : décoloration intense du bois :
Présence de galeries d'insectes avec stade larvaire
- C : Symptômes avancés : écorce dépéri, bois présentant des parties vivantes
Avec des trous d'émergence d'insectes ; présence de larve dans galerie
- D : Tronc en dépérissement ; encore vivant ; détail de mini galeries (*Apate sp*)

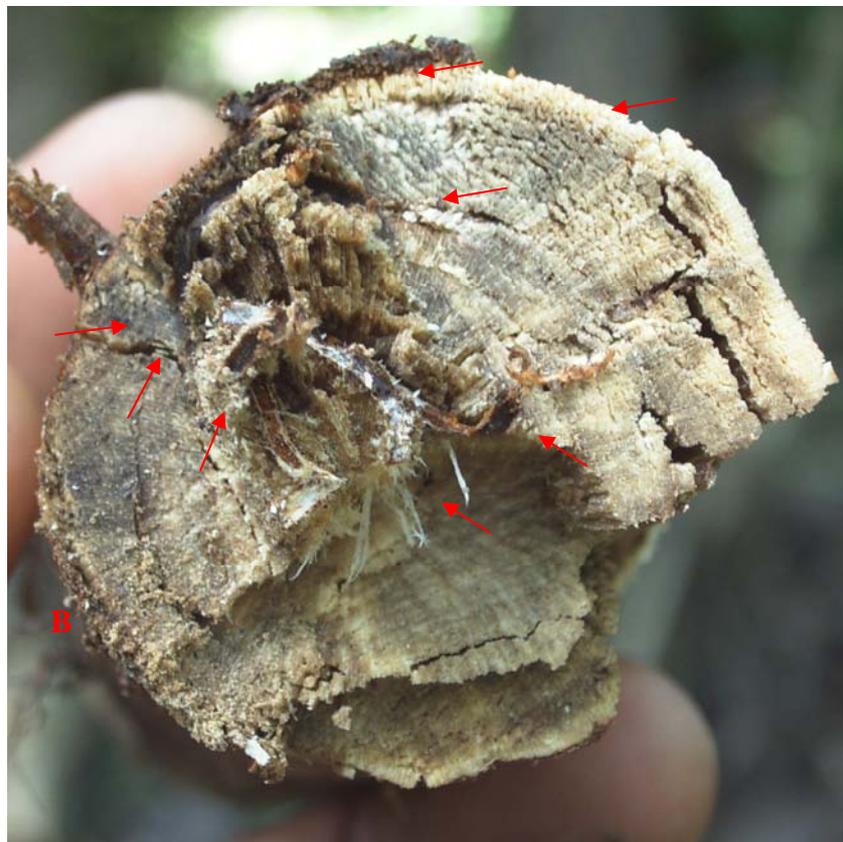
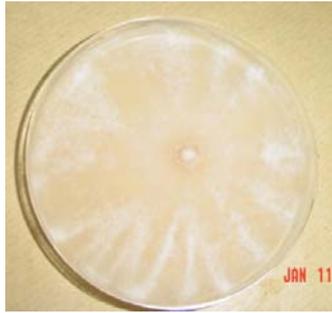


Figure 11 : Teck symptomatique de la pourriture brune à Rasso

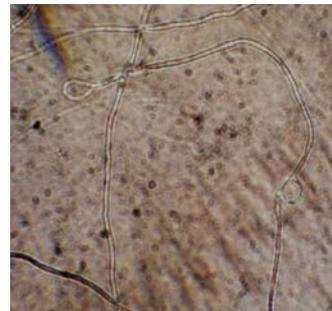
A : Portion d'une racine latérale d'un teck symptomatique

B : Gros plan d'une section de la racine présentant des tissus remplis de fructifications fongiques

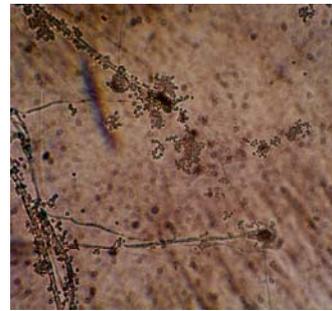
Penicilium sp



Phenillius noxius



Paecilomyces sp



Rigidoporus lignosus



Figure 12 : Caractéristiques culturelles de champignons majeurs isolés des prélèvements racinaires de tecks symptomatiques de Rasso

34-TERMINALIAS (Frakés et Framirés)

341- Teneur en phénol des racines et de la rhizosphère des *Terminalias*

Le phénol a été quantifié aussi bien dans le sol environnant les racines que dans la plante. Les valeurs obtenues n'ont pas montré de différences significatives entre les proportions de phénol dans les plants sains et malades d'un même site.

A Irobo, la quantité moyenne de phénol dans les plantes (Frakés et Framirés) a été de 1250 µg de tyrosine/gMF contre 2750 µg de tyrosine/gMF dans le sol.

A Bouaflé, la tendance a été inversée. La teneur en phénols a été plus élevée dans la plante que dans le sol et ce, sans différence significative entre plants malades ou atteints (Framiré) avec exsudation de gomme et asymptomatique (Fraké). 1950 µg de tyrosine/gMF a été la quantité déterminée chez le Fraké asymptomatique et celui présentant des trous d'émergence mais non dépérissant ; 1125 µg de tyrosine/gMF chez le Framiré asymptomatique et le Framiré dépérissant ; 1225 µg de tyrosine/gMF dans les sols de Frakés sains et de Frakés présentant des perforations d'insectes mais non dépérissant et 485 µg de tyrosine/gMF dans les sols de Framirés sains et de Framirés dépérissant (**Fig.13-16**).

342- Observations générales

Les densités des arbres des parcelles visitées sont restées relativement fortes et proches des densités initiales, notamment à la Téné (**Fig. 2**)

343-Parcelles symptomatiques

3431-Symptômes d'attaques d'insectes sur les troncs des arbres

Mopri, Bouaflé et Irobo

Un inventaire et une analyse détaillée de l'état des Frakés et des Framirés dans des placeaux à Mopri et à Bouaflé ont permis de noter que dans le cas spécifique de Bouaflé, la pression des ravageurs sur les *Terminalia* spp est très forte (**Tableaux VI à X**). Dans l'ensemble, les attaques ont eu une incidence moins forte (26 %) que celles observées à Irobo (**Fig.17**).

Répartition des trous d'entrée et d'émergence en hauteur

-Arbre en dépérissement

Une analyse de la pression des insectes sur un pied de Framiré en voie de dépérissement indique que la pression entomologique a été forte, considérant les trous d'entrée et d'émergence et les effectifs des larves sous corticales (**tab. IX et fig.17 à 22**) Toute la surface du tronc depuis la base jusqu'au sommet a été attaquée (**Tab. X**). Il n'y a pas de zone de préférence et le dépérissement a débuté par les extrémités des arbres.

-Arbre dépéri

Comme le pied en voie de dépérissement, l'examen du tronc du pied dépéri a montré que les points d'attaque sont nombreux et inégalement répartis sur la section du tronc étudié. L'ampleur des attaques a été variable d'une section à l'autre (tab. X).

3432- Agent entomofaune

Le type d'insecte rencontré sous les écorces des *Terminalia* spp, a été identifié après élevage des larves. Il s'agit d'un Coléoptère.

Nos résultats ont indiqué que les piqûres d'insectes et les pressions diverses exercées sur le tronc et sous les écorces ont joué un rôle prépondérant dans le phénomène de dépérissement des *Terminalia* spp.

Tous les *Terminalia* spp dépéris ou en dépérissement ont présenté des trous d'émergence d'insectes sur les troncs, avec présence de larves ou de traces de larves attaquées et détruites par des termites et d'autres prédateurs. Les larves observées sont celles de coléoptères Cerambycidae.

Plusieurs captures ont permis de voir les formes initiales (œufs), intermédiaires (larves et nymphes) et finales (imago ou adulte) de l'insecte. La reconstitution du stade d'évolution du cycle permet d'identifier ce coléoptère comme un Cerambycini du genre *Neoplocaederus* provoquant chez les *Terminalia* spp. de nombreux dégâts corticaux et sous corticaux (**Fig. 22**).

3433- Réaction tissulaire des arbres

A Bouaflé, les Frakés ont mieux résisté aux attaques des insectes. Les arbres symptomatiques ont été particulièrement caractérisés par un écoulement abondant d'exsudats de couleur brun rouge (**Fig. 23 a**) au niveau des trous d'entrée ou d'émergence des insectes (**Fig. 17 et 20**).

Des bourrelets de cicatrisation (**Fig. 23 b : C,D ; Fig. 24**) referment aussi les zones corticales internes détruites par l'action des larves en développement, issues de l'éclosion des œufs de l'insecte (**Fig. 22**).

Les arbres ont normalement survécu, bien que présentant des symptômes d'attaque.

Le même phénomène a été observé au Ghana, mais sur les Framirés.

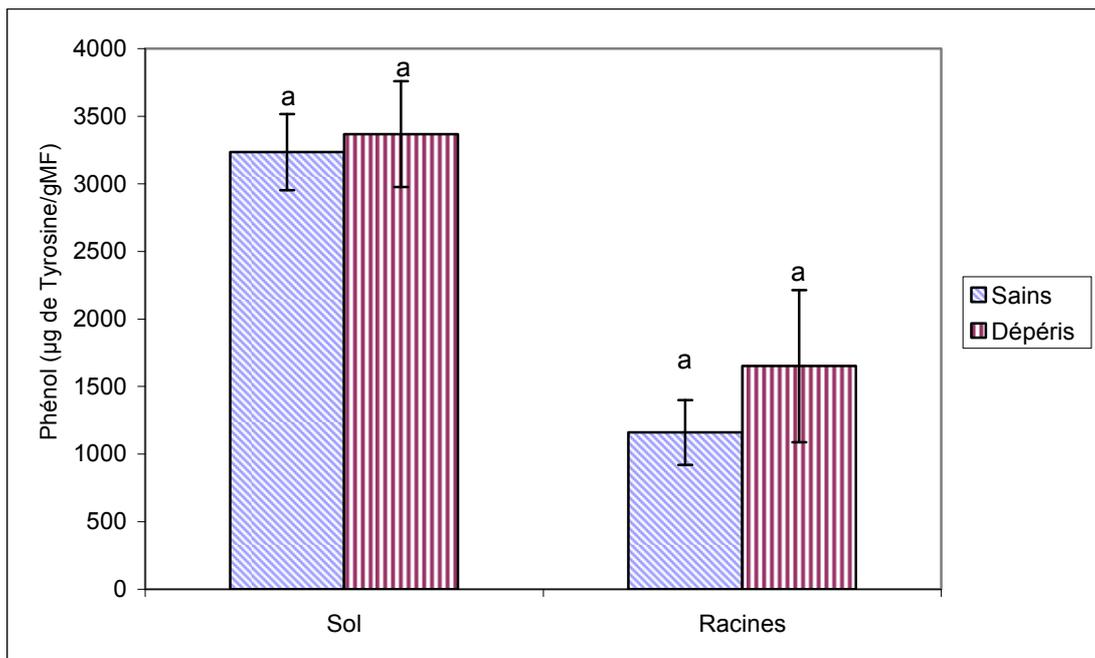


Figure 13. Teneur en phénol des racines de *T. superba* (Fraké) asymptotiques et dépéris et du sol de la rhizosphère dans la forêt classée de Irobo

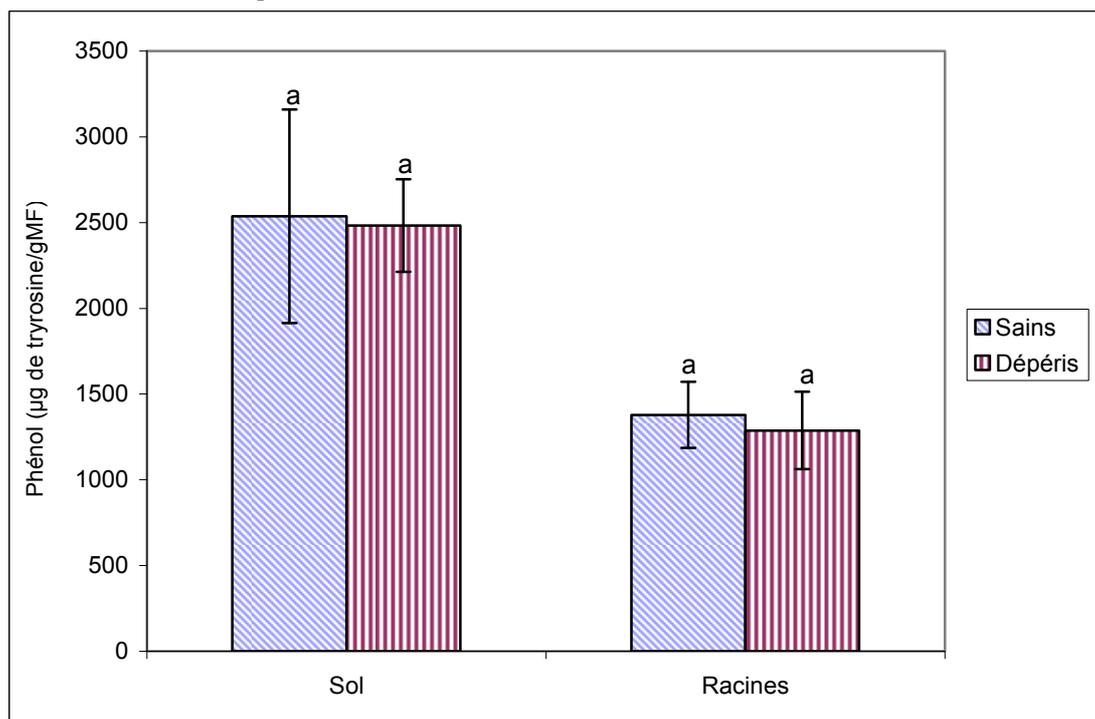


Figure 14. Teneur en phénol des racines de *T. ivorensis* (Framiré) asymptotiques et dépéris et du sol de la rhizosphère dans la forêt classée de Irobo

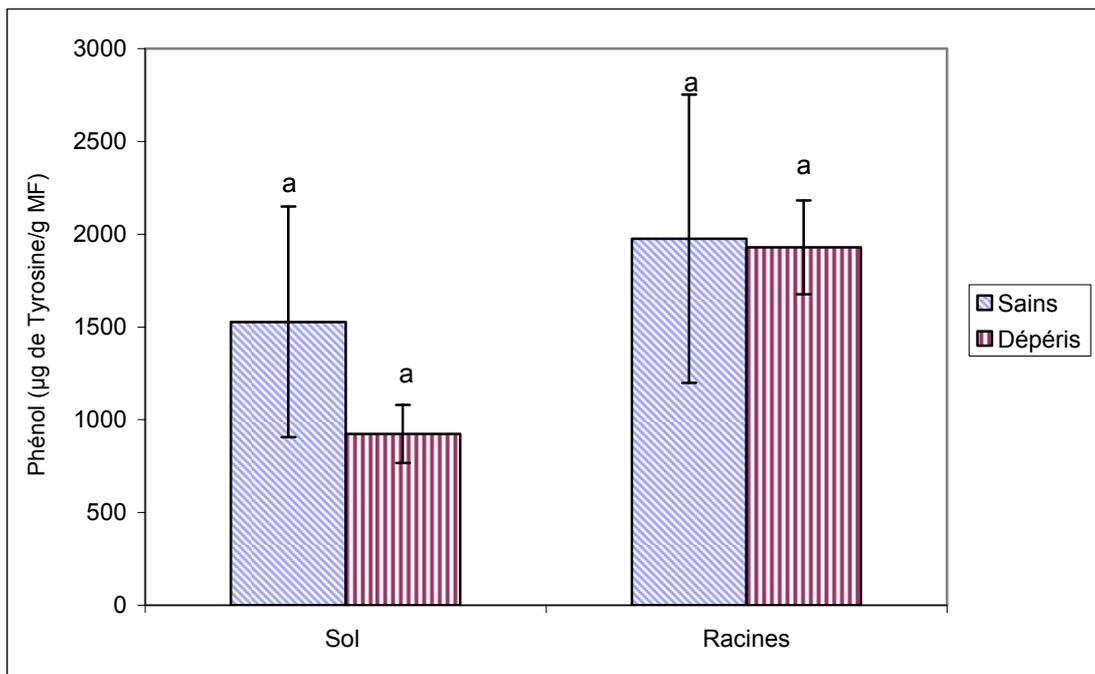


Figure 15. Teneur en phénol des racines de *T. superba* (Fraké) asymptotiques et dépéris et du sol de la rhizosphère dans la forêt classée de Bouaflé.

