



De la génétique quantitative à l'épidémiologie quantitative

**Document de présentation de
l'habilitation à diriger des recherches**

Présentée par

Christian CILAS

Le 18 février 2009 à Montpellier

Table des matières

Introduction	.....	p. 3
<u>Chapitre 1</u> : Curriculum Vitae	.....	p. 4
<u>Chapitre 2</u> : Actions de formation	.....	p. 9
<u>Chapitre 3</u> : Activités collectives	.....	p. 13
<u>Chapitre 4</u> : Bilan scientifique	.....	p. 16
<u>Chapitre 5</u> : Projet scientifique	.....	p. 29

Introduction

Ce document rassemble un bilan des activités de recherche que j'ai conduites au Cirad depuis mon entrée en 1982. Mes premières activités se sont déroulées en Afrique, au Togo, où j'étais en charge du programme d'amélioration génétique du cacaoyer et de la biostatistique appelée alors biométrie. J'ai été affecté au centre Cirad de Montpellier en 1988, dans un premier temps en tant que chef du service biométrie de l'IRCC (Institut de Recherche sur le Café et le Cacao), puis à divers fonctions au gré des réformes du Cirad, mais toujours avec une activité de recherche que j'ai voulue prépondérante. Aujourd'hui, je suis responsable de l'unité propre de recherche intitulée « Maîtrise des bioagresseurs des cultures pérennes tropicales ». A ce titre, j'ai contribué à définir le projet scientifique de cette UR et, dans ce cadre, je présenterai mes activités propres de recherche

Chapitre 1 :

Curriculum vitae

Christian CILAS

Né le 29 janvier 1958

3 enfants

Adresse personnelle :

9, avenue de la Cadoule

34160 CASTRIES

Tél : 04 67 16 23 66 (domicile)

04 67 61 56 09 (bureau)

e-mail : christian.cilas@cirad.fr

DIPLOMES

2004 : **Thèse de Doctorat en Sciences**

Université Paris XI - ORSAY

1989 : **U.V. de Probabilité et statistiques de la maîtrise de mathématiques,**

Université de Montpellier II

1982 : **D.E.A. de Génétique quantitative et appliqué,**

Université Paris XI - ORSAY

1981 : **Maîtrise de génétique**

Certificat de méthodes mathématiques appliquées a la biologie

Université Paris XI - ORSAY

1975 : **Bac, série C**

EXPERIENCE PROFESSIONNELLE

Depuis 2005 : 1. Responsable de l'Unité Propre de Recherche sur les bioagresseurs des plantes pérennes tropicales - UPR 31 du CIRAD (Centre de Coopération en Recherche Agronomique pour le Développement).

Cette fonction implique la responsabilité scientifique de l'UPR, qui implique les missions suivantes:

- en étroite collaboration avec l'équipe de direction du département, définir les orientations stratégiques de l'UPR dans le cadre de la stratégie du Cirad et du département et développer les relations partenariales utiles à l'UPR.

- assurer l'animation scientifique et la coordination des activités de l'UPR et garantir la qualité scientifique et la valorisation des résultats de la recherche, de la stratégie de publication.

- assurer la responsabilité de l'organisation du travail, de la gestion des agents qui sont placés dans l'UPR.

Cette fonction implique aussi la responsabilité de l'objectif financier assigné au niveau de l'UPR.

De 1992 à 2004 : 1. Animateur du thème de recherche sur les maladies à *Phytophthora* du cacaoyer (CIRAD-CP) et 2. Biométricien en liaison avec l'UMR AMAP pour les travaux sur l'architecture des plantes pérennes.

1-La mission associée au poste d'animateur consistait en :

- identifier les besoins de recherche du projet,
- coordonner les activités de recherche entre les différentes opérations mises en œuvre en Afrique, en Océanie, dans les Caraïbes et à Montpellier,
- assurer les analyses des données provenant des différentes régions impliquées,
- réaliser des synthèses des activités du projet,
- rechercher des financements et des partenaires pour développer les activités du projet.

Cette dernière activité m'a permis d'être responsable d'un projet international de recherche sur le « Bases génétiques de la résistance des cacaoyers à la pourriture des cabosses due à *Phytophthora* spp. » (1995-2001)

Il s'agissait de coordonner un projet international, financé par l'industrie chocolatière européenne (Caobisco), et faisant intervenir plusieurs partenaires : CNRA (Côte d'Ivoire), CRU (Trinidad), IRAD (Cameroun), CIRAD-AMIS et CIRAD-CP. Ce projet a donné lieu, entre autres, à un séminaire de restitution à l'amphi Jacques Alliot du CIRAD en septembre 2000 et à la rédaction d'un ouvrage dans la collection Repères du CIRAD.

2-La mission associée au poste de biométricien consiste en :

- apporter un appui en biométrie et en génétique quantitative à l'ensemble des chercheurs du département et des centres de recherche associés,
- assurer la formation des chercheurs en biométrie et en génétique quantitative,

- analyser les résultats des expérimentations ou des enquêtes, principalement pour les programmes cacao et café du département et de ses partenaires,
- réaliser des missions d'appui et d'expertise pour les programmes cacao et café,
- assurer la liaison avec l'UMR AMAP pour les études sur l'architecture des plantes pérennes,
- construire des partenariats sur ces thématiques.

Cette dernière activité m'a conduit à la responsabilité de l'animation de deux Actions Thématiques Programmées (ATP98/60 et ATP91/23)

Cette mission, confiée par la direction scientifique du CIRAD, consiste en :

- définir les axes de recherche des ATP, en collaborations avec les partenaires
- gérer les activités de recherche et le budget associé,
- assurer l'animation et la coordination scientifiques de ces recherches,
- rédiger et présenter les synthèses des travaux réalisés.

De 1988 à 1992 : Chef du service de Biométrie (IRCC-CIRAD)

La mission du chef de service de Biométrie consistait en :

- apporter un appui en biométrie aux chercheurs du département et des centres de recherche associés,
- assurer la formation des chercheurs en biométrie,
- analyser les données provenant d'expérimentations ou d'enquêtes pour les programmes Café, Cacao et Thé,
- réaliser des missions d'appui et d'expertise pour les programmes café et Cacao,
- participer à la définition de la stratégie scientifique du département,
- participer au développement scientifique de la mission Biométrie.
- Réaliser des recherches en génétique quantitative et dans différents domaines de biométrie appliquée aux recherches sur café ou cacao.
- Participer au développement de programmes statistiques (Winstat, Opep).
- Réaliser ou participer à la réalisation de bases de données.

1982-1988 : Généticien en charge du programme d'amélioration du cacaoyer de l'IRCC au Togo

Cette mission consistait en :

- coordonner la stratégie d'amélioration génétique du cacaoyer au Togo,
- installer des essais expérimentaux en champs,
- coordonner les travaux sur la biologie florale et la pollinisation naturelle du cacaoyer,
- réaliser des recherches en génétique quantitative,
- participer aux recherches sur le swollen-shoot et la pourriture brune des cabosses du cacaoyer,
- analyser les données provenant des différents essais et valoriser les travaux de recherche.

PRINCIPAUX CONTACTS PROFESSIONNELS

Avec les centres de recherche des pays du Sud :

- CNRA (Côte d'Ivoire),
- IRAD (Cameroun),
- CRAF/ITRA (Togo),
- URPPI (Congo),
- ISABU et OCIBU (Burundi)
- Sao Tomé
- CATIE et CICAPE (Costa Rica),
- FHIA et IHCAPE (Honduras),
- ANACAPE (Guatemala),
- PROCAPE (Salvador),
- CEPLAC (Brésil),
- MAG et Projet ECU B7-3010/93/176 (Equateur).
- CCRI (Papouasie Nouvelle Guinée)

Avec les centres de recherche français :

- Laboratoire de Probabilités et Statistiques, Université Montpellier II
- INRA Montpellier (Biométrie et arboriculture fruitière),
- INRA Toulouse (Laboratoire de Biométrie et d'Intelligence Artificielle),
- INA-PG et INRA Grignon (Génétique végétale, A. Gallais, Epidémiologie, I. Sache),
- ENSA de Rennes.

Avec des le privé :

- NESTLÉ,

- VALRHONA.

LANGUES

Anglais : lu, écrit, parlé (Présentation de communications)

Espagnol : lu, écrit, parlé (Présentation de communications et cours de biométrie)

OUTILS INFORMATIQUES

Systemes :

DOS, WINDOWS, UNIX, LINUX

Programmes :

SAS, R, AMAPmod,

Programmes spécialisés en statistiques et en génétique quantitative (Diogène),

Programmation,

Bases de données.

Chapitre 2 :

Actions de formation

Encadrement d'étudiants

Co responsable de thèses :

-Thèse en cours : « Epidémiologie du Cocoa Swollen Shoot Virus, à l'échelle des territoires en Afrique de l'ouest ; intérêt méthodologique des systèmes d'information géographiques », Franck Oro – 2^{ème} année (SupAgro, Montpellier).

-Thèse en cours : « Influence des facteurs agro-écologiques sur la dynamique spatio-temporelle des populations de *Sahlbergella singularis*, principal ravageur du cacaoyer au Cameroun », Régis Babin – 3^{ème} année (Université Montpellier 12).

-Thèse : « Résistance des cacaoyers au *Phytophthora megakarya* » de Bruno Effombagn – soutenue le 20 mai 2008 (ENSA Rennes). Bruno Effombagn a un poste de chercheur à l'IRAD (Institut de Recherche Agronomique pour le Développement), au Cameroun.

-Thèse : « Epidémiologie de *Microcyclus ulei* sur hévéa » soutenue le 22 novembre 2007 par Jean Guyot à SupAgro Montpellier. Jean Guyot est chercheur au Cirad dans notre unité propre de recherche.

-Thèse : « Génétique de la résistance des caféiers (*Coffea canephora* Pierre) à la fusariose (*Coffee Wilt Disease*) en relation avec l'épidémiologie » soutenue par Pascal Musoli le 14 avril 2007 à SupAgro Montpellier. Pascal Musoli est actuellement chercheur à l'Institut de Recherche ougandais sur le café.

-Thèse : « Dynamique spatio-temporelle de l'antracnose des baies du caféier arabica due à *Colletotrichum kahawae* au Cameroun : analyse des principaux facteurs déterminants de la maladie » soutenue le 7 décembre 2006 par Joseph Mouen Bédimo à l'Ecole Nationale de Sciences Agronomiques de Montpellier. Joseph Mouen Bédimo est actuellement chercheur à l'Institut de Recherche Agronomique pour le Développement du Cameroun.

-Thèse : « Contribution à la lutte biologique du scolytes du caféier au Togo » soutenue par Komlan Wegbe le 30 juin 2004 à l'Université Paul Sabatier, Toulouse.

Komlan Wegbe est actuellement chercheur en entomologie à l'ITRA (Institut Togolais de la Recherche Agronomique). Il travaille sur différents insectes parasites du caféier et du cacaoyer et a assuré les fonctions de directeur scientifique du CRA/F, le Centre de Recherche de la zone Forestière de l'ITRA. Il vient d'être nommé Directeur de son Centre de Recherche.

- Thèse : « Incidence des facteurs agro-écologiques sur l'épidémiologie de la pourriture brune des fruits du cacaoyer au Cameroun », soutenue le 22 octobre 2002 par Michel Ndoumbé-Nkenk à l'INA-PG (thèse de l'INA-PG).

Michel Ndoumbé-Nkenk est actuellement chercheur en Biostatistique à l'IRAD, l'Institut de la Recherche Agronomique du Cameroun. Depuis sa thèse, il encadre plusieurs étudiants et assure des cours de biostatistique au niveau Master à l'Université de Yaoundé 1.

- Thèse « Mise au point de méthodes d'échantillonnage pour estimer les attaques des fruits du caféier par le scolyte », soutenue par Fabienne Rémond le 29 novembre 1996 à l'Université Montpellier II (Ecole doctorale : Biostatistique).

Après sa thèse, Fabienne Ribeyre-Raymond a trouvé un emploi de biosatisticienne dans une entreprise privée en agro-alimentaire. Puis elle a été recrutée au CIRAD en 2000. Elle est actuellement responsable du laboratoire d'analyses sensorielles du CIRAD.

Co-encadrement de thèses :

- « Etude génétique de plusieurs caractères architecturaux chez le pommier » soutenue par Vincent Ségura le 19 décembre 2007 à SupAgro Montpellier.

- « Evaluation sur feuilles de cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) de la résistance à *Phytophthora palmivora* (Butler) Butler, agent de la pourriture brune des cabosses: Influence de certains facteurs et étude de l'héritabilité du caractère », soutenue le 20 septembre 2003 par Mathias Tahy à l'Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire

- « Utilisation de l'hétérosis dans le programme d'amélioration de l'hétérosis de *Coffea arabica* Pierre », soutenue le 14 juin 2002 par Benoît Bertrand, à l'école nationale supérieure agronomique de Montpellier.

- « Optimisation des gains génétiques dans le schéma de sélection récurrente réciproque de *Coffea canephora* Pierre », soutenue le 18 décembre 2000 par Christophe Montagnon, à l'école nationale supérieure agronomique de Montpellier.

- « Contribution à la gestion du pathosystème *Hemileia vastatrix* et *Coffea arabica* au Honduras : influence des principaux facteurs physiques, phytotechniques et biologiques », soutenue le 7 décembre 1999 par Jacques Avelino, l'Université Paris 11 (Orsay).

