
Travail de fin d'études: Caractérisation des cacaoyères de la région de Man (Côte d'Ivoire) et recommandations agroforestières

Auteur : Heymans, Robin

Promoteur(s) : Doucet, Jean-Louis; Haurez, Barbara

Faculté : Gembloux Agro-Bio Tech (GxABT)

Diplôme : Master en bioingénieur : gestion des forêts et des espaces naturels, à finalité spécialisée

Année académique : 2019-2020

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/10829>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.

CARACTÉRISATION DES CACAOYÈRES DE LA RÉGION DE MAN (CÔTE D'IVOIRE) ET RECOMMANDATIONS AGROFORESTIÈRES

ROBIN HEYMANS

**TRAVAIL DE FIN D'ÉTUDES PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE
MASTER BIOINGÉNIEUR EN GESTION DES FORÊTS ET DES ESPACES NATURELS**

ANNÉE ACADÉMIQUE 2019-2020

CO-PROMOTEURS: BARBARA HAUREZ ET JEAN-LOUIS DOUCET

© Toute reproduction du présent document, par quelque procédé que ce soit, ne peut être réalisée qu'avec l'autorisation de l'auteur et de l'autorité académique¹ de Gembloux Agro-Bio Tech.

Le présent document n'engage que son auteur.

¹ Dans ce cas, l'autorité académique est représentée par les promoteurs membre du personnel enseignant de GxABT.

CARACTÉRISATION DES CACAOYÈRES DE LA RÉGION DE MAN (CÔTE D'IVOIRE) ET RECOMMANDATIONS AGROFORESTIÈRES

ROBIN HEYMANS

**TRAVAIL DE FIN D'ÉTUDES PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE
MASTER BIOINGÉNIEUR EN GESTION DES FORÊTS ET DES ESPACES NATURELS**

ANNÉE ACADÉMIQUE 2019-2020

CO-PROMOTEURS: BARBARA HAUREZ ET JEAN-LOUIS DOUCET

Remerciements

Dans un premier temps, j'aimerais adresser mes remerciements à mes promoteurs de mémoire, à savoir Dr. **Barbara HAUREZ**, pour ses conseils qui ont nourri mes réflexions, pour sa disponibilité ainsi que ses encouragements et le professeur **Jean-Louis DOUCET**, pour son suivi et sa précieuse relecture.

Ensuite, je remercie le professeur **Philippe LEJEUNE** pour sa disponibilité et son encadrement qui m'ont permis de réaliser les cartes de ce travail. Je remercie le professeur **Yves BROSTAUX** pour son précieux soutien en statistique. Je remercie également Dr. **Jean-François GILLET** qui a identifié, non sans peine, la majorité des espèces botaniques que j'ai photographiées dans les cacaoyères.

La réalisation de ce travail n'aurait pas été possible sans le personnel de la coopérative de **Yeyasso**. En particulier, je remercie le directeur général **Moussa YEO**, pour l'organisation de mon séjour et de mon travail en Côte d'Ivoire. J'aimerais également remercier tous les **producteurs relais** de m'avoir véhiculé jusqu'aux cacaoyères visitées, pour la facilitation des échanges avec les producteurs et pour leur sympathie. Merci à Vemo Bakayoko, Tro Tiemoko Stéphane, Bamba Jolly Constant, Oue Dely Andre Gustave, Diabate Losseni, Singo Zingbe Armel, Bakayoko Lacine, Doumbia Aboulaye, Diabate Lacine, Gue Kla Michel, Dinan Dion Pierre, Bangbe Ferdinand, Gnan Wohi Bertin. Un merci particulier à Diomande Gbongue Rickson, Tiemoko Emma Innocent et Gba Veh Dely de m'avoir hébergé à Gan, à Yapleu et à Gbombelo. Comme on dit en Yacouba : *Nouegbè*. Merci également à **Diomande** et toute sa famille pour son accueil à Douelé où j'ai passé le plus de temps. Merci à ses deux filles et ses deux femmes pour les bons repas et les moments passés ensemble.

Je remercie le projet « People, Planet and Cocoa » cofinancé par la Fondation Roi Baudouin et GALLER Chocolatiers SA, en partenariat avec GxABT, Fairtrade Belgium, No Nonsense Marketing et l'Université Nangu Abrogoua (Côte d'Ivoire). Je remercie plus particulièrement **Vicente BALSECA HERNANDEZ**, **Dominique DEROM** et le professeur **Yao Lambert KOUADIO** pour leurs précieux conseils et appuis logistiques.

La rédaction d'un mémoire n'est certainement pas sans peine. Merci à ma maman, mon papa et ma petite sœur de m'avoir soutenu et supporté dans mes moments de folie. Merci à ma grande sœur, **Alice HEYMANS**, qui m'a redonné confiance dans les moments difficiles, qui m'a apporté un soutien régulier et qui a relu mon travail. Merci à ma bonne-maman, **Monique DAMMAN**, de m'avoir recueilli chez elle quand j'en avais besoin en me motivant et, à mon grand-père, **Guy BLONDEEL**, qui était en pensée avec moi durant ce séjour.

Finalement, je remercie mes amis avec qui j'ai passé cinq merveilleuses années. En particulier je remercie mon cokoteur et acolyte de récupération Christophe Lacroix et ma partenaire d'étude acharnée de BAC 1, Aline Depas.

Résumé

Mondialement, le changement d'occupation des terres et plus particulièrement la déforestation est la deuxième source d'émission de CO₂ dans l'atmosphère. Cette déforestation provient à 40% de l'agriculture de rente. La Côte d'Ivoire, premier producteur de cacao du monde, a vu son couvert forestier diminuer de 84% entre 1960 et 2009 à cause des cultures de rente et particulièrement du cacao. Aujourd'hui, les producteurs de cacao vivent dans l'extrême pauvreté et sont contraints de dégrader les écosystèmes forestiers restants pour poursuivre leurs activités. De plus, le changement climatique menace la cacaoculture dans certaines zones. Dans ce contexte, le projet « *People, Planet and Cocoa* », en partenariat avec le chocolatier « Galler », propose un projet d'agroforesterie à destination des producteurs de cacao d'une coopérative située dans le centre-ouest de la Côte d'Ivoire. Ce travail a pour objectif, à partir d'un échantillonnage de 103 producteurs, de caractériser les cacaoyères de cette coopérative et de formuler des recommandations agroforestières adaptées au contexte local. Des recommandations spécifiques sont faites pour trois secteurs de la zone d'étude où des caractéristiques bien distinctes ont été identifiées, ainsi que pour trois groupes de cacaoyères caractérisées par un mode de gestion du plus au moins intensif. Par exemple, une fertilisation à base de déjections animale semble pertinente pour augmenter durablement les rendements. Par ailleurs, la diversification des revenus par la plantation d'espèces fruitières est possible. Parmi les espèces suggérées, figurent des fruitiers sauvages (par exemple *Garcinia kola* et *Beilschmiedia mannii*). Une domestication de ces espèces est suggérée. La plantation d'essences de bois d'œuvre offre des perspectives prometteuses mais n'est pas conseillée dans l'immédiat, notamment en regard des conflits avec les exploitants forestiers.

Abstract

Land use change and especially deforestation is the second largest source of CO₂ emissions in the world. Globally, forty percent of all deforestation comes from cash crops. In Ivory Coast, the world's leading cocoa producer, forest cover decreased by 84% between 1960 and 2009 due to cash crops like cocoa. Today, cocoa farmers live in extreme poverty and are compelled to damage the last remaining forest patches to continue their activities. In addition, climate change is threatening cocoa cultivation in some areas. A new project called "*People, Planet and Cocoa*", resulting from a partnership including the chocolate maker "Galler", aims to implement an agroforestry project for the cocoa producers of a cooperative in West Central Ivory Coast. Based on a sample of 103 producers, this study characterizes the cocoa fields of this cooperative and provides locally adapted agroforestry recommendations. Specific recommendations are made for three parts of the study area where distinct characteristics have been identified as well as for three groups of cocoa farms characterized by three levels of management intensity. For example, fertilization based on animal manure may be relevant to increase yields. Moreover, income diversification through the planting of fruit tree species is suggested, especially forest fruit trees (like *Garcinia kola* and *Beilschmiedia mannii*). Domestication of these species is advised. The planting of timber species offers promising insights but is not advisable in the immediate future, especially regarding the current conflicts with loggers.

Table des matières

1.	Introduction	1
1.1.	De l'agriculture de rente à la nécessité d'une transition agroécologique	1
1.2.	Le cas du cacao.....	1
1.3.	Le cacao en Côte d'Ivoire.....	3
1.4.	Les menaces liées au changement climatique	4
1.5.	L'agroforesterie comme solution ?.....	6
1.6.	Contexte et objectifs de l'étude	8
2.	Matériels et méthodes.....	9
2.1.	Description de la zone d'étude	9
2.2.	Echantillonnage des producteurs de cacao	11
2.3.	Données collectées sur le terrain	11
2.4.	Occupation du sol.....	12
2.4.1.	Les producteurs de cacao et leur exploitation agricole.....	12
2.4.2.	Les cacaoyères.....	12
2.5.	Analyse des données	13
2.5.1.	Carte d'occupation du sol.....	13
2.5.2.	Description des cacaoyères, des producteurs et des exploitations.....	15
2.5.3.	Détermination des variables les plus influentes pour l'estimation du rendement	16
2.5.4.	Classification des cacaoyères	16
3.	Résultats	18
3.1.	Cartographie	18
3.2.	Description des producteurs	21
3.2.1.	Ethnie et origine	21
3.2.2.	Age, genre et composition du ménage.....	21
3.2.3.	Niveau d'éducation.....	22
3.2.4.	Origine des revenus	22
3.3.	Description des exploitations	22
3.3.1.	Cultures de rente.....	22
3.3.2.	Cultures vivrières.....	23
3.3.3.	Élevage	25
3.4.	Description des cacaoyères échantillonnées et classification.....	27
3.4.1.	Caractéristiques	27
3.4.2.	Cultures associées aux cacaoyères	34
3.4.3.	Classification des cacaoyères	36

3.5.	Agroforesterie.....	39
3.5.1.	Espèces plantées	40
3.5.2.	Espèces naturelles.....	42
4.	Discussion et recommandations	46
4.1.	Cartographie et aménagement du territoire	46
4.2.	Exploitations.....	46
4.3.	Cacaoyères.....	47
4.3.1.	Variétés de cacao	47
4.3.2.	Facteurs influençant le rendement.....	47
4.3.3.	Facteurs limitants de la production.....	48
4.3.4.	Recommandations par rapport à la classification des cacaoyères	49
4.3.5.	Recommandations par rapport à la localisation.....	50
4.4.	Espèces agroforestières	50
4.4.1.	Espèces domestiquées	50
4.4.2.	Espèces naturelles.....	52
5.	Conclusion et perspectives de recherche	54
6.	Bibliographie	55
7.	Annexes	61
7.1.	Annexe 1: Questionnaire	61
7.2.	Annexe 2 : Liste des arbres sauvages identifiés au rang de l'espèce.....	68
7.3.	Annexe 3 : Liste des arbres sauvages non identifiés au rang de l'espèce ou dont l'identification est incertaine.....	70

Liste des abréviations

ACP	Analyse en composantes principales
AFDM	Analyse factorielle de données mixtes
CNRA	Centre National de Recherche Agronomique
ESA	European Space Agency (Agence spatiale européenne)
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations (Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture)
ICCO	International Cocoa Organization
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat)
NPK	Azote (N), phosphore (P) et potassium (K)
PIB	Produit Intérieur Brut
REDD	Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation
RF	Random Forest (forêts aléatoires)
%INMSE	The percentage INcrease in the Mean Squared Error (pourcentage d'augmentation de l'erreur quadratique moyenne)

1. Introduction

1.1. De l'agriculture de rente à la nécessité d'une transition agroécologique

L'agriculture de rente est responsable de 40% de la déforestation dans les pays tropicaux. En Afrique, elle est responsable de 35% de la déforestation. C'est ce qui ressort de l'étude de Hosonuma *et al.* (2012) portant sur 46 pays tropicaux et subtropicaux, couvrant ainsi 78% des forêts tropicales et subtropicales. Ce constat a des implications directes sur deux sujets de plus en plus abordés dans la littérature scientifique, le changement climatique et la biodiversité (Legagneux *et al.*, 2018). En effet, à l'échelle mondiale, la deuxième plus grande source d'émission de CO₂ dans l'atmosphère, après les combustibles fossiles est le changement d'occupation des terres, et plus particulièrement la déforestation (IPCC, 2013). De plus, les forêts tropicales et subtropicales contiendraient environ deux-tiers des espèces du globe (Raven, 1980 ; National Academy of Sciences, 1988). Lenzen *et al.* (2012) proposent une approche originale pour comprendre la contribution des différents pays du monde à la destruction de la biodiversité. En considérant la menace sur la biodiversité comme un bien qui est importé et/ou exporté, les plus grands importateurs nets de menace sur la biodiversité sont les « pays développés ». Les Etats-Unis et l'Europe étant les deux premiers du classement. Les exportateurs nets de menace sur la biodiversité sont des pays tropicaux et subtropicaux en voie de développement. Cette étude met en perspective la responsabilité des grandes nations importatrices de biens face à la destruction de la biodiversité. Du point de vue économique, plusieurs études montrent que les cultures de rente améliorent la sécurité alimentaire des agriculteurs qui les pratiquent (Kuma *et al.*, 2018 ; Hettig *et al.*, 2017). Cependant, cela n'est pas toujours avéré (Dewey, 1981 ; DeWalt, 1993). De plus, à une échelle plus globale, le secteur agricole est le plus touché par la pauvreté. Près de 50% des agriculteurs dans le monde vivent dans la pauvreté. Parmi eux, environ 20% vivent dans l'extrême pauvreté (Castaneda *et al.*, 2018). Les personnes vivant dans la pauvreté et dans l'extrême pauvreté sont respectivement définies comme celles vivant avec moins de 3,10\$ et 1,90\$ par jour. Pour être comparable à l'échelle internationale, ces seuils ont été déterminés à partir de la parité de pouvoir d'achat de 2011 (World Bank, 2018).

L'agroécologie est une voie intéressante permettant de faire face aux enjeux actuels de l'agriculture tout en répondant à de nombreux objectifs de développement durable proposés par l'Organisation des Nations Unies (FAO, 2018 ; Sachs *et al.*, 2019). Gliessman (2018) propose la définition suivante: "*Agroecology is the integration of research, education, action and change that brings sustainability to all parts of the food system: ecological, economic, and social.*". Les problématiques évoquées précédemment peuvent trouver des solutions à travers la pratique de l'agroécologie. Selon la FAO, elle offre la possibilité d'atténuer le changement climatique, de préserver la biodiversité et de réduire la pauvreté. D'autres avantages potentiels sont la réduction de la faim, l'amélioration du bien-être et de la santé, l'amélioration de l'autonomie des femmes, la bonne gestion de l'eau et le développement économique durable (FAO, 2018).

1.2. Le cas du cacao

Le cacaoyer ou *Theobroma cacao* L. (Malvaceae) est originaire du bassin amazonien en Amérique du sud. Dans son milieu naturel il pousse sous la canopée des arbres ou le long de rivières en bord de forêt (Lass *et al.*, 1985). La température moyenne annuelle optimale pour le cacao se situe entre 22 et 25°C (tolérance entre 20 et 27°C). Les précipitations moyennes annuelles optimales sont comprises entre 1200 et 3000mm (tolérance entre 900 et 7600mm) (FAO, 2007 cité par Schroth *et al.*, 2016).

En 2015-2016, 74% du cacao était produit en Afrique, soit l'équivalent de 2,9 millions de tonnes de cacao (ICCO, 2016 cité par Pipitone, 2016). Les plus grands producteurs de cacao du monde sont par ordre d'importance : la Côte d'Ivoire, le Ghana et l'Indonésie (Figure 1). En 2018, la proportion de cacao produite dans ces trois pays correspondait respectivement à 37,4%, 18,0% et 11,3% (FAOSTAT, 2020).

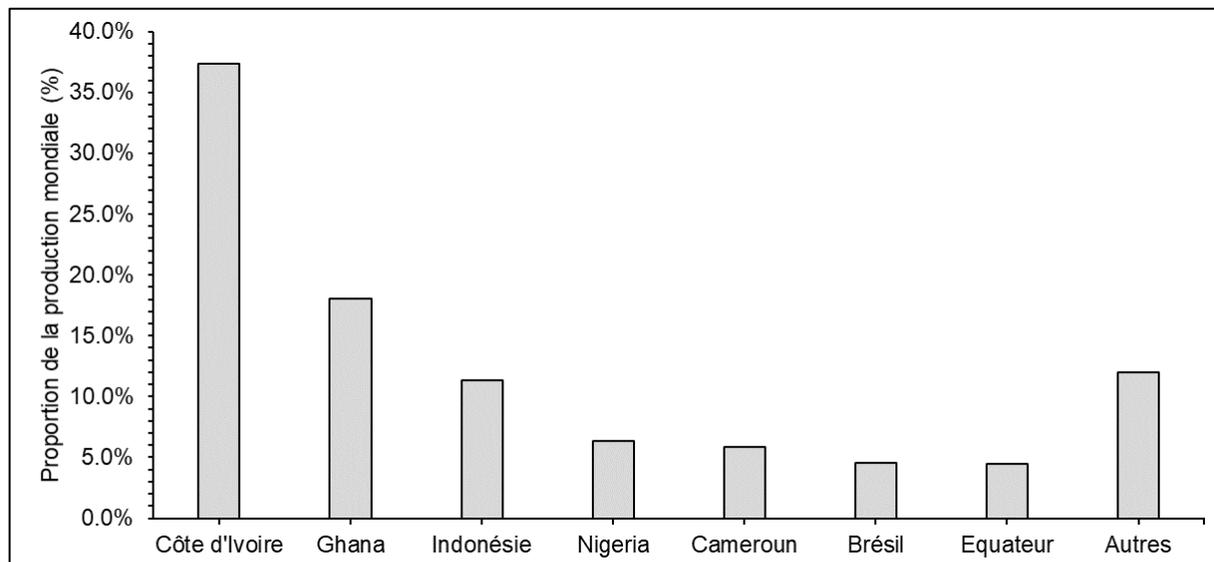


Figure 1. Répartition par pays de la production mondiale de cacao en 2018. Source des données : FAOSTAT (2020).