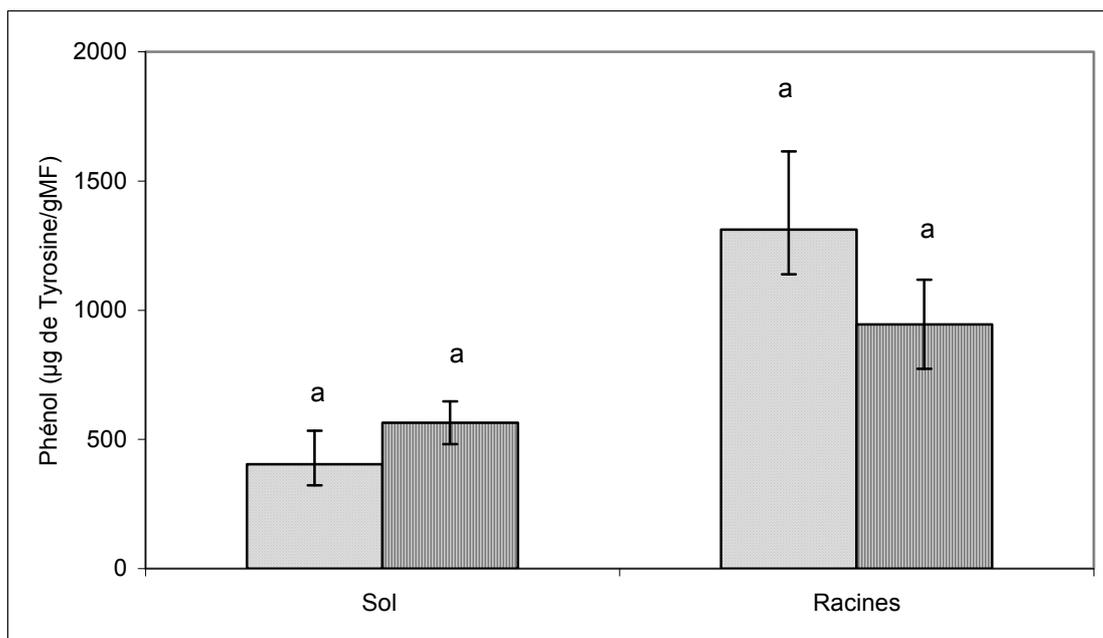


Figure 16. Teneur en phénol des racines de *T. ivorensis* (Framiré) asymptotiques et dépéris et du sol de la rhizosphère dans la forêt classée de Bouaflé

Tableau 6 : Répartition de *Terminalia* dépéris dans deux parcelles de reboisement : Irobo-Côte d'Ivoire

Parcelles et superficies inventoriées	Effectif des arbres				
	Arbres asymptotiques	Arbres dépéris	Total des arbres inventoriés	Taux d'arbres dépéris	Taux moyen de dépérissement (%)
	Parcelle 7940 (1200) m ²	22	6	28	79
Parcelle 7941 (800) m ²	13	3	16	01	

**Tableau 7 : Répartition de Terminalias dépéris dans deux parcelles de reboisement :
Bouafilé-Côte d'Ivoire**

Parcelles et superficies	Effectif des arbres					
	Inventoriés	Arbres asymptomatiques	Arbres dépéris	Effectifs des arbres Inventoriés	Taux d'arbres dépéris	Taux moyen de dépérissement (%)
Parcelle 83/15 (1700) m ²		9	21	30	30	26,42
Parcelle 83/16 (800) m ²		5	18	23	22	

**Tableau 8 : Répartition spécifique de Terminalias par rapport au dépérissement :
Eouafilé-Côte d'Ivoire**

Etat de dépérissement	Effectif des arbres selon chaque espèce	
	<i>T. ivorensis</i>	<i>T. superba</i>
Arbres asymptomatiques	3	36
Arbres dépéris	14	0
Total	17	36
Taux de dépérissement (%)	82,35	0

Tableau 9 : Effectifs de perforations d'insectes et de leurs larves au niveau de l'écorce de Terminalias symptomatiques : reboisement de Bouaké-Côte d'Ivoire

	Effectif des Perforations de l'écorce	Effectif des Larves d'insectes	Superficie d'écorce inventoriée (m ²)
Arbres dépéris	94	203	0,63
Arbres en dépérissement	30	12	0,84

Tableau 10 : Répartition verticale des perforations d'insectes le long des troncs d'arbres chez

Terminalia ivorensis : reboisement de Bouaké-Côte d'Ivoire

Paramètres	Effectifs des perforations d'insectes par section de hauteur (m) le long du tronc										Effectif total
	0-5	5-9	9-10	10-10	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	
Arbres en dépérissement	0	0	6	4	2	0	0	4	8	7	30
Perforations d'insectes (%)	0	0	16,7	13,3	6,7	0	0	13,3	26,7	23,3	100
Arbres dépéris	3	1	3	1	20	4	11	21	14	6	94
Perforations d'insectes (%)	3,2	1,1	3,2	1,1	21,3	4,3	11,7	22,3	25,5	6,4	100



Figure 17 : Parcelle de *Terminalia ivorensis* complètement dépéri : Irobo
A : vue générale d'une ancienne parcelle du site
B : vue rapprochée d'un pied de dépéri présentant de nombreux trous d'entrance ou d'émergence d'insectes



Figure 18 : Framiré a Irobo, en tout début de dépérissement ou résistant, abattu : Mensurations préalables de nombreux trous d'entrance et d'émergence d'insectes sont visibles



Figure 19 : Framiré en début de dépérissement abattu à Irobo :
L'écorçage révèle la consommation préférentielle des tissus sous corticaux
tendres par des larves de coléoptères **Cerambycidaea**.
Les lésions sous corticales sont confluentes.



Figure 20 : Framiré en dépérissement abattu et détails des symptômes sur le tronc : Irobo

A : Il est difficile de s'apercevoir de loin les dégâts en hauteur ou au sommet du tronc : les écoulements ne sont pas toujours les premiers signes

B : Sous l'écorce externe, les dégâts infligés au phloème nourricier sont plus importants

C : Les trous d'émergence des coléoptères concernent aussi les branches plus petites : ici un cocon (pupaison)

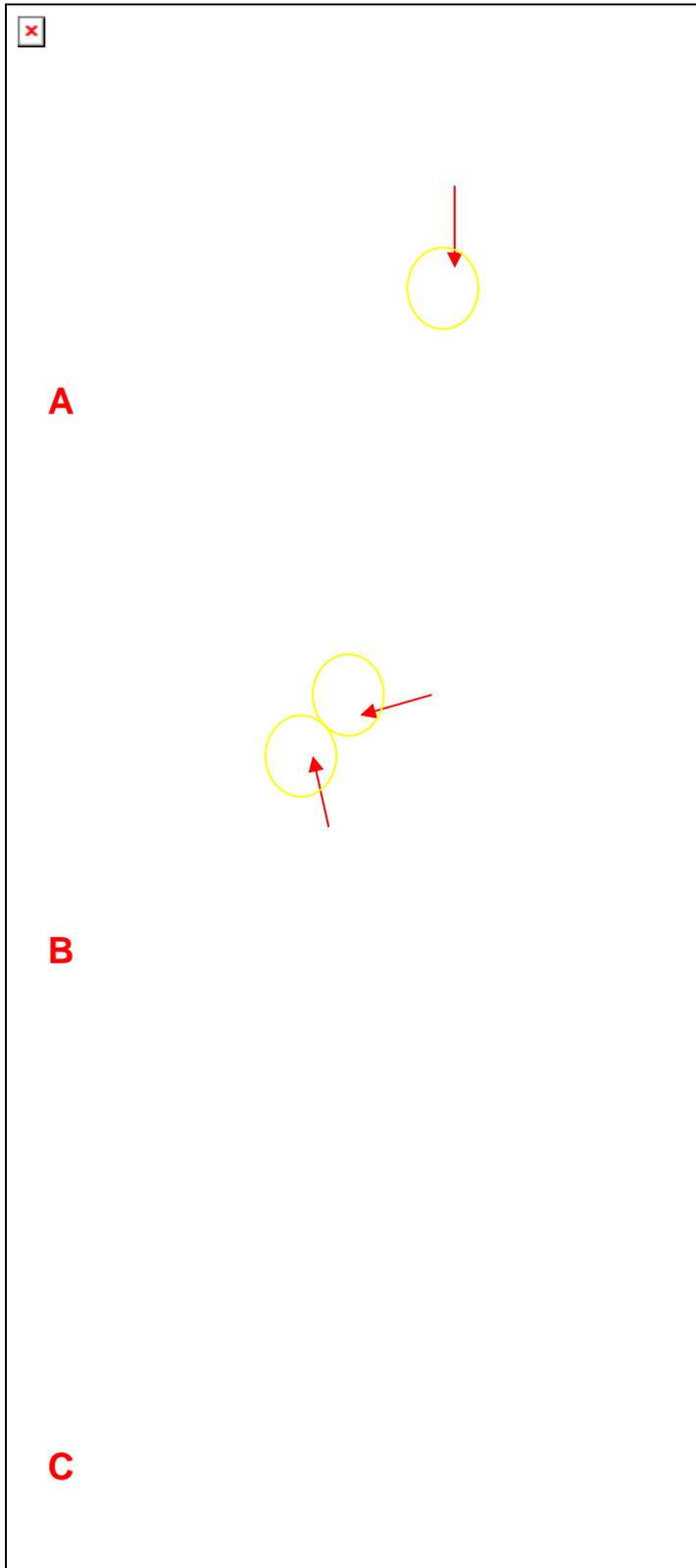
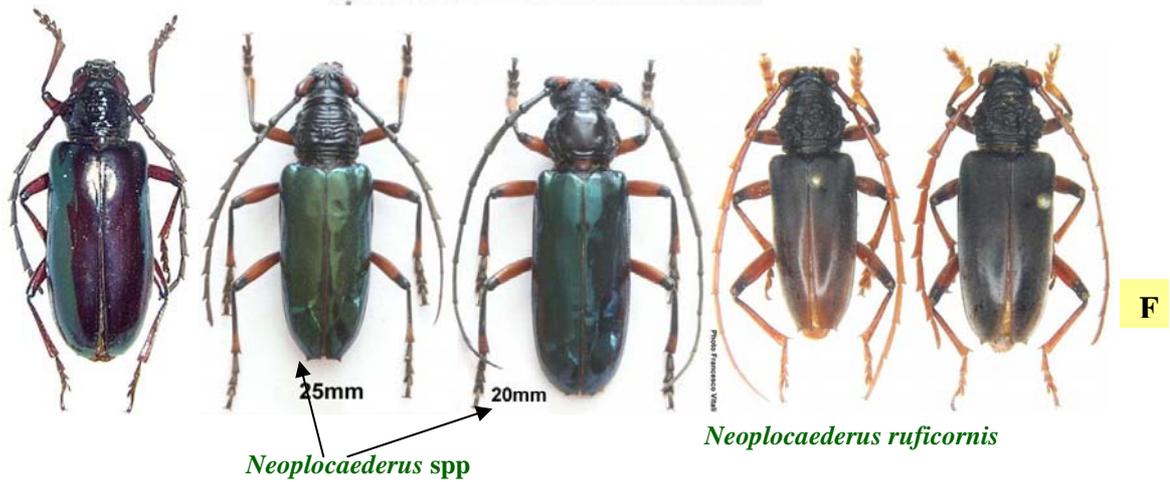


Figure 21 : Framiré en dépérissement abattu et détail des symptômes sur le tronc.

- A :
B :
C :
- } Recherche des larves internes sous corticales dont l'élevage permet d'identifier l'insecte



Neoplocaederus gabonicus

Figure 22 : Le Coléoptère (D et E) isolé des larves (A et B) et cocons (C) sous corticaux de *Terminalias* :
Une comparaison est faite avec la base de données (F) des Coléoptères **Cerambycidae**

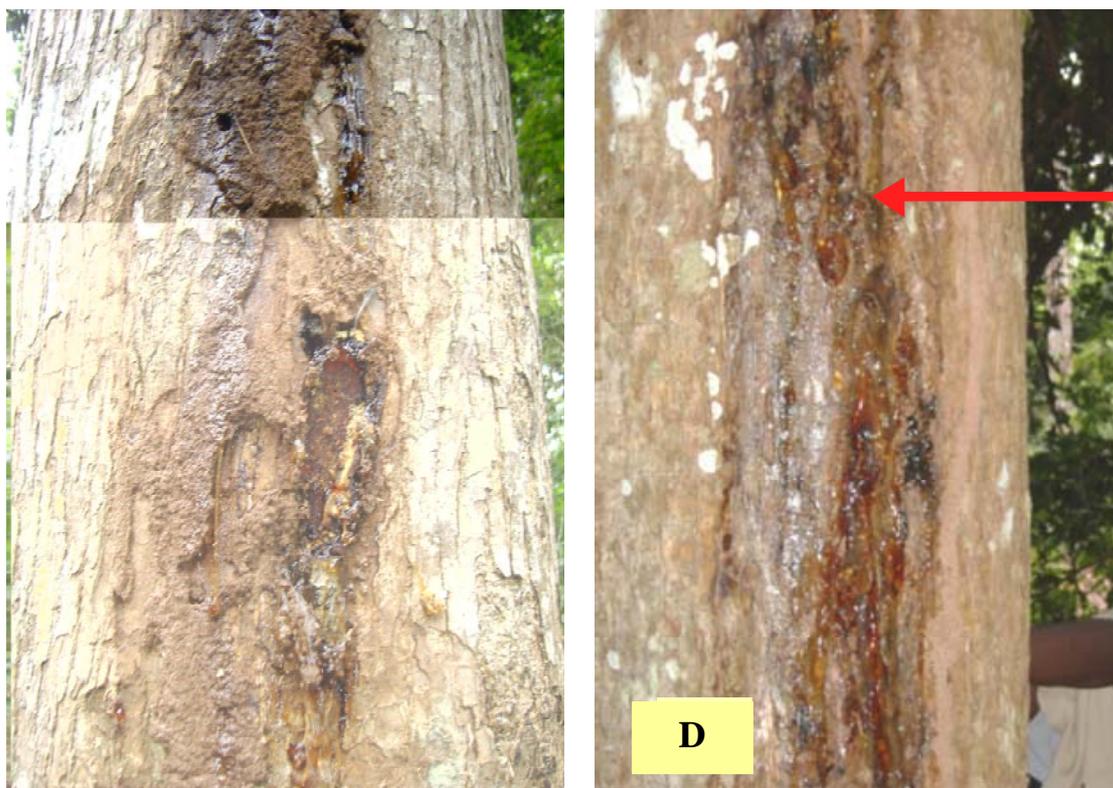
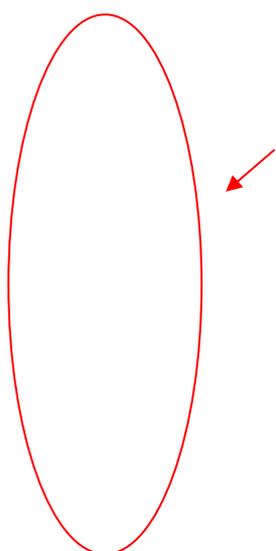


Figure 23 : Terminalias symptomatiques en dépérissement ou résistants
Caractéristiques d'attaques de coléoptères **Cerambycidae**,
mais aussi de résistance ou de tolérance des clones.
(D) exsudats continuels, bourrelets cicatriciels des tissus corticaux
consommés, trous d'entrée fermés.