- « Cartographie génétique de facteurs impliqués dans la résistance du cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) à *Phytophthora megakarya* et à *Phytophthora palmivora* », soutenue le 21 décembre 1998 par Marie-Henriette Flament, à l'école nationale supérieure agronomique de Montpellier.

- « Prédiction de la production et de la qualité du café en amélioration génétique de *Coffea arabica* L. », soutenue le 19 décembre 1997 par Charles Agwanda, à l'école nationale supérieure agronomique de Montpellier.

- « Etude de la diversité de *Phytophthora megakarya* et caractérisation de la résistance du cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) à cet agent pathogène », soutenue le 14 novembre 1997 par Salomon Nyassé, à l'institut national polytechnique de Toulouse.

- « Etude de la diversité génétique de populations de *Phytophthora* pathogènes du cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) et du cocotier (*Cocos nucifera* L.) », soutenue le 6 mai 1996 par Carlos Ortiz-Garcia, à l'université Paul Sabatier, Toulouse.

Responsable de stages de Master - DEA

- Stage de DEA “Base génétique de l’architecture des caféiers arabica- Exploration d’une base de données architecturale”, soutenu par Guillaume Perrouel le 13 juin 2008 (Master “Biostatistique”, SupAgro-Université Montpellier II).
- Stage de DEA “Analyse architecturale de clones d’Eucalyptus”, soutenu par Faustin Dembi le 12 février 2000 (DEA “Sciences Forestières”, Université Nancy).
- Stage de DEA “Approches méthodologiques pour l’amélioration génétique de deux espèces pérennes tropicales”, soutenu par Philippe Verschave le 1^{er} septembre 1993 (DEA “Ressources génétiques et amélioration des plantes”, INA-PG).
- Stage de DEA “Contribution à la mise au point d’une technique d’échantillonnage pour estimer les attaques des baies du caféier par le scolyte”, soutenu par Fabienne Rémond le 26 juin 1992 (DEA “Biostatistique”, ENSAM-Université Montpellier II).

Responsable de stages de Master Pro - DESS, Maîtrise et écoles d’ingénieurs :

- « Application de la segmentation CART et de l’analyse factorielle discriminante (AFD) au cortège parasitaire du caféier Arabica au Costa Rica. » soutenu 9 septembre 2004 par Marie-Elsie Bouvret. DESS « Méthodes statistiques pour les industries agricoles, agro-alimentaires et pharmaceutiques », Montpellier.
- « Mise en évidence des relations entre les attributs physiques, phytotechniques et physiologiques des plantations de caféiers avec leurs niveaux d’attaques par les bioagresseurs au Costa Rica. » soutenu 11 septembre 2003 par Kamel Bezzou. Maîtrise « Mathématiques Appliquées aux Sciences Sociales ». Université Montpellier II.
- « Analyse et modélisation de données longitudinales de croissance et de fructification du caféier » soutenu le 11 septembre 2002 par Franck Guissant. DESS « Méthodes statistiques pour les industries agricoles, agro-alimentaires et pharmaceutiques », Montpellier.
- « Etude comparative des structures architecturales de deux clones d’hévéa » soutenu en septembre 2001, Jacqueline Milet. DESS « Méthodes statistiques pour les industries agricoles, agro-alimentaires et pharmaceutiques », Montpellier.
- « Etude de la qualité de plusieurs cafés du Honduras- Les critères qui permettent de l’appréhender », soutenu le 9 septembre 1999 par Frédéric Decazy. DESS « Statistique pour l’entreprise », Rennes.
- « Etude de descendances et de clones de cacaoyers, *Theobroma cacao* L., pour la sensibilité aux mirides », soutenu le 9 juin 1995 par Laurent Brun. DESS « Méthodes statistiques pour les industries agricoles, agro-alimentaires et pharmaceutiques », Montpellier.
- « Anthracnose des baies du caféier arabica (Coffee Berry Disease) au Cameroun. Etudes épidémiologiques », soutenu le 4 septembre 1996 par Nadège Régazzoni. DESS « Méthodes

statistiques pour les industries agronomiques, agro-alimentaires et pharmaceutiques », Montpellier.

- « Analyses de données d'une enquête sur la caractérisation d'une région productrice de café au Honduras », soutenu le 9 septembre 1996 par Juan Villatoro-Hernandez. DESS « Méthodes statistiques pour les industries agronomiques, agro-alimentaires et pharmaceutiques », Montpellier.

- « Analyse statistique d'un essai diallèle chez le cacaoyer au Cameroun » soutenu le 11 septembre 1997 par Michel Ndoumbé. DESS « Méthodes statistiques pour les industries agronomiques, agro-alimentaires et pharmaceutiques », Montpellier.

- « Analyse d'une enquête sur les planteurs de cacao en Equateur », soutenue le 7 septembre 2000 par Stéphanie Laffont. "Méthodes statistiques" : (soutenu en septembre 2000), Montpellier.

- « Base de données de travail sur les clones de cacaoyers de l'IRCC-CIARD » soutenu en janvier 1990 par Raphaël Guillon. Mémoire de fin d'études du Centre Normand de Recherche en Informatique.

- « Enquête-diagnostic pour la fertilisation du café dans la région de Xalapa-Coatepec, Mexique » soutenu en juin 1989 par Corinne Rouzet. Mémoire de fin d'études ISTOM, Le Havre.

- « Caractérisation de géniteurs chez *Theobroma cacao* L.- Etude d'un diallèle quasi-complet 8x8 » soutenu en septembre 1988 par Christophe Duchemin. Mémoire de fin d'études ISTOM, Le Havre.

Examineur dans des jurys de thèses :

- « *Solanum* sauvages : une source de résistance aux aphides » soutenue le 2 mars 2007 par Vincent Le Roux à l'Université de Picardie – Jules Verne – Amiens.

- « Dynamique spatio-temporelle de l'antracnose des baies du caféier arabica due à *Colletotrichum kahawae* au Cameroun : analyse des principaux facteurs déterminants de la maladie » soutenue le 7 décembre 2006 par Joseph Mouen Bédimo à l'ENSA de Montpellier.

- « Amélioration génétique du coton graine » soutenue le 23 mai 2006 par Emmanuel Sekloka à l'ENSA de Rennes.

- « Contribution à la lutte biologique du scolytes du caféier au Togo » soutenue par Komlan Wegbe le 30 juin 2004 à l'Université Paul Sabatier, Toulouse.

- « Incidence des facteurs agro-écologiques sur l'épidémiologie de la pourriture brune des fruits du cacaoyer au Cameroun », soutenue par Michel NDoumbé Nkenk le 22 octobre 2002 à l'INA-PG (thèse de l'INA-PG).

- « Mise au point de méthodes d'échantillonnage pour estimer les attaques des fruits du caféier par le scolyte », soutenue par Fabienne Rémond le 29 novembre 1996 à l'Université Montpellier II (Ecole doctorale : Biostatistique).

- « Effet de la densité de semis en sélection sur l'amélioration génétique du cotonnier : interactions, structures des corrélations, hétérosis et valeurs en lignées », soutenue par Jacques Lançon le 12 mai 1995 à l'Université de Paris-Sud, U.F.R. scientifique d'Orsay.

Enseignement :

- Formation de plusieurs chercheurs du CIRAD ou d'organismes partenaires.
- Organisation de plusieurs sessions de formation en biostatistique, en biométrie et en génétique quantitative en Afrique et en Amérique latine.
- Participation aux formations organisées par la mission Biométrie du CIRAD.
- Enseignement « méthodes biométriques en recherche agronomique ». CNEARC, 1990.
- Enseignement de Biométrie à l'Université du Bénin à Lomé Togo en 1988.

Chapitre 3 :

Activités collectives

1. Organisation de manifestations scientifiques (séminaires, ateliers de formations) :

- séminaire « Bases génétiques de la résistance des cacaoyers aux maladies à *Phytophthora* » (Montpellier, 19-20/09/2000),
- séminaire « amélioration des plantes pérennes » (Yaoundé, Cameroun ; 1995),
- séminaire « amélioration des plantes pérennes » (Abidjan, Côte d'Ivoire ; 1994),
- séminaire de biométrie et de génétique quantitative au centre CIRAD de Montpellier (journées de septembre 1994),
- atelier de travail sur la pourriture brune des cabosses du cacaoyer du à *Phytophthora* sp. (journées de septembre 1992).

2. Animation de projets scientifiques

2.1. Animation de deux Actions Thématiques Programmées (ATP)

La première s'intitulait « Stratégie d'amélioration des plantes pérennes » (ATP 23/91). Elle associait deux départements du CIRAD (CP et Forêt) et a permis un rapprochement avec deux laboratoires de l'INRA (le laboratoire de biométrie et d'intelligence artificielle de l'INRA Toulouse et le laboratoire d'amélioration du pin maritime de la station INRA Forêt de Pierroton, près de Bordeaux). Ces contacts ont été maintenus et les collaborations avec ces laboratoires sont toujours actives. Par ailleurs, cette ATP a donné lieu à de nombreuses publications et des séminaires de clôture ont été organisés en Afrique et à Montpellier. Le séminaire de Montpellier a donné lieu à un ouvrage édité dans la collection « Colloques » du CIRAD : *Traitements statistiques des essais de sélection*. Séminaire de biométrie et de génétique quantitative. ISBN 2-87614-197-3.

La deuxième ATP s'intitulait : « Application de la modélisation architecturale à la sélection des plantes pérennes » (ATP 60/97). Cette ATP a donné lieu à de nombreuses publications et à des communications qui sont indiquées dans la liste des publications jointe en annexe. Par ailleurs, cette ATP a permis d'instaurer une dynamique sur une nouvelle application de l'architecture des plantes. En effet, l'utilisation des techniques de description des végétaux, issues du programme AMAP du CIRAD-AMIS, peut permettre d'approcher des caractères d'intérêt par une meilleure compréhension de leur élaboration. Ce travail de recherche m'a amené à rédiger une thèse qui doit être soutenue en 2004. La prise en compte du temps dans les processus de sélection des plantes pérennes, notamment par une meilleure compréhension de l'élaboration des caractères d'intérêt et par la prise en compte de la construction architecturale, ouvre des portes de recherche très prometteuses.. Cette nouvelle application des travaux sur l'architecture des plantes fait école au niveau de plusieurs laboratoire de

l'INRA, et une autre ATP, sur un sujet connexe, a également donné des résultats intéressants : « Modélisation de la croissance dans une architecture ligneuse pour une maîtrise de la production et de sa qualité ». Mon action dans ce domaine a donc été d'identifier des domaines d'application de la modélisation architecturale pour apporter une meilleure compréhension de problèmes biologiques.

2.2. Animateur du thème «Lutte intégrée contre les maladies à *Phytophthora* du cacaoyer» du programme cacao (de 1994 à 2004)

L'animation de ce thème m'a été confiée par la direction du CIRAD-CP. Ce thème représente un enjeu très important pour l'avenir de la cacaoculture mondiale. En effet, la pourriture des cabosses du cacaoyer, due aux diverses espèces de *Phytophthora*, induit des pertes de production de l'ordre de 30 % à l'échelle mondiale et de 50 à 80 % localement dans les zones où l'espèce *P. megakarya* est présente. La lutte contre cette maladie est donc une priorité dans de nombreux pays producteurs. La sélection d'arbres résistants constitue l'un des principaux objectifs de recherche dans le cadre de la lutte intégrée, car elle permet de restreindre l'usage des fongicides dans le but d'assurer un revenu satisfaisant au planteur et de sécuriser le marché. Des études épidémiologiques, actuellement en cours, ont pour objectifs de définir les stratégies de lutte les mieux adaptées en fonction de l'intensité de la maladie et du matériel végétal utilisé. J'ai encadré une thèse sur ce sujet, thèse soutenue en octobre 2002 à l'INA-PG par Michel NDoumbé.

Mon rôle était entre autres d'animer scientifiquement l'équipe de recherche associée à ce thème, de gérer les priorités scientifiques et les relations avec les partenaires, d'analyser et de valoriser les résultats des recherches. Ce thème a produit de nombreuses publications scientifiques au cours des dernières années avec des résultats encourageants. L'approche qui a été conduite devrait permettre d'aborder la lutte contre d'autres maladies suivant la même démarche, intégrant l'amélioration génétique, un contrôle chimique adapté et la conduite raisonnée des vergers. La dynamique de ce thème a permis de procéder au recrutement d'un épidémiologiste dans le cadre de la relance stratégique en 2001. Suite à la bonne gestion de ce thème du programme cacao, la coordination d'un projet international de recherche m'a été confiée.

2.3. Coordonnateur du projet international sur les « bases génétiques de la résistance des cacaoyers aux maladies à *Phytophthora* » (de 1997 à 2000)

L'animation de ce projet m'a été confiée en 1997. Ce projet a associé quatre centres de recherche : le CNRA (Côte d'Ivoire), le CRU (Trinidad), l'IRAD (Cameroun) et le CIRAD (AMIS et CP). Il a reçu le soutien financier des chocolatiers européens à travers Caobisco et a été bien perçu par la profession et la communauté scientifique grâce, entre autres, au séminaire de clôture qui a été organisé en septembre 2000. Ce projet a donné lieu à de nombreuses publications, non seulement des publications scientifiques, mais aussi des publications dans des journaux professionnels (Marchés tropicaux, Afrique agriculture), ainsi qu'un ouvrage paru dans la collection *REPERES* du CIRAD.