Les rendements en cacao de ces grandes nations productrices sont faibles. En Afrique, les raisons principales de ces faibles rendements sont les maladies et les ravageurs, le vieillissement des cacaoyères et le manque de fertilité du sol (Wessel & Quist-Wessel, 2015). En 2018, le rendement moyen en Côte d'Ivoire était de 489 kg.ha⁻¹ et au Ghana il était de 530 kg.ha⁻¹ (FAOSTAT, 2020). Au Ghana, les rendements sont plus ou moins constants depuis 2012. En revanche, en Côte d'Ivoire ces rendements sont à la baisse depuis 2000 et sont maintenant inférieurs à ceux du Ghana (Figure 2). Les principales causes de ces faibles rendements en Côte d'Ivoire sont les ravageurs et les maladies, le vieillissement précoce des cacaoyères non ombragées et le manque d'accès aux intrants (Wessel & Quist-Wessel, 2015). D'autres facteurs expliquant ce faible rendement sont le matériel végétal non contrôlé (« tout-venant »), le manque d'entretien et la densité de plantation non respectée. Le manque d'entretien concerne dans ce cas une utilisation rare d'engrais, une fréquence de désherbage trop faible et une utilisation de produits phytosanitaires et d'insecticides sous les normes recommandées (Assiri *et al.*, 2009). Au Ghana, les cacaoyères sont plus ensoleillées et l'application d'engrais est plus importante (Gockowski & Sonwa, 2011). Cependant, les rendements sont à peine plus élevés qu'en Côte d'Ivoire et sont tout de même considérés comme trop faibles (Asare *et al.*, 2018). En Indonésie, le rendement moyen de 2018 était de 354 kg.ha⁻¹ alors qu'il était de 849,5 kg.ha⁻¹ en 2006 (FAOSTAT, 2020). Cette chute de rendement est due au vieillissement des cacaoyères et à l'émergence des maladies et ravageurs (Schaad, & Fromm, 2018).

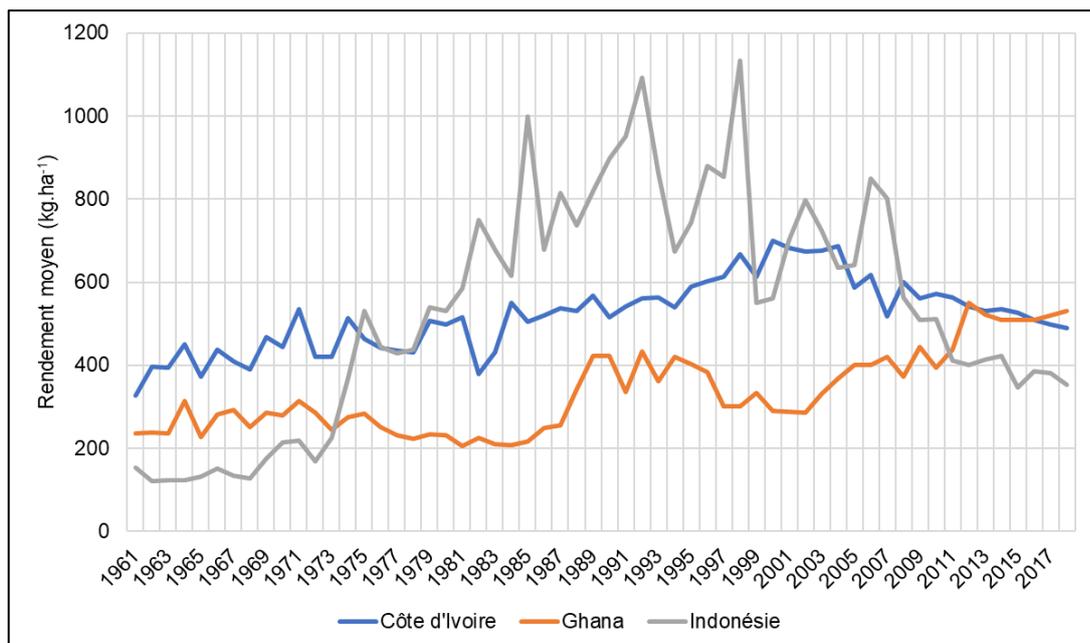


Figure 2. Evolution du rendement moyen de 1961 à 2018 chez les trois plus grands producteurs de cacao actuels. Source des données : FAOSTAT (2020).

Le premier consommateur de fèves de cacao est l'Europe des Quinze, suivie des Etats-Unis, la consommation de fèves de cacao au sein d'un pays étant corrélée positivement avec son PIB (ICCO, 2016 cité par Pipitone, 2016). Les dommages occasionnés par la culture de cacao dans les pays producteurs sont ainsi indirectement provoqués par les importations des pays développés. En Afrique de l'Ouest, de 1988 à 2007, 2,3 millions d'hectares de forêt dense humide ont été perdus. Le moteur principal de déforestation a été la pratique d'une agriculture extensive, utilisant peu d'intrants (Gockowski & Sonwa, 2011). Un important défi à relever par les grandes nations productrices de cacao, est la mise en place d'une cacaoculture durable sur une surface de terre moins importante (Wessel & Quist-Wessel, 2015).

A l'échelle mondiale, 90% des producteurs de cacao sont des petits propriétaires possédant moins de 5 ha de plantation cacaoyère (de Lattre-Gasquet, 1998). Contrairement aux consommateurs de cacao, les producteurs de cacao de Côte d'Ivoire, du Ghana, du Nigeria et du Cameroun, vivent dans l'extrême pauvreté (moins de 1,90\$ par jour) (Oomes *et al.*, 2016). L'origine de cette pauvreté provient en grande partie du faible prix d'achat du cacao au producteur. En effet, les producteurs n'ont presque pas de pouvoir de négociation. Une autre raison est la faible productivité des cacaoyères (Oomes *et al.*, 2016).

1.3. Le cacao en Côte d'Ivoire

La Côte d'Ivoire est le premier producteur et exportateur de cacao au monde. En 2018, le pays a contribué à 37,4% de la production mondiale. En termes de masse, cela correspond à une production nationale de 1 963 949 tonnes de fèves de cacao sur une production mondiale de 5 252 377 tonnes (FAOSTAT, 2020). Le cacao représente 15% du PIB du pays et 35% des recettes d'exportation. Il est le moyen de subsistance d'environ un tiers de la population. Les producteurs sont pour 95% des petits producteurs possédant en moyenne 2 à 5 ha (Kouamé, 2010).

A la fin du 19^{ème} siècle, la forêt dense humide de Côte d'Ivoire couvrait 16 millions d'hectares (Aké-Assi & Boni, 1988, cité par Koné *et al.*, 2014). De 1960 à 2009, la déforestation est considérable : en 50 ans, la surface couverte par les forêts denses humides ivoiriennes passe de 8,45 millions d'hectares à 1,385 millions d'hectares (Koné *et al.*, 2014). Cette perte de 83,6% du couvert forestier est associée à la

pression démographique, l'expansion des cultures de rente, les feux de brousse, l'exploitation de bois et l'ouverture de routes. De 2002 à 2011, la Côte d'Ivoire subit une crise politico-militaire menant à de grands déplacements de populations. La conséquence directe est la conquête de nouvelles forêts, y compris de forêts classées² (Ruf, 2018 ; Dabalen & Paul, 2014). Une autre raison du déplacement de population vers les forêts est le faible rendement de cacao occasionné par le vieillissement des cacaoyères et par le mode de culture extensif du cacao (Wessel & Quist-Wessel, 2015). Ce mode de culture extensif du cacao s'explique par l'exploitation de la rente forestière associée à la cacaoculture : les producteurs de cacao colonisent les forêts pour trouver des terres fertiles et y implémentent leurs cacaoyères (Ongolo *et al.*, 2018). Dans son rapport d'enquête nommé « *Chocolate's Dark Secret* », l'organisation à but non lucratif *Mighty Earth* dénonce les achats de cacao par les commerçants. Le cacao acheté serait en partie issu de forêts classées et de parcs nationaux. L'organisation pointe notamment les trois plus grands commerçants : Olam, Cargill et Barry Callebaut (Mighty Earth, 2017). Une étude de Barima *et al.* (2016) sur la forêt classée du Haut-Sassandra (102 400 ha à sa création) révèle qu'à la suite des conflits, entre 1997 et 2015, le couvert forestier est passé de 93% à 28,46%. La principale cause de déforestation est la cacaoculture. Dans cette forêt, la perte de la richesse floristique a été estimée à 40%. Durant la période de crise, de grandes migrations s'opèrent depuis les pays adjacents vers les forêts de Côte d'Ivoire, ce qui renforce encore la pression de déforestation (Babo, 2010 cité par Andrieu *et al.* 2016).

Une conséquence directe de la déforestation est la mise à mal du système économique ivoirien, intimement lié aux ressources forestières depuis sa colonisation, notamment pour le café, le cacao et le bois d'œuvre. C'est pourquoi, la reconstitution de la rente forestière ivoirienne présente un intérêt économique majeur (Léonard & Ibo, 1994).

Considérant les surfaces de forêt tropicale guinéenne restantes et la faible productivité des cacaoyères ivoiriennes, une voie possible est l'intensification de la cacaoculture (Assiri *et al.*, 2009 ; Gockowski & Sonwa, 2011). L'intensification peut se faire avec l'enseignement des bonnes pratiques agricoles aux producteurs, des prix d'achat du cacao plus attractifs et une meilleure accessibilité aux intrants (Assiri *et al.*, 2009).

1.4. Les menaces liées au changement climatique

Depuis 1950, l'intensité et la fréquence des sécheresses en Afrique de l'Ouest sont à la hausse, la fréquence des jours chauds a augmenté, ainsi que l'intensité des pluies (IPCC, 2014). Les projections indiquent que la fréquence des jours chauds va encore s'accroître (IPCC, 2014). Des conséquences possibles de l'intensification des sécheresses sur les cacaoyères sont le flétrissement des pieds de cacao, la réduction de la taille des fèves de cacao, l'augmentation des dégâts d'insectes, l'avortement des fleurs et plus généralement la diminution des rendements (Dohmen *et al.*, 2018). Dans leur étude, Gateau-Rey *et al.* (2018) ont observé une diminution de 89% du rendement et une mortalité de 15% des pieds de cacao en lien avec une sécheresse causée par le phénomène *El Niño*.

Les projections liées au changement climatique prévoient une diminution des zones adaptées à la culture du cacao en Côte d'Ivoire (Bunn *et al.*, 2018). Cette diminution serait principalement observée au niveau de la zone de transition forêt-savane. Cependant, dans le sud-ouest de la Côte d'Ivoire, le climat pourrait devenir plus humide et plus propice à la culture du cacao. Les zones d'altitude devraient également

² Une forêt classée est définie par le code forestier ivoirien de 2019 comme étant "La forêt incorporée comme telle dans le domaine forestier de l'Etat en vertu d'un acte réglementaire définissant ses limites et son affectation." Les usages des forêts classées cités par le code forestier sont notamment : la stabilisation du régime hydrique et du climat, la protection des sols et des pentes contre l'érosion, la protection de la diversité biologique et la satisfaction durable des besoins en produits forestiers.

présenter des conditions climatiques plus favorables (Läderach *et al.*, 2013). De manière générale, les zones plus adaptées devraient se trouver dans les régions avec un couvert forestier encore bien présent, notamment en raison des précipitations plus importantes (Bunn *et al.*, 2018). Une potentielle conséquence de ces modifications de la répartition des conditions climatiques adaptées à la culture du cacao serait donc de nouveaux déplacements des producteurs de cacao vers les forêts (Schroth *et al.*, 2016). Contrairement aux dernières tendances, qui vont vers l'abattage des arbres dans les cacaoyères, plusieurs études suggèrent qu'il sera nécessaire d'accompagner les cacaoyères avec des arbres d'ombrage pour limiter directement les impacts du changement climatique (Schroth *et al.*, 2016 ; Asare *et al.*, 2018 ; Ofori-Boateng & Insah, 2014). Cependant, dans des conditions de sécheresse extrême, qui seront probablement plus fréquentes à l'avenir, les arbres d'ombrage pourraient entrer en compétition avec les cacaoyers pour la ressource en eau. Dans leur étude, Abdulai *et al.* (2017) observent cet effet avec *Albizia ferruginea*, une espèce légumineuse et agroforestière, et suggèrent d'autres études à ce sujet en Afrique de l'Ouest. A une échelle plus globale, les pratiques agroforestières permettront de stocker du carbone et de participer à la lutte contre le changement climatique (Andres *et al.*, 2016).

Schroth *et al.* (2016) proposent différents modes de gestion des cacaoyères en fonction des projections de l'évolution du climat. La Figure 3 présente un indice d'adaptabilité climatique (en pourcents) à la culture du cacao au niveau de la ceinture cacaoyère selon les projections pour 2050 et la variation de cet indice entre la situation actuelle et 2050. Les modes de gestions sont exposés dans le Tableau 1.

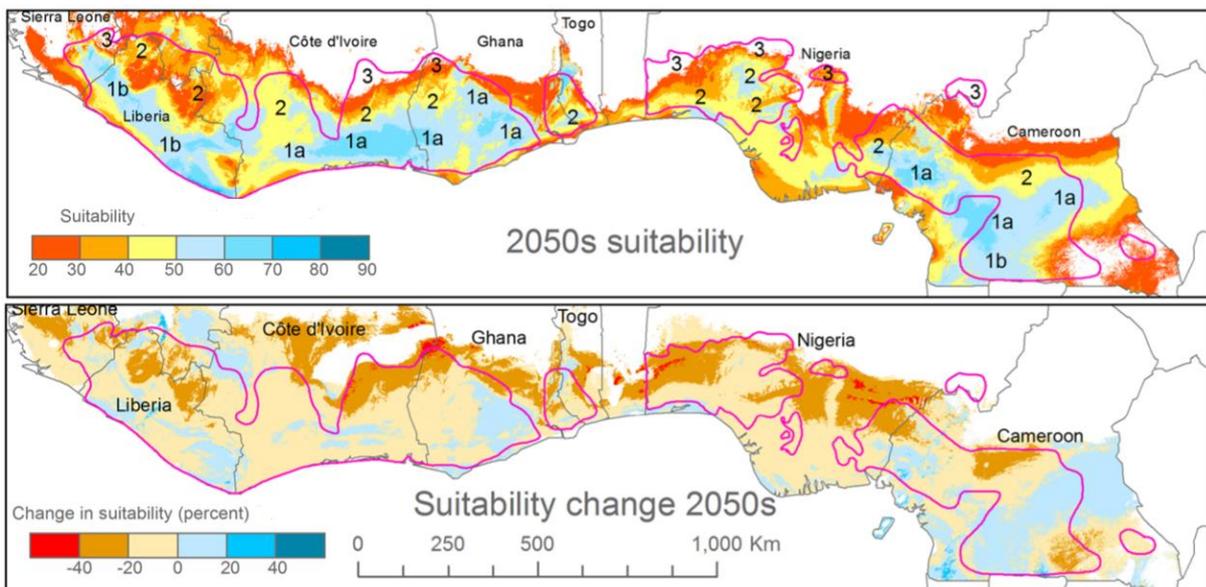


Figure 3. Indice d'adaptabilité climatique à la culture du cacao au niveau de la ceinture cacaoyère selon les projections pour 2050 (en haut) et variation de cet indice entre la situation actuelle et 2050 (en bas). La ligne rouge indique les zones de production de cacao. Source : Schroth *et al.* (2016).

Tableau 1. Recommandations pour les cacaoyères en fonction de l’adaptabilité actuelle de la zone pour le cacao, de l’adaptabilité future et de l’occupation majoritaire ou non majoritaire de la zone par la cacaoculture. Adapté de Schroth *et al.* (2016).

Actuellement bien adaptée (indice > 50%)		Actuellement moyennement adaptée (20% > indice > 50%)	
A l’avenir bien adaptée (indice > 50%)		A l’avenir moyennement adaptée (20% > indice > 50%)	
A l’avenir faiblement adaptée (indice < 20%)			
Le cacao est la culture principale	Le cacao n’est pas la culture principale	Le cacao est la culture principale	Variable
Intensification (1a de la Figure 1)	Expansion dans les jachères et les autres terres agricoles (1b de la Figure 1)	Diversification des cultures (2 de la Figure 1)	Conversion vers d’autres cultures (3 de la Figure 1)

1.5. L’agroforesterie comme solution ?

En Côte d’Ivoire, le cacao a d’abord été cultivé en forêt. Cependant, durant les années soixante, la cacaoculture en plein soleil est encouragée par le gouvernement (Andres *et al.*, 2016 ; Koko *et al.* 2013), le retrait des arbres d’ombrage augmentant les rendements à court terme (Cunningham & Lamb, 1958 ; Johns, 1999 ; Tschardtke *et al.*, 2011). Par la suite, vers la moitié des années septante, une nouvelle variété de cacao, communément appelée « Ghana », est introduite en Côte d’Ivoire. Cette variété originaire du haut de l’Amazonie et ses hybrides sont plus adaptés à la culture sans ombrage et remplacent petit à petit les variétés de cacao *Amelonado* communément appelées « Français » (Schroth *et al.*, 2004). Ces deux variétés, *Ghana* et *Français*, appartiennent au groupe des *Forasteros* (Koua *et al.*, 2018). Au 21^{ème} siècle, une nouvelle variété améliorée « Mercedes » fait son apparition (Abdoulaye *et al.*, 2016). Cette variété hybride, développée par le Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) de Côte d’Ivoire, produit plus rapidement (à 2 ans au lieu de 5 ans), offre de meilleurs rendements (jusqu’à 3000 kg.ha⁻¹) et résiste, comme la variété *Ghana*, à un faible ombrage (Koua *et al.*, 2018 ; Yapo *et al.*, 2013 ; Verdeaux, 2003 cité par Vroh *et al.*, 2019). Elle s’est fortement répandue grâce à la distribution gratuite de ses semences (Yapo *et al.*, 2013). Finalement, en 2009, entre 70 et 90% des cacaoyères ivoiriennes étaient cultivées avec moins de 10 arbres à l’hectare (Assiri *et al.*, 2009).