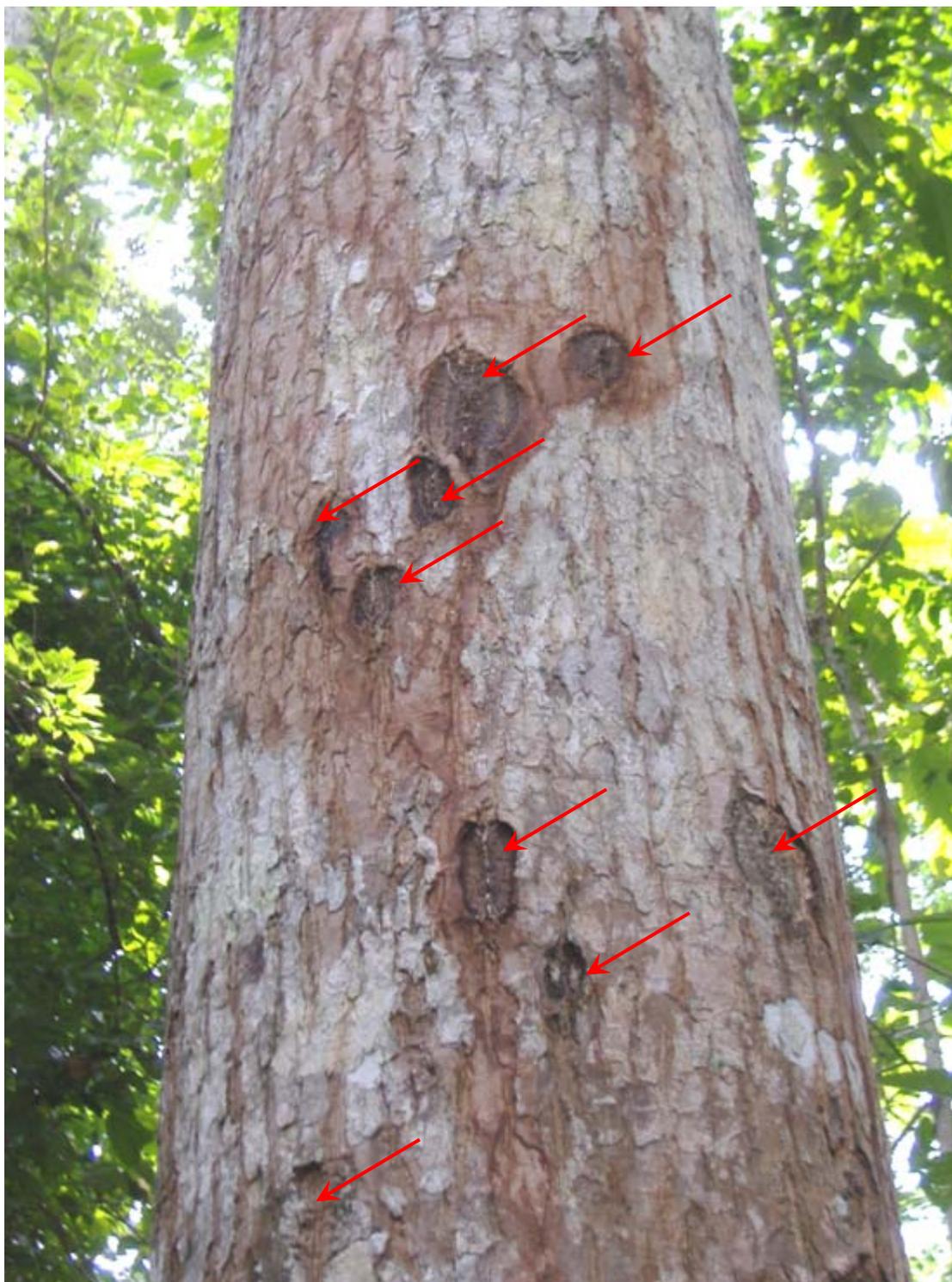


Figure 24 : Vue rapprochée d'un tronc de *Terminalia ivorensis* symptomatique du dépérissement et ayant résisté : reboisement de Bouaflé.

Après un abondant écoulement d'exsudats (réaction de résistance) provenant des trous d'émergence ou d'entrée des coléoptères, les tissus sous corticaux (phloème interne) détruits ont été reconstitués (intense activité régénératrice cambiale traduite par la cicatrization des blessures : cals de cicatrization (flèches) fermant les trous occasionnés.

IV. DISCUSSION

Quel éclairage nos résultats apportent-ils, près de 10 ans après les investigations antérieures ?

41 - CAS DU TECK

411- Attaques par le champignon responsable de la pourriture brune des racines

Nos résultats confirment l'implication d'agents de pourridiés⁽⁹⁸⁾ mais surtout celui de la pourriture brune des racines qui occasionne une décoloration brune et une nécrose qui sont consécutives à une occlusion des vaisseaux conducteurs par envahissement progressif. Les caractéristiques culturales sur milieu PDA ont été celles de *Phellinus noxius* (Corner) G. H. Cunn, précédemment *Fomes noxius*^(35, 72, 163). Selon les racines touchées (pivots ou latérales) le développement symptomatique chez l'arbre hôte peut être plus ou moins rapide. Les organes foliaires jeunes en croissance active et qui sont par conséquent les plus sensibles puisqu'ils constituent le puits essentiel des nutriments minéraux (sève brute) sont les premiers exprimant les symptômes. Ces deux espèces de champignon coexistent naturellement dans les zones forestières qui constituent leur habitat de prédilection. Elles sont dotées d'un fort pouvoir pathogène sur les espèces ligneuses qu'elles dégradent grâce aux actions d'un complexe enzymatique. Concernant certains champignons saprophytes observés sur les différents sites, ils sont apparus comme des ennemis de faiblesse, et leur développement parfois intense résulterait d'une infection déjà établie ou d'une déficience physiologique liée à des facteurs divers.

412 - Attaque par des coléoptères

Le teck présente une très faible attaque par des coléoptères boreurs du tronc. Il a même été qualifié de résistant par certains auteurs (Mohammad et Sumani)⁽¹³⁹⁾. Seulement une attaque de 2,2 % a été rapportée en Malaisie⁽⁸⁴⁾ par le boreur du teck, *Xyleutes ceramica* et un autre boreur *Endoclita anoura*. Cependant, des tecks en état de stress prolongé dû à différents facteurs biotiques (comme l'attaque débutant par les champignons *Phellinus noxius* et d'autres pourridiés) ou abiotiques tels que la sécheresse^(131, 176, 189) ou sylvicoles⁽¹⁵⁰⁾ peuvent être des facteurs de

stress suffisants dont les effets cumulatifs fragilisent les arbres et peuvent les rendre sensibles à l'attaque par des coléoptères, avec des dégâts importants ^(88, 133, 186, 189, 192, 197).

413 - Incidences d'actions sylvicoles

Par rapport à l'incidence des actions sylvicoles, Varma *et al.*, ⁽²⁰³⁾ ont décrit la sensibilité aux maladies du teck, sous des pratiques de gestion intensive en Inde.

Nos résultats ont bien montré l'action concomitante de coléoptères qui étaient déjà présents dans l'aubier des tecks apparemment sains, mais déjà fragilisés par un début de pourriture brune. Même si un traitement phytosanitaire des racines est entrepris à temps, la dépréciation de la qualité du bois demeure.

En l'absence d'actions préventives, d'autres maladies moins bien connues pourraient aussi devenir potentielles, comme l'attaque de bourgeons terminaux de jeunes tecks par le « worm » due à *Helicoverpa armigera*, signalée pour la première fois (Varma *et al.* ⁽²⁰³⁾).

D'autres travaux (Khukro *et al.*, ^(120, 162) ont également signalé une 'nouvelle maladie' affectant pour la première fois plusieurs espèces d'arbres dont le teck, au Pakistan (Asie), occasionnée par le coléoptère *Xylosandrus crassiusculus* (Motschulsky) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) (coléoptère Ambrosia d'Asie). Ce coléoptère n'avait jamais été signalé dans ce pays.

4-2 – CAS DES TERMINALIAS

4-2-1 - Mécanisme du dépérissement occasionné par les coléoptères de l'écorce des *Terminalias*

4211 - Importance vitale des tissus de l'écorce des arbres et les insectes

boreurs

Plusieurs pathologies importantes des forêts urbaines et rurales sont des insectes boreurs. Parmi ceux-ci, les coléoptères de l'écorce sont peut-être les plus importants ^(17, 18, 20, 23, 25, 26, 43, 119, 142, 176).

L'effet spectaculaire des insectes boreurs sur les arbres est la destruction ou la désagrégation fonctionnelle et structurale de l'intégrité de la croissance primaire et

secondaire. Certains affectent les méristèmes primaires (tiges, racines et bourgeons), tandis que d'autres attaquent les tissus méristématiques secondaires. La croissance secondaire résulte du fonctionnement du cambium vasculaire pour l'expansion radiale des arbres, incluant la formation du xylème et du phloème.

Tout comme les organismes vivants et les communautés biologiques, les organes et les tissus des arbres sont des systèmes interagissant et s'interverrouillant. La survivance de la croissance primaire est essentielle pour la présence de la croissance secondaire.

Concernant le xylème, le support mécanique et le transport hydrique et minéral à longue distance des racines aux tiges aériennes sont accomplis par ce tissu. Au cours de l'accroissement en âge, les vaisseaux du bois perdent graduellement leur capacité à conduire l'eau, donc la conductance des tissus du bois diminue, les vaisseaux sont embolisés, c'est à dire remplis d'air et de tyloses qui sont des excroissances de cellules parenchymateuses radiales ou axillaires.

Par rapport au phloème, le transport qui s'effectue à travers ce tissu chez les arbres est responsable de la translocation des photosynthétats à partir des feuilles vers les tiges, à travers les éléments conducteurs tels que les tubes criblés. Les hydrates de carbone sont les constituants les plus abondants des photosynthétats, donc constituent le premier composant, sous forme de sucres, du phloème. Le saccharose étant le sucre le plus commun et le plus important. D'autres substances ont été rapportées dans le phloème et ont été souvent associées à des événements particuliers tels que les incisions, la sénescence foliaire et la croissance cellulaire au niveau du cambium. Ces substances incluent des enzymes, acides aminés, amides, vitamines, hormones tels que les auxines, les ions inorganiques comme le sodium et le potassium.

4212 - Conséquences d'une destruction du phloème

La destruction des cellules vivantes du tissu phloémien rend le transport des hydrates de carbone impossible. Les implications subséquentes à la croissance et à la survie sont évidentes puisque le phloème fournit les blocs de construction de base des nouveaux tissus.

L'exemple du coléoptère *Agrilus liragus* cause la détérioration et souvent la mort des plantes hôtes (le peuplier) en infestant le tronc et les branches et causant des blessures au phloème. Des blessures occasionnées au phloème et au xylème perturbent la translocation des nutriments.

Quel est l'impact de ce prélèvement alimentaire par les coléoptères ?

Au cours de l'année de l'attaque par les coléoptères, une chlorose foliaire prématurée et une abscission des feuilles peuvent être observées. Finalement, la prise d'alimentation peut survenir au delà du phloème, c'est-à-dire dans le xylème fonctionnel. L'impact d'une telle prise alimentaire dépend dans une certaine mesure, de la physiologie fonctionnelle des espèces d'arbres : par exemple la sévérité de la détérioration peut dépendre de la taille et de la distribution des vaisseaux, c'est-à-dire si l'espèce a un bois de type à anneaux poreux ou diffus. A cet effet, nous avons observé dans notre cas, que la sévérité des attaques était plus importante chez les Framirés que chez les Frakés. Les deux espèces ne présentent pas le même type de distribution des vaisseaux du bois. Toutefois le transport de la sève brute par le xylème est crucial à l'arbre, pas uniquement pour les besoins en eau, mais aussi parce que le xylème transporte depuis le système racinaire, d'autres constituants importants : des acides aminés, des enzymes aussi bien que des hormones.

Les effets d'une consommation du phloème varient aussi avec les espèces d'insectes, l'abondance, la nature de la blessure et la capacité de la plante hôte à résister et à se délivrer de la blessure. Un aspect important de la blessure occasionnée par un insecte se nourrissant de phloème est la localisation de l'attaque sur l'arbre. Par exemple, le pin *ponderosa* peut être simultanément attaqué par plusieurs espèces de coléoptères attaquant l'écorce et qui se distribuent eux-mêmes le long du tronc. Le coléoptère *Dendroctonus valens* normalement attaque uniquement la partie la plus basse (1-3 m) du tronc et occasionnellement le haut de la couronne des racines. *Dendroctonus brevicomis* attaque le tronc principal au delà d'un diamètre approximatif de 15 à 20 cm. Le coléoptère *Ips lecontei* attaque seulement les très petites branches de 7,5 à 14 cm de diamètre.

Dans notre cas, les trous d'émergence des coléoptères **cerambycidae** sur les *Terminalias* ont été dénombrés tout le long du tronc jusqu'au niveau des branches.

D'autres boreurs qui attaquent le tronc principal sont souvent les plus importants.

Il est intéressant de relever que les plus sérieuses maladies (pestes) dans ce groupe se retrouvent dans le genre *Dendroctonus*. Le mot *Dendroctonus* signifie littéralement tueurs de bois. La mort du bois est souvent le résultat ultime des attaques de boreurs, cependant plus d'effets subtils surviennent également ^(197, 207).

Annellation de l'écorce

L'impact des consommateurs de phloème peut être mieux compris en évaluant les conséquences d'une blessure sévère. Bien que la plupart des insectes de forêt occasionnent une annellation partielle de leurs hôtes, une compréhension des effets d'une annellation complète fournit une base de comparaison.

Dans le cas d'une annellation complète

L'annellation complète est le résultat d'une attaque sévère complète du phloème et la perte ou l'enlèvement (par consommation) de tous les tissus externes au xylème secondaire et réalisant une ceinture complète de la tige ou du tronc.

Les effets d'une annellation sur le feuillage varient. Ces effets et d'autres changements sont des manifestations externes d'altérations internes résultant du phénomène d'annellation. Le développement des poussées basales est stimulé par l'annellation, ceci en partie à cause de la suppression de l'inhibition apicale. Ces symptômes ainsi que d'autres, sont des manifestations externes d'altérations internes qui résultent de l'annellation. Des changements physiques surviennent en plus et s'ajoutent aux changements biochimiques. L'annellation conduit au dessèchement du tronc. Ce processus est rarement uniforme à travers le tronc. L'activité cambiale au dessus de l'annellation est temporairement interrompue : l'accumulation d'hydrates de carbones ou d'auxines peut conduire à un accroissement de la formation de bois, augmentation également d'autres substances aminées.

En cas d'absence de repousses basales, l'activité cambiale au dessus de l'annellation est généralement plus sévèrement et de manière permanente abrégée, entraînant une mauvaise différenciation saisonnière des anneaux de croissance. Les

effets exacts dépendent dans une large mesure de la mise en place de l'annellation en relation avec le cycle de la croissance des arbres, l'ampleur de la synthèse d'auxines et de sa mobilisation ainsi que d'autres caractéristiques variées de l'arbre (angiosperme, gymnosperme. bois à zone poreuse ou à pore diffus. Finalement, l'annellation peut causer un ramollissement des nervures foliaires, un développement excessif du phloème secondaire et une activité callogène du phloème primaire. En dessous de la zone d'annellation, la formation de cals qui s'en suit traduit une dégénérescence du phloème, la mort des tubes criblés et l'hypertrophie du parenchyme phloémien.

Malgré tous les changements décrits, certains arbres peuvent survivre pendant une période considérable après l'annellation, même en absence de guérison de la ceinture : certaines espèces peuvent rester vivantes 1 à 5 ans après l'annellation.

Un arbre en dépérissement et dont le phloème est affecté par une annellation, peut survivre jusqu'à 1 à 2 ans. Certains facteurs peuvent être impliqués dans cette survie : par exemple, le fait d'arriver à assurer le transport des nutriments aux racines, le développement de tiges basales, la réduction des réserves racinaires, les associations avec les mycorhizes, les greffes naturelles avec les racines d'arbres adjacents (Noël, 1970).

4213- Spécificité des coléoptères longicornes en tant que consommateurs de phloèmes et/ou de l'aubier et leurs impacts

Les coléoptères **Cerambycidae** *Neoploccederus sp* ou *N. gabonicus* ^(103, 200, 201) que nous avons identifiés chez les *Terminalias* dépérissant sont-ils des consommateurs spécifiques de phloème ?

Vu l'ampleur des dégâts corticaux occasionnés aux arbres, et l'isolement des larves ainsi que l'absence de galeries dans l'aubier des bois en dépérissement, la réponse est qu'ils sont des consommateurs de phloème.

422 - Différence de sensibilité/résistance entre les Frakés et les Framirés

A Bouaflé, les Frakés ont mieux résisté face aux attaques des coléoptères longicornes. Les arbres symptomatiques ont été particulièrement caractérisés par un écoulement abondant d'exsudats de couleur brun rouge au niveau des trous d'entrée ou d'émergence des coléoptères. Des bourrelets de cicatrisation aussi

referent les zones corticales internes qui ont été détruites par l'action des larves en développement, issues de l'éclosion des œufs des coléoptères femelles.