J'ai animé ce projet en essayant de créer des conditions optimales de circulation de l'information scientifique par l'organisation de réunions scientifiques semestrielles, par la rédaction de synthèse et de rapports semestriels, par la conception de protocoles d'expérimentation et d'observation adéquats, par l'analyse et la valorisation des résultats. Mon action s'est également orientée vers une valorisation pratique des résultats de la

recherche, notamment par une mise à disposition du matériel végétal sélectionné par le projet. De nombreux résultats dans les différents domaines impliqués dans la recherche de cacaoyers résistants aux *Phytophthora* ont été obtenus. En résumé, ce projet a permis d'importantes avancées sur les problèmes méthodologiques de l'évaluation du matériel végétal pour son comportement vis à vis des maladies à *Phytophthora*. Un test précoce d'évaluation sur feuille a été mis au point et validé, ce qui permettra des évaluations plus fiables et plus rapides pour les sélections futures de clones ou de combinaisons hybrides. Sur la base de ce test et de résultats issus d'expérimentation au champ, des QTL (Quantitative Traits Loci) ont été identifiés sur différentes parties du génome du cacaoyer. Cette détection de zones du génome impliquées dans l'expression du caractère de résistance à la maladie facilitera également la sélection de matériel végétal plus résistant. Outre les avancées méthodologiques obtenues au cours de ce projet, des clones et des familles hybrides ont été pré-sélectionnés pour leur bon niveau de résistance à différentes souches de *Phytophthora*. Ce matériel végétal, installé en pépinière ou en champ dans les différents pays partenaires, représente un capital important pour les recherches et les projets à venir, et constitue la base de l'élaboration d'une lutte intégrée contre cette maladie. De nouveaux essais ont notamment été établis au Cameroun dans la perspective de confirmer les sélections réalisées et de recombinaison les individus les plus intéressants. Il est à noter que les sélections proviennent d'une part du test feuille réalisé sur environ 160 clones et 3500 plantules réparties en 75 nouveaux croisements et d'autre part de l'évaluation en champ de plus de 4000 arbres.

Par ailleurs, mon action d'animation s'est concrétisée, sur le plan organisationnel, par un rapprochement entre plusieurs organismes de recherche qui a conforté les liens de coopération qui existaient entre les partenaires. L'objectif appliqué de ce projet de recherche a permis de faire vivre durant 5 années une communauté scientifique partageant, échangeant et mettant en commun des méthodologies, des idées, du matériel végétal dans la perspective de répondre au mieux au problème qui lui était posé. Les importantes avancées scientifiques qui ont été obtenues sont en partie dues à la dynamique qui a été créée entre ces différentes équipes ; cette dynamique est toujours active et devrait permettre la mise en place de nouveaux projets dans un futur proche.

Ce projet a fait l'objet de deux séminaires de restitution dont un séminaire de clôture qui s'est tenu à l'amphi Jacques Alliot du CIRAD en septembre 2002. Il a également fait l'objet d'un ouvrage paru dans la collection « REPERES » du CIRAD.

2.4. Chef de l'Unité Propre de Recherche « Maîtrise des bioagresseurs des cultures pérennes tropicales » (depuis janvier 2005)

La direction générale du CIRAD m'a confié la responsabilité de l'Unité de Recherche sur la « Maîtrise des bioagresseurs des plantes pérennes tropicales » depuis le 1^{er} janvier 2005. Cette responsabilité m'a été confiée en raison des différentes animations scientifiques que j'ai assurées par le passé, et notamment la gestion du projet internationale sur les bases génétiques de la résistance des cacaoyers à *Phytophthora*, ainsi qu'en raison des développements scientifiques que j'ai produits au cours de ma carrière.

Chapitre 4 :

Bilan scientifique

1- Principales activités de recherches

Génétique quantitative

Outre l'utilisation des méthodes de la génétique quantitative pour répondre à des problèmes concrets de sélection chez les plantes pérennes, j'ai contribué à des avancées méthodologiques, notamment en collaboration avec Ph. Baradat sur l'intégration de caractères hétérogènes dans les index de sélection.

Architecture des plantes

L'utilisation de la modélisation architecturale pour la sélection des plantes pérennes était le sujet de l'action thématique programmée que j'ai animée de 1996 à 2001. J'ai contribué à développer les méthodes d'observation dynamique des plantes actuellement utilisées à l'UMR AMAP.

Epidémiologie et dynamique des populations

Les travaux en amélioration génétique pour la résistance des plantes aux maladies ou aux insectes m'ont conduit à m'intéresser à l'épidémiologie et à la dynamique des populations. J'ai encadré et encadre plusieurs thèses sur ce sujet, relativement peu étudiés sur les plantes pérennes et développe plusieurs outils pour mieux comprendre le développement des épidémies.

2 – Liste de publications depuis 1994

Résumé des publications dans des revues à facteurs d'impact

Titre de la revue	Impact factors 2007	Impact factors 2006	Nombre de publications
<i>New Phytologist</i>	5.249	4.425	1
<i>Heredity</i>	4.065	2.872	1
<i>Journal of Experimental Botany</i>	3.917	3.630	1
<i>Annals of Botany</i>	2.939	2.448	1
<i>Phytopathology</i>	2.377	2.195	3
<i>Plant Pathology</i>	2.012	2.198	3
<i>Pest Management Science</i>	1.867	1.428	1
<i>Genome</i>	1.785	1.972	1
<i>Plant Disease</i>	1.790	1.795	2
<i>Biological Control</i>	1.572	1.735	1
<i>European Journal of Plant Pathology</i>	1.482	1.217	2
<i>Trees structure and function</i>	1.467	1.461	2
<i>Agronomy Journal</i>	1.413	1.272	1
<i>Journal of the Science of Food and Agriculture</i>	1.304	1.026	2
<i>Journal of Economic Entomology</i>	1.205	1.275	1
<i>Tree Genetics and Genome</i>	1.171		2
<i>Crop Protection</i>	1.129	1.199	4
<i>Journal of Food Science</i>	1.255	1.004	1
<i>Plant Breeding</i>	1.092	0.954	2
<i>Euphytica</i>	1.050	0.907	12
<i>Journal of Applied Entomology</i>	1.030	0.841	1
<i>Agronomie</i>	1.000	0.863	3
<i>Journal of Applied Genetic</i>	0.967		1
<i>Journal of Agricultural Biological and Environmental Statistics</i>	0.946	0.850	1
<i>Journal of Phytopathology</i>	0.896	0.817	1
<i>Genetic Resources and Crop Evolution</i>	0.731	0.569	1
<i>International Journal of Pest Management</i>	0.573	0.709	1
TOTAL			53

Résumé des publications dans des revues sans facteurs d'impact, livres et chapitres d'ouvrage

Titre de la revue	Nombre
<i>African Journal of Biotechnology</i>	1
<i>Café CacaoThè</i>	18
<i>Plant genetic resources newsletter</i>	1
<i>Plantations Recherches Développement</i>	5
<i>Chapitres d'ouvrage</i>	6

Edition d'ouvrages scientifiques :

Improvement of cocoa tree resistance to *Phytophthora* diseases. Christian Cilas et Denis Despréaux, scientific editors. Collections Repères CIRAD, édition février 2004, Montpellier.

Traitements statistiques des essais de sélection. Actes du séminaire de biométrie et de génétique quantitative 12-14 septembre 1994. Christian Cilas et Philippe Baradat, scientific editors. Collections Colloques CIRAD, édition 1995, Montpellier.

Articles dans des revues à comité de lecture :

(souligné : thésards)

Mouen Bedimo J. A., Njiayouom I., Biéysse D., Ndoumbè Nkeng M., Cilas C., Nottéghem J.L., (2009) - Effect of shade on Arabica coffee berry disease development: towards an agroforestry system to reduce disease impact. *Phytopathology* 98:1320-1325.

Musoli P., Pinard F., Charrier A., Kangire A., ten Hoopen G.M., Kabole C., Ogwang J., Biéysse D., Cilas C., (2008) – Spatial and temporal analysis of coffee wilt disease caused by *Fusarium xylarioidse* in a *Coffea canephora*. *European Journal of Plant Pathology* 122: 451-617.

Dibog L., Babin R., Amang a Mbang J., Decazy B., Nyassé S., Cilas C., Eskes A.B., (2008) – Effect of genotype on cacao (*Theobroma cacao*) attractiveness towards *Sahlbergella singularis* mired (Hemiptera: Miridae) in the laboratory. *Pest Management Science* 64: 977-980.

Efombagn I.B.M., Motamayor, J.C., Sounigo O., Eskes A.B., Nyasse S., Cilas C., Schnell R., Manzanares-Dauleux M.J., Kolesnikova-Allen M., (2008) - Genetic diversity and structure of farm and GenBank accessions of cacao (*Theobroma cacao* L.) in Cameroon revealed by microsatellite markers. *Tree Genetics & Genomes* 4 : 821-831.

Segura V., Cilas C., Costes E., (2008) – Disecting apple tree architecture into genetic, ontogenetic and environmental effects : I : Mixed linear modelling of spatial and temporal repeated measures. *New Phytologist* 178: 302-314.

Deberdt P., Mfegue C.V., Tondje P.R., Bon M.C., Ducamp M., Hurard C., Begoude B.A.D., Ndoumbe-Nkeng M., Hebbar P.K., Cilas C., (2008) – Impact of environmental factors, chemical fungicide and biological control on cacao pod production dynamics and black pod disease (*Phytophthora megakarya*) in Cameroon. *Biological Control* 44: 149-159.

Montagnon C., Leroy T., Cilas C., Legnaté H., Charrier A., (2008) – Heterozygous genotypes are efficient testers for assessing between-population combining ability in the reciprocal recurrent selection of *Coffea canephora*. *Euphytica* 160: 101-110.

Guyot J., Cilas C., Sache I., (2008) - Temporal dynamics of South American Leaf Blight of the rubber tree in relation to host resistance and phenology. *European Journal of Plant Pathology* 120: 111-124.

Avelino J., Cabut S., Barboza B., Barquero M., Alfaro R., Esquivel C., Durand J-F., Cilas C., (2007) - Topography and Crop Management are Key Factors for the Development of American Leaf Spot Epidemics on Coffee in Costa Rica. *Phytopathology* 97:1532-1542..

Mouen Bedimo J. A., Bieysse D., Njiayouom I., Deumeni J.P., Cilas C., Nottéghem J.L., (2007) - Effect of cultural practices on the development of arabica Coffee Berry Disease, caused by *Colletotrichum kahawae*. *European Journal of Plant Pathology* 119: 391-400.

Mouen Bedimo J. A., Bieysse D., Cilas C., Nottéghem J.L., (2007) - Spatio-temporal Dynamics of Arabica Coffee Berry Disease due to *Colletotrichum kahawae* on a Plot Scale. *Plant Disease* 91: 1229-1236.

Tahi G.M., Kébé B.I., Sangare A., Mondeil F., Cilas C., Eskes A.B., (2007) – Foliar resistance of cacao (*Theobroma cacao* L) to *Phytophthora palmivora* as an indicator of pod resistance in the field: the effect of light intensity and of time of the day of leaf collection. *Plant Pathology* 56: 219-226.

Nyassé S., Efombagn M.I.B., Kébé B.I., Tahi M., Despréaux D., Cilas C., (2007) – Integrated management of *Phytophthora* diseases on cocoa (*Theobroma cacao* L.): Impact of plant breeding on pod rot incidence. *Crop Protection* 26: 40-45.

Tahi G.M., Kébé B.I., Sangare A., Mondeil F., Cilas C., Eskes A.B., (2006) – Foliar resistance of cacao (*Theobroma cacao* L) to *Phytophthora palmivora* as an indicator of pod resistance in the field: interaction of cacao genotype, leaf age and duration of incubation. *Plant Pathology* 55: 776-782.

Cilas C., Godin C., Bertrand B., Baillères H., (2006) – Genetic study on the physical properties of *Coffea arabica* L wood. *Trees structure and function* 20: 587-592.

Tahi G.M., Kébé B.I., N’Goran J.A.K., Sangaré A., Mondeil F., Cilas C., Eskes A.B., (2006) – Expected selection efficiency for resistance to cacao pod rot (*Phytophthora palmivora*) comparing leaf disc inoculations with field observations. *Euphytica* 149: 35-44.

Segura V., Cilas C., Laurens F., Costes E., (2006) – Phenotyping progenies for complex architectural traits: a strategy for 1-year old trees (*Malus x domestica* Borrh.). *Trees Genetics & Genome* 2: 140-151.

Cilas C., Bar-Hen A., Montagnon C., Godin C., (2006) - Definition of Architectural Ideotypes for Good Yield Capacity in *Coffea canephora*. *Annals of Botany* 97: 405-411.

Thévenin J.-M., Umaharan R., Surujdeo-Maharaj S., Latchman B., Cilas C., Butler D.R., (2005) – Relationships between black pod and witches’ broom in *Theobroma cacao*. *Phytopathology* 11: 1301-1307.