Dans la synthèse d’Andres *et al.* (2016) de nombreux avantages sont associés à l’agroforesterie en cacaoculture. Elle permet d’obtenir divers produits forestiers non ligneux tels que : du bois de chauffe ou de construction, des fruits ou autres denrées alimentaires, et des éléments utilisés en médecine. Ces produits permettent aux producteurs de cacao d’être plus résilients face à la fluctuation des prix du cacao et aux dommages des cultures. Les autres avantages de l’agroforesterie en cacaoculture sont : une meilleure pollinisation, des rendements stables à long terme, une durée de vie accrue des cacaoyers, une lutte naturelle contre les ravageurs, la conservation de la biodiversité, la séquestration de carbone, le maintien ou l’amélioration de la fertilité, la protection des bassins versant et la réduction de la déforestation (Andres *et al.*, 2016 ; Blaser *et al.*, 2018). La quantité de nutriments, particulièrement d’azote et de phosphore, est significativement plus élevée dans les cacaoyères ombragées (Ofori-Frimpong, 2007). Des effets positifs sur la teneur en azote et en carbone à l’échelle des arbres ont également été observés (Blaser *et al.*, 2017). L’impact positif sur la fertilité du sol est probablement lié à une décomposition de la matière organique plus efficace dans les cacaoyères ombragées (Ofori-Frimpong, 2007). L’agroforesterie permettrait également de réduire les dégâts sur le rendement liés à la maladie du *swollen shoot virus* (Andres *et al.*, 2018). Les avantages de l’agroforesterie sont de mieux en mieux perçus par les producteurs de cacao. D’autant plus dans les zones où le cacao est ravagé par des maladies. Cette amélioration de la perception des systèmes agroforestiers proviendrait en partie des organes de certification (Gyau *et al.*, 2014).

Les avantages cités au paragraphe précédent sont nuancés dans certains articles. L'étude de Blaser *et al.* (2017) conclut que les arbres d'ombrage n'ont pas d'effet positif sur le stockage de carbone ou la fertilité à l'échelle d'une parcelle. Bien que des effets positifs sur le carbone et l'azote dans le sol sont remarqués à l'échelle d'un arbre. De plus, Ruf (2011) recense au Ghana les désavantages des arbres associés aux cacaoyères du point de vue des producteurs de cacao. La crainte d'une augmentation du nombre de ravageurs et maladies est fortement citée. Plus particulièrement l'écureuil (*Sciuridae spp.*), prédateur de cabosses et qui utilise les arbres comme abri, et la pourriture brune (*Phytophthora megakarya*), favorisée par un taux d'humidité élevé. De plus, dans les cacaoyères à fort ombrage, les cacaoyers se développent en hauteur, ce qui rend la récolte plus compliquée.

L'effet des arbres d'ombrage sur le rendement du cacao n'est pas encore complètement compris (Snoeck *et al.*, 2016). Les données scientifiques fiables concernant l'impact de l'agroforesterie sur les rendements des plantations de cacao font notamment défaut au niveau de la Côte d'Ivoire (UN-REDD, 2018). La culture en plein soleil améliore les rendements sur le court terme. Cependant, lorsque les cacaoyers atteignent 25 à 30 ans, les rendements chutent et la quantité de ravageurs augmente, entraînant l'abandon des cacaoyères (Tscharntke *et al.*, 2011). Diverses études ont été menées au Ghana, cependant leurs résultats sont variables, voire contradictoires. Une des études montre que l'augmentation du couvert arboré de 0 à 70% a un impact négatif sur le rendement (Blaser *et al.*, 2017). A l'inverse, une autre étude montre que le rendement de cacao diminuerait seulement à partir de 70% de couvert arboré (Okali & Owusu, 1975 cité par UN-REDD, 2018). Par ailleurs, Asare *et al.* (2018) montrent qu'une augmentation de la couverture arborée de 0 à 30% entraîne une multiplication du rendement par deux. Un niveau d'ombrage de 30% permettrait d'obtenir des rendements comparables à ceux obtenus en monoculture, tout en favorisant la séquestration du carbone et la durabilité de la production (Blaser *et al.*, 2018). D'autres études en Indonésie et au Costa Rica observent un rendement inchangé avec les arbres d'ombrage (Rajab, 2016 ; Somarriba & Beer, 2011). Dans les faits, les recommandations concernant l'ombrage dans les cacaoyères sont bien souvent exprimées en nombre d'arbres par hectare et varient fortement d'un auteur à l'autre (ATIBT, 2018). La méta-analyse de UTZ (2017) ressort que le nombre d'arbres idéal par hectare se situe entre 12 et 144. Pour remédier à l'imprécision de ces recommandations, Asare & Ræbild (2016) proposent des équations allométriques pour calculer l'aire du houppier des essences agroforestières à partir du diamètre à hauteur de poitrine.

Outre la question du niveau de couverture forestière, les essences agroforestières associées au cacao doivent être prises en considération. Idéalement, les arbres d'ombrage doivent être grands et avoir un système racinaire profond (UTZ, 2017). Cela permet d'éviter la compétition avec les racines du cacaoyer qui se développent horizontalement (Niether *et al.*, 2019). Un feuillage peu dense est aussi souhaité (UTZ, 2017).

Finalement, les rendements élevés et à court terme des cacaoyères en monoculture sont attractifs pour les producteurs. Des changements économiques et techniques seront donc nécessaires pour assurer un avenir à l'agroforesterie (Ruf, 2011), qui comme mentionné plus haut, comporte de nombreux avantages mais aussi des inconvénients. A ce titre, plusieurs auteurs proposent des incitations pour le maintien des arbres ou d'une diversité d'arbres dans les parcelles de cacao. Le paiement pour le stockage de carbone est aussi proposé (Clough *et al.*, 2009 ; Tscharntke *et al.*, 2011 ; Steffan-Dewenter *et al.* 2007 ; UN-REDD, 2018).

1.6. Contexte et objectifs de l'étude

Le présent travail s'inscrit dans le cadre du projet « *People, Planet and Cocoa* ». Ce projet résulte d'un partenariat entre le chocolatier « Galler », la coopérative « Yeyasso », Gembloux Agro-Bio Tech (Université de Liège) et la société de consultance « *No nonsense marketing* ». Le projet a pour cible les producteurs de la coopérative de café et de cacao de la coopérative « Yeyasso ». Cette coopérative est située à Man dans l'ouest de la Côte d'Ivoire. L'objectif du projet est l'amélioration des pratiques agricoles des producteurs de « Yeyasso » pour leur assurer une meilleure résilience et une meilleure durabilité face aux enjeux présentés précédemment. L'agroforesterie sera développée afin de limiter les impacts des conditions climatiques variables et diversifier les revenus des producteurs de cacao. Concrètement, des arbres fruitiers et des arbres produisant du bois d'œuvre seront produits en pépinière, dans la région du projet, afin d'être distribués aux membres de la coopérative. Le projet travaillera également sur la problématique du genre pour assurer une meilleure autonomie financière et alimentaire aux femmes.

Ce travail a pour objectif de formuler des recommandations agroécologiques et agroforestières adaptées à la cacaoculture dans la région de Man. La réalisation de cet objectif passe par la réalisation d'un diagnostic de la zone d'étude, des cacaoyères et des producteurs de cacao.

Pour réaliser ce diagnostic, trois activités seront menées. Premièrement, pour décrire la zone d'étude, une carte d'occupation du sol à partir d'images satellites sera produite. Deuxièmement, une caractérisation des producteurs, de leur ménage et de leur exploitation sera réalisée. Troisièmement, les cacaoyères seront décrites et caractérisées, notamment du point de vue des espèces végétales arborées associées au cacao. A partir de ce diagnostic, une classification sera effectuée pour pouvoir formuler des recommandations adaptées au profil des cacaoyères.

2. Matériels et méthodes

2.1. Description de la zone d'étude

La zone d'étude est située en Afrique de l'Ouest, dans le centre-ouest de la Côte d'Ivoire au niveau de la région du Tonkpi (Figure 4). Deux pays sont frontaliers avec le Tonkpi, la Guinée (Conakry) et le Libéria. La ville de Man se trouve au centre-ouest de la zone d'étude. Deux villages, Gbombélo et Gan I, sont situés au nord et serviront de repères spatiaux dans le cadre de ce travail. De la même manière, deux villages, Douélé et Yapfeu, serviront de repères au sud. La Figure 4 indique également les forêts classées et parc nationaux pour donner un premier aperçu des enjeux de connectivité des forêts.

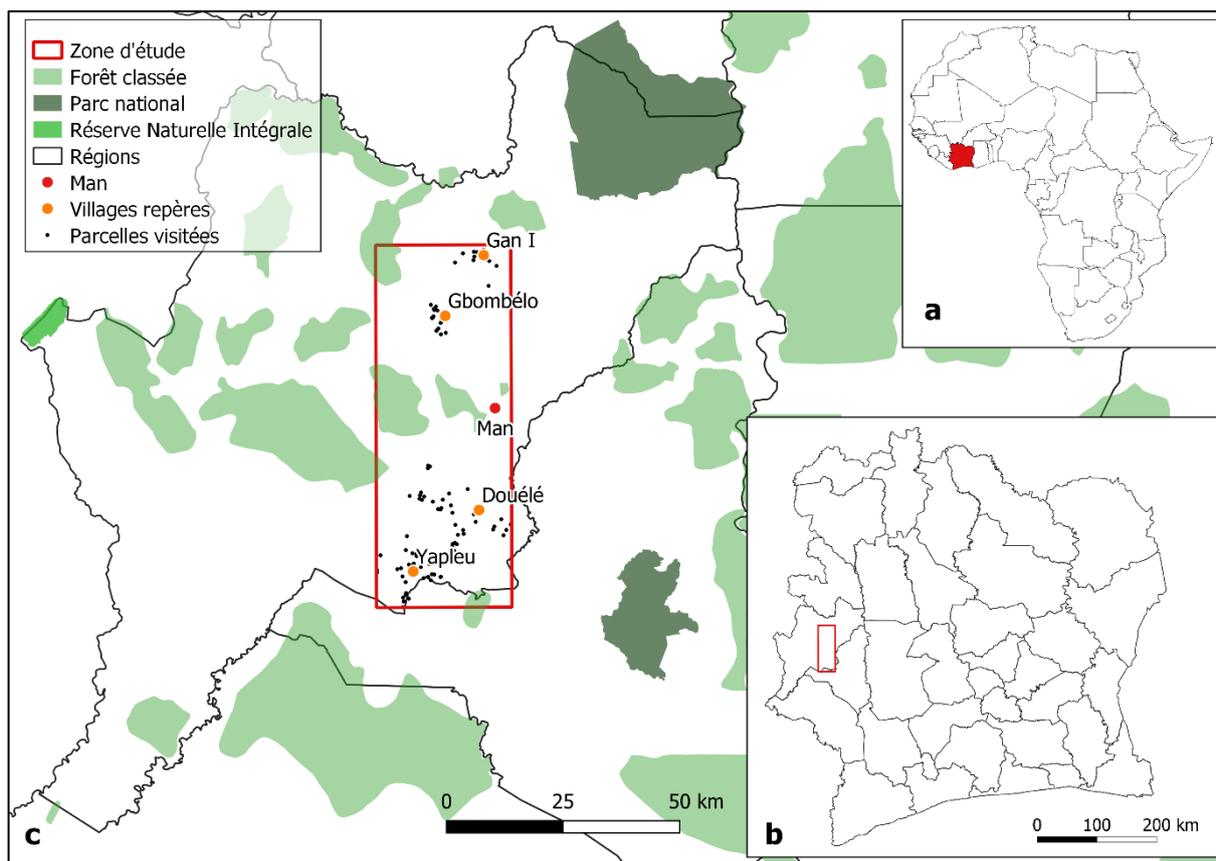


Figure 4. Localisation de la zone d'étude. La carte a indique la Côte d'Ivoire (en rouge) sur la carte de l'Afrique. La carte b indique la zone d'étude (cadre rouge) sur la carte de la Côte d'Ivoire et de ses régions. La carte c indique la zone d'étude (cadre rouge) zoomée sur la région du Tonkpi.

Au nord de Man, le relief est montagneux. La Figure 5 présente une carte topographique de la zone d'étude. Les villages visités situés au sud de Man ont une altitude comprise entre 200 et 399 mètres. Au nord, les villages se trouvent entre 400 et 799 mètres d'altitude. La Figure 5 indique également les cours d'eau principaux. La rivière du N'Zo servira de repère spatial par la suite.

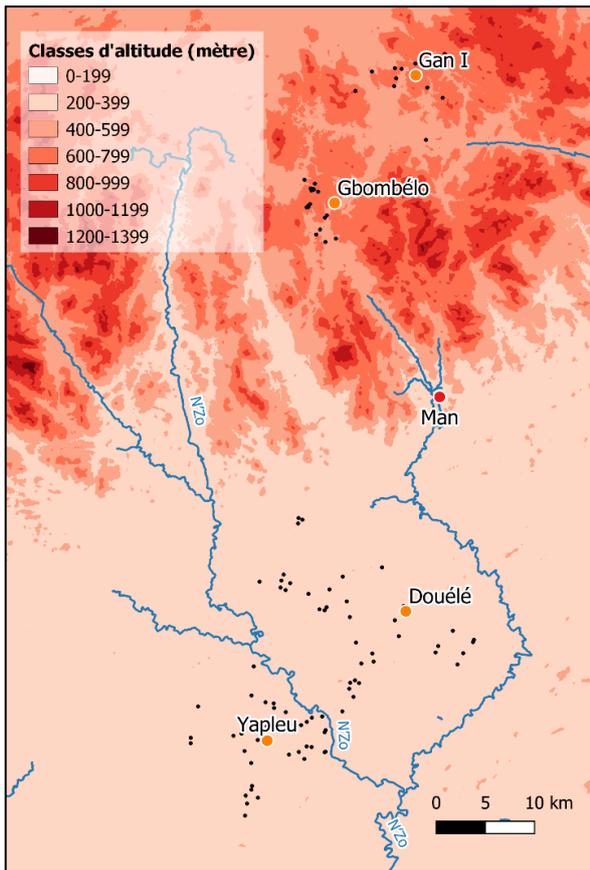


Figure 5. Carte topographique de la zone d'étude et localisation des cours d'eau principaux. Cette carte a été réalisée à partir d'un MNT de type « ALOS World 3D - 30m » (AW3D30) téléchargeable sur *Google Earth Engine* (<https://code.earthengine.google.com/>).

La zone d'étude est située dans une zone non optimale pour le cacao. La pluviométrie est suffisante mais la température moyenne annuelle est trop faible à cause du relief montagneux (Figure 6).

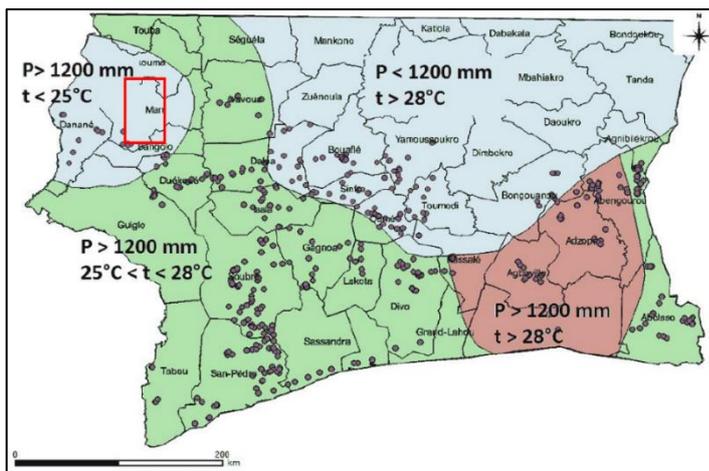


Figure 6. Carte climatique indiquant les zones de culture favorables à la cacaoculture (en vert) et les zones non favorables tout de même cultivées (en bleu et en rouge). Les températures et précipitations sont les moyennes par an. L'encadré rouge indique la position de la zone d'étude. Source : N'guessan *et al.*, 2017.

2.2. Echantillonnage des producteurs de cacao

Les producteurs échantillonnés sont issus de la population des producteurs nouvellement recrutés par Yeyasso dans le cadre du projet « *People Planet and Cocoa* ». Initialement, 1028 producteurs faisaient partie de ce projet et un échantillon de 103 producteurs a été sélectionné. La fraction sondée représente 10,0% de la population. L'échantillonnage s'est fait de manière aléatoire et simple afin que chaque producteur ait la même probabilité d'être sélectionné. La répartition spatiale des producteurs échantillonnés est présentée sur les cartes de la Figure 7. Les parcelles sont localisées dans 21 villages différents. Le village de Yapleu est le plus représenté et contient 24,3% des producteurs échantillonnés. Le deuxième village le plus représenté est Gbombélo avec 13,6% des producteurs échantillonnés qui s'y trouvent.

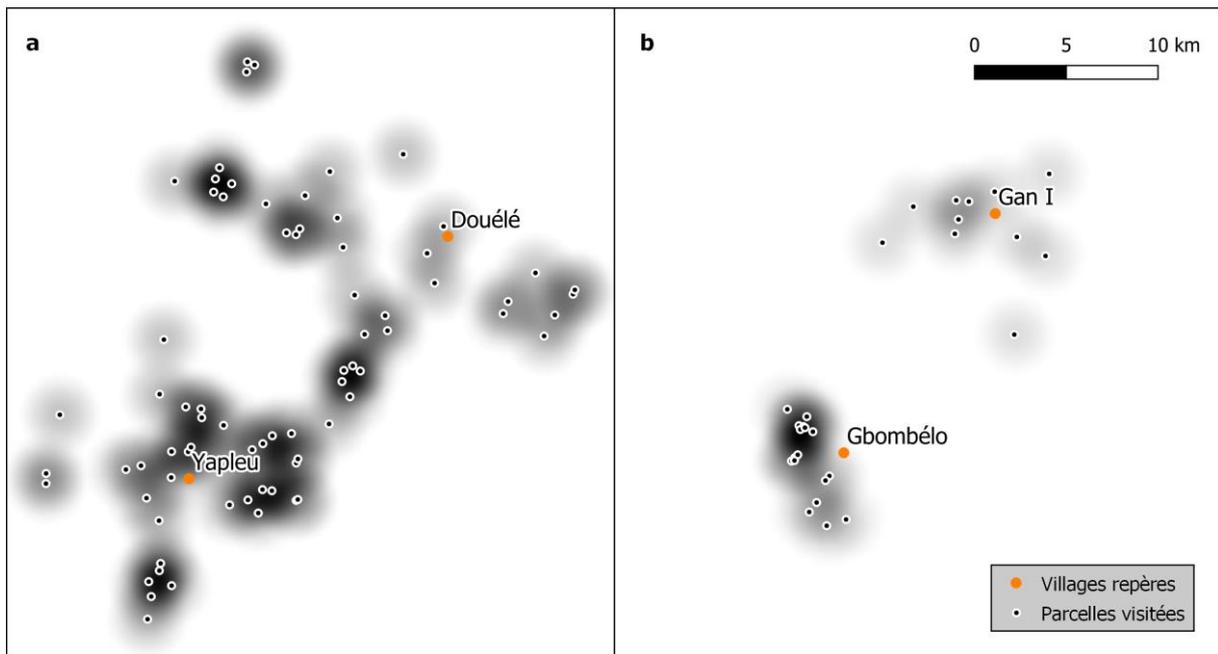


Figure 7. Cartes situant les parcelles de cacao visitées. La carte **a** présente les parcelles au sud de Man et la carte **b** présente les producteurs au nord de Man. Les nuages en nuances de noir indiquent les zones de concentration des parcelles visitées. Plus le nuage est foncé, plus la densité des parcelles visitées est élevée.