Les arbres survivent toujours, bien que présentant des symptômes d'attaque. L'arbre vit alors normalement sans perte d'organe. Le même phénomène a été observé au Ghana ⁽⁶³⁾ et hors du continent ^(40, 81, 100, 114, 132, 138, 145, 189, 192) mais sur les Framirés. Des études ont été conduites sur les différentes provenances de *Terminalia* spp en Côte d'Ivoire.

- ***Par rapport à la position dressée des arbres et les attaques de coléoptères***

Nous avons par ailleurs observé à Irobo, en pleine parcelle comportant des pieds dépéris et des pieds en dépérissement, que les chablis dans le sous bois, avec un déracinement aux $\frac{3}{4}$, leur a permis d'être épargnés par les attaques d'insectes. Ces arbres à terre sont restés indemnes de trous d'émergence et n'ont pas connus de dépérissement ni de symptômes de jaunissement foliaire. Même l'ancrage racinaire au sol qui a été assuré au $\frac{1}{4}$ a tout de même suffi pour maintenir les arbres déracinés, fonctionnels et asymptomatiques, avec une croissance tout de même ralentie.

Ces observations nous paraissent éclairer aussi la compréhension du dépérissement spectaculaire des *Terminalias* :

- les pieds d'arbres doivent être directement accessibles en position dressée, pour être attaqués,
- le sol de sous-bois, quoique gravillonnaire, ne serait pas un facteur déclenchant, ni toxique pour les arbres,
- le facteur entomophile ne proviendrait pas du sol,
- les pieds de *Terminalias* de près de 30 cm de diamètre, ne s'auraient être considérés comme ayant atteint un stade ou âge de fragilité les prédisposant à un dépérissement spectaculaire.

423 - Conséquences d'une défoliation importante

La défoliation intense entraînant une suppression de montée de sève brute et de photosynthétats, crée un énorme stress hydrique et alimentaire en composés carbonés, combiné à un déficit hydrique dû à la sécheresse et autres facteurs limitants racinaires et édaphiques.

Le stress crée donc une prédisposition aux attaques de coléoptères se nourrissant d'écorces vivantes d'arbres.

En examinant les données climatiques locales de la période des reboisements :

- y a t-il véritablement eu un stress hydrique de sécheresse ou déficit pluviométrique préoccupant ?
- les *Terminalias* y sont ils intrinsèquement sensibles ?
- de mauvaises pratiques sylvicoles ont-elles eu cours et ont-elles créé ou favorisé des foyers d'explosion épidémique des coléoptères ?
- les attaques épisodiques ou re-émergentes auraient-elles traduit un manque ou une insuffisance d'actions de veille et de surveillance sanitaire ?

ANALYSE DES FACTEURS RESPONSABLES DU STRESS, DONT LES CONSEQUENCES CONDUISENT AU DEPERISSEMENT DES TERMINALIAS

Nos résultats ont mis en évidence l'action des coléoptères **Cerambycidae** de l'écorce, qui se nourrissent du phloème des *Terminalias*, afin de se multiplier. Manifestement les *Terminalias* sont des arbres hôtes de ces coléoptères qui les préfèrent plus par rapport à des arbres non hôtes.

Quels sont les éléments qui justifient cette considération ? Comment peut-on arriver à une telle explosion épidémique de dépérissement en peu de temps ?

L'analyse de nos résultats en relation avec les données bibliographiques donne un éclairage afin de proposer des actions pour une gestion durable des reboisements des essences à croissance rapide.

• Particularité de l'écorce des *Terminalias* et sa sensibilité à des facteurs biotiques

Agbedahunsi *et.al* ⁽²⁾ ont décrit des propriétés trypanocides de composants de l'écorce des *Terminalias*. Ces résultats témoignent d'une richesse en métabolites secondaires dont certains seraient particulièrement bioactifs. Akanbi ^(7, 8) a signalé de sérieux ravages de *Epicerura pulverulenta* Hampson 1910 (Lepidoptera : Noctuoidea) sur 4 espèces de **Combretaceae** dont *Terminalia ivorensis*, *Terminalia superba*, *Terminalia catappa* et *Anogeissus leiocarpus*. Plus de 60 % de défoliation ont été observées au Nigeria. Les *Terminalias* ont été plus sensibles que les autres plantes à ces attaques. Il existe donc une plus grande sensibilité des *Terminalias* qui se démarquent sur cet aspect, des autres espèces de la même famille des **Combretaceae**.

D'autres espèces de *Terminalias* autres que *T. ivorensis* et *T. superba* ont été aussi concernés par des attaques de boreurs. Ford ⁽⁷⁶⁾ a en effet rapporté au Costa Rica, des larves d'une espèce de chenille endophyte très nuisible, le Cosside (*Cossus cossus* : Lepidoptera : Cossidae) chez deux espèces locales de *Terminalia* (*T. amazonica* et *T. superba*) dans des plantations. Des tiges de 10 cm de diamètre ont été attaquées, avec des perforations sous l'écorce par un type de larve qui entre dans le xylème et perce jusqu'à 25 à 40 cm et créant une galerie de 12 à 14 mm de diamètre. Les taux d'attaque observés dans les plantations ont varié entre 4 et 45 % des arbres et ceci par une seule génération de cossides. D'autres plantations n'ont montré aucun signe de dégâts.

Ces résultats indiquent les éléments suivants :

- les espèces hôtes dans le cadre de nos expériences, à savoir *T. ivorensis* et *T. superba* ne seraient donc pas les seules concernées par le dépérissement ;
- le fait qu'il s'agisse d'un Lépidoptère confirme bien que des attaques de boreurs autres que des **Cerambycidae** peuvent aussi occasionner des dégâts aux tiges des *Terminalias*.

Atuahene, ⁽²⁹⁾ au Ghana avait déjà rapporté des dégâts occasionnés par *Apate monachus* et *Apate terebrans* (Coleoptera : Bostrychidae) uniquement en reboisements, contrairement à la situation de forêt naturelle dans laquelle *Triplochyton scleroxylon* et *T. ivorensis* ne seraient pas attaqués. L'auteur a recommandé comme mesure préventive, l'enlèvement des débris de bois des sites de plantations et la destruction des arbres fortement infestés.

Dans notre zone écologique régionale, dans le même sens, Ofosu- Asedu et Canon ⁽¹⁴⁸⁾ ont décrit à la même époque, des symptômes de dépérissement des *Terminalia ivorensis* au Ghana et en Côte d'Ivoire. Ils ont associé à ces dépérissements, la présence d'un champignon *Endothia*, (*Cryphonectria parasitica*) fréquemment associé aux dépérissements.

- **Sensibilité particulière à des facteurs abiotiques de type climatique**

Oni ⁽¹⁵¹⁻¹⁵⁴⁾ a rapporté des avortements de fruits chez des *Terminalias*. Les causes de ces avortements sont variées et associées à des causes de type climatique tel que la température du sol, l'optimum de variation de la température au sommet des

arbres à 48 %. Les causes non climatiques sont notamment les champignons tels que *fusarium moniliforme* (28 %) et les insectes (23 %) dont le boreur *Apion ghanaense* (Coleoptera : Curculionidae). Silva *et al.* ⁽¹⁸⁵⁾ ont étudié les variations saisonnières de l'activité cambiale chez 3 espèces d'arbres au Brésil et ont montré que, contrairement à la photopériode la température et l'humidité relative, les précipitations mesurées sur une durée de 1 an ont été le facteur climatique majeur qui a influencé l'activité cambiale chez *Terminalia ivorensis* et *Switenia macrophylla*, contrairement à *Gmelina arborea*.

Ces résultats mettent en évidence une plus grande sensibilité des *Terminalias* au paramètre hydrique climatique (la pluviométrie), sur un autre type de croissance des *Terminalias*, à savoir, la croissance radiale secondaire. C'est en effet l'activité cambiale qui met en place les tissus du bois et du phloème dont se nourrissent certains coléoptères attirés par sa composition biochimique particulière avec laquelle ils interagissent. Ils établissent ainsi une relation de type parasitaire, puisque celle-ci se fait au préjudice des *Terminalias* hôtes.

Il apparaît ainsi que tous les types et formes de croissance (secondaire et primaire, aérienne et souterraine) présentent une plus grande sensibilité et donc vulnérabilité à certains facteurs biotiques et abiotiques

- **Implication des facteurs du sol dans le dépérissement des *Terminalias***

Agyeman et Odusu ⁽⁶⁾ ont en effet rapporté un dépérissement des *Terminalia ivorensis* au Ghana. Les auteurs ont signalé que des facteurs chimiques du sol tels que l'azote total, l'oxyde de carbone, le CEC et le Mg ont été corrélés au dépérissement. Les concentrations d'azote au niveau des feuilles chez les arbres en dépérissement ont été de 50 % inférieures par rapport aux arbres sains. Les teneurs en Mg des feuilles des arbres atteints ont été aussi inférieures. Au contraire, de fortes teneurs en Calcium ont été associées aux arbres sous ce 'stress du dépérissement'. La taille des feuilles a été très fortement corrélée avec les rangs d'intensité de la maladie.

Dans ces résultats, la mise en évidence de corrélations de teneurs d'éléments nutritifs du sol entre eux et dans des organes des arbres en dépérissement, c'est-à-dire en état de stress pathologique, est remarquable, ainsi que la faiblesse en Mg,

élément important du métabolisme végétal, surtout photosynthétique et la non indication par les auteurs, d'attaques dont des agents biotiques, champignons ou insectes, seraient responsables. Ces résultats montrent bien que le dépérissement des *Terminalias* a affecté des arbres sur une aire transnationale, dans un cadre de deux pays qui sont voisins, situés à une même latitude et concernés par des rapprochements climatiques et écologiques. Cependant la question demeure par rapport à la cause des perturbations de teneurs en nutriments du sol et des arbres.

- **Impact des méthodes sylvicoles sur les attaques par des insectes dont certains arbres, incluant les *Terminalias* sont l'objet**

Mbakwe ⁽¹³⁰⁾ au Nigeria, a rapporté, à partir de germinations de 15 cm plantées à 2,5 x 2,5 m d'espacement, la surface de base occupée et la production estimée sur des mesures de croissance des troncs de plus de 5 cm de diamètre et d'environ 1,5 m de hauteur. Il a noté une baisse de la production estimée des *Terminalias* à partir de 6 ans et a attribué cela à une surcharge de planting des germinations. Cette baisse a pu cependant être corrigée par la mise en œuvre d'une éclaircie maintenue pendant 3 ans. Il a suggéré un espacement de 4x4 à 4x5 m.

Ces résultats soulignent à nouveau la nécessité d'une pratique sylvicole adaptée mais également suivie.

Ces travaux confirment aussi des observations de Neeff ⁽¹⁵⁰⁾ qui a évalué dans la région de Yapo en Côte d'Ivoire, l'implication de la compétition racinaire dans une dégénération observée en 1968-1969.

Watt *et al.* ⁽¹⁴³⁾ ont prospecté les maladies occasionnées par les insectes, en relation avec différentes méthodes sylvicoles chez *Terminalia ivorensis* et *Triplochiton scleroxylon* dans la réserve forestière de Mbalmay au Cameroun. Deux insectes (*Musidia sp*) boreurs de tiges et *Zonocerus variegatus* (chez *T. scleroxylon*) ont été identifiés comme pathogènes du bois et potentiellement préoccupants. Les auteurs ont toutefois indiqué que l'abondance des fourmis comme groupe d'insectes dominants sur les arbres de cette réserve pourraient être un élément important de prévention des épidémies de maladies. Une déforestation serait une menace sur la biodiversité tropicale par rapport à l'abondance, la richesse et la composition des fourmis.

Quel est l'impact d'ouvertures forestières, d'éclaircies partielles manuelles, d'éclaircies complètes et de différentes méthodes d'établissement de plantation de forêts de *Terminalia ivorensis* ? ^(109, 174) Les auteurs ont montré que des méthodes de déforestation, comme c'est le cas d'un reboisement mono spécifique, peuvent avoir un effet marqué sur la richesse et la composition des arthropodes.

- **Particularités biologiques des Terminalias et la survenue de dépérissement**

Cannon *et al.* ^(44, 45) ont rapporté une importante mortalité de *Terminalias* de 6 ans d'âge au Costa Rica. Dans une analyse des facteurs contributifs à la variation de l'état de santé des arbres, les auteurs ont examiné des prélèvements de sols, décrit les profils et la condition phytosanitaire des racines latérales et horizontales, noté des symptômes et des signes possibles de pathogènes dans les racines et les parties aériennes des jeunes arbres. Ils ont abouti à la conclusion que les causes majeures vraisemblables du dépérissement seraient en rapport avec le système racinaire qui n'a pas pu se développer verticalement à cause d'un horizon dense d'argile près de la surface du sol. Le système racinaire en dessous de 30 cm serait devenu asphyxiant depuis que les sites ont été faiblement drainés.

Les auteurs ont indiqué que dans chacun de ces cas, la compétition entre les arbres, à ce niveau d'âge, n'a pas permis un développement adéquat des racines latérales. Ils ont suggéré un planting avec un espacement plus grand. Ces résultats mettent en lumière les points suivants :

- précocité relative de la survenue du dépérissement, quelque soit la ou les causes chez des *Terminalias* d'introduction (il s'est agi de *T. ivorensis*) de moins de 10 ans
- Pour ce qui serait d'une éventuelle toxicité du sol ou en provenance de la litière, il est remarquable que l'âge des arbres ne leur ait pas permis une production de litière suffisante et qui serait toxique, facteur qui n'a d'ailleurs pas été retenu par les auteurs dans leur analyse.
- la conclusion des auteurs a porté sur une nutrition approximative des arbres à travers leurs systèmes racinaires insuffisamment développés, dans un sol faisant obstacle. En effet sur ce point, le développement racinaire doit être corrélé avec la croissance des parties aériennes de l'arbre, afin d'assurer un flux hydrique régulier et proportionné aux exigences de la biomasse.

Les zones que nous avons prospectées ont présente un faciès de ce type, soit argileux et/ou gravillonnaire selon les toposéquences. Les aspects d'appauvrissement du sol en certains éléments nutritifs n'ont pas été impliqués dans les conclusions de leurs travaux, tout comme dans nos résultats.

A la lumière de l'ensemble de ces résultats il apparaît une implication et une incidence de méthodes sylvicoles (densité inappropriée), conjuguées à une adaptation insuffisante au niveau racinaire des arbres, ainsi que des facteurs édaphiques.

En effet, en étudiant les effets des espacements en plantation (1 x 8 ; 2 x 7 ; 4 x 5 ; et 6 x 6 m) de *Terminalia ivorensis*, d'autres auteurs (Akindede et Owueye, 1991) avaient déjà montré chez des *Terminalias* âgés de 21 ans, plantés à différents espacements, que ce paramètre sylvicole avait bien des effets significatifs sur la survie, le diamètre moyen, la hauteur moyenne et le volume moyen par arbre, même si le volume des pieds/ha était affecté par ce plus grand espacement.

Dans ces travaux, encore une relation est mise en évidence entre la sylviculture et la durabilité, c'est-à-dire la santé des *Terminalias*.

- **Phénomène d'arrêt possible de croissance de plantation de Terminalias de plus de 20 ans d'âge**

Les phénomènes d'arrêt de croissance de plantation de plus de 20 ans déjà signalés en Cote d'Ivoire (Brunck et Malagnoux)^(39 bis) sont tout à fait en cohérence avec nos observations actuelles.

En effet, les plantations de *Terminalias* que nous avons parcourues (Irobo, Téné, Séguié, Bouaflé) datent des années 1980 (1979-1983). Elles sont âgées d'au moins 24 ans. Elles sont clairsemées à cause du dépérissement massif sur tous ces sites et aussi, de l'abattage de récupération des pieds non encore atteints. Ces arbres plus ou moins symptomatiques qui ont survécu depuis, apparaissent donc comme des pieds résistants ou tolérants, par rapport aux attaques de coléoptères, avec des différences de comportement interspécifiques et interclonales que nous avons discutées par rapport aux Framirés et au Frakés. Cette hypothèse est corroborée par le fait que parmi les pieds survivants, certains sont guéris des lésions de phloème ponctionné par les larves en croissance sous leurs écorces. La pression des

coléoptères, a du être explosive quand de nombreux arbres attaqués et dépérissant attireraient encore plus de coléoptères. Les descendances larvaires de ces coléoptères, encore plus nombreuses, ont donné de nouveaux insectes adultes qui sont restés sur place pour infester à nouveau le même arbre dont ils sont issus, ou des pieds voisins. A la longue, cette pression entomofaune a du considérablement s'estomper par défaut d'arbres hôtes. Les phéromones d'agrégation aussi ont diminué avec la baisse des populations d'insectes et la disponibilité de phloèmes vivants attractifs.