Cilas C., Muller E., Mississo E., (2005) - Occurrence of *Cacao Swollen Shoot Virus* in Litimé, the Main Cocoa Producing Area of Togo. *Plant Disease* 89: 913.

Cilas C., Bouharmont P., (2005) - Genetic studies on several bean traits of *Coffea canephora* coffee in Cameroon. *J Sc. F. Agri.* 85: 2369-2374.

Hervé G., Bertrand B., Villain L., Licardie D., Cilas C., (2005) - Distribution analyses of *Meloidogyne* spp and *Pratylenchus coffeae sensu lato* in some coffee plots in Costa Rica and Guatemala. *Plant Pathology* 54: 471-475.

Avelino J., Barboza B., Araya J.C., Fonseca C., Davrieux F., Guyot B., Cilas C., (2005) - Effects of slope exposure, altitude and yield on coffee quality in two altitude *terroirs* of Costa Rica, Orosi and Santa María de Dota. *J Sc. F. Agri.* 85: 1869-1876.

Bertrand B., Etienne H., Cilas C., Charrier A., Baradat P., (2005) - *Coffea arabica* hybrid performance for yield, fertility and bean weight. *Euphytica* 141, 255-262.

Efombagn M.I.B., Marelli J.P., Ducamp M., Cilas C., Nyassé S., Vefonge D., (2004) – Effect of fruiting traits on the field resistance of cocoa (*Theobroma cacao* L.) clones to *Phytophthora megakarya* . *J. Phytopathology* 152, 557-562.

Cilas C., Costes E., Milet J., Legnaté H., Gnagne M., Clément-Demange A., (2004) - Characterization of branching in two *Hevea brasiliensis* clones. *Journal of Experimental Botany.* 55, 1045-1051.

NDoumbé-Nkeng M., Cilas C., Nyemb E., Nyassé S., Biéysse, Flori A., Sache I., (2004) - Impact of removing diseased pods on cocoa black pod caused by *Phytophthora megakarya* and on cocoa production in Cameroon. *Crop Protection* 23, 415-424.

Saul-Maora J., Namaliu Y., Cilas C., Blaha G., (2003) - Durability of Field Resistance to Black Pod Disease of Cacao in Papua New Guinea. *Plant Disease* 87, 1423-1425.

Cilas C., Bouharmont P., Bar-Hen A., (2003) – Yield stability in *Coffea canephora* from diallel mating designs monitored for 14 years. *Heredity* 91, 528-532.

Wegbé K., Cilas C., Decazy B., Alauzet C., Dufour B., (2003) – Estimation of production losses caused by the Coffee Berry Borer, (Coleoptera: Scolytidae) and calculation of an economic damage threshold in Togolese coffee plots. *J. Eco. Ento.* 96, 1473-1478.

Montagnon C., Flori A., Cilas C., (2003) – Transformation of a nonnormal distribution of quantitative traits for breeding purposes. *J. Agri. Biol. Env. Stat.* 8, 344-355.

Decazy F., Avelino J., Guyot B., Perriot J.J., Pineda C., Cilas C., (2003) - Quality of different Honduran Coffees in relation to several environments. *J. of Food Science* 68, 2356-2361.

Montagnon C., Leroy T., Cilas C., Charrier A., (2003) – Heritability of *Coffea canephora* yield estimated from several mating designs. *Euphytica* 133, 209-218.

Sounigo O., Coulibaly N., Brun L., N’Goran J., Cilas C., Eskes A.B., (2003) - Evaluation of resistance of *Theobroma cacao* L. to mirids in Côte d’Ivoire : results of comparative progeny trials. *Crop Protection* 22, 615-621.

Sounigo O., Lachenaud Ph., Bastide Ph., , Cilas C., N’Goran J., Lanaud C., (2003) – Assessment of the value of doubled haploids as progenitors in cocoa (*Theobroma cacao* L.) breeding. *J. Appl. Genet.*, 44(3), 339-353.

Agwanda C.O., Baradat P., Eskes A.B., Cilas C., Charrier A., (2003) - Selection for bean and liquor qualities within related hybrids of Arabica coffee in multilocal field trials. *Euphytica* 131, 1-14.

Elhoumaizi M.A., Saaidi M., Oihabi A., Cilas C., (2002)- Phenotypic diversity of date-palm cultivars (*Phoenix dactylifera* L.) from Morocco. *Genetic Resources and Crop Evolution* 49, 483-490.

Nyassé S., Despréaux D., Cilas C., (2002)- Validity of a leaf inoculation test to assess the resistance to *Phytophthora megakarya* in a cocoa (*Theobroma cacao* L.) diallel mating design. *Euphytica* 123, 395-399.

Ratnadass A., Chantereau J., Coulibaly M.F., Cilas C., (2002)- Inheritance of resistance to panicle-feeding bug *Eurystylus oldi* and sorghum midge *Stenodiplosis sorghicola* in sorghum. *Euphytica* 123, 131-138.

Cilas C., Godin C., Grenier D., Montagnon C., Baillères H. , (2002) - Variability in the rigidity of *Coffea canephora* Pierre stems determined by acoustic analysis. *Trees structure and function* 16, 23-27.

NDoumbé M., Bieysse D., Cilas C., (2001)- Multi-trait selection in a diallel crossing scheme of cocoa. *Plant Breeding* 120, 365-367.

Montagnon C., Flori A., Cilas C., (2001) - A new method to assess competition in coffee clonal trials with single-tree plots in Côte d’Ivoire. *Agronomy Journal* 93, 227-231.

Flament M.-H., Kebe I. , Clément D., Pieretti I., Risterucci A.-M., N’Goran J. A. K., Cilas C., Despréaux D., Lanaud C., (2001) - Genetic mapping of resistance factors to *Phytophthora palmivora* in cocoa. *Genome* 44, 79-85.

Cilas C., Montagnon C., Bertrand B., Godin C., (2000) - Wood elasticity of several *Coffea canephora* Pierre clones. A new trait to included in selection schemes. *Agronomie* 20, 439-444.

Bertrand B., Peña Durán M.X., Anzueto F., Cilas C., Etienne H., Anthony F., Eskes A.B., (2000) - Genetic study of *Coffea canephora* coffee tree resistance to *Meloidogyne incognita* nematodes in Guatemala and *Meloidogyne* sp. nematodes in El Salvador for selection of rootstock varieties in Central America. *Euphytica* 113, 79-86.

Montagnon C., Cilas C., Leroy T., Yapo A., Charmetant P., (2000) - Genotype-location interactions for *Coffea canephora* yield in the Ivory Coast. *Agronomie* 20, 101-109.

Cilas C., Bouharmont P., Boccara M., Eskes A.B., Baradat P. , (1998)- Prediction of genetic value for coffee production in *Coffea arabica* from a half-diallel with lines and hybrids. *Euphytica* 104, 49-59.

Cilas C., Bouyjou B., Decazy B., (1998)- Frequency and distribution of *Antestiopsis orbitalis* Westwood (Hem., Pentatomidae) in coffee plantations in Burundi : Implications for sampling techniques. *J. Appl. Ent.* 122, 601-606.

Montagnon C., Guyot B., Cilas C., Leroy T., (1998)- Genetic parameters of several biochemical compounds from green coffee, *Coffea canephora*. *Plant Breeding* 117, 576-578.

Leroy T., Montagnon C., Cilas C., Yapo A., Charmetant P., Eskes A.B., (1997) - Reciprocal recurrent selection applied to *Coffea canephora* Pierre. - III. Genetic gains and results of the first cycle intergroup crosses. *Euphytica* 95, 347-354.

Brun L. A., Sounigo O., Coulibaly N., Cilas C., (1997) - Methods of analysis for studying cocoa (*Theobroma cacao* L.) susceptibility to mirids. *Euphytica* 94, 349-359.

Nyassé S., Cilas C., Herail C., Blaha G., (1995) - Leaf inoculation as an early screening test for cocoa (*Theobroma cacao* L.) resistance to *Phytophthora* black pod disease. *Crop Protection* 14, 657-663.

Berry D., Cilas C., (1994) - Etude génétique de la réaction à la pourriture brune des cabosses de cacaoyers (*Theobroma cacao* L.) issus d'un plan de croisements diallèle. *Agronomie* 14, 599-609.

Leroy T., Montagnon C., Cilas C., Charrier A., Eskes A.B., (1994) - Reciprocal recurrent selection applied to *Coffea canephora* Pierre. - II. Estimation of genetic parameters. *Euphytica* 74, 121-128.

Montagnon C., Leroy T., Cilas C., Eskes A.B., (1993) - Differences among clones of *Coffea Canephora* in resistance to the scolytid coffee-twig borer. *International Journal of Pest Management* 39(2), 204-209.

Articles dans des revues sans comité de lecture :

Efombagn M.I.B., Sounigo O., Nyassé S., Manzanares-Dauleux M., Cilas C., Eskes A.B., Kolesnikova-Allen M., (2006) – Genetic diversity in cacao germplasm of southern Cameroon revealed by simple sequences repeat (SSRS) markers. *African Journal of Biotechnology* 5(16): 1441-1449.

Sié R.S., N'Goran J.A.K., Montagnon C., Akaffou D.S., Cilas C., Mondeil F., (2005) - Assessing genetic diversity in a germplasm collection of kola trees (*Cola nitida* (Vent.) Schott and Endl.) using enzymatic markers. *Plant genetic resources newsletter* 143: 59-64.

Jagoret P., Cilas C., Eskes A. B., Charmetant P., (1999) - Caractérisation et évaluation des hybrides naturels de caféiers de Nouvelle Calédonie. *Plantations Recherche Développement*, 6(5), 326-337.

Régazzoni N., Cilas C., Mouen Bedimo J. A., Berry D., Bar-Hen A., (1999) - Méthodologie d'échantillonnage destinée aux essais de contrôle de l'antracnose des baies du caféier Arabica due à *Colletotrichum kahawae*. *Plantations Recherche Développement*, 6(3), 176-182.

Bertrand B., Cilas C., Hervé G., Anthony F., Etienne H., Villain L., (1998)- Relations entre les populations des nématodes *Meloidogyne exigua* et *Pratylenchus* sp. dans les racines de *Coffea arabica* au Costa Rica. *Plantations Recherche Développement*, 5(4), 279-286.

Cilas C., Lanaud C., Paulin D., Nyassé S., N’Goran J.A.K., Kebé B.I., Ducamp M., Flament M.H., Risterucci A.M., Pieretti I., Sounigo O., Thévenin J.M., Despréaux D., (1998) - La résistance à la pourriture des cabosses due à *Phytophthora* spp. Recherche des composantes de la résistance. *Plantations Recherche Développement*, 5(6), 441-449.

Fallo J., Cilas C., (1998) - Etude génétique de la granulométrie des fèves de cacaoyer. Relation avec des caractères agronomiques. *Plantations Recherche Développement*, 5(3), 195-200.

Raboin L.M., Paulin D., Cilas C., Eskes A.B., (1993) - Analyse génétique de quelques caractères quantitatifs des fleurs du cacaoyer (*Theobroma cacao* L.). Leur intérêt pour l'évaluation de la diversité de l'espèce. *Café Cacao Thé*, (Paris), vol. 37, p. 273-282.

Rémond F., Cilas C., Vega-Rosales M.I., Gonzalez M.O., (1993) - Méthodologie d'échantillonnage pour estimer les attaques des baies du caféier par les scolytes (*Hypothenemus hampei* Ferr.). *Café Cacao Thé* (Paris), vol. 37, p. 35-52.

Paulin C., Mossu G., Lachenaud Ph., Cilas C., (1993) - La sélection du cacaoyer en Côte d'Ivoire. Analyse du comportement de soixante-deux hybrides dans quatre localités. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. 37, p. 3-20.

Avelino J., Muller R.A., Cilas C., Velasco Pascual H., (1991) - Développement et comportement de la rouille orangée du caféier (*Hemileia vastatrix* Berk et Br.) dans des plantations en cours de modernisation, plantées de variétés naines, dans le Sud-Est du Mexique. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. 35, p. 38-42.

Cilas C., (1991) - Estimation de quelques paramètres génétiques pour différents plans de croisements chez le cacaoyer. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. 35, p. 3-14.

Bertrand B., Cilas C., (1990) - L'utilisation de vrais jumeaux dans l'expérimentation cacaoyère. (Note Technique). *Café Cacao Thé* (Paris), vol. 34, p. 295-298.

Rouzet C., Cilas C., Sallée B., (1990) - Diagnostic de fertilisation dans le bassin caféier de Coatepec (Mexique). Etude de l'influence des composantes du système de production sur le rendement. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. 34, p. 189-204.

Cilas C., Duchemin C., Lotodé R., (1989) - L'amélioration génétique de la qualité du cacao: étude de la granulométrie. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. 33, p. 3-8.

Cilas C., Lecoustre R., (1988) - Etude spatiale de la production d'une cacaoyère suivant la méthode des variables régionalisées. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. 32, p. 299-308.

Cilas C., Dufour B., Djiekpor E.K., (1988) - Etude de la résistance au swollen shoot du cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) dans un diallèle "quasi-complet" 8 x 8. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. 32, p. 105-110.

Cilas C., Amefia Y.K., Bertrand B., (1988) - Etude de l'accroissement du diamètre au collet dans un diallèle "quasi-complet" 8 x 8 chez le cacaoyer (*Theobroma cacao* L.). *Café Cacao Thé* (Paris), vol. 32, p. 17-22.