La visite des parcelles de cacao s'est faite avec les producteurs relais (PR) de la coopérative de Yeyasso. Un PR est un producteur qui enseigne les bonnes pratiques agricoles et se présente comme relais entre la coopérative et les producteurs au champ. Il appartient souvent à un village proche de ses producteurs et il a donc une bonne connaissance des pratiques locales, de la langue la plus parlée, des personnes de contact et des parcelles de cacao. Pour cette étude, les PR ont joué le rôle de guides et de chauffeurs jusqu'aux parcelles à visiter. Ils ont également joué le rôle d'interprètes pour les personnes ne parlant pas le français. Au total, 15 PR ont été mobilisés pour cette étude.

2.3. Données collectées sur le terrain

La collecte des données s'est faite à l'aide d'un questionnaire (Annexe 1). Les sujets abordés dans le questionnaire concernent le producteur, son exploitation dans l'ensemble (autres activités agricoles et non agricoles pratiquées) et sa cacaoyère. Pour vérifier et compléter les réponses aux questions, les entretiens se sont faits dans la cacaoyère du producteur interrogé.

2.4. Occupation du sol

La conception d'une carte d'occupation du sol nécessite un choix des classes à représenter. Ces classes ont été déterminées sur le terrain en observant les principales occupations du sol. Pour chaque occupation, des points GPS ont été prélevés avec un GPS Garmin eTrex® 10. Les points ont été prélevés de façon à avoir des occupations du sol les plus homogènes possible. Par exemple, les points enregistrés pour les occupations cacaoyers et caféiers se trouvaient dans des parcelles sans arbres d'ombrage.

2.4.1. Les producteurs de cacao et leur exploitation agricole

Les variables collectées concernant les producteurs étaient le nom, le sexe, l'âge, l'ethnie ou l'origine, le niveau d'éducation, le nombre d'enfants, l'âge des enfants, l'effectif du ménage, le village de résidence et l'année d'arrivée au village si le producteur n'en était pas originaire. Si le producteur n'était pas le chef de ménage, les mêmes variables ont été collectées pour le chef de ménage.

Concernant les exploitations, les variables collectées ont été : l'aire de chaque type de surface cultivée par le producteur, l'aire des jachères, l'aire des terres louées et les animaux détenus qui sont destinés à l'alimentation. Les aires ont été estimées par les producteurs. Les cultures qui étaient associées ensemble sur une même parcelle ont été relevées.

Enfin, les trois premières sources de revenu ont été demandées et classées par ordre d'importance. Si le producteur possédait un revenu particulier (par exemple un salaire ou une aide), cela a également été relevé. L'activité qui prenait le plus de temps au producteur a été demandée. Le degré d'autonomie alimentaire a aussi été évalué en relevant si le producteur produisait plus de nourriture qu'il n'en achetait.

2.4.2. Les cacaoyères

Les informations recueillies concernaient d'abord la parcelle : le régime foncier, l'année d'acquisition de la parcelle, l'occupation du sol précédente et une brève description de la parcelle (pente et type de sol). Le questionnaire s'intéressait ensuite aux cacaoyers en tant que tels : l'âge des cacaoyers, les variétés plantées, leurs modes d'acquisition et les différences éventuelles de productivité entre les variétés. Ensuite, les cultures associées avec le cacao, au moment de la plantation et au moment d'administration du questionnaire ont été listées.

Le rendement de la parcelle a été estimé en nombre de sacs ou en kilogrammes. Dans le cas où le rendement était exprimé en nombre de sacs, la capacité du sac a été demandée. Il existe des sacs de 70 et de 120 kg. En lien avec le rendement, les trois facteurs principaux limitant la production ont été relevés par ordre d'importance.

Concernant les travailleurs, le questionnaire traitait du nombre de personnes du ménage travaillant dans la cacaoyère, du recours ou non à des travailleurs extérieurs (si oui, le nombre et les tâches effectuées), la présence éventuelle d'un groupe d'entraide (le cas échéant le nombre de personnes dans le groupe) et des formations reçues.

Par rapport aux intrants, les questions ont concerné : la fréquence d'utilisation d'engrais et de pesticides, le type d'engrais ou de pesticide, les mois d'application, les ravageurs observés et les moyens de luttés utilisés.

La dernière partie du questionnaire portait sur les arbres associés à la cacaoyère. La présence ou l'absence d'arbres dans la cacaoyère a été notée, ainsi que les raisons de l'abattage des arbres en cas d'absence. Le producteur a également été interrogé sur les avantages et inconvénients généraux des arbres et au sujet des espèces qu'il aimerait planter (s'il en voulait). Enfin, tous les arbres ont été inventoriés, à l'exception des arbres de taille inférieure à celle des cacaoyers, en recueillant : le nom

français ou en langue locale, l'effectif de chaque espèce, l'origine (naturelle ou plantée) de l'espèce, la classe de circonférence (inférieure ou supérieure à 90cm), la raison du maintien et l'utilisation potentielle. L'identification des arbres les plus communs et des arbres fruitiers domestiques s'est faite sur le terrain. Les espèces inconnues ont été photographiées et identifiées par après. La classification utilisée pour les espèces est la classification APG IV³.

2.5. Analyse des données

2.5.1. Carte d'occupation du sol

La carte d'occupation du sol a été construite à partir d'images satellite Sentinel-2. La mission Sentinel-2 est composée de deux satellites permettant un temps de revisite de cinq jours sur une même tuile⁴. Chaque satellite est équipé d'un *MultiSpectral Instrument* permettant de collecter la lumière dans 13 bandes spectrales⁵ différentes (ESA, 2015). Les bandes utilisées pour ce travail sont au nombre de sept : quatre bandes d'une résolution de 10 mètres, deux bandes d'une résolution de 20 mètres et une bande avec une résolution de 60 mètres. Les caractéristiques de ces bandes sont reprises dans le Tableau 2 pour le satellite Sentinel-2B.

Tableau 2. Bandes spectrales du satellite Sentinel-2B utilisées pour la carte d'occupation du sol. Source : <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/technical-guides/sentinel-2-msi/msi-instrument>.

Bande	Longueur d'onde centrale (nm)	Largeur de bande (nm)	Résolution spatiale (m)
1	442,3	21	60
2	492,1	66	10
3	559	36	10
4	665	31	10
8	833	106	10
11	1610,4	94	20
12	2185,7	185	20

En région tropicale, la couverture nuageuse peut poser problème pour la télédétection en restreignant la visibilité de la terre ferme. Dès lors, les images sont préférentiellement choisies en saison sèche quand la couverture nuageuse est moins importante. A Man, selon des données collectées de 1982 à 2012, les cinq mois où les précipitations sont les plus faibles vont de novembre à mars. Les mois les plus secs sont janvier et décembre avec 13 et 17 mm de précipitations respectivement⁶. La recherche d'images s'est donc concentrée sur ces deux mois.

L'Agence Spatiale Européenne (*European Spatial Agency*, ESA), responsable des missions Sentinel, met à disposition des images de deux qualités différentes. Premièrement, les images level-1C qui donnent la réflectance au sommet de l'atmosphère. Deuxièmement, les images level-2A qui sont traitées à partir des images level-1C afin d'obtenir une image de la réflectance en bas de l'atmosphère. Des corrections atmosphériques sont effectuées et les nuages sont détectés (ESA, 2015). Les images level-2A sont celles utilisées pour ce travail.

³ Angiosperm Phylogeny Group. Groupe proposant une classification phyllogénétique des angiospermes.

⁴ La tuile est l'entité capturée par le *MultiSpectral Instrument*. De façon imagée, elle représente une « photo ».

⁵ Une bande spectrale est une portion du spectre électromagnétique.

⁶ Source : <https://fr.climate-data.org/afrique/cote-d-ivoire/montagnes/man-6265/>, (14/08/20).

La zone d'étude étant localisée sur deux tuiles (T29NPH et T29NPJ), une mosaïque a été construite avec l'outil *Google Earth Engine*⁷. Des images de différentes dates ont été testées et sélectionnées en fonction de leur couverture nuageuse et de leur résultat de classification d'occupation du sol. Les images retenues pour la classification sont issues du satellite Sentinel-2B et datent du 21 janvier 2019. La couverture nuageuse pour les deux tuiles est de 2,77% (T29NPH) et de 1,16% (T29NPJ). D'autres images présentaient des couvertures nuageuses inférieures. Cependant, le mosaïquage donnait des résultats de classification trop différents pour les deux tuiles.

Pour effectuer la classification, l'algorithme *Random Forest (RF)* a été utilisé dans l'interface *Orfeo ToolBox* (Grizonnet *et al.*, 2017). Cet algorithme est recommandé en télédétection par Gislason *et al.* (2006) pour son efficacité, sa précision et ses possibilités d'analyse. Il se démarque des algorithmes de classification qui l'ont précédé par la construction de nombreux arbres de décision. Dans le cas d'une classification d'images satellites, le jeu de données original est constitué de pixels provenant des zones d'entraînement dessinées pour chaque occupation du sol. Pour cette étude, les zones d'entraînement ont été dessinées à partir des points GPS pris sur le terrain et ont été complétées par interprétation visuelle sur des images à haute résolution (images *Google Earth*). La moitié des pixels de ces zones d'entraînement a été utilisée pour le jeu de données d'entrée de l'algorithme *RF* et l'autre moitié a été utilisée pour une vérification ultérieure de la validité de la classification. Chaque arbre de décision est construit à partir d'un nouveau jeu de données issu d'un rééchantillonnage aléatoire avec remise du jeu de données original. Le nouveau jeu de données a la même taille que le jeu de données original mais contient environ deux tiers des échantillons (Breiman, 2001). Cela s'explique par le tirage aléatoire avec remise qui implique la présence de doublons dans le nouveau jeu de données, et l'absence de certaines données non tirées. Une fois les arbres de décision construits, il est possible de classer de nouvelles données dont la classe est inconnue. Chaque arbre de la « forêt » attribue une classe à chacun des pixels. Pour chaque pixel, la classe finalement retenue est celle qui lui a été attribuée le plus souvent. La classification finale résulte donc d'un ensemble de modèles différents.

Le nombre d'arbres de décision choisi pour cette étude est de 100. Ce nombre d'arbres permet de classifier rapidement les images et ainsi de tester plusieurs images différentes. Une classification avec 500 arbres a été effectuée *a posteriori* à titre comparatif. La valeur de 500 est souvent utilisée dans la littérature en raison d'une stabilisation de l'erreur sous ce seuil qui est démontrée dans plusieurs études (Belgiu, 2016). De plus, 500 est la valeur par défaut dans le package *RF* de R. Cette classification nécessite cependant un temps important. En outre, d'autres études ont mis en évidence une faible influence du nombre d'arbres sur les résultats et suggèrent l'utilisation d'un nombre d'arbres inférieur à 500 (Belgiu, 2016).

Pour vérifier l'exactitude de la classification, des tests sont effectués sur les pixels de validation. Initialement, une couche contenant les classes d'occupation du sol identifiées est entrée dans l'interface *Orfeo ToolBox*. Par défaut, 50% des pixels sont utilisés pour la validation et 50% sont utilisés comme entraînement pour la classification. Ce paramètre est gardé pour cette étude.

Les pixels de vérification permettent de construire la matrice de confusion. Cette matrice indique sur sa diagonale les pixels correctement classés. Le reste de la matrice indique la répartition dans les classes des pixels mal classifiés.

A partir de la matrice de confusion, deux indices peuvent être calculés : la **précision** et le **rappel**. Soit α la classe pour laquelle l'indice est calculé, et β les autres classes. Soit *TP* (*True positive*) les pixels de la classe α correctement classés dans la classe α , *FP* (*False positive*) les pixels des classes β classés dans

⁷ Disponible en ligne à l'adresse : <https://code.earthengine.google.com/>.

la classe α , et FN (*False negative*) les pixels de la classe α classés dans les classes β . Alors la précision et le rappel sont définis par les expressions suivantes (Goutte, 2005) :

$$Précision = \frac{TP}{TP + FP} \quad Rappel = \frac{TP}{TP + FN}$$

A partir de ces deux indices, un troisième indice peut être calculé, la **F-mesure** :

$$F\text{ mesure} = 2 * \frac{Précision * Rappel}{Précision + Rappel}$$

Les indices de précision et de rappel ont tous deux une valeur minimale de 0 et une valeur maximale de 1. La précision sera d'autant plus élevée que FP est faible, et le rappel sera d'autant plus élevé que FN est faible. Enfin, la F-mesure permet d'intégrer la précision et le rappel sous un même indice. L'indice est maximal et égal à 1 quand la précision et le rappel sont égaux à 1, ce qui correspond à une classification correcte de tous les pixels de validation.

Un autre indice permet de calculer la performance globale de la classification. Cet indice, appelé **indice de Kappa** et introduit par Cohen (1960), se calcule de la façon suivante :

$$k = \frac{p_0 - p_c}{1 - p_c}$$

où p_0 est la proportion des pixels correctement classés et p_c la probabilité que les pixels soient bien classés.

L'indice de Kappa varie entre -1 et 1. Plus la valeur de l'indice est proche de 1, plus la classification, en excluant les effets du hasard, est précise (les valeurs négatives sont difficilement interprétables).

Finalement, l'image classifiée est améliorée par un **filtre de majorité** et un **tamis**. Le filtre applique sur chaque pixel la valeur la plus représentée dans un cercle centré sur ce pixel. Pour le cercle, un rayon de un pixel est choisi. Le tamis supprime les groupes de pixels d'une classe qui sont isolés et en nombre inférieur à un seuil déterminé. Il a donc un effet de « lissage » (suppression du bruit) et de limitation des erreurs de classification. Pour ce travail, le seuil est fixé à 10 pixels et un groupe est considéré comme isolé si les pixels voisins en diagonale et en vis-à-vis sont d'une autre classe.

2.5.2. Description des cacaoyères, des producteurs et des exploitations

L'analyse des données est faite avec le logiciel Microsoft® Excel® 2016 pour les statistiques descriptives. Les tests de comparaison de deux moyennes et la vérification des conditions d'application associées à ces tests sont faits sur le logiciel Minitab®. La normalité d'une population est vérifiée avec le test de Ryan-Joiner pour autant que l'effectif de la population est supérieur à 20 individus. Une interprétation graphique de la distribution de la population est faite en complément de ce test. L'évaluation de la normalité des populations pour lesquelles l'effectif est inférieur à 20 individus est faite uniquement par interprétation graphique en regardant la symétrie et le caractère unimodal ou multimodal de la distribution. Dans le cas où l'hypothèse nulle de normalité du test de Ryan-Joiner est rejetée mais que l'interprétation graphique est favorable à une normalité de la population et que la population possède un effectif d'au moins 30 individus, alors la condition d'application de la normalité est considérée comme respectée. En effet, en vertu du théorème central limite, une population suffisamment grande tend vers la normalité (la valeur de 30 est souvent citée) (Mascha & Vetter, 2018). Le test t étant robuste à la non-normalité des populations, les risques liés à une mauvaise interprétation du t test sont faibles (Edgell & Noon, 1984). Pour les populations qui ne respectent malgré tout pas la

normalité, les moyennes sont comparées avec le test non-paramétrique de Wilcoxon-Mann-Whitney. Pour les populations qui respectent la normalité, la vérification de l'égalité des variances des deux populations comparées est faite avec le test de Levene. Les populations qui ont des variances égales sont comparées avec un test t de Student, les autres sont comparées avec un test t de Welch.

2.5.3. Détermination des variables les plus influentes pour l'estimation du rendement

Pour déterminer les variables les plus influentes dans l'estimation du rendement, l'algorithme du *Random Forest* est choisi. L'algorithme du *RF* permet de classifier des variables qualitatives mais également de réaliser des régressions à partir de variables quantitatives. Pour évaluer l'importance des variables introduites dans l'algorithme dans la prédiction d'une variable cible, différents indices existent. Dans le cas de variables quantitatives, cet indice est le pourcentage d'augmentation de la variance résiduelle (%IncMSE). C'est cet indice qui permettra dans le cadre de ce travail de sélectionner les variables les plus influentes sur le rendement, la variable cible.

Pour calculer le %IncMSE, la première étape consiste à calculer la variance résiduelle⁸ de l'estimation du rendement. A cette fin, une variance résiduelle est calculée pour chaque arbre de décision avec les échantillons *Out-of-bag* (i.e. les échantillons non-utilisés pour la construction des arbres de décision de la forêt). Ensuite, une nouvelle variance résiduelle est calculée pour chaque arbre de décision, cette fois en permutant les variables prédictives (la variable cible ne bougeant pas). Ainsi, il y a pour chaque arbre deux variances résiduelles dont la différence peut être calculée. Une moyenne de ces différences est calculée pour l'ensemble des arbres (i.e. la forêt) et est normalisée en la divisant par l'écart-type de ces différences.

Il en découle qu'un %IncMSE élevé signifie que la permutation de la variable prédictive affecte fortement l'estimation du rendement. A l'inverse, un %IncMSE faible, signifie que le rendement est faiblement impacté par la variable permutée. Les variables prédictives les plus importantes pour estimer le rendement sont donc les variables qui ont le %IncMSE le plus élevé.

Les variables choisies pour cette analyse sont aussi bien quantitatives que qualitatives. Elles sont issues des caractéristiques des producteurs et des cacaoyères. Le choix des variables à considérer s'est porté sur les variables dont l'effet sur le rendement est supposé et/ou à confirmer et ayant un intérêt pour effectuer des recommandations agroécologiques. Ce choix s'est fait sur base des observations de terrain et de la connaissance du contexte de l'étude. Les variables sélectionnées sont : l'aire des cacaoyères, la localisation par rapport à Man (au nord ou au sud), le nombre d'applications de pesticides par an, la présence ou l'absence d'application d'engrais, l'âge des cacaoyères, le nombre d'arbres de circonférence inférieure à 90 cm sur une parcelle, le nombre d'arbres de circonférence supérieure à 90 cm sur une parcelle, l'âge du propriétaire de la parcelle, le sexe du propriétaire de la parcelle, l'ethnie ou l'origine des producteurs indigènes et migrants respectivement, le caractère indigène ou migrant du propriétaire et le niveau d'éducation du propriétaire.