Les arbres qui n'ont pas présenté d'annelation (destruction du phloème par encerclement) ont pu survivre plus facilement et plus longtemps par différentes stratégies connues que nous venons de discuter.

Vis-à-vis de la densité, avec le dépérissement des arbres voisins atteints et l'exploitation d'arbres non encore atteints, le problème de densité ne s'est plus posé et les clones résistants ont pu continuer leur croissance en hauteur et racinaire. Il n'y a plus de compétition racinaire initiale qui pourrait expliquer un arrêt de croissance, à un âge de 20 ans.

Par ailleurs, à cette époque, avec le début des implantations de reboisements en Terminalias monospécifiques, aucune pression de coléoptères n'a été signalée par des travaux. Bien que les arbres hôtes soient là et par conséquent assez de biomasses d'écorces vivantes contenant des molécules attractives des insectes, leur population n'était pas assez élevée pour constituer une véritable menace et attirer l'attention. Les arbres hôtes pouvaient continuer leur développement avec une plus ou moins grande vigueur que leur permettait la densité de plantation en relation avec la qualité des sols des sites de reboisement, jusqu'à un seuil de décrochage où le développement latéral du système racinaire des arbres ait été suffisamment perturbé. Il est également possible que leur capacité à répondre au flux hydrique constant exigé par une aspiration foliaire aérienne ait commencé à faire défaut. L'arrêt de croissance de l'arbre était devenu une réaction de survie. Dans un tel cas, si un facteur de déséquilibre supplémentaire survenait tel qu'une sécheresse cumulée, le stress créé pourrait devenir important et les arbres affaiblis et manquant de plus en plus de vigueur, enregistreraient des modifications du contenu biochimique en métabolites secondaires de leurs écorces. Les écorces

biochimiquement modifiées pourraient devenir alors plus attractives pour certains coléoptères qui s'en nourriraient et y pondraient leurs œufs.

Dans ce cas encore, comme dans les travaux sur de jeunes *Terminalias* de 10 ans au Costa Rica, (Cannon *et al.* ^(43, 44)), il y aurait eu une interaction de méthodes sylvicoles en rapport avec la densité de plantation, de profondeur de sol et d'inaptitude racinaire liée aux *Terminalias*.

- **Cas de parcelles de *Terminalias* de moins de 20 ans d'âge**

Si la densité de plantation n'avait pas été élevée et que la qualité du sol avait permis un bon développement des racines, la grande sensibilité au facteur « pluviométrie » mise en évidence dans certains travaux pouvait justifier, en cas d'une sécheresse importante et cumulée, un déclenchement de stress important chez les arbres. La séquence de ce qui peut advenir après, serait alors pareille au schéma précédent (cas des arbres plus âgés).

Dans le cas contraire (densité relativement importante et problème de sols et d'enracinement), alors la survenue du facteur de stress climatique serait aggravante et précipiterait véritablement le dépérissement. Dans cette hypothèse, certains pieds de *Terminalias* pourraient dépérir rapidement sans nécessairement présenter des stigmates d'attaques de coléoptères.

Dans nos prospections, nous n'avons pas observé ces cas de pieds en dépérissement sans attaque de coléoptères. Toutefois, certaines observations au Ghana (Agyeman et Odusu (1997) peuvent trouver une explication selon ce schéma.

- **Le déficit pluviométrique : un facteur supplémentaire de stress**

Toutefois, y a-t-il eu véritablement des moments de déficit pluviométrique significatif au cours de cette période (1970 – 2000) de croissance des arbres des reboisements parcourus ? Nous avons interrogé les travaux dans ce domaine.

Etudiant les séries pluviométriques de longue durée en Afrique de l'Ouest et Centrale non sahélienne, Paturel *et al.* ⁽¹⁵⁹⁾, Kouadio *et al.* ^(159 bis) ont montré le fait suivant : malgré l'alternance de périodes sèches et de périodes humides depuis le début du XX^e siècle, la sécheresse actuelle dont le début est situé « ...à la fin des années 60

jusqu'au début des années 70... », n'a pas connu d'équivalent, ni en durée, ni en intensité.

Ochou *et al.* ^(151 bis) ont rapporté des résultats de leurs travaux sur un nouveau zonage climatique basé sur la variabilité de la pluviométrie au Ghana et en Côte d'Ivoire (les deux voisins touchés par le dépérissement des *Terminalias* dans la sous région Ouest africaine). Ils ont conclu que « *la zone Nord de la Côte d'Ivoire et dans une moindre mesure deux zones du Ghana (B et C) se caractérisent par une longue série de déficit pluviométrique à partir de 1982-83. Pour chacune des zones climatiques, les déficits hydriques importants ont été obtenus pour la première fois en 1983. Malgré les particularités présentées par les anomalies standardisées d'une zone à une autre, on observe une tendance à une baisse de la pluviométrie sur l'ensemble de ces zones ; le passage de l'excédent au déficit s'étant réalisé quasiment au début de années 80, tant en Côte d'Ivoire qu'au Ghana. De plus, l'étude des écarts pluviométriques moyens entre la période déficitaire (1980 – 1997) et la période excédentaire (1964 – 1980) montre que la baisse du régime pluviométrique est faible dans la quasi totalité du Ghana à l'exception de la zone B alors que la Côte d'Ivoire se caractérise par un déficit plus élevé dans les zones Sud et Nord, mais bien plus faible au Centre* ».

Les auteurs ont conclu en faisant remarquer que « *...la Côte d'Ivoire et le Ghana, bien que situés sur la même latitude, se comportent différemment dans la variabilité de la pluviométrie. Une telle situation serait certes, explicable par des différences de relief et de morphologie des côtes, mais serait aussi et surtout le fait de l'activité anthropique dont l'impact diffère d'un pays à l'autre selon les stratégies d'aménagement adoptées.* »

Ces études corroborent nos schémas explicatifs sur un stress majeur particulier cumulatif auquel les *Terminalias* des reboisements auraient été sensibles.

En plus, la situation pluviométrique du Ghana, pays frontalier de latitude similaire (4°N à 11°N et 9°W à 1°E) ^(151 bis) n'est pas totalement superposable à celle de la Côte d'Ivoire. Là aussi, les travaux ^(6, 30, 33, 34, 148, 195) ont montré des différences de comportement des dépérissements des *Terminalias*.

Enfin, le facteur anthropique est aussi impliqué, tout comme les différents travaux l'ont mis en évidence ^(9, 4, 192).

- **Par rapport à l'existence de clones locaux résistants de Terminalias et aux conditions de conditions de propagations des attaques par les coléoptères**

Par rapport à nos résultats, une visite des parcelles de reboisement de Terminalias en mélange avec des tecks à la Téné nous a permis de constater sur une petite parcelle, un peuplement de plus de 20 ans, en densité élevée. Certes les pieds ne sont pas symptomatiques de dépérissement mais leur croissance a du être ralentie par la forte densité. Un tel cas met en lumière le fait que :

- les techniques sylvicoles telle que l'éclaircie pourraient avoir été insuffisamment appliquées,
- tous les sites de reboisement n'aient pas été systématiquement affectés par le dépérissement,
- l'influence favorable probable de la texture du sol sur cette parcelle qui a favorisé un développement racinaire suffisant, malgré la relative forte densité de plantation.
- la non provenance simultanée des coléoptères à partir de différentes zones : cela voudrait signifier que ces insectes ont du avoir une provenance unique ou réduite, puis propagés d'un reboisement à l'autre,

Il est aussi indiqué qu'il ait pu avoir une présence de coléoptères Cerambycidae considérés, (ils ont pu être manifestes aussi au Ghana, pays frontalier) mais que la relative bonne santé due à un enracinement approprié dans le sol et communiquant une vigueur appropriée de croissance ait été un facteur de résistance des arbres de cette zone qui seraient des clones résistants a multiplier pour une lutte génétique.

Certes, la densité relativement élevée des parcelles est un élément de stress, comme d'autres auteurs l'ont montré ^(9, 22, 46, 59, 92, 150) ; cependant, il apparaît qu'un enracinement approprié puisse suppléer à ce facteur de stress, alternativement que des clones résistants puissent bien s'en accommoder.

Par ailleurs la technique sylvicole du mélange avec une autre espèce a pu avoir contribué, dans des conditions meilleures de croissance racinaire, à diminuer l'attractivité des écorces des *Terminalias* hôtes pour leurs parasites, par rapport à la situation en monoculture pure ^(10, 43, 96, 100, 189).

- **Par rapport à une implication éventuelle de la qualité de semences**

Les travaux de Oni et Bada ^(39, 51, 149, 153) ont mis en lumière un autre aspect en rapport avec la qualité des semences des *Terminalias*. En effet, il n'y a pas que la profondeur de sol qui puisse affecter la croissance racinaire en relation avec la compétition des racines latérales. Ces auteurs ont mis en évidence le fait qu'en fonction de la taille des semences de *Terminalias*, les germinations qui en sont issues aient été caractérisées par deux types de tailles, les plus petites et les plus grandes. La taille de la semence a significativement affecté tous les paramètres de croissance. Les germinations des grosses semences ont montré une meilleure croissance en hauteur, diamètre, production et surfaces foliaires, biomasse et taux de croissance relative. Celles provenant des plus petites semences avaient les fortes valeurs de taux d'assimilation nette que celles issues des grosses semences.

CONCLUSION GENERALE

Dépérissement du Teck

Nos résultats ont permis de mettre en évidence que les tecks sont victimes d'une pathologie d'origine biotique de type fongique : la pourriture brune des racines occasionnée par *Phellinus noxius* et des attaques secondaires de boreurs. Les reboisements surtout concernés ont été les jeunes tecks de Rasso. Les autres parcelles visitées ont présenté quelques attaques de pourridiés.

La pourriture brune des racines des tecks, occasionnée par le champignon *Phellinus noxius* (Corner) G. H. Cunn) est le fait d'une occlusion des vaisseaux conducteurs par envahissement progressif. Certains champignons saprophytes observés sur les différents sites, sont apparus comme des ennemis de faiblesse, et leur développement parfois intense a résulté d'une infection déjà établie ou d'une déficience physiologique liée à des facteurs divers dont l'incidence d'actions sylvicoles. L'action concomitante de coléoptères sur des tecks en dépérissement a été rendue possible sur des arbres déjà stressés et déjà fragilisés par un début de pourriture brune.

Dépérissement des *Terminalias*

Chez les *Terminalias*, les arbres déjà dépéris mais restés sur pied et ceux restés en voie de dépérissement plus ou moins avancé ont présenté des atteintes en masse d'origine biotique entomofaune, occasionnées au niveau de l'écorce de troncs et des branches. Dans les pieds en début ou en dépérissement avancé, de nombreuses larves de coléoptères longicornes se nourrissant d'écorce ont été isolées.

Une analyse des causes de la survenue d'une telle attaque massive de coléoptères en relation avec des observations antérieures d'autres travaux, nous a permis de retenir des particularités intrinsèques aux *Terminalias* et des facteurs abiotiques conjugués ayant pu occasionner une perte importante de vigueur de croissance et une grande sensibilité aux attaques des coléoptères, soit :

1-une inadaptation du système racinaire à maintenir un bon développement en présence d'obstacles édaphiques tels qu'une grande compacité, l'abondance de gravillons, une teneur argileuse élevée ;

2-des particularités de l'écorce dont certains composants chimiques du métabolisme secondaire pourraient s'apparenter à des précurseurs de certaines phéromones d'insectes et par conséquent joueraient un rôle attractif d'agrégation des coléoptères ;

3-une grande sensibilité au stress hydrique par défaut (sécheresse) ;

4-une sensibilité à la densité élevée de plantation qui est un facteur sylvicole inducteur de stress de croissance racinaire latérale et enfin ;

5-une implication de la taille des semences des *Terminalias* dans la vigueur génétique des jeunes pieds qui en sont issus.

QUELLE GESTION DES DEPERISSEMENTS DU TECK ET DES TERMINALIAS ?

- **Recommandations par rapport au dépérissement du Teck et des *Terminalias***

L'ensemble des observations conforte le caractère transterritorial des agents biotiques, qui à la faveur des échanges internationaux de plus en plus rapides de ressources (palettes d'emballages non traitées contenant des stades pupaires et larvaires d'insectes) et d'autres agents abiotiques de types climatiques ou édaphiques se retrouvent dans de nouvelles zones, dans d'autres pays ou sur d'autres continents, comme le redoutable grand longicorne d'Asie *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) (Coleoptera : Cerambycidae) qui s'est retrouvé en Europe et en Amérique du nord et occasionnant de nombreux ravages.

Le rapprochement que nous nous permettons de faire par rapport à nos résultats, c'est qu'en plus des grandes distances parcourues, il s'agit comme dans notre cas, d'un insecte coléoptère, appartenant à la famille des **Cerambycidae** et qui n'est pas un boreur de bois morts ou affaiblis. Le grand longicorne dont l'action va plus loin en s'attaquant au bois de cœur qu'il perce de part en part. Il attaque plusieurs hôtes et constitue une menace sérieuse pour l'industrie du bois et la gestion des forêts.

Nous souscrivons donc à des actions de veille, d'information et de prévention qui ont cours dans les pays en face de telles menaces potentielles. Ces recommandations comprennent l'accroissement des actions phytosanitaires et de contrôle en rapport avec les palettes de provenance de zones à risque de l'étranger, les véhicules convoyeurs de bois exploités faisant la liaison entre les quais de débarquement et les sites de coupe des reboisements, le non abandon des bois exploités sur les sites sous forêts à l'ombre, des actions de prévision suivies, en bref, sylviculture, sylviculture et enfin, sylviculture, nous paraissent être les 3 principales actions ^(17, 40-1, 100-1, 96, 97, 100-2, 105-1, 205-1).

La menace de destruction des arbres et des forêts entières est si avérée à cause d'une mondialisation de plus en plus accrue, qu'elle est à la mesure des recommandations prises par les services de surveillance sanitaire des pays concernés.

En effet, de telles mesures seraient disproportionnées et peut-être inutiles pour de « simples » insectes qui n'auraient qu'un rôle secondaire, comme beaucoup d'autres. Il faut maîtriser à temps les plus dangereux connus et au mieux, anticiper sur les conditions qui favorisent leur multiplication et l'explosion des couvées dévastatrices.

Action sanitaire de veille et de surveillance, activités sylvicoles

Deepa et Remadevi ⁽⁵⁵⁾ ont expérimenté efficacement l'effet larvicide d'extraits de bois de *Sterocarpus marsupium* sur le 3^{ème} cycle larvaire de *Hyblaea puera* Cramer, responsable de la maladie défoliante du teck. Farid *et al.* ⁽⁷⁰⁾ ont déjà rapporté l'implication de deux champignons (*Rigidoporus lignosus* et *Phellinus noxius* respectivement responsables de deux maladies majeures trouvées notamment chez le teck dans la péninsule Malaisienne. Des tests de pathogénicité ont montré que la maladie tuait graduellement des tecks âgés de 2 ans, quelque soit les traitements. Nos observations sur les jeunes tecks du reboisement de Rasso à Agboville confirment cette agressivité de ces agents fongiques. Sur cette base, l'élimination précoce par dessouchage et incinération des arbres symptomatiques (défoliation apicale centripète et début de pourriture racinaire à rechercher) serait une action indiquée. Il faut dessoucher aussi les arbres voisins qui risqueraient une contamination racinaire.

Sélection génétique et écophysiologique

Par rapport à la sélection génétique de clones résistants de tecks, Mollinedo *et al.* ⁽¹⁴⁰⁾ ont rapporté des effets sols-arbres par rapport aux sites de reboisement, chez de jeunes tecks. Ils ont discriminé trois classes de croissance parmi les tecks, à savoir : 30 % ayant eu une croissance faible, 60 % ayant eu une croissance moyenne et 10 % une croissance rapide. Ces travaux soulignent la grande variabilité génétique interne des tecks déjà indiquée dans d'autres travaux ^(87, 114, 134).

Senthikumar et Barthakur ⁽¹⁸⁸⁾ ont rapporté environ 280 insectes associés au teck en Inde. Cependant, il y a eu une brusque incidence de l'insecte *Icerya aegyptiaca* (Margarodidae : Homoptera) chez plusieurs clones : 5 clones sur 50 ont été très infectés, suivis de 8 qui l'ont été modérément.