Amefia Y.K., Adibolo Y., Cilas C., (1988) - Utilisation des profils électrophorétiques pour la mise au point d'une méthode de diagnostic du swollen shoot du cacaoyer. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. 32, p. 3-10.

Cilas C., Mississo E., Dufour B., Amefia Y.K., (1987) - Etude des variations de la pollinisation naturelle du cacaoyer au Togo. Influence sur le remplissage en graines des cabosses. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. 31, p. 283-290.

Cilas C., Amefia Y.K., Legrand B., Pelissou H., (1985) - Etude de la stabilité du caractère de productivité chez le cacaoyer. Premières constatations et perspective de sélection. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. 29, p. 89-94.

Amefia Y.K., Cilas C., Djiekpor E.K., Partiot M., (1985) - La multiplication végétative du cacaoyer. Note sur une méthode d'obtention de boutures à enracinement orthotrope. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. 29, p. 83-88.

Legrand B., Cilas C., Mississo E., (1984) - Comportement des tissus de *Theobroma cacao* L. var. amelonado cultivés *in vitro*. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. 28, p. 245-250.

Davous M.-P., Djiekpor E.K., Cilas C., Goka K., (1984) - Contribution à la mise au point de la lutte chimique contre la pourriture brune des cabosses du cacaoyer au Togo. Etude des possibilités d'emploi du métalaxyl. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. 28, p. 191-202.

Amefia Y.K., Cilas C., Djiekpor E.K., Partiot M., (1984) - Etude du polymorphisme enzymatique chez le cacaoyer. I. Mise au point d'une méthode d'extraction et mise en évidence d'un locus spécifiant une estérase. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. 28, p. 89-94.

Chapitres d'ouvrages :

Avelino J., Perriot JJ., Guyot B., Pineda C., Decazy B., Cilas C. (2002) - Vers une identification de cafés-terroir au Honduras. In : Recherche et caféiculture. - Montpellier : CIRAD-CP, p. 6-16.

Cilas C., NDoumbé M., Bidzanga N., NGoran J. (2004) - Disease incidence and field resistance. In: Improvement of cocoa tree resistance to *Phytophthora* diseases. Christian Cilas & Denis Despréaux editors. Collection Repères CIRAD, Montpellier, p. 77-102.

Cilas C. (2004) - Conclusion. In: Improvement of cocoa tree resistance to *Phytophthora* diseases. Christian Cilas & Denis Despréaux editors. Collection Repères CIRAD, Montpellier, p. 165-168.

Cilas C., Descroix F. (2004)- Yield estimation. In: Coffee : Growing, Processing, Sustainable Production. Wintgens J.N. editor. WILEY Food Science and Technology, p. 595-603.

Ducamp M., Nyassé S., Grivet L., Thévenin J-M., Blaha G., Despréaux D., Cilas C. (2004) - Genetic diversity of cocoa tree *Phytophthora* pathogens. In: Improvement of cocoa tree resistance to *Phytophthora* diseases. Christian Cilas & Denis Despréaux editors. Collection Repères CIRAD, Montpellier, p. 45-76.

Lanaud C., Clément D., Flament M-H., Risterucci A-M., Kébé I., Nyassé S., Sounigo O., Motilal L.A., Thévenin J-M., Paulin D., Ducamp M., NGoran J., Fargeas D., Cilas C. (2004) - Genetic mapping of quantitative trait loci for black pod resistance in cocoa. In: Improvement of cocoa tree resistance to *Phytophthora* diseases. Christian Cilas & Denis Despréaux editors. Collection Repères CIRAD, Montpellier, p. 147-164.

Publications dans des actes de conférences :

Mouen Bedimo J.A., Njiayouom I., Biéysse D., Cilas C., Notteghem J.L. 2007. Shade reduces the incidence of the Arabica coffee berry disease (*Colletotrichum kahawae*) in Cameroon. In : *Second International Symposium on Multi-Strata agroforestry systems with perennial crops: Making ecosystem services count for farmers, consumers and the environment, September 17-21, 2007 Turrialba, Costa Rica. Oral and posters presentations.* [Online]. Turrialba : CATIE, [3] p.. International Symposium on Multi-Strata Agroforestry Systems with Perennial Crops: Making Ecosystem Services Count for Farmers, Consumers and the Environment. 2, 2007-09-17/2007-09-21, Turrialba, Costa Rica.

Wegbe K., Cilas C., Alauzet C., Decazy B. 2007. Impact des facteurs environnementaux sur les populations de scolytes (*Hypothenemus hampei* Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae) In : *21st International Conference on Coffee Science, Montpellier (France), 11th - 15th September 2006.* [Cd-Rom]. Montpellier : ASIC, p. 1349-1353. Colloque Scientifique International sur le Café. 21, 2006-09-11/2006-09-15, Montpellier, France.

Cilas C. 2006. Comparison of resistance to *Phytophthora* pod rot in a ring test using leaf disc inoculation at ten sites. In : Eskes Albertus (ed.), Efron Yoel (ed.). *Global approaches to cocoa germplasm utilization and conservation : Final report of the CDC/CCO/IPGRI project on "Cocoa germplasm utilization and conservation: A global approach" (1998-2004).* Amsterdam : CFC, p. 116-123.

Mouen Bedimo J.A., Biéysse D., Bertrand B., Notteghem J.L., Cilas C. 2006. Répartition spatiale de l'antracnose des baies du caféier arabica (*Colletotrichum kahawae*) à l'échelle d'une parcelle au Cameroun. In : Fernandez Diana (ed.), Carlier Jean (ed.), Tharreau Didier (ed.). *Journées Jean Chevaugéon : VIe rencontres de phytopathologie - mycologie de la Société française de phytopathologie du 15 au 19 janvier 2006 [Résumés].* Montpellier : CIRAD, p. 36. Journées Jean Chevaugéon, rencontres de phytopathologie-mycologie. 6, 2006-01-15/2006-01-19, Aussois, France.

Cilas C., Paulin D., Ducamp M., Eskes A. 2004. Ring test II. Assessment of cocoa resistance to *Phytophthora* : comparison of results obtained over 9 sites : [Diaporama]. [CD-ROM]. In : Cocoa germplasm improvement: global and participatory approaches. Rome : IPGRI, 1 disque optique numérique (CD-ROM). Closing Workshop on the CFC/ICCO/IPGRI Project on Cocoa Germplasm Utilization and Conservation, a Global Approach, 2004-03-28/2004-03-31, Reading, Royaume-Uni.

Sie R.S., N'Goran J.K.A., Montagnon C., Akaffou D.S., Cilas C., Mondeil F. 2004. Diversité génétique des colatiers *Cola nitida* (Vent.) Schott et Endl. par utilisation de marqueurs biochimiques : [Poster]. In : Biodiversité et changement global, dynamique des interactions : actes des deuxièmes journées de l'Institut français de la biodiversité. Paris : IFB [Institut français de la biodiversité], p. 137. Journées de l'Institut français de la biodiversité. 2, 2004-05-25/2004-05-28, Marseille, France.

Bastide P., Cilas C., Jimmy I. 2003. Variability of leaf parameters in the foliage of cocoa trees in Vanuatu [Poster]. In : 14th International Cocoa Research Conference, 13-18 October 2003, Accra, Ghana. - Montpellier : Cirad, 2003, 1 p. Conférence Internationale sur la Recherche Cacaoyère. 14, 2003-10-13/2003-10-18, Accra, Ghana.

Cilas C., Bastide P., Jimmy I., Ndoumbé M. 2003. Spatial factors in the epidemiology of black pod rot caused by *Phytophthora* sp. [Poster]. In : 14th International Cocoa Research Conference, 13-18 October 2003, Accra, Ghana. - Montpellier : Cirad, 2003, 1 p. Conférence Internationale sur la Recherche Cacaoyère. 14, 2003-10-13/2003-10-18, Accra, Ghana.

Avelino J., Perriot J.J., Pineda C., Guyot B., Cilas C. 2001. Vers une identification des cafés-terroir au Honduras : caractérisation physique, phytotechnique et biologique des caféières honduriennes. [CD-ROM]. In : Dix-neuvième colloque scientifique international sur le café. Paris : ASIC, 1 disque optique numérique (CD-ROM). Colloque scientifique international sur le café. 19, 2001-05-14/2001-05-18, Trieste, Italie.

Cilas C., Montagnon C., Bouharmont P., Godin C. 2001. Utilisation des caractères architecturaux pour prédire la production chez *Coffea canephora* Pierre. [CD-ROM]. In : Dix-neuvième colloque scientifique international sur le café. Paris : ASIC, 1 disque optique numérique (CD-ROM). Colloque scientifique international sur le café. 19, 2001-05-14/2001-05-18, Trieste, Italie.

Wegbe K., Alauzet C., Cilas C. 2001. Impact de deux parasitoïdes (*Cephalonomia stephanoderis* Betrem et *Phymasticus coffea* LaSalle) sur les populations de scolytes (*Hypothenemus hampei* Ferr.) au laboratoire. [CD-ROM]. In : Dix-neuvième colloque scientifique international sur le café. Paris : ASIC, 1 disque optique numérique (CD-ROM). Colloque scientifique international sur le café. 19, 2001-05-14/2001-05-18, Trieste, Italie.

Nyassé S., Cilas C., Kébé B.I., Despréaux D. 2001. La gestion intégrée des maladies à *Phytophthora* : impact de l'amélioration variétale de la résistance à ces pathogènes. [On line]. In : L'avenir des cultures pérennes, investissement et durabilité en zones tropicales humides - Résumés de la conférence internationale. Montpellier : CIRAD. Conférence internationale sur l'avenir des cultures pérennes, 2001-11-05/2001-11-09, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire. [24/04/2002]. < URL : <http://peren-conf2001.cirad.fr/pdf/6-4nyasse.PDF> >.

Bidzanga Nomo L., Nyassé S., Cilas C. 2000. Essais de confirmation de la résistance au champ à la pourriture de cabosses de 25 géotypes de cacaoyers installés au Cameroun. In : Bases génétiques de la résistance des cacaoyers aux maladies à *Phytophthora* : résumés des communications. Montpellier : CIRAD, p. 46-47. Scientific Closing Seminar of CAOBISCO / CIRAD / CNRA / CRU / IRAD Project, 2000-09-19/2000-09-20, Montpellier, France.

Cilas C., Berry D., Nyassé S., N'Goran J.K.A. 2000. Evaluation de la résistance en champs. Exemple de sélections. In : Bases génétiques de la résistance des cacaoyers aux

maladies à *Phytophthora* : résumés des communications. Montpellier : CIRAD, p. 12-13. Scientific Closing Seminar of CAOBISCO / CIRAD / CNRA / CRU / IRAD Project, 2000-09-19/2000-09-20, Montpellier, France.

Cilas C., Nyassé S., Kébé B.I., Tahi M., Ducamp M., Thévenin J.M., Despréaux D. 2000. Tests d'évaluation du matériel végétal. In : Bases génétiques de la résistance des cacaoyers aux maladies à *Phytophthora* : résumés des communications. Montpellier : CIRAD, p. 42-43. Scientific Closing Seminar of CAOBISCO / CIRAD / CNRA / CRU / IRAD Project, 2000-09-19/2000-09-20, Montpellier, France.

Ducamp M., Cilas C. 2000. Comparaison des niveaux d'agressivité des différentes souches de *Phytophthora* pathogènes du cacaoyer. In : Bases génétiques de la résistance des cacaoyers aux maladies à *Phytophthora* : résumés des communications. Montpellier : CIRAD, p. 9-10. Scientific Closing Seminar of CAOBISCO / CIRAD / CNRA / CRU / IRAD Project, 2000-09-19/2000-09-20, Montpellier, France.

Eskes A., Cilas C., Paulin D. 2000. Sélections récentes de parents et de clones résistants. In : Bases génétiques de la résistance des cacaoyers aux maladies à *Phytophthora* : résumés des communications. Montpellier : CIRAD, p. 48-49. Scientific Closing Seminar of CAOBISCO / CIRAD / CNRA / CRU / IRAD Project, 2000-09-19/2000-09-20, Montpellier, France.

Nyassé S., Blaha G., Cilas C., Despréaux D. 2000. Développement d'un test de résistance sur feuilles et corrélation avec les évaluations en champs. In : Bases génétiques de la résistance des cacaoyers aux maladies à *Phytophthora* : résumés des communications. Montpellier : CIRAD, p. 14-15. Scientific Closing Seminar of CAOBISCO / CIRAD / CNRA / CRU / IRAD Project, 2000-09-19/2000-09-20, Montpellier, France.

Tahi M., Cilas C., Eskes A., N'Goran J.K.A., Kébé B.I. 2000. Héritabilité de la résistance des cacaoyers à *Phytophthora palmivora* par le test feuille développé en Côte d'Ivoire. In : Bases génétiques de la résistance des cacaoyers aux maladies à *Phytophthora* : résumés des communications. Montpellier : CIRAD, p. 18-19. Scientific Closing Seminar of CAOBISCO / CIRAD / CNRA / CRU / IRAD Project, 2000-09-19/2000-09-20, Montpellier, France.