2.5.4. Classification des cacaoyères

Afin d'identifier les variables pertinentes pour la classification des cacaoyères, différentes analyses ont été réalisées. Etant donné que des variables quantitatives et qualitatives ont été relevées, les Analyses Factorielles de Données Mixtes (AFDM) ont été utilisées dans un premier temps. Les variables exploitées dans ces analyses ont été sélectionnées sur base de la connaissance de terrain, en fonction de leur potentiel supposé pour classer les données de manière pertinente. Plusieurs AFDM ont été réalisées

⁸ La variance résiduelle est la moyenne des écarts entre la valeur prédite et la valeur réelle mis au carré. Dans le cas présent, la valeur prédite et la valeur réelle sont respectivement le rendement prédit et le rendement réel.

avec différentes combinaisons de variables, ainsi que plusieurs Analyses en Composantes Principales (ACP), pour les tests effectués sans variables qualitatives. Les variables finalement retenues sont le résultat d'un écrémage des variables ne menant pas à une séparation effective des données. Compte tenu du fait qu'aucune variable qualitative n'a été retenue, c'est l'ACP qui a été utilisée pour la classification des cacaoyères. Les ACP et AFDM ont été réalisées dans le logiciel R avec le package *FactoMineR* (Lê *et al.*, 2008). Les cinq variables sélectionnées pour la classification sont les suivantes : le nombre d'arbres de circonférence supérieure à 90 cm (N.arbres), l'âge des cacaoyères (Age.cacao), le rendement des cacaoyères en kg.ha-1 (Rendement), l'application d'engrais ou non au moins une fois par an (Engrais) et le nombre d'applications de pesticides par an (Pesticides).

L'ACP est l'étape préliminaire qui permet d'effectuer la classification de variables quantitatives. Cette analyse est bien décrite dans la littérature. Succinctement, cette analyse permet de résumer l'information en réduisant le nombre de dimensions d'un jeu de données. De nouvelles dimensions sont créées en faisant des combinaisons avec les variables initialement injectées dans l'analyse (Lê *et al.*, 2008).

La classification des cacaoyères est faite en suivant la méthodologie proposée par Husson *et al.* (2010), automatisée sur *R Studio* avec la fonction HCPC du package *FactoMineR*. Le résultat de l'ACP est la source de données de la fonction HCPC. En effet, l'ACP permet de supprimer le bruit d'un jeu de données en gardant dans les premières composantes (dimensions) les informations principales. La fonction fait une classification hiérarchique suivant la méthode de Ward. Cette méthode effectue des regroupements de façon à ce que l'augmentation de la variance du groupe soit minimum. Le nombre de groupes retenus pour la classification peut être choisi par l'utilisateur de la fonction HCPC (Husson *et al.*, 2010).

3. Résultats

3.1. Cartographie

Les classes d'occupation du sol sélectionnées sont au nombre de huit et sont les suivantes : les plantations de cacao (Cacao), les plantations de café (Café), les plantations d'hévéa (Hévéa), les bas-fonds (Bas-fonds (riz)), les plantations de palmiers à huile (Palmiers), les forêts (Forêt), les cours d'eau et points d'eau (Eau) et les zones urbaines (Urbain). Pour chaque classe, 456 pixels ont été utilisés pour l'entraînement et 456 pixels pour la validation.

La Figure 8 présente la carte d'occupation du sol du sud de Man jusqu'à Yapleu. La Figure 9 présente la carte d'occupation du sol au nord de Man. Les villages indiqués servent de repère et ont été présentés à la Figure 4. La localité de Sangouiné est ajoutée comme repère.

Dans l'ensemble, la classe Forêt est très fragmentée et elle s'étend sur de petites superficies. Les taches relictuelles de forêt sont entre autres des forêts sacrées. Les forêts classées ne ressortent pas sur la carte, les cacaoyères et les autres cultures de rente y sont abondantes.

Au sud de Man, la carte d'occupation du sol montre une forte concentration de cacaoyères à partir de Yapleu en partant vers le sud. Le cours d'eau N'Zo, situé au nord de Yapleu, limite au nord-est cette zone de forte concentration. Cette zone est également occupée par de nombreux bas-fonds et plantations d'hévéa. A hauteur de Yapleu et légèrement plus au nord, le cacao est moins abondant et il est accompagné de café, d'hévéa et de palmiers à huile (incluant les forêts secondaires, voir discussion). Entre Yapleu et Douélé, les forêts secondaires (classe Palmier) sont très présentes. Au nord de Douélé et jusqu'à Man, l'hévéa est fort présent avec des champs de plus grande surface. L'hévéa est aussi fort présent sur la route allant de Man à Sangouiné.

Au nord de Man, la classe Cacao est plus rare. Les classes Café et Forêt sont par contre plus abondantes. Les zones montagneuses dépourvues de végétation sont confondues avec l'hydrographie et les zones urbaines. Les classes Eau et Urbain ne sont donc pas interprétables.

Les pixels correspondant à des occupations du sol qui n'ont pas été sélectionnées pour la classification sont répartis dans les huit classes sélectionnées. Cela explique notamment la classification des sols nus des zones montagneuses dans les classes hydrographiques et urbaines. Pour remédier à ce problème, des classifications avec prise en compte des terrains nus dans les classes d'occupation du sol ont été effectuées. Cependant, les résultats n'ont pas permis de distinguer de manière effective les sols nus ou diminuaient la qualité de la classification des autres classes, telles que les cultures de rente, jugées prioritaires. Les erreurs liées à la classification de pixels de classes non définies, dans une classe définie, ne sont pas prises en compte dans la matrice de confusion ou les indices calculés. En effet, la matrice de confusion est construite à partir des pixels des zones d'entraînement, qui ne prennent en compte que les huit classes définies. Les indices reposent exclusivement sur la matrice de confusion.

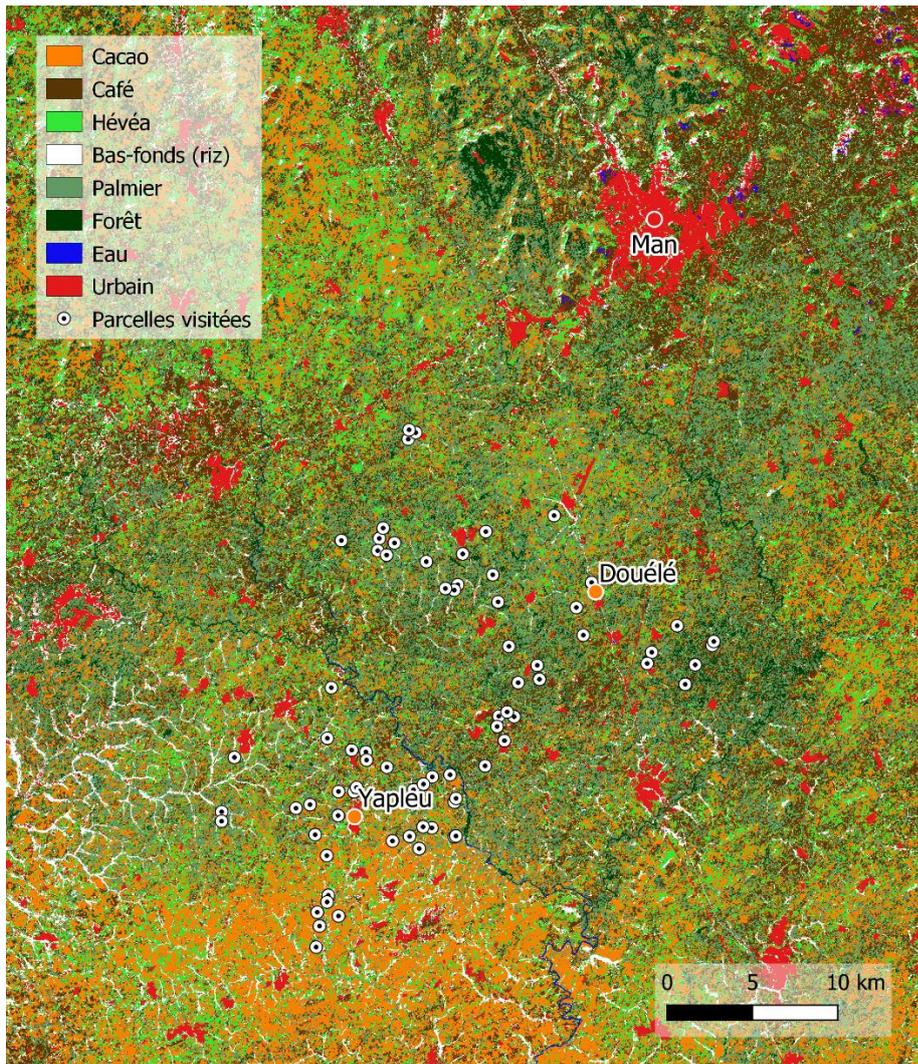


Figure 8. Carte d'occupation de Man à Yapleu obtenue par classification supervisée avec l'algorithme *Random Forest*.

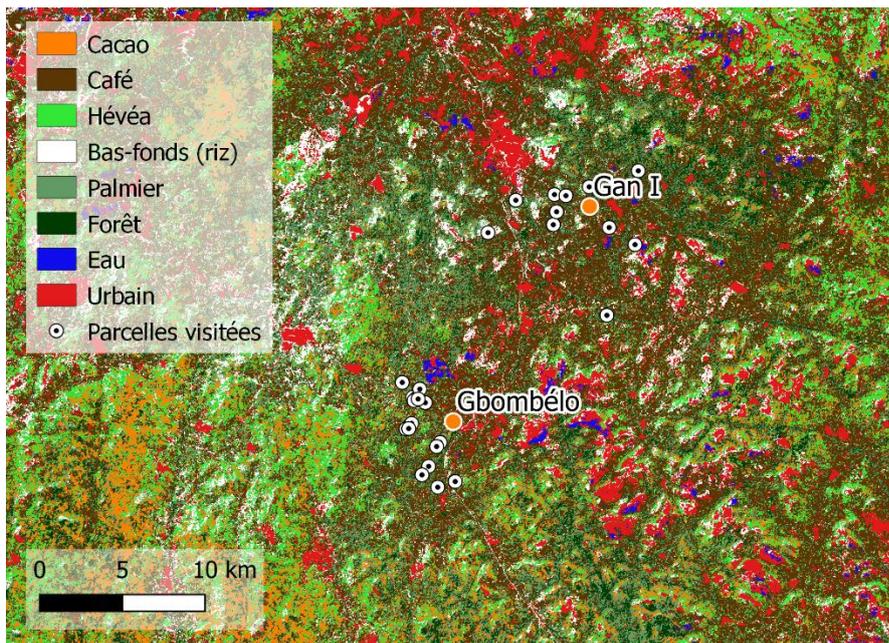


Figure 9. Carte d'occupation du sol au nord de Man, de Gbombélo à Gan I, obtenue par classification supervisée avec l'algorithme *Random Forest*.

Le Tableau 3 présente la matrice de confusion de la classification. La lecture du tableau met en évidence que 15,4% des pixels de la classe Hévée sont erronément classés dans la classe Cacao. De même, 11,8% des pixels de la classe Cacao sont erronément classés dans la classe Hévée. Enfin, 13,2% des pixels de la classe Forêt sont erronément classés dans la classe Palmier. Les autres erreurs de classification sont inférieures à 10%.

Les pixels de la classe Cacao sont correctement classés dans 81,1% des cas. Parmi les 18,9% des pixels mal classés, 11,8% des pixels sont classés dans la classe Hévée et 4,8% dans la classe Café. Septante-six pixels issus d'autres classes sont erronément classés dans la classe Cacao.

Tableau 3. Matrice de confusion de la classification.

		Pixels classés							
		cacao	café	eau	forêt	hévée	palmier	riz	urbain
Pixels de validation	cacao	185	11	0	0	27	4	1	0
	café	20	184	0	0	16	5	3	0
	eau	0	0	223	3	0	2	0	0
	forêt	1	4	0	192	0	30	1	0
	hévée	35	11	0	0	176	6	0	0
	palmier	18	20	0	2	3	184	1	0
	riz	2	1	0	0	15	1	209	0
	urbain	0	2	0	0	5	0	9	212

Pour quantifier la qualité de la classification, le Tableau 4 affiche les indices de précision, de rappel et la F-mesure calculés à partir de la matrice de confusion. Les classes sont affichées par ordre décroissant de la valeur de leur F-mesure.

Tableau 4. Indices de précision de rappel et F-mesure calculés à partir de la matrice de confusion.

	Précision	Rappel	F-mesure
eau	1	0,98	0,99
urbain	1	0,93	0,96
riz	0,93	0,92	0,92
forêt	0,97	0,84	0,90
café	0,79	0,81	0,80
palmier	0,79	0,81	0,80
cacao	0,71	0,81	0,76
hévée	0,73	0,77	0,75

L'indice de Kappa de cette classification, effectuée avec 100 arbres de décision, est de 0,8377. Pour évaluer l'amélioration potentielle de la classification avec un nombre d'arbres de décision supérieur, l'indice de Kappa a été calculé pour une classification avec 500 arbres. Cet indice est de 0,8365 et il est très légèrement inférieur à celui calculé pour une classification avec 100 arbres de décision. Il n'y a donc pas d'amélioration de la classification en augmentant le nombre d'arbres de décision.

3.2. Description des producteurs

Les informations contenues dans ce point traitent des 103 producteurs de cacao interrogés.

3.2.1. Ethnie et origine

Parmi les 103 producteurs de cacao échantillonnés, 94,2% sont originaires de Côte d'Ivoire. Ces producteurs indigènes appartiennent pour 84,6% à l'ethnie des Yacoubas. Les autres ethnies indigènes rencontrées sont les Sénoufos (5,1%), les Baoulés (3,1%), les Malinkés (2,1%), les Wobés (1,0%), les Touras (1,0%), les Lorons (1,0%), les Lobis (1,0%) et les Dioulas (1,0%). Les 5,8% des producteurs migrants proviennent du Burkina Faso (66,7%) et du Mali (33,3%). La Figure 10 résume ces informations pour les producteurs indigènes et migrants avec leurs ethnies et leurs origines respectives.

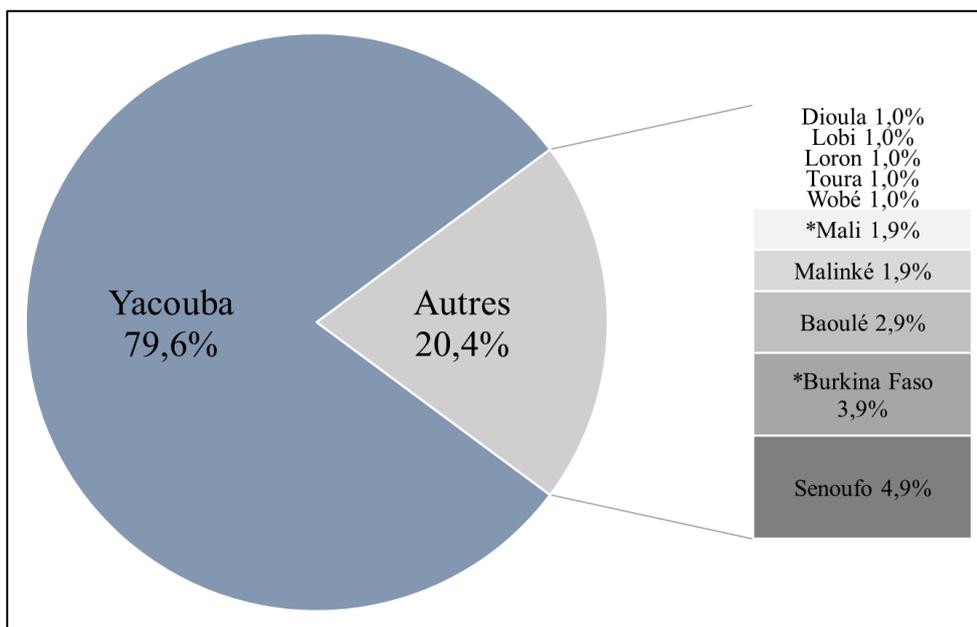


Figure 10. Répartition des ethnies (ou origines pour les migrants) au sein de la population étudiée. Les migrants sont indiqués par un astérisque.

3.2.2. Age, genre et composition du ménage

L'âge moyen de ces producteurs est de 39 ans ($\sigma = 12$), avec un âge des femmes en moyenne 3,2% plus élevé que celui des hommes. Les femmes représentent 23,3% des producteurs échantillonnés.

Le ménage des producteurs est en moyenne composé de neuf personnes. Chez les musulmans, la polygamie est d'application et le nombre de femmes constituant le ménage dépend du revenu du chef de famille. Le nombre moyen d'enfants par producteur est de 4,2 ($\sigma = 2,9$) et leur âge moyen est de 12 ans ($\sigma = 9$). Le nombre d'enfants par producteur et l'âge du producteur ont un coefficient de corrélation linéaire de Pearson⁹ de 0,61 ($p = 1,05.E-11$). Les producteurs ayant fréquenté l'école ont en moyenne 3,8 enfants ($\sigma = 2,1$) contre 4,7 pour les autres ($\sigma = 3,7$). La différence entre ces moyennes n'est pas significative¹⁰ ($t(66) = -1,46$; $p = 0,148$). Les femmes ont en moyenne 1,3 enfant de plus que les hommes, la différence du nombre d'enfants chez les femmes et les hommes est hautement significative ($w = 1599,00$; $p = 0,006$).

⁹ Pour chaque corrélation de Pearson (r), la p -valeur (p) est indiquée.

¹⁰ Les résultats des tests t de Student et des tests t de Welch sont exprimés de la façon suivante : (t (« nombre de degrés de liberté ») = « valeur de t » ; p = « p -valeur »). Pour les tests de Mann-Whitney la valeur de « t » est remplacée par la valeur de « w ».

3.2.3. Niveau d'éducation

Concernant le niveau d'éducation, 56,3% des producteurs ont fréquenté l'école. En ne considérant que les femmes, cette proportion descend à 50,0%. Pour les hommes, la proportion monte à 59,5%. Le niveau moyen d'éducation des producteurs ayant fréquenté l'école est le CM2 (précisément 6,5 années d'étude¹¹), c'est-à-dire la dernière année du cycle primaire. Pour les femmes, ce niveau moyen est le CM1 (5,6 années d'étude) et pour les hommes le CM2 (6,7 années d'étude). La différence entre les hommes et les femmes n'est pas significative ($t(56) = 1,11$; $p = 0,273$).

D'autre part, 43,7% des producteurs ont été au moins une fois au champ école pour l'apprentissage des bonnes pratiques de culture du cacao.