De tels résultats sont en faveur d'une sélection écophysiologique de meilleurs clones de tecks, compte tenu de la grande diversité génétique interne, pour des reboisements, en fonction des comportements sur les différents sites.

En traitement chimique, certaines molécules ont été expérimentées dans la littérature et recommandées.

- traitement au Metam-sodium 510 G/L,
- badigeonnage des souches fraîches avec :
 - une solution de perlurée (urée) à 37 %,
 - une solution de bore à 5 %
 - ou un champignon antagoniste tel que *Phlebiopsis gigantea* (nom commercial : ROTSTOP) à 1g/l.

La réussite du traitement dépend de la rapidité de son application après abattage. Pour être efficace, l'application doit être effectuée aussitôt après l'abattage et renouvelée à chaque éclaircie (ou détournage) jusqu'à la coupe finale incluse. Par rapport à de telles actions et compte tenu des coûts éventuels et la rentabilité des reboisements, il serait plus indiqué de procéder à des actions de dessouchage et d'incinération des arbres et des volumes de sol infecté, après excavation sous l'arbre dessouché.

En d'autres termes, des actions de sanitation écologiques couplées à une pratique sylvicole suivie seraient mieux protectrices de l'environnement et de la santé des populations et de l'équilibre des écosystèmes, en plus de la rentabilité des reboisements.

Pour les *Terminalias*, il serait indiqué de procéder à des reboisements sur de nouveaux sites. Les plants doivent être sélectionnés à partir de grosses semences de qualité et à partir de clones asymptomatiques de zones non touchées par le dépérissement, locales ou de l'étranger. Il faut privilégier la qualité du sol et des actions sylvicoles suivies.

Actions de recherche

Au niveau de la Recherche, des actions ont été indiquées avec les services habilités afin de mieux détecter, contrôler puis éradiquer la menace dès qu'elle est déclarée.

- une meilleure compréhension de la biologie du ou des coléoptères concernés. Aussi des études comparatives au niveau génomique (DNA) pourront permettre de connaître leur provenance réelle par rapport à d'autres coléoptères proches. Cela peut donner une clé de pouvoir contrôler l'espèce (locale ?) qui occasionne les dépérissements massifs des *Terminalias* ;

- Il est aussi important de déterminer si les infestations proviennent (ou sont venues) d'une seule ou de différentes zones ;

- rechercher et isoler les phéromones chimiques qui attirent les coléoptères **Cerambycidae** mâles vers les femelles et aussi les phéromones d'agrégation et leurs molécules apparentées dans l'écorce des *Terminalias* ;

- si de telles phéromones attractives sont isolées, il serait possible de les reproduire et les incorporer dans des pièges à coléoptères permettant un certain contrôle de leur regroupement et une identification des différentes populations ;

- étudier également la coévolution de ces molécules chez les arbres hôtes et chez les insectes. A partir de quel âge la composition des molécules particulières de l'écorce des arbres les prédispose aux coléoptères à cause d'une plus grande attraction exercée ?

- une autre action est la lutte biologique afin de rechercher des pathogènes, prédateurs et parasitoïdes pour combattre les coléoptères

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Adejuwon, J. O.; Ekanade, O. (1988). Soil changes consequent upon the replacement of tropical rain forest by plantations of *Gmelina arborea*, *Tectona grandis* and *Terminalia superba*. *Journal of world Resource Management* : 3(1) p. 47-59
2. Agbedahunsi, J. M.: Anao, I.; Adewunmi, C. O.; Croft, S. L.: (2006). Trypanocidal properties of *Terminalia ivorensis* A. Chev. (Combretaceae). *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines* : 3(2) p. 51-56
3. Agbedahunsi, J. M.: Anao, I.; Adewunmi, C. O.; Croft, S. L.: (2006). Trypanocidal properties of *Terminalia ivorensis* A. Chev. (Combretaceae). *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines* : 3(2) p. 51-56
4. Agbogi , Oghenerioborue Mary ; Dolor, Efemena Dickens; Okechukwu,, Ebere Mercy (2007) : Evaluation of *Tectona grandis* (Linn.) and *Gmelina arborea* (Roxb.) for phytoremediation in crude oil contaminated soils. *Agriculturae Conspectus Scientificus* : 72(2) p. 149-152
5. Agboola, d; a; ; ETEJERE. O.; Fawole, M. O. (1995) : Effect of orientation and soil types on germination of seeds of some tropical forest tree species. *Seed Research (New Delhi)* 21(1) p. 13-20
6. Agyeman, Victor K., Safo, E. Y. (1997). Mineral nutrition and die-back in *Terminalia ivorensis* A. Chev. In Ghana. *Journal of Tropical Ecology* : 13(3) p. 317-335
7. AKANBI M O (1975). THE DESCRIPTION OF THE MATURE LARVA OF TRIDESMODES-RAMICULATA LEPIDOPTERA THYRIDIDAE. *Nigeria Journal of Entomology* : 1(2) p. 125-132
8. AKANBI M O (1990). BIOLOGY BEHAVIOR AND SEASONAL FLUCTUATIONS OF EPICERURA-PULVERULENTA HAMPSON LEPIDOPTERA NOTODONTIDAE. *Discovery and Innovation* : 2(2) p. 85-90
9. Akindele, S. O.; Owoeye, J. O. (1991). Spacing effects on *Terminalia ivorensis* A. Chev. Plantation in Nigeria. *Nigeria Journal of Forestry* 21(1-2) p. 3-6
10. Ali.M.S . Manoj Kumar; Singh.R. (2006) : Host range of *Oxythachis tarandus* Fabricus (Homoptera Membracidae) in woody trees and shrubs of Bihar. (2006); 245(Spécial 1) p 14-16
11. ALUKO AP; ADUAYI E A (1983). RESPONSE OF FOREST TREE SEEDLINGS *TERMINALIA-IVORENSIS* TO VARYING LEVELS OF NITROGEN AND PHOSPHORUS FERTILIZERS. *Journal of Plant Nutrition* : 6(3) p. 219-238
12. Aluko,-A-P (1993) : Soil properties and nutrient distribution in *Terminalia superba* stands of different age series grown in two soil types of southwestern Nigeria : *Forest-Ecology-and -Management* . 58(1-2) : 153-161
13. Amonkou Y.E.(2000) Contribution à l'étude de la physiologie et de l'état sanitaire des souches et rejets de Teck dans la production de bois d'œuvre de qualité. *Laboratoire de Physiologie Végétale Université de Cocody, UFR Biosciences.*261 p
14. ANDERSON D M W : BELL P C (1974) : THE COMPOSITION AND PROPERTIES OF THE GUM EXUDATES FROM *TERMINANALIA-SERICEA* AND *TERMINALIA-SURPERBA*. *Phytochemistry (Oxford)* : 13 (9) p :1871-1874

15. Anderson D M W ; Howlett J F ; Mcnab C G A (1987) : Amino acid composition of gum exudates from some african combretum terminalia and anogeissus species. *Phytochemistry (Oxford)* 26(3) P. 837-839.
16. Anderson, D. M. W. (1978) : Water-soluble plant gum exudates. (2). Combretum gums. *Process Biochemistry* 13(7) P. 4-5, 18.
17. Anonyme 1, (2006) : Exotic Wood Borer Bark Beetle National Survey Field Manual
18. Anonyme 10 (2008). Asian Longhorned Beetle an informational guide. P. 1-3
19. Anonyme 11 () Centre Technique Forestier Tropical (undated). Promotion of African tropical timbers : new species. P. 35
20. Anonyme 2, (2008) : Secondary plant compounds and bark beetle-tree coevolution ;
21. Anonyme 3, (2008): Unasylva - No. 86-87 - II. Sylviculture P. 1-34.
22. Anonyme 4, Numéro non thématique (2008) : Unasylva - No. 86-87 - II. Sylviculture P. 1-34.
23. Anonyme 5, (2008) : Pests in Gardens and Landscapes, Bark Beetles P. 1-4
24. Anonyme 6, (2008) : Bark Beetle Emergency,. MAST - Combating Tree Mortality and the Bark Beetle Infestation in the San Bernadino. P. 1-2
25. Anonyme 7. (2008) : Are your trees at risk for Spruce Bark Beetles ? P. 1-3
26. Anonyme 8, (2008). Conifer Bark Beetles. Home and garden information center. 12005 Homewood road. Ellicott city, MD 21042. 1-800-342-2507. University of Maryland College Park. Eastern shore P; 2
27. Anonyme 9 (2008). Disturbances of Plant Communities : Spruce Bark Beetle Infestation. P. 1-6
28. Anozie, V. C. (1995). A new species of Terminalia from Nigeria. *Edinburgh Journal of Botany* : 52(3) p. 347-349
29. Arguedas, M; Charverri, P. Verjans, J.M. (2004) : Health problems of teak in Costa Rica (41) p. 130-135
30. Atuahene, S. K. N. (1976). Incidence of *Apatte* spp. (Coleoptera : Bostrychidae) on young forest plantation species in Ghana. *Ghana Forestry Journal* :2 p. 29-35
31. Baggio, A. J. (1997). Introduction of Terminalia ivorensis to Cianorte, PR. *Boletim de Pequiza Florestal* (No. 35) p. 85-90
32. Bauch, J. ; Seehann, G. ; Endward, R. (1982) : Characterization of sapwood and brown heart in Terminalia superba Engl. et Diels. *Holzforschung* 36(5) P. 257-263.
33. Bentum, A. L. K.; Addo-Ashong, F. W. (1977). Weathering performance of some Ghanaian timbers. Technical Note, Forest Products Research Institute, Ghana : (No. 26) p. 13
34. Bernhard-Rerersat, F.(1975) : A trial comparison of cycles minerals in plantations of Terminalia ivorensis and in natural in the Ivory Coast. *Bois et Forêts des Tropiques* :(No. 167) p. 25-38
35. Bhat KM, Thulasidas PK, Florence EJM, Jayaraman K (2005) : Wood durability of home-garden teak against brown-rot and white-rot fungi. 19(6) p. 654-660
36. Biji CP (Biji, . P.), Sudheendrakumar, VV (Sudheendrakumar .V.V.) , Sajeev TV (Sajeev T.V.) ; (2006) : Influence of virus inoculation method and host age on productivity of the nucleopolyhedrovirus of the teak defoliator ; *Hyblaea puera* (Cramer). 133(1) p. 100-104

37. Bongers,-F ; Van-Rompaey,-R-S-A-R ; Parren, M-P-E (1999) : Distribution of twelve moist forest canopy tree species in Liberia and Côte d'Ivoire : Response curves to a climatic gradient. *Journal-of-Vegetation-Science*. 10(3) : P. 371-382.
38. Bosu, -Paul-P ; Cobbinah, -Joseph-R ; Nichois, -J-Doland ; Nkrumah, -Elvis-E ; Wagner,-Michael-R (2006) : Survival and growth of mixed plantations of *Milicia excelsa* and *Terminalia superba* 9 years after planting in Ghana. *Forest-Ecology-and-Management*. 233(2-3) : P. 352-357.
39. Brookman-Amissah, J.; Amissah, J. K. (1973). The effect of endogenous growth inhibitors on the germination of *Terminalia ivorensis*. *Technical Newsletter, Forest Products Research Institute, Ghana* :7(3/4) p. 8-18
40. Brown, W. H. (1977). Comparative studies of lesser-known timbers, 6. Marine borer resistance of some African timbers. *Woodworking Industry* :34(12) p. 21-22
- 39 – 1 Brunck et Malagnoux
41. Butterfield,-Rebecca-P (1996) : Early species selection for tropical reforestation : A consideration of stability. *Forest-Ecology-and-Management*. 81(1-3) : P. 161-168.
42. Byers, J. A., Zhang, Q. H., Schlyter, F. and Birgersson, G. 1998. Volatiles from Nonhost Birch Trees Inhibit Pheromone Response in Spruce Bark Beetles *Naturwissenschaften* 85 : 557-561, p. 1-7
43. Cannon, P. G.; Salas B., F.; Okumoto, S. (1995). Preliminary analysis of factors contributing to the dieback of *Terminalia ivorensis* in San Carlos, Costa Rica. *Revista Forestal Centroamericana* : 4(13) p. 24-27
44. Cannon,P. G.; Fabian Salas, B.; Okumoto, S. (1994). Mortality of *Terminalia ivorensis* in Costa Rica. *Enlace Madelena-3* : 3(1) p. 1, 3-4
45. Castaneda Amaya, L. A. (1981). Performance of *Terminalia ivorensis* grown with annual and perennial crops in its second year of development. *Comportamiento de Terminalia ivorensis A. Chev. Asociada con cultivos anuales y perennes en su segundo ano de crecimiento.* : p. xix + 116
46. Chareprasert S, Piapukiew J, Thienhiron S, Whaley AJS, Sihanonth P, (2006) : Endophytic fungi or teak leaves *Tectona grandis* L. and rain tree leaves *Samanea saman* Merr. 22(5) p 481-486
47. Chaurasia. B, Khan, P. K. (2006) *Hordeum vulgare* : A suitable host mass production of arbuscular mycorrhizal fungi from natural soil. 4(1) p : 45-53
48. Cock, M. J. W. (2003). Risk of non-target impact versus stakeholder benefits in classical biological control of arthropods : selected case studies from developing countries. *Proceedings of the 1st international Symposium on Biological Control of Arthropods, Honolulu, Hawaii, 14-18 january 2002* P. 25-33.
49. Corbasson. M :Souvannavong. O. (1988) *Terminalia superba* Engl.& Diels : current research on biology, physiology and breeding of *Terminalia superba*. *Forest Genetic Resources Information* (16) p : 29-34
50. Corbineau, F.; Come, D. (1993). Improvement of germination of *Terminalia ivorensis* seeds. *Forest Genetic Resources Information* (No. 21) p. 29-36
51. Dadwal, V. S.; Jamaluddin (2003).Biocontrol of important pathogens of forestry species by *Streptomyces* formulation. *Indian Forester* (129) 10 P 1270-1280.

52. Dadwal, V. S.; Jamaluddin (2004). Canker diseases of forest tree species in Central India. *Indian Journal of Tropical Biodiversity* :12(1/2) p. 9-15
53. Daly, A. (2008) : Teak leaf rust
54. Das,D.K.; Chaturvedi, O. P.; Mandal, M.P.; Kumar, R. (MAY 2007). Reclamation of degraded soil through tree plantation - Litter and fertility changes. *Indian Forester*. 133(5) : p. 647-654
55. Deepa Balan ; Remadevi, O. K. (2006) : Larvicidal activity of the wood extract of *pterocarpus marsupium* on the 3rd instar larvae of *Hyblaea puera* (Hyblaeidae), the defoliator pest of teak (*Tectona grandis*). 11(3) p :97-100
56. De-Fay,-E (1992) : Vegetative development, primary and secondary growth of the shoot system of young *Terminalia superba* tropical trees, in a natural environment : I. Terminal growth, lateral growth and main stem-branch growth correlations. *Annales-des-Sciences-Forestieres-(Paris)*. 49(4) : P403-422.
57. Delaunay, J. (1978), Preliminary results from provenance trials of *Terminalia ivorensis* A. Chev., two and a half years after their establishment in the Ivory Coast. Progress and problems of genetic improvement of tropical forest trees. Proceedings of a joint workshop, IUFRO working parties S2.02-08 and S2.03-01, Brisbane, 1977. V. Provenance trials and breeding programmes. H. Other hardwood species (excluding eucalyptus). p. 874-878.
58. Desai, Minal; Sanbhag, A. B. (2007) Birds breeding in unmanaged monoculture plantations in Goa India. *Indian Forester* 133(10) p. 1367-1372
59. Dhanai, C. S.; Gupta, G. R.; Panwar, G. S.; Singh, V. K.; Anil Kumar (2007) : Pre sowing seed treatments effect on germination behaviour of *Tectona grandis* (L.) : *Progressive Agriculture* : 7(1/2) p. 12-14
60. Dhar, P.P. ; Mridha, M.A.U. (2006) : Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi in different trees of madhupur forest, Bangladesh. 17(3) p. 201-205
61. Doat, J.; Tissot, M. (1983) : Attack of samples of *Terminalia superba* by selected fungi (brown rot, white rot and soft rot) and their effect on the chemical and papermaking characteristics of the wood. *Bois et Forêts des tropiques*. (No. 200) P. 43-70.
62. Doat,J. (1978) : Tannins in tropical woods. *Bois et Forêt des Tropiques* (No 182) P. 37-54.
63. Doland Nichols, J.; Ofori, D. A.; Wagner, M. R.; Bosu, P.; Cobbinah, J. R. (1999) : Survival, growth and gall formation by *Phytolyma lata* on *Milicia excelsa* established in mixed-species tropical plantations in Ghana. : *Agricultural and Forest Entomology* : 1(2) p. 137-141 .
64. Dupuy, Bernard (1995). Mixed plantations in Cote-d'Ivoire rain forests. *Bois et forêts des Tropiques* : 0(245) p. 33-43
65. Durand P Y (1983). wood technology research in the ivory-coast towards a rational utilization of lesser known forest species and technological control of plantation grown timber both qualitatively and quantitatively 1. *Bois et Forêts des Tropiques* (202) p. 35-52
66. Durand, P. Y. (1985). Experiments with crude solar drying kilns for timber in Ivory Coast. *Bois et Forêts des Tropiques* (No. 208) p. 49-56
67. Egunjobi I. K; Inogbo M O (1978) Dry matter production by *terminalia-superba*. *Tropical Ecology* 19 (1) P. 111-116.