Cilas C., Nyassé S., Ducamp M., Thévenin J.M., Kébé B.I., Tahi M., Despréaux D. - Méthodes d'évaluation du matériel végétal pour ses réactions aux maladies *Phytophthora*. In : Proc. 13^e Conférence Internationale sur la recherche Cacaoyère, 20-25 Octobre 2000, Kota Kinabalu, Malaysia, p. 495-502.

Ducamp M., Herail C., Nyassé S., Cilas C., Paulin D. 2000. Characterization and evolution of the level of aggressiveness of the various *Phytophthora megakarya* and *Phytophthora palmivora* which cause cocoa disease. In : 13 Conférence internationale sur la recherche cacaoyère : résumés. Lagos : Cocoa Producers' Alliance, 1 p. n 032. Conférence Internationale sur la Recherche Cacaoyère. 13, 2000-10-09/2000-10-14, Kota Kinabalu, Malaisie.

Lachenaud P., Eskes A., N'Goran J. A. K., Clément D., Kebe B.I., Tahi M., Cilas C.- Premier cycle de selection recurrente en Côte d'Ivoire et Choix des géniteurs du second cycle. In : Proc. 13^e Conférence Internationale sur la recherche Cacaoyère, 20-25 Octobre 2000, Kota Kinabalu, Malaysia, p. 11-22.

Lanaud C., Flament M. H., Nyassé S., Risterucci A. M., Fargeas D., Kebe I., Sounigo O., Motilal L., Thévenin J. M., Paulin D., Ducamp M., Clément D., N’Goran J., Cilas C.- Synthesis of studies on genetic basis of cocoa resistance to Phytophthora using molecular markers. *In : Proc. 13^e Conférence Internationale sur la recherche Cacaoyère, 20-25 Octobre 2000, Kota Kinabalu, Malaysia, p. 127-136.*

Agwanda C. O., Baradat P., Cilas C., Charrier A., (2000) - Prediction of yield stability in arabica coffee based on the stability of morphological components. *In : Proc. XVIII^e Colloque Scientifique International sur le Café, Helsinki (Finland), 1999/08/2-6, p. 452-453.*

Cilas C., Bouharmont P., Boccara M., Eskes A.B., (2000) - Etude des paramètres génétiques de la production et de caractères associés à partir d'un plan de croisement diallele chez *Coffea arabica*. *In : Proc. XVIII^e Colloque Scientifique International sur le Café, Helsinki (Finland), 1999/08/2-6, p. 363-370.*

Jagoret P., Cilas C., Eskes A.B., (2000) - Première évaluation d'hybrides naturels entre *Coffea canephora* et *Coffea arabica* de Nouvelle-Calédonie. *In : Proc. XVIII^e Colloque Scientifique International sur le Café, Helsinki (Finland), 1999/08/2-6, p. 349-355.*

Cilas C., Berry D., Paulin D., N’Goran J. A.K., Djiekpor E. K. (1999) - *La résistance à la pourriture brune des cabosses au Cameroun, en Côte d'Ivoire et au Togo. Bilan d'évaluation au champ.* *In : Proc. 12^e Conférence Internationale sur la recherche Cacaoyère, 20-25 Octobre 1996, Salvador de Bahia, Brazil, 367-374.*

Cilas C., Paulin D., Clément D., Baradat Ph. (1999) - Sélection multi-caractères dans un plan factoriel de croisements en Côte d'Ivoire. Définition d'un index de sélection. *In : Proc. 12^e Conférence Internationale sur la recherche Cacaoyère, 20-25 Octobre 1996, Salvador de Bahia, Brazil, 411-416.*

Lanaud C., Kebé B.I., Risterucci A.M., N’Goran J.A.K., Grivet L., Tahi M., Cilas C., Pierreti I., Eskes A.B., Despréaux D., (1999) - Mapping quantitative trait loci (QTLs) for resistance to Phytophthora palmivora in T. cacao. *In : Proc. 12^e Conférence Internationale sur la recherche Cacaoyère, 20-25 Octobre 1996, Salvador de Bahia, Brazil, 99-105.*

Nyassé S., Cilas C., Flament M.H., Bidzanga-Nomo L., Berry D., Despréaux D., (1999) - Mise au point des méthodes d'évaluation de la résistance du cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) à *Phytophthora megakarya*. *In : Proc. 12^e Conférence Internationale sur la recherche Cacaoyère, 20-25 Octobre 1996, Salvador de Bahia, Brazil, 173-180.*

Sounigo O., Coulibaly N., Brun L.A., N’Goran J.A.K., Cilas C., Eskes A.B. (1999) - Etude de la sensibilité aux mirides (*Distantiella Theobromae* et *Sahlbergella Singularis*) dans des essais de descendances de cacaoyers de Côte d'Ivoire. *In : Proc. 12^e Conférence Internationale sur la recherche Cacaoyère, 20-25 Octobre 1996, Salvador de Bahia, Brazil, 331-336.*

Cilas C., Lanaud C., Paulin D., Nyassé S., N’Goran J.A.K., Kebé B.I., Ducamp M., Flament M.H., Risterucci A.M., Sounigo O., Thévenin J.M., Despréaux D., (1999) - El mejoramiento del cacao para la resistencia a la pudrición de las mazorcas causada por

Phytophthora sp. Simposio Internacional de café y cacao, 25 al 27 noviembre 1999, Santiago de Cuba, p. 37.

Cilas C., Godin C., (1999) - Interés y utilización de la modelización arquitectural para el mejoramiento genético del café. Simposio Internacional de café y cacao, 25 al 27 noviembre 1999, Santiago de Cuba, p. 37-38.

Cilas C., Guédon Y., Montagnon C., de Reffye Ph. (1998) - Analyse du suivi de croissance d'un cultivar de caféier (*Coffea canephora* Pierre) en Côte d'Ivoire. In: *11^{ème} Colloque sur les Recherches Fruitières. Architecture et Modélisation en Arboriculture Fruitière* Traitements, Montpellier (France), 1998/03, 5-6, p. 46-55.

Flament M.H., Nyassé S., Cilas C., Bidzanga Nomo L., Risterucci A.M., Pierreti I., Despréaux D., Lanaud C. 1998. Molecular mapping of cocoa genome for resistance to *Phytophthora megakarya* [Abstract]. [On line]. In : Plant and Animal Genome VIth Conference. Abstracts, n.p. Plant and Animal Genome Conference. 6, 1998-01-18/1998-01-22, San Diego, Etats-Unis. [07/03/2003]. < URL : <http://www.intl-pag.org/6/abstracts/247.html> >.

Agwanda C.O., Baradat Ph., Cilas C., Charrier A. - Genotype x Environment interaction and its implications on selection for improved quality in Arabica coffee (*Coffea arabica* L.). In : *Proc. XVII^e Colloque Scientifique International sur le Café*, Nairobi (Kenya), 1997/07/20-25, p. 424-429.

Wegbé K., Decazy B., Cilas C., Djiepor E.K. - Le scolyte des fruits du caféier *Hypothenemus hampei* Ferr. (Coleoptera, Scolytidae). Méthode d'estimation du niveau d'infestation, des pertes et du seuil de dégât économique. In : *Proc. XVII^e Colloque Scientifique International sur le Café*, Nairobi (Kenya), 1997/07/20-25, p. 639-645.

Rémond F., Cilas C. - L'échantillonnage des dégâts causés par le scolyte du fruit du caféier (*Hypothenemus hampei* Ferr.). Définition de procédures de sondage. In : *Proc. XVII^e Colloque Scientifique International sur le Café*, Nairobi (Kenya), 1997/07/20-25, p. 656-663.

Régazzoni N., Mouen Bedimo J.A., Bar-Hen A., Berry D., Cilas C. - Mise au point de protocoles de traitements contre l'antracnose des baies (CBD) du caféier Arabica au Cameroun. In : *Proc. XVII^e Colloque Scientifique International sur le Café*, Nairobi (Kenya), 1997/07/20-25, p.708-713.

Cilas C. (1997) - Métodos estadísticos descriptivos y multivariados. Aplicación a la investigación sobre el café. In : *6to. Seminario Nacional de Investigación y Transferencia en Caficultura*. Instituto Hondureño del Café. Tegucigalpa (Honduras), 1995/11, 22-24, p. 26-43.

Lanaud C., Kebé I., Risterucci A.M., N'Goran J.A.K., Grivet L., Tahiri M., Cilas C., Pierreti (I.), Eskes (A.), Despréaux (D.) - (1997). Mapping quantitative trait loci (QTLs) for resistance to *Phytophthora palmivora* in T. Cacao. In : Heller S.R. (ed.), *International conference on the status of plant and animal genome research*. Washington, Etats-Unis, USDA. International Plant and Animal Genome. 5, 1997/01/12-16, San Diego, Etats-Unis, p. 137 (1 p.).

Cilas C. (1995) - Estimation des variances génétiques et des héritabilités pour différents plans de croisements. *In : Traitements statistiques des essais de sélection*, actes du séminaire de biométrie et de génétique quantitative, Montpellier (France), 1994/09,12-14, p. 71-88.

Cilas C. (1995) - Dispositifs expérimentaux adaptés aux essais de sélection chez le cacaoyer. *In : Traitements statistiques des essais de sélection*, actes du séminaire de biométrie et de génétique quantitative, Montpellier (France), 1994/09,12-14, p. 151-160.

Cilas C., Verschave P., Berry D. (1995) - Recherche d'un index de sélection pour deux caractères (production et résistance à la pourriture brune des cabosses) chez le cacaoyer. *In: Traitements statistiques des essais de sélection*, actes du séminaire de biométrie et de génétique quantitative, Montpellier (France), 1994/09,12-14, p. 333-341.

Verschave P., Cilas C. (1995) - Index de sélection et sélection précoce pour l'accroissement de la production chez palmier à huile. *In : Traitements statistiques des essais de sélection*, actes du séminaire de biométrie et de génétique quantitative, Montpellier (France), 1994/09,12-14, p. 343-352.

Cilas C., Bouyjou B., Decazy B. - Distribution de *Antestiopsis orbitalis* Westwood (Hemiptera, Pentatomidae) dans plusieurs caféières du Burundi : Implications sur l'échantillonnage. *In : Proc. XVI^e Colloque Scientifique International sur le Café*, Kyoto (Japon), 1995/04/9-14, p. 681-689.

Rémond F., Cilas C., Dufour B., Bernadette L., Decazy B. - Comparaison de méthodes d'échantillonnage du scolyte du fruit du caféier (*Hypothenemus hampei* Ferr.). *In : Proc. XVI^e Colloque Scientifique International sur le Café*, Kyoto (Japon), 1995/04/9-14, p. 645-654.

Eskes A.B., Paulin D., Clément D., N'Goran J.A.K., Sounigo O., Lachenaud P., Cilas C., Berry D., Yagmpam A. (1995) - Selection methods applied and genetic knowledge generated in cocoa breeding in Côte d'Ivoire and Cameroon. *In : End M.J. (ed.), Eskes A.B. (ed.), Lee M.T. (ed.), Lockwood G. (ed.), Proceedings of the international workshop on cocoa breeding strategies*. Reading, Royaume-Uni, University of Reading, International Workshop on Cocoa Breeding Strategies, 1994/10/18-19, Kuala Lumpur, Malaisie, p. 41-56.

Djiekpor E.J., Cilas C., Paulin D. (1995) Spotlight on cocoa breeding for resistance to Swollen Shoot. *In : End M.J. (ed.), Eskes A.B. (ed.), Lee M.T. (ed.), Lockwood G. (ed.), Proceedings of the international workshop on cocoa breeding strategies*. Reading, Royaume-Uni, University of Reading, International Workshop on Cocoa Breeding Strategies, 1994/10/18-19, Kuala Lumpur, Malaisie, p. 38-40.

Aubin V., Berry D., Cilas C., Mouen Bedimo J., (1994) - Essai d'évaluation du délai de chute de baies de caféiers arabica atteints d'anthracnose au Cameroun. *In : SFP; SFM. - 3^{ème} Congrès de la Société Française de Phytopathologie. Congrès de la Société Française de Phytopathologie. 3; 1993/12/06-10; Dijon (FRA) : 126.*

Avelino J., Cilas C. (1994) - Uso del ajuste logístico en la comparación de epifitias de roya anaranjada. *In : IICA-PROMECAFE, IMA, MIDA., XIV simposio sobre caficultura latinoamericana*. Tegucigalpa, Honduras, IICA, n. A1/HN-94-002. *Ponencias, Resultados y Recomendaciones de Eventos Tecnicos*. Simposio sobre Caficultura Latinoamericana. 14, 1991/05/20-24, Panama, Panama, p. 105-114.

Cilas C., Guillon R. (1994) - KKO : Une base de données pour la gestion et l'utilisation du matériel végétal chez *Theobroma cacao* L. In : *Proc. 11^e Conférence International sur la recherche Cacaoyère*, 18-27 Juillet 1993, Yamoussoukro, COTE D'IVOIRE, 529-535.

Berry D., Cilas C. (1994) - Etude du comportement d'une parcelle diallèle 6x6 vis à vis de la pourriture brune des cabosses du cacaoyer due à *Phytophthora spp.* au Cameroun. In : *Proc. 11^e Conférence International sur la recherche Cacaoyère*, 18-27 Juillet 1993, Yamoussoukro, COTE D'IVOIRE, 91-96.