3.2.4. Origine des revenus

Le Tableau 5 présente les sources principales et secondaires de revenus des producteurs. La première source de revenus est le cacao pour 87,4% des producteurs et le café pour 9,7%. La deuxième source de revenus est le café pour 43,7% d'entre eux et le cacao pour 10,7%.

Tableau 5. Origine de la première et de la deuxième source de revenu des producteurs.

	Cacao	Café	Inconnue	Métier ⁱ	Cultures vivrières	Petit commerce	Hévéa
Premier revenu (%)	87,4	9,7	1,9	1,0	0,0	0,0	0,0
Deuxième revenu (%)	10,7	43,7	9,7	13,6	13,6	5,8	2,9

i. Activités non-agricoles génératrices de revenu (e.g. mécanicien de vélo, maçon, poissonnier et couturier).

3.3. Description des exploitations

3.3.1. Cultures de rente

Un producteur possède en moyenne une à deux cacaoyères, la moyenne exacte se situant à 1,77. La proportion de producteurs ayant une et deux cacaoyères est de 42,7% et 41,7% respectivement (Tableau 6). Seul 12,6% des producteurs possèdent trois cacaoyères. Le nombre maximum de cacaoyères détenues dans la population échantillonnée est de cinq. L'aire totale moyenne des cultures de cacao détenues par producteur est de 2,89 ha ($\sigma = 2,07$). L'âge du producteur affecte peu le nombre de cacaoyères détenues et la surface, les coefficients de corrélation linéaire de Pearson sont non significativement différents de 0 et valent respectivement -0,027 ($p = 0,785$) et -0,045 ($p = 0,675$). Entre le nombre de cacaoyères détenues et la surface moyenne d'une cacaoyère, le coefficient de corrélation est également non significativement différent de 0 ($r = -0,033$; $p = 0,760$). Les valeurs moyennes du Tableau 6 semblent montrer une corrélation positive, toutefois, cela s'explique par un nombre faible d'individus pour le calcul des moyennes des producteurs possédant 4 ou 5 cacaoyères.

¹¹ Cette valeur est calculée en attribuant à chaque niveau d'étude le nombre d'années d'étude nécessaire pour arriver à ce niveau. Par exemple, les années du cycle primaire sont numérotées de 1 à 6.

Tableau 6. Nombre de cacaoyères, proportion des producteurs associés et surface moyenne d'une cacaoyère.

	Nombre de cacaoyères				
	1	2	3	4	5
Proportion des producteurs (%)	42,72	41,75	12,62	1,94	0,97
Surface moyenne d'une cacaoyère (ha)	1,72	1,50	1,55	1,93	2,10

Outre le cacao, les autres cultures de rente pratiquées sont, par ordre d'importance, le café, l'hévéa, le palmier et l'anacarde. Le Tableau 7 affiche la proportion des propriétaires possédant ces cultures et les aires moyennes détenues par culture.

Tableau 7. Cultures de rente pratiquées par les producteurs. La première colonne indique la proportion des propriétaires possédant la culture. Les deux autres colonnes indiquent l'aire moyenne des cultures par producteur, en incluant (deuxième colonne) et en excluant (troisième colonne) les producteurs ne possédant pas la culture. Les nombres entre parenthèses sont les écarts-types.

	Proportion des propriétaires possédant cette culture (%)	Aire moyenne (ha)	Aire moyenne par propriétaire possédant cette culture (ha)
Cacao	100,0	2,89 (2,07)	2,89 (2,07)
Café	56,3	1,34 (2,01)	2,38 (2,17)
Hévéa	15,5	0,27 (0,90)	1,77 (1,64)
Palmier	9,7	0,08 (0,34)	0,83 (0,80)
Anacardier	2,9	0,02 (0,15)	0,83 (0,29)

3.3.2. Cultures vivrières

Le Tableau 8 reprend les sept cultures vivrières les plus cultivées en zone ouverte. Ce tableau exclu donc les cultures vivrières associées aux cultures de rente ligneuses (cacao, café, palmier à huile et hévéa). Pour le cacao, ces informations sont développées en détail au point « 3.4.2. Cultures associées aux cacaoyères ». En effet, à l'exception du riz, ces cultures vivrières sont également cultivées dans les cacaoyères.

Parmi les espèces cultivées en zone ouverte, la culture vivrière la plus pratiquée est le riz. Il est cultivé chez 88,3% des producteurs. Sa culture se fait soit au niveau des bas-fonds, soit sur les plateaux (riz pluvial). Sur la population totale échantillonnée, 78,6% des producteurs cultivent du riz en bas-fond et 26,2% d'entre eux au niveau des plateaux. La surface moyenne détenue par un producteur est de 0,88 ha pour le riz de bas-fond ($\sigma = 1,12$) et de 0,91 ha pour le riz de plateau ($\sigma = 0,51$). Les cultures associées au riz se font presque exclusivement avec le riz des plateaux. Le riz cultivé sert à l'alimentation du ménage et peut être revendu localement s'il est produit en grandes quantités. Lorsqu'un ménage ne produit pas ou pas suffisamment de riz, il achète généralement du riz d'origine asiatique. Cependant, le goût du riz local est préféré.

Le manioc est la deuxième culture la plus pratiquée, avec 61,2% des producteurs qui en produisent. Cet aliment est très convoité par les Yacobas qui le préparent de nombreuses façons. Le manioc permet notamment de fabriquer l'attiéké, une spécialité ivoirienne consommée partout en Côte d'Ivoire. Il est également retrouvé dans d'autres pays d'Afrique de l'Ouest et en Europe. Plusieurs variétés de manioc sont cultivées, chacune permettant la confection de différents mets. Le maïs est cultivé par 47,7% des

producteurs. Il est moins utilisé en cuisine par les Yacoubas et se retrouve plutôt dans les mets des peuples Mandés (e.g. Dioulas, Touras et Malinkés).

Les légumes sont cultivés par 28,2% des producteurs. Ces légumes sont principalement les aubergines, le gombo et les piments. Ces trois légumes sont notamment utilisés pour réaliser des sauces accompagnant le riz. L'arachide est également utilisée pour la confection de ces sauces.

La culture de l'igname est pratiquée par 16,5% des producteurs. Elle se fait principalement en monoculture sur buttes avec des tuteurs pour faire grimper la plante. Le taro quant à lui est cultivé par 5,8% des producteurs. Il se cultive principalement en association.

Tableau 8. Cultures vivrières pratiquées par les producteurs. Les espèces sont classées par ordre décroissant de la proportion des propriétaires pratiquant cette culture. Les nombres entre parenthèses sont les écarts-types.

Culture		Proportion des propriétaires possédant cette culture (%)	Aire moyenne (ha)	Aire moyenne par propriétaire possédant cette culture (ha)
Riz	En monoculture	79,6	0,76 (1,11)	0,96 (1,17)
	En association	17,5	0,16 (0,41)	0,93 (0,51)
	Total	88,3	0,93 (1,15)	1,05 (1,17)
Manioc	En monoculture	32,0	0,18 (0,35)	0,58 (0,39)
	En association	35,0	0,27 (0,45)	0,76 (0,44)
	Total	61,2	0,45 (0,52)	0,74 (0,49)
Maïs	En monoculture	15,5	0,10 (0,25)	0,62 (0,30)
	En association	30,1	0,20 (0,38)	0,67 (0,40)
	Total	47,7	0,30 (0,43)	0,67 (0,40)
Légumesⁱ	En monoculture	10,7	0,03 (0,09)	0,27 (0,13)
	En association	17,5	0,13 (0,35)	0,76 (0,50)
	Total	28,2	0,16 (0,36)	0,58 (0,46)
Igname	En monoculture	11,7	0,05 (0,19)	0,45 (0,37)
	En association	4,9	0,03 (0,15)	0,62 (0,38)
	Total	16,5	0,08 (0,24)	0,50 (0,37)
Taro	En monoculture	1,0	0,00 (0,02)	0,25 (0,00)
	En association	4,9	0,04 (0,18)	0,75 (0,35)
	Total	5,8	0,04 (0,18)	0,67 (0,38)
Arachide	En monoculture	1,9	0,01 (0,05)	0,38 (0,18)
	En association	2,9	0,01 (0,08)	0,50 (0,00)
	Total	4,9	0,02 (0,10)	0,45 (0,11)

i. La catégorie légumes regroupe l'aubergine, le gombo et le piment.

A ces sept cultures s'ajoutent trois autres cultures : la banane, l'ananas et l'igname ghanéen. Elles sont principalement cultivées dans les cacaoyères de manière éparse et leur culture en zone ouverte est plus rare voire inexistante. Ces trois cultures ne s'associent pas avec les cultures vivrières retrouvées dans le Tableau 8. Pour ces raisons, elles sont donc décrites séparément.

Premièrement, la banane (plantain et douce) est cultivée en champs monospécifiques par 4,9% des producteurs. Elle est présente chez 94,2% des producteurs dans les cacaoyères. La banane plantain est souvent utilisée pour préparer l'allocô, un met ivoirien. Chez les Yacoubas, elle se prépare également sous forme de pâte avec du manioc.

Deuxièmement, l'ananas est cultivé en champs monospécifiques par 1,9% des producteurs et associé aux cacaoyères chez 39,8% des producteurs.

Troisièmement, l'igname ghanéenne est exclusivement cultivée avec des espèces ligneuses lui servant de support. Cette liane est présente chez 44,7% des producteurs dans les cacaoyères. Elle prend comme support les petits arbres, qui sont dès lors souvent laissés à cette fin.

En moyenne, 54,2% des surfaces des cultures reprises dans le Tableau 8 sont cultivées en association. Les associations sont composées en moyenne de 2,56 cultures différentes ($\sigma = 0,69$) et 55,6% des associations sont constituées de deux cultures. Le Tableau 9 résume les cultures les plus fréquemment rencontrées ensemble dans les mêmes associations. Ce tableau prend en compte toutes les associations et pas uniquement les associations composées de deux cultures. Par exemple, la lecture du Tableau 9 révèle que le manioc est rencontré dans 77,8% des associations comprenant du riz.

Tableau 9. Cultures rencontrées dans les mêmes associations et fréquence de rencontre. Les cultures soulignées sont associées dans plus de 50% des cas avec la culture mentionnée en caractère gras. Les nombres entre parenthèses sont les fréquences d'association (en %).

Cultures	Cultures associées					
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Riz	<u>manioc</u> (77,8)	maïs (38,9)	légumes (33,3)	taro (5,6)	arachide (0,0)	igname (0,0)
Manioc	<u>maïs</u> (69,4)	riz (38,9)	légumes (25,0)	igname (13,9)	taro (8,3)	arachide (5,6)
Maïs	<u>manioc</u> (80,6)	légumes (35,5)	riz (22,6)	igname (12,9)	arachide (9,7)	taro (9,7)
Légumes	<u>maïs</u> (64,7)	<u>manioc</u> (52,9)	riz (35,3)	taro (17,6)	arachide (5,9)	igname (5,9)
Igname	<u>manioc</u> (100,0)	<u>maïs</u> (80,0)	taro (40,0)	légumes (20,0)	arachide (0,0)	riz (0,0)
Taro	<u>légumes</u> (60,0)	<u>maïs</u> (60,0)	<u>manioc</u> (60,0)	igname (40,0)	riz (20,0)	arachide (0,0)
Arachide	<u>maïs</u> (100,0)	<u>manioc</u> (66,7)	légumes (33,3)	igname (0,0)	riz (0,0)	taro (0,0)

Ces cultures alimentaires permettent une certaine autonomie alimentaire. En effet, 54,4% des producteurs estiment produire plus de nourriture qu'ils n'en achètent.

Outre les cultures énoncées, 60,2% des producteurs possèdent des jachères. Sur l'ensemble des producteurs une moyenne de 1,43 ha ($\sigma = 2,20$ ha) de jachères est détenue par personne. En excluant les propriétaires ne possédant pas de jachères, la surface moyenne en jachère est de 2,37 ha ($\sigma = 2,40$ ha).

3.3.3. Élevage

Soixante-cinq pourcents des producteurs possèdent des animaux destinés à l'alimentation. Sur les 103 producteurs interrogés seul un disposait d'un élevage (de poulets). Outre les poulets de cet élevage de rente, les animaux divagent dans les villages et en ville. Ils sont aussi bien destinés à l'autoconsommation qu'à la vente. Le Tableau 10 reprend la proportion des producteurs possédant des animaux et le nombre d'individus possédés.

Tableau 10. Proportion des propriétaires possédant des animaux et taille moyenne des troupeaux. Les nombres entre parenthèses sont les écarts-types.

	Proportion des propriétaires possédant cet animal (%)	Nombre moyen par producteur	Nombre moyen par producteur possédant cet animal
Poules	60,2	7,37 (8,98)	12,24 (8,61)
Moutons	13,6	0,94 (3,80)	6,93 (8,29)
Chèvres	7,8	0,43 (1,84)	5,50 (4,21)
Canards	5,8	0,51 (2,92)	8,83 (9,28)
Porcs	2,9	0,13 (0,80)	4,33 (2,31)
Pintades	2,9	0,16 (1,07)	5,33 (4,16)

3.4. Description des cacaoyères échantillonnées et classification

3.4.1. Caractéristiques

Les cacaoyères visitées font en moyenne 1,47 ha ($\sigma = 0,76$ ha). Leur acquisition s'est faite en moyenne il y a 17 ans ($\sigma = 12$ ans). Les parcelles héritées représentent 80,6% des cacaoyères. Les cacaoyers sont âgés en moyenne de 15 ans ($\sigma = 13$ ans) en considérant pour chaque parcelle l'âge des cacaoyers qui ont le plus grand effectif. La médiane se situe à 11 ans. Les parcelles contenant des cacaoyers âgés de plus de 25 ans représentent 34,0% des parcelles. L'âge des cacaoyères tend à augmenter avec l'âge des producteurs (Figure 11). Le coefficient de corrélation linéaire de Pearson entre ces deux variables est de 0,43 ($p = 4,6.E-06$).

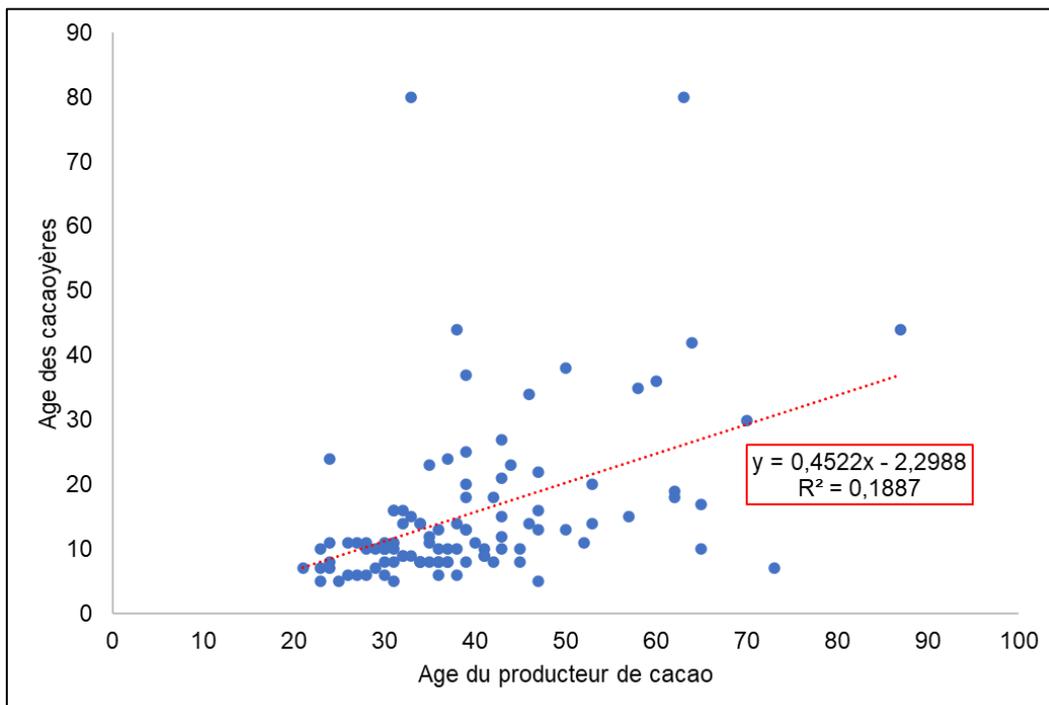


Figure 11. Nuage de points présentant l'évolution de l'âge des cacaoyères en fonction de l'âge des producteurs de cacao. La ligne rouge pointillée représente la droite de régression estimée de l'âge des cacaoyères en fonction de l'âge des producteurs.

Les variétés de cacao les plus cultivées sont dans l'ordre décroissant le *Ghana*, le *Français (Amelonado)*, le *Mercedes* et le *Brésil*. Les variétés de ce classement sont d'origine contrôlée ou sont du matériel végétal dit « tout-venant », qui représente la majorité des pieds de cacao. Les graines de cacao « tout-venant » proviennent de voisins, d'amis, de la famille, du village, etc. et ne sont donc pas contrôlées ni sélectionnées. En effet, il est courant de voir un producteur en aider un autre et ensuite recevoir en remerciement des cabosses de cacao à replanter chez lui. Le nom des variétés des cacaoyers « tout-venant » sont bien souvent identifiées par le producteur. Toutefois, il est fort probable que des hybridations aient eu lieu entre les variétés. Les variétés *Mercedes*, *Ghana* et *Brésil* ont parfois été distribuées par l'Anader ou par le Conseil Café-Cacao. Sur l'ensemble des producteurs, 4,9% ont reçu des plants de cacao *Mercedes*, 3,9% ont reçu des plants de cacao *Ghana* et 1,0% ont reçu des plants *Brésil*. L'origine des autres pieds de cacao (non distribués par un organisme officiel) est non contrôlée.

De manière générale, les producteurs s'accordent pour dire que la variété *Ghana* produit plus que la variété *Français*. La récolte pour le *Ghana* s'étale sur une longue période tandis que pour le *Français* la récolte est courte. Certains producteurs préfèrent tout de même le *Français* qui donnerait de plus

grosses fèves et en plus grand nombre. Le *Français* aurait également une meilleure longévité et une meilleure résistance aux maladies. Le *Mercedes* semble donner les rendements les plus élevés mais plusieurs producteurs constatent une mort plus rapide des cacaoyers que pour les autres variétés. La variété *Brésil*, plus rare, semble également mourir plus vite que les autres variétés. Son rendement est considéré supérieur au *Français* et parfois au *Ghana* par les producteurs. Les mélanges de variétés dans un même champ sont récurrents et appréciés.