68. FABRE JP.; BRUNCK F (1971). Pre emergence herbicide test on an ivory-coast reforestation species *Terminalia ivorensis*. Bois et forets des Tropiques :(136) p. 35-41
69. Fabre, J. P., Brunck, F. (1974). Action of methidathion on borers in shoots of young *Terminalia ivorensis* trees in the Ivory Coast. Bois et forets des Tropiques :(155) p. 58-60
70. Farid A.M. Lee S.S. Maziah.Z. Rosli H. Norwali? M; (2006) Root rot in tree species other than *Acacia*. (124) p :60-66
71. Farid AM. Lee SS. Rosli HM. Maziah Z. Norwati M (2006) Incidence of teak basal rot caused by *Phellinus noxii* in Malaysia 34(2) p : 277-278
72. Farr, M. L. (1989). Two new species of tropical fungi. Memoirs of the New York Botanical Garden :49 p. 70-73
73. FASEHUN F E (1980). The effects of irradiance on growth respiration and nitrate reductase activity of *Terminalia ivorensis* and *Terminalia superba*. Physiologia Plantarum :48(4) p. 574-577
74. Filho OP (Peres Filho, Otavio), Teixeira, Tdson P.) Bezerra, Wrcio L. M.), Dorval A (Dorval, Alberto),(Berti Filho, Evoneo) (2006) : First record of *Sinoxylon conigerum* gerstacker (Coleoptera : Bostrichidae) in Brasil 35(5) p. : 712-713 :
75. Ford, L. B. (1986). The *Terminalia* borer in Costa Rica. Turrialba :36(2) p. 248-251
76. Ganglo JC. De Foucault B. Lejoly J. : The psychotria vogeliana- community in the spontaneous undergrowth of teak (*Tectona grandis* L. f) plantations in south-Benin ecological and silvicultural indicatory values. 153(1) p :125-134
77. Geetha, T; Balagopalan, M. (2005) Variation in soil physical properties associated with different year teak plantations in Kerala. 15(2) p. 240-246
78. GIANFRANCO S; (2008) Nomenclature notes on cerambycidae from the mediterranean region coleoptera, P. 1-2.
79. Gillah, P. R. Ishengoma. R.C.Amarthey S. A. Gabriel J.kitojo. D.H. Negi. A. (2004) : Natural durability of some lesser-known timber species against rothing fung. 50(3/4) p. 32-41
80. GILLS ; ONUJA J E (1984). TRACHEARY CHARACTERISTICS OF SOME NIGERIAN TERMINALIA-SPP; Feddes Repertorium : 95(5-6) p. 355-358
81. Goh, Doreen K. S. ; Chaix, Gilles ; Bailleres, Henri ; Monteuiis, Olivier (2007) : Mass production and quality control of teak clones for tropical plantations. Bois et Forêts des Tropiques (293) P. 65-72, 75-77.
82. Goma-Tchimbakala J. Bernhard -Reversat F (2006) : Comparison of litter dynamics in three plantations of an indigenous timbertree species (*Terminalia superba*) and a natural tropical in mayombe, Congo. Forest Ecology and Management 229 (1-3) P. 304-313.
83. Goma-Tchimbakala, -J ; Nodondou-Hockemba,- Mireille ; Kokolo, ; Mboussou-Kimbangou, -A-N-S (2005) :Variations des apports de litière et d'éléments minéraux dans les plantations de limba (*Terminalia superba*) au Congo. Tropicultura-, 23(1) : P. 53-59
84. Gotoh T, Kotulai JR, Matsumoto K (2003). Stem borers of teak and yemane in Sabah, Malaysia, with analysis of attacks by teak beehole borer (*Xyleutes ceramica* WIK.). JARQ-JAPAN AGRICULTURAL RESEARCH QUARTERLY : 37(4) p. 253-261

85. Goudet, J. P. (1975). Experimental plantation of pulpwood species in the Ivory Coast. Bois et Forets des Tropiques : (No. 159) p. 3-37
86. Gueneau, P.; Chardin, A. (1973). Growth stresses. Cahiers Scientifiques, Centre Technique Forestier Tropical : (No.3) p. 52
87. Gunaga, R.P. Nagesh Prabhu; Surendran, T.(2006) Seed source variation for loss of apical dominance in root-trainer seedlings of teak (*tectona grandis* Linn. F.) 29(3) p :257-261
88. Gyimah, A. (1987). Fungi associated with seeds of some forest trees of Ghana. Technical Bulletin of Forest Products Research Institute, Ghana Forestry Commission : 7 p. 14-27
89. HARDIE K (1979). GERMINATION OF CHAETOMIUM-GLOBOSUM ASCO SPORES ON HARDWOODS. Transactins of the Bristish Mycological Society :73(1) p. 81-84
90. Hodda, M.; Bloemers, G.F.; Lawton, J. H.; Lamshead, P. J. D. (1997). The effects of clearing and subsequent land-use on abundance and biomass of soil nematodes in tropical forest. Pedobiologia : 41(4) p. 279-294
91. Holdings (1973). Promotion of new species from the Ivory Coast. Bulletin d'informations Techniques, Centre Technique du Bois (No. 65) p; 3-8
92. Holdings (1974). Framire (*Terminalia ivorensis*) - technical note. Bois et Forets des Tropiques : (No. 153) p. 23-34
93. Hosagoudar, V. B. (March 2004). Studies on folicolous fungi-XV : New species, new records and a rare fungus. Zoos' Print Journal : 19(3) p. 1386-1389
94. <http://vinsonlab.tamu.edu/former/john/papers/nat98a.htm>
95. <http://www.asian-longhorned-beetle.com/>
96. <http://www.bbna.com/landres/forestry/beetles.htm>
97. http://www.calmast.org/bark_beetle_emg.asp
98. <http://www.chemical-ecology.net/papers/bb56.htm>
99. <http://www.fao.org./docrep/62737f/62737f04.htm>
100. <http://www.fao.org./docrep/62737f/62737f04.htm>
101. http://www.habitat.adfg.state.ak.us./geninfo/kbrr/coolkbayinfo/kbec_cd/html/ecosys/terrest/b...
102. <http://www.invasive.org/eastern/biocontrol/11Purpleloosestrife.html>
103. <http://www.ipm.ucdavis.edu/PMG/PESTNOTES/pn7421.html>
104. http://www.jle.com/fr/revues/agro_biotech/sec/e-docs/00/04/02/CF/article.md?fichier=ima...
<http://www.vitalieghianda.it/vitalfranz/>
<http://www.cerambicoidea.com/tribu.asp?&Typo=F>
<http://www.cerambicoidea.com/specie2.asp?Idspec=31036&Tipo=S>
<http://www.biolib.cz/en/taxon/id224028/>
105. IDEMUDIA O G (1970) TERPENOIDS OF NIGERIAN TERMINALIA-D SPECIES. Phytochemistry :9(11) p. 2404-2402
106. Ingleby, K.; Walker, C.; Mason, P. A. (1994). *Acaulospora excavata* sp.- an endomycorrhizal fungus from Cote d'Ivoire. Mycotaxon : 50(0) p. 99-105
107. IWAWU M M ; ANYANWU B N (1982). Anti Inflammatory And Anti Arthritic Properties Of *Terminalia Ivorensis*. Fitoterapia : 53(1-2) p. 25-34

108. Jacob, J. Prasanth ; Balu, A. (2007) : Biochemical and cuticular variation in teak clone leaves and resistance to teak defoliator. *Indian Forester* 133 (2) P. 197-205.
109. Javaregowda ; Nalk. L;K; (2006) : Host-range of the teak defoliator, *Hyblaea puera* Cramer. 11(4) p ;163-164
110. Javaregowda ; Nalk. L;K; (2006) : Incidence of white muscardube fungus, *Beauveria bassiana* (Bais.) vuill teak defoliator, *Hyblaea puera* (Cramer) *Insect Environment* :12 (1) p :3-4
111. Javaregowda; Naik, L. K. (2008) : Rain fall-major contributing factor for out break of teak defoliator, *Hyblaea puera* Cramer. P. 1-2
112. Javaregowda; Nailk, L. K : (2006) Tachinid parasitoids of the defoliator, *Hyblaea puera* Cramer from Kamataka, South India. 11(4) P. 162-163
113. John J (John, Jacob), Leela NK (Leela, N. K.), Sreekumar KM (Sreekumar, K. M.), Anesh RY (Anesh, R. Y.), Hema M (Hema, M.), 2007 : Phytotoxicity of leaf extracts of multipurpose trees against insect pests in bitter melon (*Momordica charantia*) and brinjal (*Solanum melongena*) : *ALLELOPATHY JOURNAL* : 20(2) p. 411-417
114. John Libbey Eurotext (2008) : Variations interannuelles de la pluviométrie et de l'alimentation hydrique de la canne à sucre en Côte d'Ivoire. P. 1-5
115. Joshi, K. C.; Sambath, S.; Chandra, S.; Roychoudhury, N.; Yousuf, M.; Kulkarni, N. (2008). Evaluation of *Trichogramma* spp. To minimise the attack of Teak skeletonizer, *Eutectona machaeralis* (Walk.). P. 1-2
116. Joshi, P C . (2006) : Anthropogenic encroachments and population dynamics of insects in a moist deciduous forest in Uttaranchal, India. 32(1) p. 32-37
117. Kallarackal, J.; Bhat, K. V.; Seethalakshmi, K. K. (2006) Characterization and functioning of an exuding blister on the teak tree (*Tectona grandis* L. F.). *Phytomorphology* : 56(1/2) p. 69-77
118. Kamtchouing P, Kahpui SM, Dzeufiet PDD, Tedong L, Asongalem EA, Dimo T (2006) : Anti-diabetic activity of methanol/methylene chloride stem bark extracts of *Terminalia superba* and *Canarium schweinfurthii* on streptozotocin-induced diabetic rats. *Journal of Ethnopharmacology* 104 (3) P. 306-309.
119. Kanga, L.; Fediere, G. (1991). Towards integrated control of *Epiclerus pergrisea* (Lepidoptera : Notodontidae), defoliator of *Terminalia ivorensis* and *T. superba*, in the Cote d'Ivoire. *Forest Ecology and Management* : 39(1-4) p. 73-79
120. Khuhro, R. D.; Nizamani, S. M.; Jiskani, M. M. ; Abbasi, Q. D. .Solangi, G. S. (2005) : New host records of Asian ambrosia beetle (AAB) in Sindh Pakistan. 21(1) p. 43
121. Kokutse AD Stolkes A, Bailieres H, K, Baudasse C.(MAR. 2006) Decay resistance of Togolese teak (*Tectona grandis* L.f.), Heartwood and relationship with colour. 20(2) p :219-223
122. KOKUTSE AD. Stolkes A, Bailieres H, K, Baudasse C. May 2006 Decay resistance of Togolese teak (*Tectona grandis* L.f) heartwood and relationship with colour (vol 20, pg. 2006) : *TREES STRUCTURE AND FUNCTION* : 20 (3) p. 403-403
123. Kulkarni, Nitin), Chandra, Kailash), Wagh PN (Wagh, Prafulla Narahar), Joshi, Kailash Chandra), Sing RB (Sing, Ram Bhajan) : (2008). Incidence and management of white grub, *Schizonychia ruficollis* on seedlings of teak (*Tectona grandis* Linn. F.) : p. 1-2

124. Kumar YP (Kumar, Y. Prasanna) King P (King, P), Prasad VSRK (Prasad, V.S.R.K.) NOV. 2006 : Zinc biosorption on *Tectona grandis* L.f. leaves biomass : Equilibrium and kinetic studies 124(1-3) p. 63-70
125. Kumar YP (Kumar, Y. Prasanna), King P (King, P.), Prasad VSRK (Prasad, V.S.R.K.), 2006 : Equilibrium and kinetic studies for the biosorption system of copper (II) ion from aqueous solution using *Tectona grandis* L. f. leaves powder. 137(2) p. 1211-1217
126. Lachat T (Lachat, T.), Peveling R (Peveling, R.), Atignon S (Atignon, S.), Goergen G.), Sinsin, B.), Nagel P (Nagel, P.).(MAR. 2007) Saproxyllic beetle assemblages on native and exotic snags in a West African tropical forest. *African Entomology* : 15(1) : p. 13-24
127. Lachat T; Nagel P; Cakpo Y : Attignon G. Sinsin B. Peveling R., 2006 : Dead wood and saproxyllic beetle assemblages in a semi-deciduous forest in Southern Benin. 225(1-3) p : 27-38
128. Lal, N. K.; Toma, .; Butnaru, R.; Simionescu, C. (1976). Studies in the field of the chemicomorphological structure of some tropical species of hardwoods.: *Cellulose chemistry and Technology* : 10(3) p. 265-283
129. Lal, N.K., Butnaru, R., Simionescu, C., (1977) : Investigations in the fields of chemical and morphological structure of certain tropical wood species. (2). Study of their chemical composition
130. Leroy C (Leroy, Celine), Saint-Andre L (Saint-Andre, Laurent), Auclair D (Auclair, Daniel) (2007) : Practical methods for non-destructive measurement of tree leaf area. *AGROFORESTRY SYSTEMS* 71(2) p. 99-108
131. Lookose S (Lookose, Sani). (JAN 2008). Traditional teak wood articles used in households of Nilambur and Malapuram areas of Kerala. *Indian Journal of Traditional knowledge* : 7(1) :p. 108-111
132. LUGO A E; CUEVAS E; SANCHEZ M J (1990). NUTRIENTS AND MASS IN LITTER AND TOP SOIL OF TEN TROPICAL TREE PLANTATIONS; *Plant and Soil* :125(2) p. 263-280
133. Magro, P.; Vannini, A. (1990). Fungal decay in some imported tropical timbers. *Economia Montana - Linea Ecologica* : 22(2): p. 59-62
134. Maillard P; Jacques M; Miginiac E; Millet B (1989). Mathematical growth analysis of young *Terminalia-Superba* plants in a controlled environment comparison of growth rhythms of the principal axis and of axillary branches *Annals of Botany (London)* :64(1) :p. 95-106
135. Majumdar M (Majumdar, Mrityunjoy), Nayeem N (Nayeem, Naira), Kamath JV (Kamath, Jagadish V.), Asad, Mohammed). Evaluation of *Tectona grandis* leaves for wound healing activity. P. 1-2
136. Mallet, B. (1983). Chemical maintenance of young mechanized forest plantations in Ivory Coast perspectives and limitations. *Proceedings of the Second Biannual Conference, West African weed Science Society* p. 261-271
137. Mbakwe, R. C. (1990). A note on the yield of *Terminalia ivorensis* in Umuaguro, Nigeria. *Journal of Tropical Forest Science* : 3(1) p. 88-89
138. Mishra KN (Mishra, K. N.), Yadav KN (Yadav, Kripa Nidhi), OCT 2007. Effect of air pollutants on growth, productivity and physiological behaviour of some tree species growing in Jaumpur city (up) India. : *PLANT ARCHIVES* :7(2) p. 889-891