Cilas C., Paulin D. (1994) - Estimation des paramètres génétiques pour quelques caractères quantitatifs chez le cacaoyer (*Theobroma cacao* L.). In : *Proc. 11^e Conférence International sur la recherche Cacaoyère*, 18-27 Juillet 1993, Yamoussoukro, COTE D'IVOIRE, 443-447.

Nyasse S., Blaha G., Cilas C. (1994) - Pathogénie de *Phytophthora megakarya* et son implication pour la mise au point d'un test précoce de sensibilité à la pourriture brune sur cacaoyer. In : *Proc. 11^e Conférence International sur la recherche Cacaoyère*, 18-27 Juillet 1993, Yamoussoukro, COTE D'IVOIRE, 83-90.

Dufour B., Djiekpor E.K., Paulin D., Cilas C. (1994) - Méthode de criblage pour la résistance au virus du swollen-shoot : amélioration de la transmission par cochenilles. In : *Proc. 11^e Conférence International sur la recherche Cacaoyère*, 18-27 Juillet 1993, Yamoussoukro, COTE D'IVOIRE, p. 243-244.

Paulin D., Djiekpor E.K., Caplong P., Cilas C. (1994) - Evaluation de la résistance du cacaoyer au virus du Swollen Shoot. In : *Proc. 11^e Conférence International sur la recherche Cacaoyère*, 18-27 Juillet 1993, Yamoussoukro, COTE D'IVOIRE, 269-274.

De Jesus Costa Deus Lima A.M., Blaha G., Cilas C. (1994) - Etude épidémiologique de la pourriture brune des cabosses et évolution des dégâts de *Bathycoelia spp.* dans les cacaoyères de Sao Tomé. In : *Proc. 11^e Conférence International sur la recherche Cacaoyère*, 18-27 Juillet 1993, Yamoussoukro, COTE D'IVOIRE, 111-116.

Leroy T., Montagnon C., Cilas C., (1993) - Etude des paramètres génétiques chez *Coffea Canephora* Pierre. In : *Proc. XV^e Colloque Scientifique International sur le Café*, Montpellier, 1993/06/6-11, p. 191-198.

Aubin V., Berry D., Cilas C., Mouen Bedimo J., (1993) - Anthracnose des baies du caféier Arabica au Cameroun : estimation du délai de chute des baies malades. In : *Proc. XV^e Colloque Scientifique International sur le Café*, Montpellier, 1993/06/6-11, p. 807-810.

Cilas C., Villain L., Licardie D., (1993) - Etude de la distribution de *Pratylenchus sp.* dans une plantation du Guatemala. In : *Proc. XV^e Colloque Scientifique International sur le Café*, Montpellier, 1993/06/6-11, p. 843-847.

Rémond F., Cilas C., Vega-Rosales M.I., Gonzalez M.O., (1993) - Répartition spatiale des dégâts causés par les scolytes des baies du caféier (*Hypothenemus hampei* Ferr.) dans une parcelle du Salvador : Implication sur l'échantillonnage. In : *Proc. XV^e Colloque Scientifique International sur le Café*, Montpellier, 1993/06/6-11, p. 848-852.

Eskes A.B., Cilas C., Paulin D., Clément D., Sounigo O., Lachenaud P., N'Goran J.A.K., (1993) - CIRAD-IRCC involvement in evaluation and utilisation of Cocoa germplasm. *In* : University of West Indies. (*Proceedings*). Saint Augustine (TTO) : Cocoa Research Unit, p. 389-397. International Workshop on Conservation, Characterisation and Utilisation of Cocoa Genetic Resources in the 21 st Century ; 1992/09/13-17; Port of Spain.

Villain L., Cilas C., Licardie D., (1992) - Estudio de distribución de *Pratylenchus* sp. en una plantación de cafetos en Guatemala. *In* : *Programas y resúmenes. XXIV reunión anual de la Organización de Nematólogos de los Trópicos Americanos.* , Etats-Unis, ONTA. Reunion Anual de la Organización de Nematólogos de los Trópicos Americanos. 24, 1992/04/27-1992/05/01, Teguiise, Espagne, p. 45.

Bouyjou B., Cilas C., (1992) - Etude de l'échantillonnage par le test pyrèthre pour évaluer la population d'*Antestiopsis orbitalis* dans la caféière burundaise. *In* : ISABU., *Deuxième symposium sur la recherche caféière au Burundi.* Bujumbura, Burundi, ISABU. Symposium sur la Recherche Caféière au Burundi. 2, 1992/10/20-21, Bujumbura, Burundi, p. 80-83.

Cilas C., Muller R.A., (1992) - Utilización de dispositivos en parejas en experimentación cacaoera. *In* : *Diseños Experimentales y Metodologías estadísticas en cacao.* Seminario regional, IICA, 17-18 setiembre 1990, San Pedro Sula, HONDURAS, p. 29-35.

Cilas C., (1992) - Dispositivos experimentales y selección en el cacao. *In* : *Diseños Experimentales y Metodologías estadísticas en cacao.* Seminario regional, IICA, 17-18 setiembre 1990, San Pedro Sula, HONDURAS, p. 51-63.

Cilas C. - Etude de la pollinisation naturelle du cacaoyer au Togo et ses implications sur la production. *In* : *Proc. 10^{ème} Conférence sur la Recherche Cacaoyère,* Saint-Domingue, République Dominicaine, 17-23 Mai 1987, p. 283-288.

Chapitre 5 :

Projet scientifique

1- Responsabilité de l'Unité Propre de Recherche : « Maîtrise des bioagresseurs des cultures pérennes tropicales »

Les bioagresseurs réduisent la productivité des cultures, compromettent leur durabilité et affectent la qualité des produits. Ils revêtent une importance particulière chez les cultures pérennes dans la mesure où les dégâts induits sont souvent cumulatifs. Des méthodes de gestion durable des bioagresseurs doivent être recherchées d'autant plus que la durée d'exploitation de ces cultures, en général plusieurs dizaines d'années, conduit à des situations sanitaires souvent très dégradées. L'utilisation des pesticides et des biocides est une charge financière importante pour les petits planteurs et conduit généralement à des effets environnementaux négatifs ; le développement de stratégies de lutte réduisant leur impact sur l'environnement et sur la qualité des produits est devenu un enjeu important dans nos sociétés.

Cette unité de recherche se donne ainsi deux objectifs principaux :

1. définir des itinéraires techniques adaptés aux systèmes de culture permettant de réduire l'impact des bioagresseurs,
2. construire et évaluer des résistances durables aux bioagresseurs.

Pour atteindre ces objectifs, l'UPR se propose de :

1. mieux comprendre et modéliser les épidémies et les dynamiques des populations de ravageurs de manière à évaluer l'impact de différentes interventions agronomiques sur les populations de bioagresseurs et sur les dégâts induits,
2. identifier des résistances durables dans le matériel végétal, évaluer leur comportement vis-à-vis des souches différentes des bioagresseurs, et estimer leur impact dans le contrôle des bioagresseurs en milieu réel.

Les itinéraires techniques à promouvoir doivent intégrer les contraintes de production, notamment socio-économiques, des systèmes de production à base de cultures pérennes. Les modèles « plantes / bioagresseurs » à étudier dans l'UPR durant les 5 ans à venir concerneront quelques-uns des principaux organismes nuisibles des cultures pérennes tropicales: cacaoyer, caféier, cocotier, hévéa, palmier à huile ; certains de ces bioagresseurs pouvant s'attaquer aux fruits, d'autres à l'appareil végétatif, aérien ou souterrain.

Les recherches s'appuient sur des réseaux de dispositifs expérimentaux pour la construction et l'évaluation de résistances durables, et pour les études épidémiologiques. L'identification et la hiérarchisation des facteurs influençant l'intensité des attaques des bioagresseurs ou des symptômes nécessitent des observations, des enquêtes et des essais participatifs *in situ*, dans des réseaux de parcelles conduites en milieu paysan ou en plantations privées.

L'UPR produira de nouvelles connaissances dans le domaine de la biologie et de l'écologie des bioagresseurs, de l'épidémiologie végétale, et des résistances durables. Les travaux de l'UPR aboutiront à l'amélioration des systèmes de gestion des bioagressions, donc à une diminution des dégâts et à une amélioration de la qualité des produits. Ces travaux seront valorisés par la diffusion de nouvelles méthodes de prévision et de maîtrise des risques

biotiques et par l'identification de matériel végétal qui possède une résistance durable à certains bioagresseurs.

Enjeux de l'UPR

L'enjeu économique principal est de garantir les productions des cultures pérennes tropicales (cacaoyer, caféier, cocotier, hévéa, palmier à huile ...) en apportant des solutions adaptées aux différents cortèges parasitaires et aux différentes situations de production. En effet, les maladies et les ravageurs pénalisent fortement les revenus de l'exploitation de ces cultures. La propagation, voire l'émergence, des bioagresseurs liée aux changements climatiques ou à la circulation des biens et des personnes constitue une grave menace pour l'ensemble des filières concernées. Freiner la progression des bioagressions et proposer des méthodes de gestion pour en diminuer les impacts constituent des enjeux économiques importants pour les pays producteurs. Il s'agira de promouvoir, non seulement des méthodes performantes de lutte, mais aussi du matériel végétal et des itinéraires techniques adaptés pour gérer de façon durable les équilibres agro-écologiques.

La réduction des intrants, principalement des pesticides et biocides, est un enjeu sociétal fort qu'il convient de prendre en compte pour satisfaire la demande croissante des consommateurs, notamment en produits « bio ». Cette demande correspond également à un souci de protection de l'environnement et constitue donc un enjeu environnemental important. La réduction des intrants nécessite non seulement de mettre au point de nouvelles techniques de gestion des bioagresseurs mais aussi de disposer d'outils de plus en plus performants pour s'assurer de la traçabilité des produits issus des cultures pérennes tropicales.

L'UPR 31 aura comme premier enjeu scientifique de comprendre les mécanismes d'invasion et de développement des maladies et des ravageurs des cultures pérennes tropicales notamment au niveau parcellaire, mais aussi de déterminer les facteurs intervenant sur leurs évolutions. De plus, si les changements climatiques ont amené les chercheurs en santé humaine et animale à considérer avec un intérêt tout particulier les risques liés aux maladies émergentes, nous devons évaluer les risques sanitaires et leurs évolutions chez les cultures pérennes tropicales. Certaines maladies ou ravageurs ne sont en effet présents, pour une culture donnée, que sur un continent et il convient d'en suivre les progressions à différentes échelles : parcellaire, régionale et intercontinentale. Ces nouvelles connaissances seront valorisées par la mise au point de modèles. Certains d'entre eux seront orientés vers une meilleure prévention des risques, par la prise en compte de l'évolution des maladies et des populations de ravageurs (aide à la décision), aboutissant à un contrôle plus efficace (traitement mieux ciblé). D'autres modèles seront dédiés à la prédiction des productions des cultures concernées en intégrant les aléas sanitaires des cultures.

Le second enjeu scientifique est de proposer des méthodes de gestion durable des bioagresseurs. Une gestion efficace des maladies et des ravageurs des espèces pérennes tropicales nécessite la mise au point de résistances durables. Ces résistances, mêmes partielles, doivent en effet permettre une limitation des intrants sur la durée d'exploitation de ces espèces cultivées, ainsi qu'un développement optimal des plantes permettant une expression optimale de leur potentiel de production. Dans cette perspective, la construction de résistances durables constituera un axe de recherche important, notamment pour les grandes maladies que sont les pourritures à *Phytophthora* spp. chez le cacaoyer ou la maladie sud-américaine des feuilles due à *Microcyclus ulei* chez l'hévéa. La lutte biologique, le piégeage des ravageurs et la définition d'itinéraires techniques appropriés seront également étudiés

pour définir des méthodes permettant de diminuer l'impact de certains bioagresseurs, tels le scolyte du caféier, l'oryctes et l'aleurode du cocotier ou les mirides du cacaoyer.

Etat des connaissances concernant ces enjeux et les grandes questions de recherche qui les sous-tendent

L'UPR s'intéresse principalement aux couples plantes – bioagresseurs sur lesquels des travaux ont déjà été réalisés au Cirad et pour lesquels une forte compétence a été acquise. Il s'agit de problématiques de recherche ayant un intérêt appliqué important et pour lesquels l'UPR aura un avantage comparatif de part son expérience et son réseau de collaborations. Les différents couples sont présentés dans le tableau 1 en annexe.

Plusieurs travaux en épidémiologie ont été réalisés ou initiés, notamment avec la thèse sur l'épidémiologie du *Phytophthora megakarya* dans les cacaoyères du Cameroun (NDoumbé, 2002) ou les thèses en cours de Jean Guyot (*Microcyclus* sur hévéa) et de Joseph Mouen Bedimo (Coffee Berry Disease dans les caféières du Cameroun). Ces travaux de recherche, novateurs dans le domaine de l'épidémiologie végétale chez les plantes pérennes, sont encadrés par l'UPR 31. Ils permettent de préciser la dynamique des attaques au niveau parcellaire et mettent le plus souvent en évidence la présence de foyers ou de gradients d'infestation dans les parcelles observées. Les effets du climat sont étudiés à partir d'échantillons de parcelles réparties dans la zone de culture ce qui doit contribuer à l'élaboration de modèles d'avertissement agricole. La dynamique des populations de ravageurs a également été un sujet de recherche conduit ou encadré par le Cirad-Cp, notamment avec la thèse sur la gestion agro-écologique des populations de scolytes du caféier au Togo (Wegbé, 2004). Ces travaux permettent de préciser les itinéraires techniques défavorables aux attaques de certains insectes, comme l'ombrage de légumineuses pour limiter les populations de scolytes dans les caféières togolaises.