Le rendement des parcelles étudiées atteint $768,4 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ en moyenne ($\sigma = 646,6$) et la médiane du rendement se situe à $597,2 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. La Figure 12 présente un histogramme de la répartition des rendements par regroupement en classes de $500 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Les rendements les plus fréquents sont compris dans la classe allant de 0 à $500 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Cette classe comporte 41,7% des producteurs.

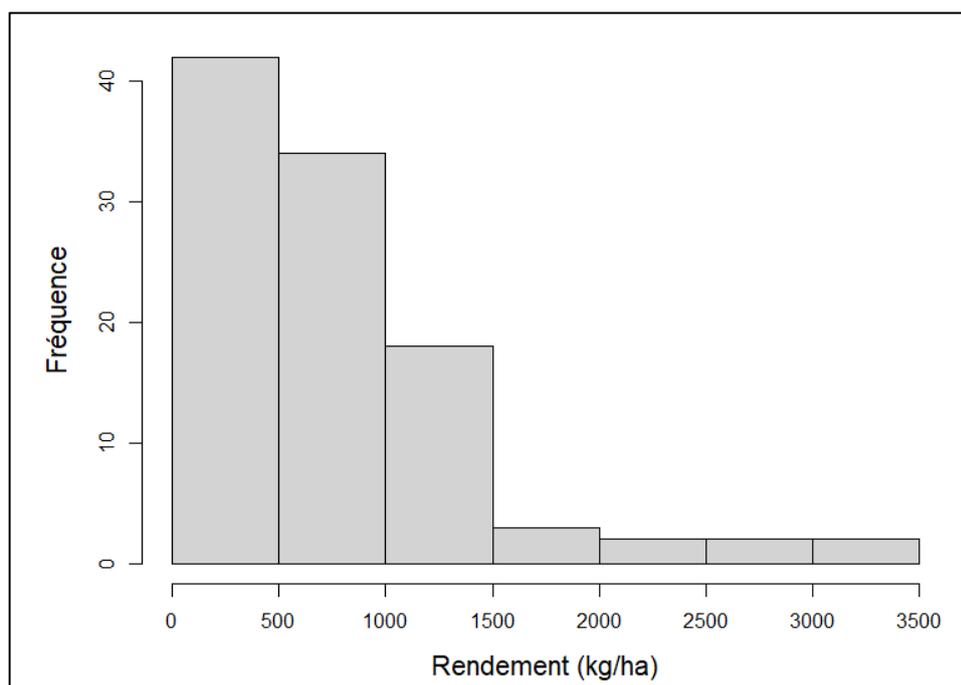


Figure 12. Histogramme présentant les fréquences des classes de rendements au sein de la population de producteurs échantillonnés.

Selon les producteurs interrogés, les premiers facteurs limitant le rendement sont les ravageurs (40,8% des producteurs), la fertilité (25,2% des producteurs) et la pourriture brune (9,7% des producteurs). Ces trois facteurs sont aussi les plus cités comme second facteur limitant.

Pour faire face aux ravageurs, les producteurs pulvérisent des pesticides en moyenne 2,65 fois par an ($\sigma = 1,51$) ou 2,85 fois par an ($\sigma = 1,38$) en excluant les producteurs n'appliquant pas de pesticides (6,8% des producteurs). Les producteurs ayant cité les ravageurs comme premier facteur limitant de la production appliquent en moyenne 2,52 fois des pesticides par an ($\sigma = 1,21$). Cette moyenne n'est pas significativement différente de la moyenne des producteurs n'ayant pas cité ce facteur ($t(95) = -0,61$; $p = 0,541$). En ajoutant les producteurs ayant cité les ravageurs comme deuxième facteur limitant, la moyenne passe à 2,70 fois par an ($\sigma = 1,69$). Cette moyenne n'est pas significativement différente de la moyenne des producteurs n'ayant pas cité ce facteur en première ou en deuxième position ($t(85) = -0,03$; $p = 0,973$).

Concernant la fertilité, 29,1% des producteurs appliquent de l'engrais de type NPK ou des déjections animales. L'engrais de type NPK est appliqué chez 17,5% des producteurs et les déjections animales chez 14,6% des producteurs. Certains producteurs (2,9%) utilisent donc simultanément les engrais

chimiques et organiques. Les déjections animales utilisées comme amendements sont de la fiente de poulet (80,0%), du fumier de mouton (13,3%) ou les deux (6,7%). La différence de rendement moyen entre les producteurs appliquant de la fiente de poulet et ceux appliquant des formulations NPK n'est pas significativement différente ($t(26) = -0,31$; $p = 0,756$). De façon anecdotique, les producteurs appliquent de la sciure de bois et du son de riz. Parmi les producteurs ayant cité la fertilité comme premier et deuxième facteur limitant de la production, 57,7% et 61,5% respectivement n'appliquent pas d'engrais.

Les résultats de l'analyse *Random Forest* permettent de déterminer les variables les plus influentes sur le rendement des cacaoyères. Le Tableau 11 reprend les %IncMSE pour chaque variable et la corrélation avec le rendement pour les variables quantitatives. La variable la plus influente est « Aire.cacaoyère » qui désigne l'aire des cacaoyères. En deuxième position vient la variable « Localisation » qui désigne si la cacaoyère se trouve au nord ou au sud de la ville de Man. La troisième variable est « Utilisation de pesticides » qui désigne le nombre d'applications de pesticides par an.

Tableau 11. Importance des variables prédictives du rendement. L'importance est exprimée en pourcentage d'augmentation de la variance résiduelle. La corrélation de Pearson est indiquée pour les variables quantitatives ainsi que la p-valeur associée à la corrélation.

Variable	Description	%IncMSE	Corrélation de Pearson	p-valeur de la corrélation
Aire.cacaoyère	Aire de la cacaoyère en hectares	10,71	-0,33	0,001
Localisation	Parcelle au nord ou au sud de Man	7,41	-	-
Utilisation de pesticides	Nombre d'application de pesticides par an	6,44	0,18	0,075
Utilisation d'engrais	Présence ou absence d'application d'engrais	4,83	-	-
Sexe.propriétaire	Sexe du propriétaire de la parcelle	3,08	-	-
Age.cacaoyères	Age de la cacaoyère	2,97	-0,03	0,763
N.arbres (<90cm circonfer.)	Nombre d'arbres de circonférence inférieure à 90 cm	2,43	0,06	0,578
Age.propriétaire	Age du propriétaire de la parcelle	1,48	0,03	0,725
N.arbres (>90cm circonfer.)	Nombre d'arbres de circonférence supérieure à 90 cm	0,86	-0,03	0,796
Ethnie/Origine	Ethnie (indigènes) ou pays d'origine (migrants)	-0,59	-	-
Indigène/Migrant	Propriétaire indigène de Côte d'Ivoire ou migrant	-0,67	-	-
Niveau d'éducation	Année d'étude atteinte par le propriétaire	-1,65	-	-

Pour mieux comprendre la relation entre ces variables prédictives et le rendement, une explication est donnée pour les neuf plus influentes d'entre elles par ordre décroissant dans les points qui suivent.

- (1) **Aire.cacaoyère.** La corrélation entre l'aire d'une cacaoyère et le rendement est négative. Cela signifie que des cacaoyères de plus grande superficie ont un rendement moins important que des cacaoyères de plus faible superficie. La Figure 13 illustre cette tendance.

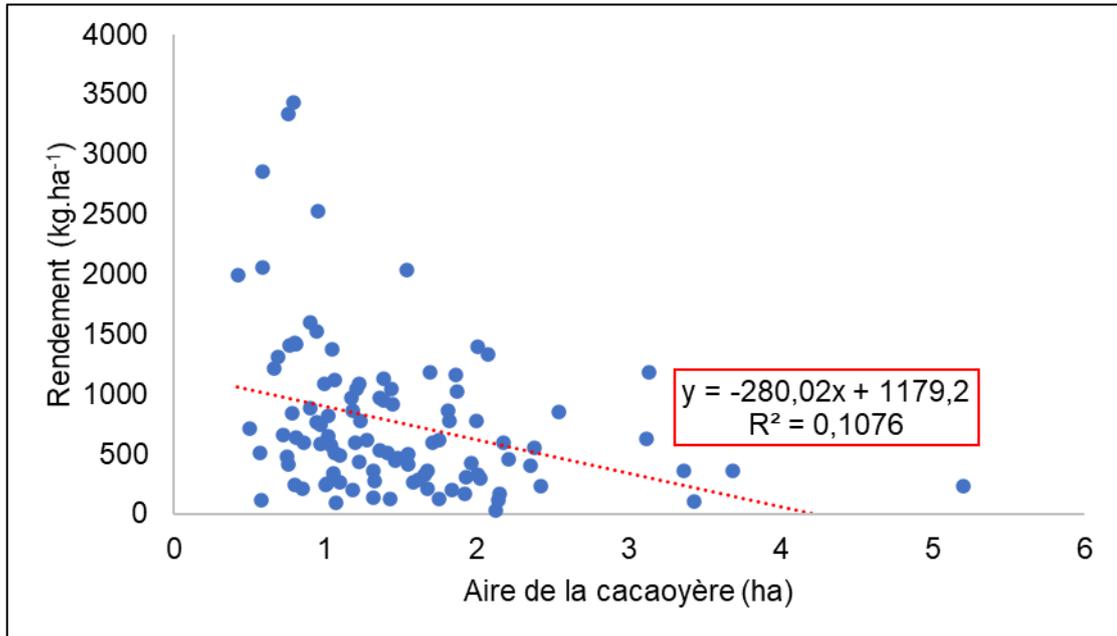


Figure 13. Nuage de points mettant en relation le rendement en kg.ha^{-1} avec l'aire des cacaoyères en hectares. La ligne rouge pointillée représente la droite de régression estimée du rendement en fonction de l'aire de la cacaoyère.

- (2) **Localisation.** En moyenne, un producteur du sud de Man a un rendement de $643,53 \text{ kg.ha}^{-1}$ ($\sigma = 516,65$). Un producteur du nord a quant à lui un rendement moyen de $1103,05 \text{ kg.ha}^{-1}$ ($\sigma = 829,85$). La différence entre ces deux rendements moyens vaut $459,53 \text{ kg.ha}^{-1}$. Cette différence est hautement significative ($w = 1845,00$; $p = 0,004$). De façon remarquable, les rendements des cacaoyères situées au sud du cours d'eau du N'Zo (Yapleu et ses alentours), se démarquent des autres cacaoyères situées au sud de Man. Au sud du cours d'eau le rendement moyen est de $889,39 \text{ kg.ha}^{-1}$ ($\sigma = 587,52$), contre $428,40 \text{ kg.ha}^{-1}$ ($\sigma = 322,24$) dans les autres cacaoyères au sud de Man. La différence entre ces rendements moyens est de $460,99 \text{ kg.ha}^{-1}$. Cette différence est très hautement significative ($t(73) = 4,28$; $p = 5,53.E-5$). Sur l'ensemble de la zone d'étude, les neuf villages avec les plus faibles rendements, contenant un tiers des producteurs échantillonnés, sont situés entre Man et le cours d'eau du N'Zo.
- (3) **Utilisation de pesticides.** La corrélation entre cette variable et le rendement n'est pas significative. Les producteurs n'appliquant pas de pesticides ont un rendement de $680,73 \text{ kg.ha}^{-1}$ en moyenne ($\sigma = 669,65$) et les producteurs appliquant au moins une fois des pesticides par an ont un rendement de $774,84 \text{ kg.ha}^{-1}$ en moyenne ($\sigma = 648,10$). Cependant, la différence entre ces deux rendements est non significative ($t(101) = 0,37$; $p = 0,730$). En ne considérant que les rendements des producteurs appliquant plus de trois fois des pesticides par an, le rendement moyen passe à $1158,963 \text{ kg.ha}^{-1}$ ($\sigma = 1025,09$). A nouveau, la différence entre ce rendement et le rendement sans application de pesticides n'est pas significative ($t(21) = -1,13$; $p = 0,273$). La Figure 14 présente le nuage de points du rendement en fonction du nombre d'utilisations de pesticides par an.

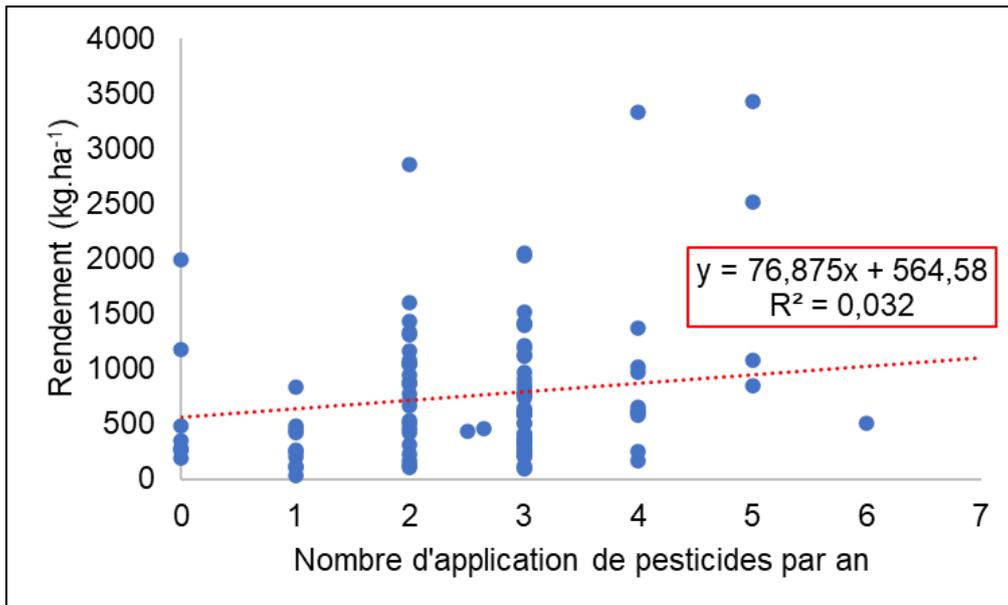


Figure 14. Nuage de points mettant en relation le rendement en kg.ha^{-1} avec le nombre d'applications de pesticides par an. La ligne rouge pointillée représente la droite de régression estimée du rendement en fonction du nombre d'applications de pesticides par an.

- (4) **Utilisation d'engrais.** Un producteur appliquant de l'engrais obtient un rendement moyen de $961,41 \text{ kg.ha}^{-1}$ ($\sigma = 701,60$) contre $689,15 \text{ kg.ha}^{-1}$ ($\sigma = 610,10$) pour les producteurs n'en appliquant pas. La différence entre ces rendements moyens est de $272,26 \text{ kg.ha}^{-1}$. Cette différence n'est pas significative ($t(101) = 1,97$; $p = 0,052$).
- (5) **Sexe.propriétaire.** En moyenne, une femme propriétaire a un rendement de $573,73 \text{ kg.ha}^{-1}$ ($\sigma = 328,07$) et un homme a un rendement de $827,60 \text{ kg.ha}^{-1}$ ($\sigma = 707,01$). La différence entre ces rendements moyens est de $253,87 \text{ kg.ha}^{-1}$. Cette différence est significative ($t(84) = -2,44$; $p = 0,017$).
- (6) **Age.cacaoyères.** La corrélation entre cette variable et le rendement n'est pas significative. Les rendements maximums augmentent fortement entre 5 et 10 ans. Il s'en suit une diminution plus légère jusqu'à l'âge de 25 ans. Après cet âge-là, les rendements n'évoluent plus beaucoup (Figure 15).

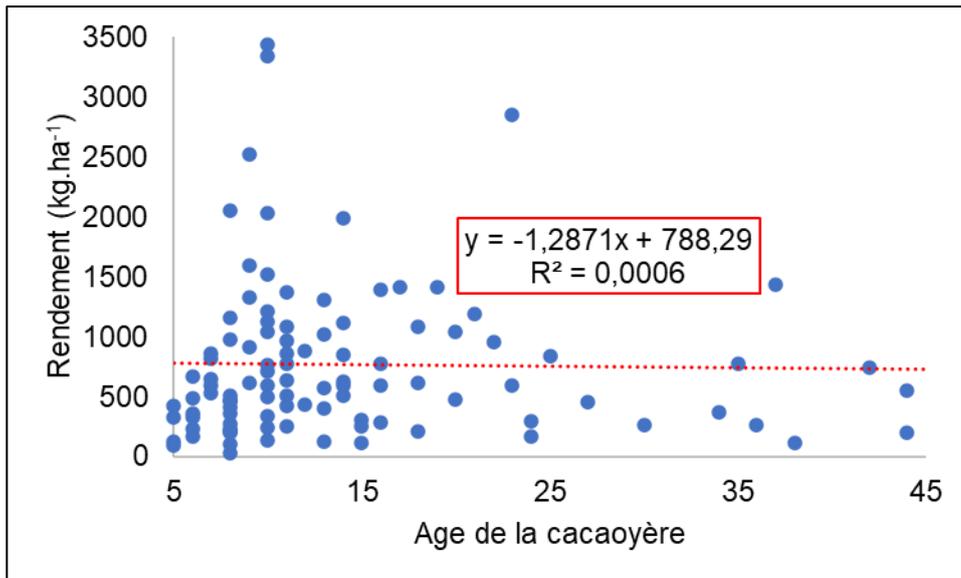


Figure 15. Nuage de points représentant le rendement en fonction de l'âge des cacaoyères. La ligne rouge pointillée représente la droite de régression estimée du rendement en fonction de l'âge de la cacaoyère.

- (7) **N.arbres (<90cm de circonf.).** La corrélation entre cette variable et le rendement n'est pas significative (Figure 16).

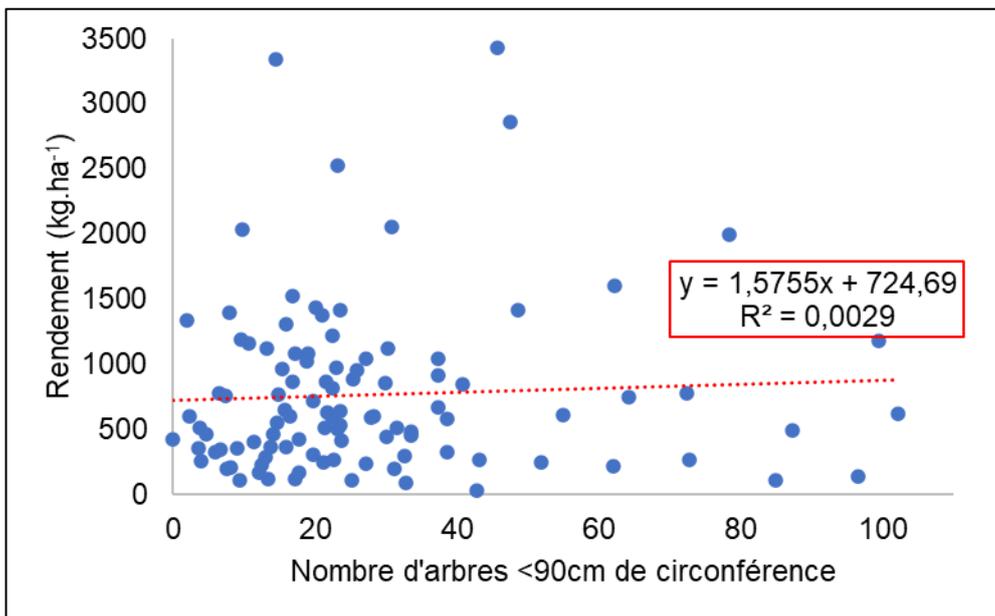


Figure 16. Nuage de points présentant le rendement en fonction du nombre d'arbres de circonférence inférieure à 90 cm. La ligne rouge pointillée représente la droite de régression estimée du rendement en fonction du nombre d'arbres de circonférence inférieure à 90 cm.