139. Mohammad Muslich; Sunami, G. (2004) : The resistance of 62 Indonesian wood species against marine borers. 22(3) p. 183-191
140. Mollinedo, M. ; Ugalde, L.; Alvarado, A.; Verjans, J.M ; Rudy; L.C. (2005) : Soil-tree relationship site factors in young teak (*Tectona grandis*) plantations in the Western zone of the Panama Canal. 29(1) P. 67-75
141. Monteuis, O.; Maitre, H. F. (2007) Advances in teak cloning. ITTO tropical Forest Update : 17(3) : 13-15
142. Munuasinghe, E.S ; Rodrigo :V.H.L. (2006) Can rubber (*Hevea brasiliensis* Muell, Arg) be grown as a timber crop ? 47 p : 34-39
143. Murali TS (Murali, T. S.), Suryanarayanan TS (Suryanarayanan, T. S.), Geeta R (Geeta, R.) : (JUL. 2006) : Endophytic *Phomopsis* species : host range and implications for diversity estimates. 52(7) p. : 673-680
144. Murugesan, S. (June 2004). Biopesticidal effects of different tissues of *Acacia nilotica* (Babul) ex-tracts on *Tectona grandis*. Advances in Plant Sciences : 17(1) p. 203-206
145. Murugesan, S. Nov. 2004 : Induced defence research and potential application of induced defences in forestry. 130(11) p. 1227-1234
146. Nansen C, Meikle WG, Tigar B, Harding S, Tchabi A (2004). Nonagricultural hosts of *Prostephanus truncatus* (Coleoptera :Bostrichidae) in a West African forest. ANNALS OF THE ENTOMOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA : 97(3) p. 481-491
147. Narayanan C (Narayanan, C.), Wali SA (Wali, S.A.), Shukla N (Shukla, N.), Kumar R (Kumar, R.), Mandal AK (Mandal, A. K.), Ansari SA (Ansari, S. A.), 2007: RAPD and ISSR markers for molecular characterization of teak (*Tectona grandis*) plus trees. JOURNAL OF TROPICAL FOREST SCIENCE : 19(4) p. 218-225
148. Nathan SS. Sehoon K. (MAR. 2006) : Effects of *Melia azedarach* L. extract on the teak defoliator *Hyblaea puera* Cramer (Lepidoptera : Hyblaeidae). 25(3) p :287-291
149. Neamatallah A., Yan L. Dewar SJ, Austin B (2005) An extract from teak (*Tectona grandis*) bark inhibited *Listeria monocytogenes* and methicillin resistant *Staphylococcus aureus* 41(1) p. 94-96.
150. Neeff, P. de (1975). The root system of *Terminalia ivorensis*: at 3 and 5 years old; in a 21-year-old stand; and on a 32 year-old tree. P. 49
151. Nepveu, G. (1976). Growth and quality of *Terminalia ivorensis* wood. Changes in the width of annual rings and density components as a function of age. Bois et Forêts des Tropiques : (No. 165) p. 39-58
152. Ocloo, J. K. (1978) , The natural resistance of the wood of *Terminalia ivorensis* A. Chev. (idigbo, emere) to both fungi and termites. Journal of the Institute of Wood Science _ (1) P. 20-23
153. Ofong, A. U. (1981). The cankers of *Terminalia ivorensis* (*T. ivorensis*) (A. Chev.) in Nigeria. Commonwealth Forestry Review : 60(2) p. 133-138
154. Ofori, J. (1985). A comparative study in minimizing the splitting of plantation-grown emire; *Terminalia ivorensis* A. Chev. Fencing posts during drying. Technical Bulletin of the Forest Products Research Institute, Ghana Forestry Commission :5 p. 1-8

155. Ofosu-Asiedu, A.; Cannon,P. (1976). *Terminalia ivorensis* decline in Ghana. *Pans* : 22(2) p. 239-242
156. Ogata, K. (1985) Useful timbers of the tropics. (3). Idigbo. *Tropical Forestry* (No.3) p. 63-64
157. ONI O (1990). FRUIT ABORTION IN A WEST AFRICAN HARDWOOD *TERMINALIA-IVORENSIS*. *Journal of Tropical Forest Science* : 2(4) p. 280-285
158. Oni, O. (1991). Insect pollinators of the West African hardwood (*Terminalia ivorensis* A. Chev.). The Sixth International Symposium on Pollination, Tilburg, Netherlands, 27-31 August 1990. p. 88-92
159. Oni, O.; Bada,S. O. (1992). Effects of seed size on seedling vigour in idigbo (*Terminalia ivorensis*). *Journal of Tropical Forest Science* : (4) p. 215-224
160. Oni, O.; Fasehun, F. E.; Ladipo,D. O. (1991). Flowering in the West African hardwood *Terminalia ivorensis* A. Chev. *Nigerian Journal of Forestry* : 21(1-2) p. 42-46
161. Oo, Thaug Naing ; Lee, Don Koo; Combalicer, Marilyn (OCT. 2007). Carbon sequestration of teak (*Tectona grandis* Linn. F.) plantations in the bagoYoma of Myanmar. *Journal of Korean Forestry Society* : 96(5) p.602-608
162. Osisanya, E.O. (1976,recd. 1978). Forest entomology in Nigeria. Occasional Publication, Entomological Society of Nigeria :p. 163-177
163. Oyun, M. B. ; Kadeba, O. ; Aletor,V. A. (2006). Nitrogen release patterns of mixed *Gliricidia sepium* and *Acacia auriculiformis* leaves as influenced by polyphenol, lignin and nitrogen contents. 6(10) p. 2217-2223
164. PARAMESWARAN N (1973). ON THE CRYSTALLINITYOF CELLULOSE FROM BARK AND WOOD OF SOME TROPICAL WOOD SPECIES; *Holzforschung* : 27(5) p. 151-153
165. Paulsamy, S ; Padmavathy, Pannerselvam, Thangaraj; Senthilkumar.D :(2007) Population size of weed, *Lantana camara* L. in understory of teak forests of anaimalais, western ghats as influenced by upper canopy cover 133(2) p : 165-170.
166. Peres Filho, O.; Dorval, A.; Bezerra, M. L. M.; Berti Filho, E.; Mour, R. G. (2006). Borers in cut wood of *Tectona grandis* Linn. F. (Verbenaceae) in Rosario Oeste,State of Mato Grosso, Brazil. *Revista de Agricultura* (Piracicaba) 81(1) p. 31-43
167. Persad. A. B; Ayub Khan (2006) : Attractiveness of hibiscus mealybug to different plant species. 11(4) p : 175-176
168. PiriyaPrin, S.; Manoch, L.; Sunantapongsuk, V.; Somrang, A. (2007). Biological control of *Pythium aphanidermatum* and *Sclerotium rolfsii*, root rot of Sunn-hemp and mungbeen by *Gliocladium virens*. Proceedings of the 45th Kasetsart University Annual Conference, Bangkok, Thailand,30 January-2 February 2007. Subjetct : Plants p. 694-701
169. Purple Loosestrife - Biological Control of Invasive Plants in the Eastern United States. P. 1-10
170. Radu, A.; Budau, G. (1983). Causes of wear in knife edges used to cut veneer of *Terminalia superba*. *Industria Lemnului* : 34(3) p. 127-130
171. Rajput, K.S. ; Rao, K. S.; Patil, U.G.(2005) : Cambial anatomy, development and structural changes in the wood of teak (*Tectona grandis* L.f.) associated with insect defoliation. 20(4) p. 51-63

172. Rajput, K.S. ;Patil, U.G.(2005) : cambial anatomy, development and structural changes in the wood of teak (*Tectona grandis* L.f.) associated with insect defoliation. 20(4) p. 51-63
173. Rivastav, D.;Fanguem, J. (1995). Ecology of insects in Cameroon plantation forests. Final report to UK Overseas Development Administration (ODA)/GOC Office National de Developpement des Forets (ONADEF): Forest Management and Regeneration Project, Mbalmayo,Cameroon-report for 1993-4. p. 121
174. Rivera DF (Rivera, Dario F.), Smith M (Smith, Michelle), Staples L (Staples, Linton), Leunga LKP (Leunga, Luke K. -P.) (2008) : Effect of zinc phosphide baiting on canefied rat populations in teak. (27) P 877-881.
175. ROGERS S (1981). SEASONAL VARIATION IN RADIAL GROWTH AND PHLOEM ACTIVITY OF *TERMINALIA-IVORENSIS*. Annals of Botany (London) : 47(5) p. 603-610
176. Romeis, M.; Batrly, A. (1982). Influence of resing in wood preservatives on evaporation of the solvent. Genera study R 350. Courier de l'Industriel du Bois et de L'Ameublement : (No. 41) p. 8
177. Rozmarin, G.; Toma, C.; Koumou, A.; Aly, H. I. M.; Bordy, J. E. E.; Tudor-Balan, M. (1982). Some considerations of tropical wood from the Congo. (1). Anatomical-morphological aspects. Celuloza si Hirtie : 32(2) p. 56-69
178. Sailesh Chattopadhyay (2007) : Incidence of Bihar hairy caterpillar, *Spilarctia obliqua* Walker in teak nursery. Journal of Interacademia 11 (1) P. 141-142.
179. Samuel M. Lovenwirth (1999). Bark beetles and this year's drought. P. 18-20
180. Sankar, N. R.; Sree, D. S. ; Sreeramulu, A. (2008) :Cladosporium oxysporum as a mycoparasite on *Uncinula tectonae* - a new record. P; 1-2
181. Sankar, N. R.; Sree, D. S. ; Sreeramulu, A. (2008) :Evaluation of teak phylloplane mycoflora for biocontrol of powdery mildew of teak caused by *Uncinula tectonae*. P. 1-2 :
182. Sasidharan, K. R.; Nagarjan, B. (2006). Diversity of hymenopteran pollinators of teak. Pollen and pollinatin ecology research p. 59-65
183. Sasidharan, K. R.; Nagarjan, B. (2006). Diversity of hymenopteran pollinators of teak. Pollen and pollinatin ecology research p. 59-65
184. schwendener, Carol Melanie; Lehmann, Johannes ; Rondon, Marco; Wandellp, Elisa ; Fernandes, Erick (SEP. 2007) Soil mineral N dynamics beneath mixturs of leaves from legume and fruit trees in Central Amazonian multi-strata agroforests. Acta Amazonica : 37(3) : p. 313-320
185. Seema Keshari; Pandey, P. N. (2007). Insect pests of teak (*Tectona grandis*) of Chotanagpur forests and their control. Proceedlings of the Zoological Society of India : 6(1) ; p. 95-103
186. Seema Sharua; Ashok Aggarwal ; Vipin Parkash; Mehrotra, R.S. (2005) Seasonal population dynamics of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi associated with *Tectona grandis* L. and *Dendrocalamus strictus* (Roxb.) nees. 58(2) p. 163-166
187. Senthilkumar. N. Barthakur, N.D. (2005) : A record of Egyptian fluted scale *icerya aegyptiaca* (Douglas) on teak in Assam. 11(1) p. 31-32
188. Shama. Meeta, Ahmed,S.L. (September 2004) : *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuilliemin, a potential entomogenous fungal pathogen isolated from Marwar teak defoliator, *patialus tecomelia* Pajni,Kumar & Rose (Coleoptera Curculionidae). 130(9) p. 1061-1064

189. Silva, E. A. M. da; Pereira, L. A. R.; Pinheiro, A. L.; Ramalho, R. S. (1990). Seasonal variation in cambial activity of three forest species growing at Vicosa, Minas Gerais. *Seiva* : 50(99) p. 49-52
190. Smith, J. B. ; Primakov, S. F. (1977). Chemical and morphological characteristics of some tropical hardwoods. *Appita* :30(5) p. 405-406
191. Srivastva, S. K. Attri. B. L. (2004) : Bag worm (*Thyridopteryx ephemeraeformis* (Haworth)), an emerging pest in coastal agroecosystem of Orissa. 10(2) p. 70-71
192. Sujatha MP (Sujatha, M. P.) (2008) : Micronutrient deficiencies in teak (*Tectona grandis*) seedlings : Foliar Symptoms, growth performance and remedial measures. *Journal of tropical forest science* 20(1) P. 29-37.
193. Sumthong P (Sumthong, Pattarawadee), Damveld RA (Damveld, Robbert A;), Choi YH (Choi, Young H), Arentshorst M (Arentshorst, Mark), Ram AFJ (Ram, Arthur F.J.), vanden Hondel CAMJJ (van den Hondel, Cees A. M. J. J.), Verpoorte R (Verpoorte, Rob) (AUG 2006) :Activity of quinones from teak (*Tectona grandis*) on fungal cell wall stress 72(10) p. 943-944
194. Swaminathan, C.; Srinivasan, V. M. (2006). Influence of microbial inoculants on seedling production in teak (*Tectona grandis* L. f.). 22(3/4) p. 63-76
195. Tang, Z. T.; Jin, Z. W. ; Zhou, Z. J. ; Wang. C. H ; Li. Z. S. (1985) : Some tropical hardwood destroying insects and their control methods. *Journal of Nanjing Institute of Forestry* (1) P. 38-43.
196. Tangmitcharoen S. Takaso T, Siripatanadilox S, Tasen W, Owens JN FEB 15 2006 Behavior of major insect pollinators of teak (*tectona grandis* L. f.) : A comparison of clonal seed orchard versus wild trees. 222(1-3) p : 67-74
197. Thulasidas PK (Thulasidas, P. K.), Bhat, K. M.) , (2008). Chemical extractive compounds determining the brown-rot decay resistance of teak wood. P. 1-2.
198. Tiwari, C. K.; Harsh, N. S. K. (FEB 05). Wood decaying fungus of teak from Madhya Pradesh, India. *Indian Forester* :131(2) p. 215-220
199. Tscholl, H. P. (1977) : Development of methods for testing juvenile hormones as wood preservatives against insects, especially the evaluation of three hormones against *Lyctus brunneus*. *Berichte, Eidgenossische Materialprüfungs und Versuchsanstalt. Gallen* (195) P. 108 + 62 pp.
200. Tufuor, K. ; Sharp, P. B. (1979) Flowering and fruiting patterns in important Ghanaian timber trees. *Terminalia ivorensis* (A. Chev.) and *Terminalia superba* (Engl. & Diels). Technical Note - Forest Products Research Institute, Ghana Forestry Commission (No. 29) P. i + 10 pp.
201. Urbinati, C. V.; Azevedo, A. A.; Silva, E. A. M. da; Lisboa, P. L. B. (2003). Wood structural quantitative variation of the *Terminalia ivorensis* A. Chev. *Combretaceae*. : *Acta Botanica Brasilica* : 17(3) p. 421-437
202. Varma RV (Varma .R. V.) , Sajeev TV (Sajeev T. V.) , Sudheendrakumar V V (Sudheendrakumar. V.V.) JAN. 2007 : Pest susceptibility of *tectona grandis* under intensive management practices in India. 19(1) p : 46-49
203. Verma, R. K ; Jamaluddin. (2004) : Application of AM fungi to produce quality seedlings of teak. 12(1/2) p. 39-42

204. Vigneron P (1984) : Enzymatic polymorphism and genetic variability of ivory-coast and congo provenances of Terminalia-sperba. Bois et Forets des Tropiques (204) p. 41-49
205. Vijayakumar, B. S.; Raju, R. S. T. (2006) Biodiversity of ectomycorrhizae and soil microfungi associated with the Tectona grandis. Journal of Ecobiology, 18(4) p. 397-398
206. Villa Castillo, J. (2005) : The use of biological control to control forest pests in Mexico 8(1) p. 11-12.
207. Voss, E. (1973). Some West African weevils (Coleoptera; Curculionidae) including two new species. Ghana Journal of Agricultural Science :6(1) p. 59-62
208. Wahounou P.J. (2004) Dépérissement du Teck dans les Forêts de la Téné et Séguié. Communication Personnelle.(Convention de recherche SODEFOR-CNRA)
209. Wansi JD (Wansi, Jean Duplex), Lallemand MC (Lallemand, Marie-Christine), Chiosem DD (Chiozem, David Daco), Toze FAA (Toze, Flavien Aristide A.), Mbaze LM (Mbaze, Luc Meva'a), Naharkhan S (Naharkhan, Shamsun), Iqbal MC (Iqbal, Muhammad Choudhary), Tillequin F (Tillequin, François), Wandji J (Wandji, Jean), Fomum ZT (Fomum, Zacharias Tanee) (2007) : Alpha-Glucosidase inhibitory constituents from stem bark of Terminalia superba (Combretaceae). Phytochemistry 68 (15) P. 2096-2100.
210. Watt AD, Stork, NE. Bolton B.(FEB 2002) : The diversity and abundance of ants in relation to forest disturbance and plantation establishment in southern Cameroon. JOURNAL OF APPLIED ECOLOGY. 39(1) p. 19-30
211. ZECH W; DRECHSEL P (1992). MULTIPLE MINERAL DEFICIENCIES IN FOREST PLANTATIONS IN LIBERIA. Forest Ecology and Management : 48(1-2) p. 121-143