La durabilité des résistances de cacaoyers à *Phytophthora* a été abordée au cours d'un projet financé par l'industrie chocolatière européenne qui a donné lieu à l'édition d'un ouvrage dans la collection Repères (Cilas & Despréaux, 2004) et lors de l'exploitation statistique d'un essai réalisé en Papouasie Nouvelle Guinée (Saul-Maora *et al.*, 2003). Ces travaux ont permis de valider des tests précoces de résistance sur disques de feuille et de tester la durabilité de certaines résistances par le suivi de matériel génétique en champs et l'utilisation de méthodes statistiques appropriées. Les résistances obtenues ont été stables sur une période de 4 années. Le suivi d'essais sur un plus grand nombre d'années et l'utilisation de certaines méthodes, comme l'analyse en données répétées, doivent permettre d'analyser la durabilité à plus long terme. Sur le couple hévéa-*Microcyclus* des gènes de résistance ont été identifiés sur différents clones, utilisés comme géniteurs dans un nouveau programme d'amélioration génétique ; la grande diversité du pathogène conduit les chercheurs à récolter des souches du champignon dans plusieurs régions d'Amérique latine. A partir des travaux conduits pour ces différents couples « plantes – bioagresseurs », il s'agit de déterminer les différents mécanismes de résistance impliqués (histologique, biochimique en particulier) et de mesurer la durabilité de ces mécanismes, seuls ou en association. Ces mécanismes peuvent correspondre à des marqueurs moléculaires identifiés lors des recherches de QTLs (Risterucci *et al.*, 2003) permettant ainsi d'associer plus facilement des mécanismes différents dans des génotypes. La mise au point des tests de résistance, effectuée au cours des dernières années pour certaines maladies, permet maintenant d'envisager des procédures d'évaluation rapides et fiables, pouvant être transférées outre mer. Ainsi, l'évaluation systématique des clones

spontanés de cacaoyers guyanais pour leur résistance à *Phytophthora* peut maintenant être envisagée sur site, après le transfert de la technique. La recherche de résistances durables concerne également des parasites comme les nématodes ou les insectes. Cependant, contre bioagresseurs comme les insectes, c'est plutôt vers la lutte biologique et la gestion agro-écologique que doivent s'orienter les travaux de l'UPR 31, bien que l'inertie des systèmes de culture pérenne limite les changements possibles dans la gestion des plantations. Les travaux réalisés dans le cadre Fonds communs Inra-Cirad ont permis de mettre au point une méthodologie d'étude et des techniques d'analyse pour évaluer les conditions agro-écologiques favorisant ou défavorisant l'incidence de l'ensemble du cortège parasitaire du caféier arabica au Costa Rica (Avelino *et al.*, 2004a). Cette méthodologie doit être approfondie et éventuellement développée à d'autres cultures pérennes. Par ailleurs, une modélisation de la production des cacaoyers sous différentes contraintes de bioagresseurs a été initiée et devrait produire les premiers résultats en 2005.

La lutte biologique s'appuie sur plusieurs travaux en cours : les résultats du projet de recherche concernant la lutte biologique contre les *Phytophthora* financé par l'USDA dont l'objectif principal est d'évaluer l'effet de la pulvérisation d'une formulation à base d'un champignon hyperparasite du *P. megakarya* (Trichoderma) sur le développement de la maladie en champs ; l'utilisation d'hyperparasites pour lutter contre le scolyte des baies du caféier ; la lutte contre le cortèges parasitaires du cocotier, notamment les Aleurodes du cocotier.

Les connaissances sur l'écologie chimique des ravageurs et leur comportement dans les agro-systèmes ont permis de développer les techniques de piégeage en vue de leur gestion agro-écologique dans les plantations de culture pérenne. Ainsi les études sur le piégeage du scolyte du caféier ont conduit à la mise au point et au brevet du piège Brocap®. Les caractéristiques du modèle et la composition de l'attractif ont été établis après divers essais au Salvador (Dufour, 2002). Ce piège est actuellement en cours d'évaluation dans divers agro-systèmes d'Amérique latine (Dufour *et al.*, 2004) ; des validations en Afrique et en Asie sont également prévus. Des travaux en partenariat avec l'Inra (Versailles) concernant le comportement, les attractifs et le piégeage des coléoptères ravageurs des palmiers et des cocotiers ont été réalisés dans le cadre d'un projet Inco (1998-2001). Les résultats obtenus sont valorisés dans des études sur l'écologie chimique de *Oryctes monoceros*, en vue du développement d'une technique de piégeage de cet insecte. Cette technique est particulièrement attendue pour la gestion des populations de ce ravageur dans les replantations de palmiers, en Afrique en particulier (partenariat avec le Cnra, Côte d'Ivoire). En Indonésie, des stratégies de piégeage de *Oryctes rhinoceros* sont évaluées en comparaison à d'autres traitements afin d'estimer les coûts respectifs et les niveaux de protection obtenus. Des activités en matière de comportement sont en cours pour des microlépidoptères attaquant différents organes des cocotiers (*Synechodes papuana*, *Sufetula sp.*).

D'autres connaissances ont été acquises sur ces sujets par d'autres équipes. En particulier des résistances à la maladie du balai de sorcière du cacaoyer due à *Crinipelis pernicioso* ont été obtenues par des équipes brésiliennes associant la Cepec, l'université de Santa Cruz à Ilheus et des partenaires privés et des équipes internationales situées à Trinidad. Des travaux sur l'épidémiologie de cette maladie restent à entreprendre. Le pod-borer qui est un lépidoptère sévissant dans les cacaoyères d'Asie du sud-est fait d'énormes ravages ; il est étudié dans de nombreux centres de recherche, notamment en Malaisie et en Indonésie. Des collaborations sur ce sujet sont envisagées. Un premier bilan des connaissances sur les bioagresseurs des cultures pérennes tropicales a été réalisé dans deux ouvrages édités dans la collection Repères du Cirad : Renard, 1998 pour les maladies et Mariau, 1999 pour les ravageurs.

Objectifs détaillés de l'unité

L'unité devra mettre au point et promouvoir des méthodes de lutte et des techniques culturales pour diminuer l'impact des bioagresseurs les principales cultures pérennes tropicales. Dans cet objectif, elle devra détecter, construire et diffuser des résistances durables aux principaux bioagresseurs étudiés chez le cacaoier, le caféier et l'hévéa. Ces résistances devront être accompagnées de techniques culturales appropriées permettant de gérer au mieux le cortège parasitaire de ces cultures. Chez le cocotier et le palmier à huile, il s'agira de mettre au point des méthodes de contrôle des principaux insectes ravageurs. Un travail de modélisation permettra de synthétiser les connaissances acquises en épidémiologie et en dynamique des populations.

Ces objectifs peuvent se décomposer :

- Connaissances des bioagresseurs : étude de la diversité génétique des bioagresseurs et de leur évolution en relation avec leur pouvoir pathogène. Cette étude sera réalisée en collaboration avec l'UMR BGPI.

- : Recherche et caractérisation de sources de résistances aux principales maladies du cacaoier (*Phytophthora spp*, *Crinipellis perniciososa*), du caféier (*Mycena citricolor*) et à la principale maladie de l'hévéa (*Microcyclus ulei*). Recherche de sources de résistances des cacaoiers aux mirides.

Objectifs pour l'hévéa: il s'agit d'évaluer la durabilité des résistances à *Microcyclus*, d'installer des champs de comportement de clones dans différents pays d'Amérique latine, et de récolter de souches de *M. ulei* pour en étudier la diversité. Il s'agira aussi de connaître de manière plus approfondie l'épidémiologie du champignon (thèse en cours). Les bénéficiaires de cette étude seront les agriculteurs petits et moyens situés en zone endémique, là où la pression parasitaire est élevée et où les cultures illicites (coca) menacent de se développer, faute d'alternatives viables de développement.

Objectifs spécifiques au cacaoier: Mettre au point des tests précoces de résistance du cacaoier aux mirides (à l'instar de *Phytophthora*) et mieux comprendre les mécanismes de la résistance du cacaoier aux mirides par une étude des relations plante-insecte. Identifier des sources de résistance aux principales maladies, notamment dans la population spontanée de Guyane.

- Participation à la création de variétés résistantes : accumulation des différents gènes de résistance à ces mêmes maladies par des croisements contrôlés dans la perspective d'obtenir des résistances plus durables. Ce travail sera réalisé en collaboration avec différents partenaires (IRAD Cameroun, CRU Trinidad, EMBRAPA Brésil et l'UMR PIA)) pour les schémas d'amélioration génétique les plus avancées.

- Déterminer la dynamique spatiale des maladies et des ravageurs à l'échelle des parcelles et à l'échelle régionale (SIG) dans la perspective de modéliser leur propagation. Ces travaux nécessitent des moyens importants et ne seront donc réalisés que pour certains bioagresseurs pour lesquels des projets de recherches sont financés (*Phytophthora*-cacao, *Microcyclus*-hévéa, *Oryctes rhinoceros*-palmier à huile en Indonésie, aleurodes-cocotier aux Comores)

- Identifier de nouveaux médiateurs chimiques intervenant sur le comportement des ravageurs dans les agro-systèmes des cultures pérennes. Les résultats de ces travaux permettront la mise au point de techniques de piégeage soit pour le suivi des populations soit pour leur réduction (ravageurs du cocotier et scolyte du caféier).

- Déterminer l'influence de différents facteurs exogènes (facteurs écologiques et agro-culturels) sur l'intensité des maladies et l'abondance des ravageurs des cultures pérennes en relation avec le rendement et la qualité des produits. Ce travail concernera principalement le cortège des bioagresseurs du caféier au Costa Rica et du cacaoyer au Cameroun (données FSP Régional). Ce travail pourra aboutir, pour certains couples plantes-bioagresseurs, à la mise au point de modèles de production intégrant les bioagressions. Cette activité doit être menée en collaboration avec l'INRA et l'UPR 34 sur la modélisation de la production.

- Identification de nouvelles stratégies de lutte associant les différentes méthodes (génétique, biologique, chimique, agro-culturelle et piégeage). Ces travaux concernent notamment les aleurodes du cocotier (Comores), les *Aspidiotus destructor* du cocotier (Timor oriental), le scolyte du caféier, le *Phytophthora* du cacaoyer, le *Microcyclus* de l'hévéa.

2- Autres activités de recherche

Les travaux initiés en génétique quantitative et en architecture des plantes ont donné lieu à plusieurs publications. Des travaux d'analyses doivent se poursuivre pour tenter d'identifier des caractères architecturaux pertinents aptes à prédire des caractères cibles de la sélection chez plusieurs espèces pérennes.

Enfin, ces domaines doivent être utilisés pour mieux comprendre le développement des maladies et des ravageurs ; en effet :

- l'étude de l'épidémiologie des maladies sur plantes pérennes peut permettre d'identifier des caractères de résistance au sens large,

- la prise en compte de l'architecture des plantes peut apporter des explications dans le développement des maladies ou des ravageurs à l'échelle des plantes.

Ce dernier point revêt une importance particulière chez les plantes pérennes chez lesquelles la mise en place de la structure lignifiée va se construire durant de nombreuses années, sous les pressions de divers bioagresseurs. Chez le caféier, les fruits sont répartis dans une architecture bien définie et leur situation topologique peut leur conférer des probabilités différentes d'attaques par les bioagresseurs. Ainsi, les fruits situés aux extrémités des branches, que ce soit du côté libre (externe ou du côté de l'axe porteur) sont souvent plus attaqués par le scolyte que les fruits situés dans la partie médiane des branches. L'explication avancée de cette répartition provient du mode d'invasion des insectes : soit par la marche, l'axe orthotrope assure alors la voie de communication entre les différentes branches et les premiers fruits attaqués sont alors les fruits proches de cet axe, soit par le vol, les premiers fruits attaqués sont alors aux extrémités libres des branches. Le gradient des attaques dans les branches peut varier en fonction de différents facteurs et la répartition des attaques peut donc renseignée sur le mode préférentiel de colonisation et amener des propositions de systèmes de contrôle adaptés.

Appliquer des modèles épidémiques sur des structures végétales en croissance constituera donc un objectif de recherche pour mieux comprendre la dynamique des épidémies chez les plantes pérennes.

Par ailleurs, à une autre échelle, associer les systèmes d'informations géographiques à l'épidémiologie des plantes pérennes, sur un territoire donné, constitue un autre objectif de recherche. Des projets de recherche sur cette thématique doivent démarrer prochainement.

L'épidémiologie végétale, de la plante (intra-plante) au territoire est donc au cœur de mon projet de recherche. Cette approche multi-échelle est novatrice et originale, et s'intègre dans la programmation scientifique de l'unité de recherche que j'anime.

Par ailleurs, mes activités d'encadrement, notamment d'encadrement de thésards est en train de s'amplifier : actuellement, 3 thésards travaillent sous ma responsabilité et un 4^{ème} thésard potentiel, en provenance de Côte d'Ivoire souhaiterait engager un travail de thèse sous ma responsabilité.