- (8) **Age.propriétaire.** La corrélation entre cette variable et le rendement n'est pas significative. Aucune tendance claire ne se dégage (Figure 17).

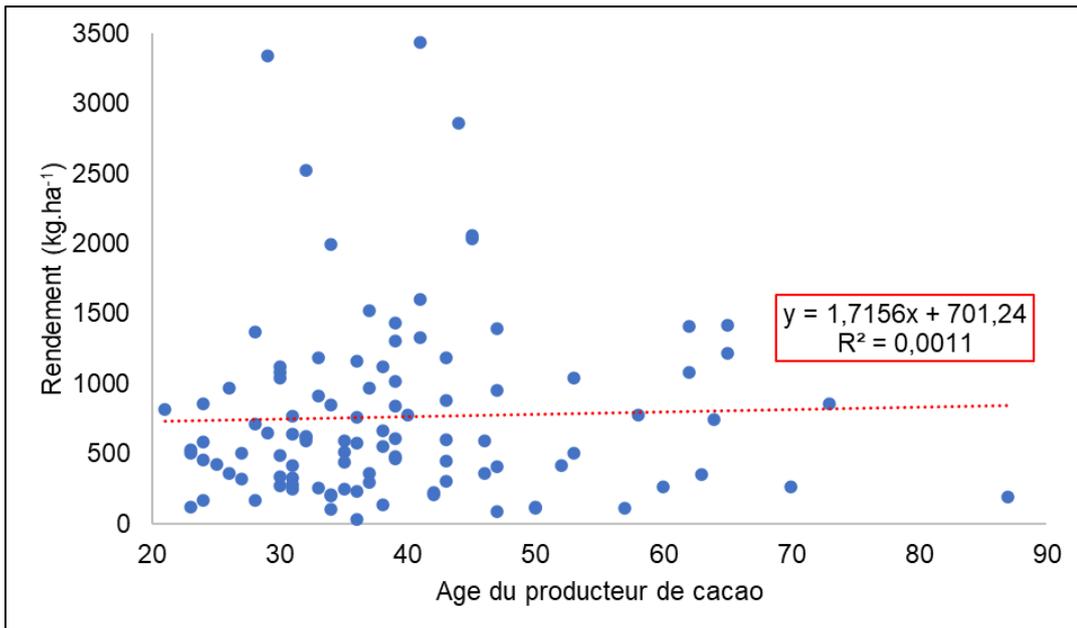


Figure 17. Nuage de points présentant le rendement en fonction de l'âge du producteur de cacao. La ligne rouge pointillée représente la droite de régression estimée du rendement en fonction du de l'âge du producteur.

- (9) **N.arbres (<90cm de circonf.).** La corrélation entre cette variable et le rendement n'est pas significative. Trois des quatre rendements les plus élevés se trouvent dans les cacaoyères sans arbres de circonférence supérieure à 90 cm (Figure 18).

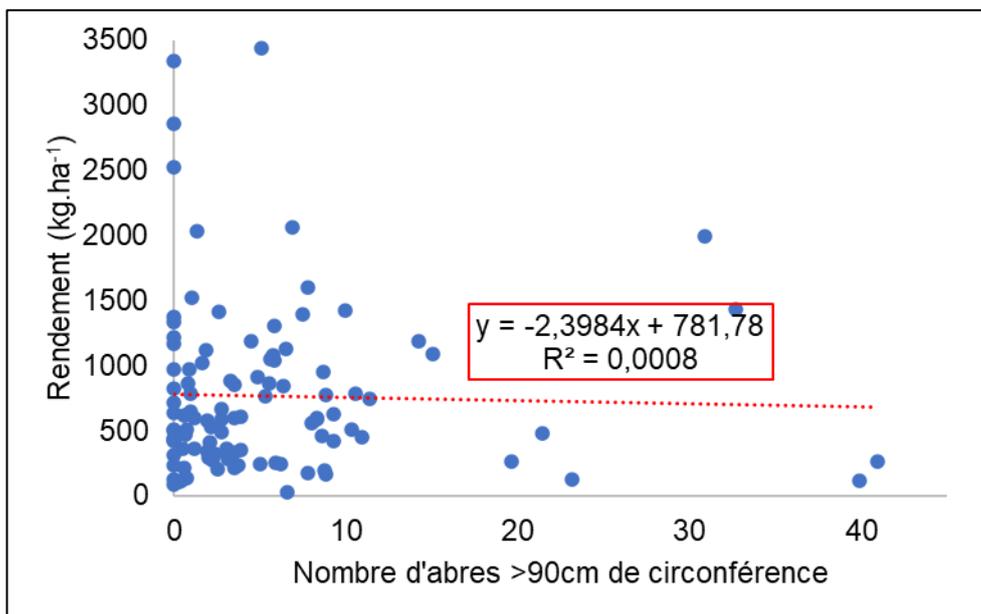


Figure 18. Nuage de points présentant le rendement en fonction du nombre d'arbres de circonférence supérieure à 90 cm. La ligne rouge pointillée représente la droite de régression estimée du rendement en fonction du nombre d'arbres de circonférence supérieure à 90 cm.

3.4.2. Cultures associées aux cacaoyères

L'association des cultures vivrières au cacao se fait principalement quand le cacao est jeune et que l'ensoleillement est suffisamment important dans la cacaoyère. Cependant, des plants résiduels de ces cultures peuvent subsister dans les cacaoyères plus âgées, et continuer à produire. De plus, lorsqu'un trou se forme dans la canopée de la cacaoyère (suite à la mort de cacaoyers en saison sèche, par exemple), certains producteurs en profitent pour y implanter des cultures. Le Tableau 12, permet de relever la présence des cultures associées lors de la plantation de cacaoyers (t_0) par rapport au moment de l'échantillonnage en 2020 (t_1). Ces données reflètent la présence ou l'absence de la culture mais n'indiquent pas l'abondance ou la surface couverte, qui sont nettement supérieures en t_0 . En outre, compte tenu des âges différents des cacaoyères caractérisées, t_1 possède une signification variable selon la cacaoyère considérée.

Parmi les cultures vivrières retrouvées en association avec le cacao, l'igname ghanéen et l'ananas ont la particularité d'être plus présents en t_1 qu'en t_0 . Les autres cultures sont plus présentes en t_0 .

Tableau 12. Cultures associées au cacao au moment de la plantation et au moment de l'échantillonnage en 2020. Les pourcentages reflètent la proportion de parcelles de cacao visitées où la culture spécifiée est présente.

Culture	Année	
	Présence en t_0 (%)	Présence en t_1 (%)
Banane	95,0	82,5
Taro	68,3	51,5
Manioc	64,4	40,8
Légumes	42,6	10,7
Ananas	38,6	41,7
Igname ghanéen	29,7	39,8
Igname	23,8	11,7
Maïs	10,9	2,9

En t_1 , les cacaoyères avec le moins de cultures différentes (en reprenant les cultures du Tableau 12) sont celles qui sont les plus âgées. Les cacaoyères sans cultures ont en moyenne 31,67 ans. Les cacaoyères avec 7 cultures différentes ont en moyenne 9,0 ans (Figure 19).

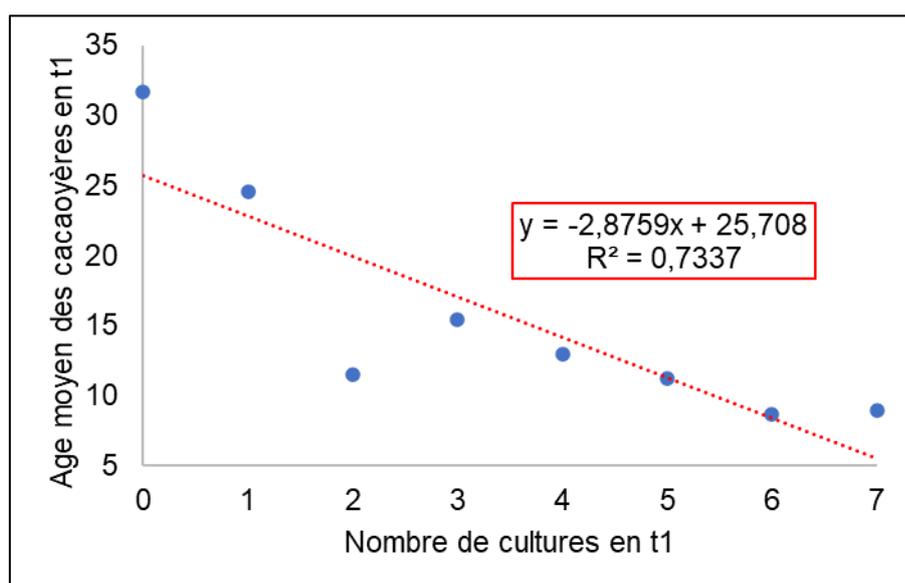


Figure 19. Age moyen des cacaoyères en fonction du nombre de cultures en t_1 .

La culture (en t_1) dont l'âge moyen des cacaoyères est le plus grand est la banane. Elle est suivie de l'igname ghanéen, du manioc, du taro, de l'ananas, du maïs, des légumes et de l'igname (Tableau 13).

Tableau 13. Age moyen des cacaoyères dans lesquelles sont retrouvées les cultures. Les cultures sont ordonnées par ordre décroissant de l'âge moyen. Les nombres entre parenthèses sont les écarts-types.

Age moyen des cacaoyères	
Banane	14,65 (12,61)
Igname ghanéen	13,49 (7,76)
Manioc	13,48 (9,27)
Taro	13,36 (8,67)
Ananas	12,77 (6,48)
Maïs	11,67 (3,79)
Légumes	9,82 (5,06)
Igname	9,08 (3,03)

Par ailleurs, le nombre de cultures diminue avec le nombre d'arbres (de circonférence supérieure à 90 cm). Une cacaoyère sans culture a en moyenne 17,09 ($\sigma = 20,53$) arbres. Une cacaoyère avec deux cultures voit son nombre d'arbres moyen chuter à 4,09 ($\sigma = 5,55$). Les cacaoyères avec plus de 5 cultures ont moins d'un arbre par hectare (Figure 20).

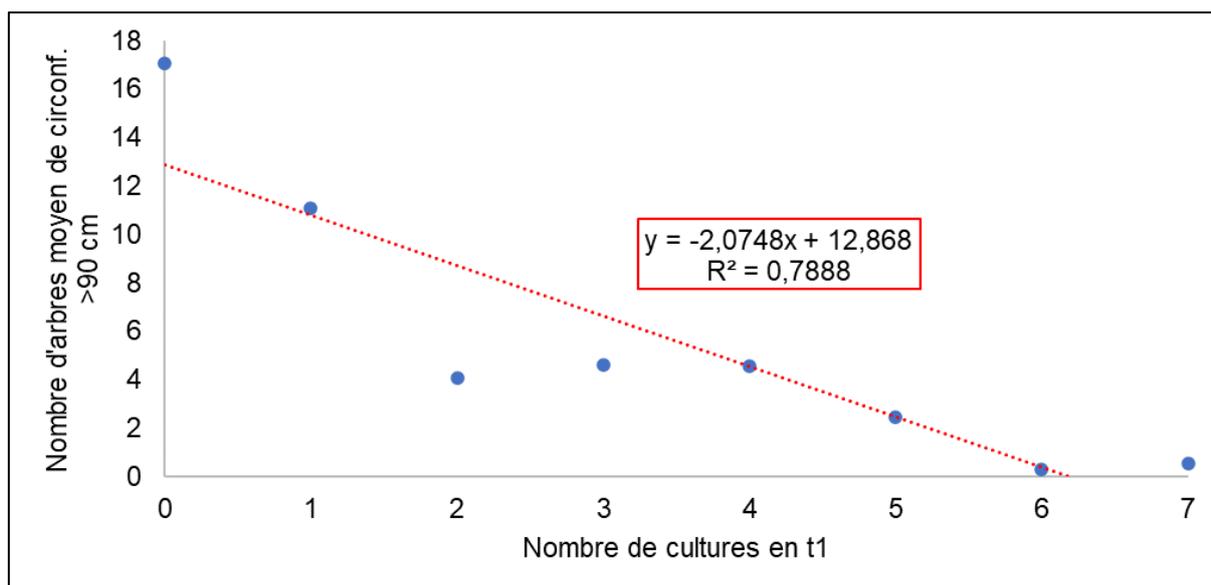


Figure 20. Nombre d'arbres moyen de circonférence inférieure à 90 cm en fonction du nombre de cultures en t_1 .

Outre les cultures vivrières, le café est retrouvé dans 56,3% des parcelles échantillonnées. Cela s'explique par l'historique des cacaoyères qui étaient initialement des champs de café pour 52,5% des parcelles et des champs de café et de cacao associés pour 18,6% des parcelles. Au total, 71,2% du café est lié à la présence d'anciennes plantations.

Pour 22% des producteurs, le café a été planté conjointement avec le cacao. En général, cette technique permet de voir quelle culture est la plus adaptée aux conditions de sol.

3.4.3. Classification des cacaoyères

Les résultats de l'ACP sont décrits dans les paragraphes qui suivent.

Les variances de chaque dimension, aussi exprimées en pourcentage (inertie), sont reprises dans le Tableau 14. La première dimension explique 36,7% de la variance et l'ajout de la deuxième dimension permet d'expliquer 58,7% de la variance au total. Cinq dimensions permettent d'expliquer 100% de la variance.

Tableau 14. Variance associée à chacune des cinq dimensions de l'ACP. La variance est également exprimée en pourcentage et pourcentage cumulé.

	Dim 1	Dim 2	Dim 3	Dim 4	Dim 5
Variance	1,84	1,10	0,76	0,75	0,54
Pourcentage de la variance* (%)	36,73	22,01	15,30	15,09	10,87
Pourcentage cumulé de la variance (%)	36,73	58,74	74,04	89,13	100,00

*Inertie

La description des deux premières composantes principales est reprise dans le Tableau 15. La première composante (dimension 1), est la plus corrélée avec la variable « N.arbres ». La deuxième et la troisième variable contribuant le plus à cette première composante sont respectivement « Pesticides » et « Age.cacao ».

La deuxième composante (dimension 2) est quant à elle la plus corrélée avec la variable « Rendement ». La deuxième et troisième variable contribuant le plus à cette deuxième composante sont respectivement « Age.cacao » et « N.arbres ».

Tableau 15. Description des deux premières composantes principales. Les variables sont classées par ordre d'importance de contribution aux composantes principales. Pour chaque variable, la corrélation avec la composante, la contribution à cette composante et la qualité de représentation (cos2) de la variable sur les composantes principales sont détaillées.

	Corrélation	Contribution (%)	cos2
Dimension 1			
N.arbres	-0,74	29,60	0,54
Pesticides	0,67	24,23	0,45
Age.cacao	-0,63	21,84	0,40
Engrais	0,59	18,70	0,34
Rendement	0,322	5,65	0,10
Dimension 2			
Rendement	0,77	53,27	0,59
Age.cacao	0,47	19,88	0,22
N.arbres	0,37	12,71	0,14
Engrais	0,35	11,21	0,12
Pesticides	0,18	2,92	0,03

La Figure 21 présente la répartition des 103 producteurs de cacao selon les deux premières composantes de l'ACP. Cette figure présente également la classification hiérarchique réalisée sur les composantes principales. Trois groupes ont été choisis pour la classification.

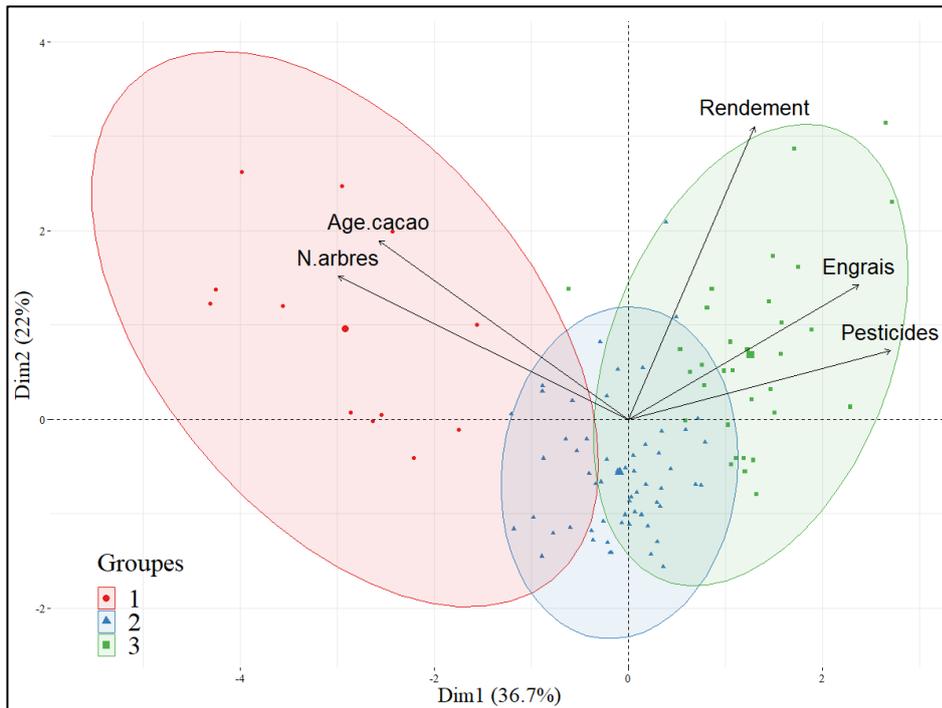


Figure 21. Classification hiérarchique sur les composantes principales de l'ACP. « N.arbres » désigne le nombre d'arbres de circonférence supérieure à 90 cm. « Age.cacao » désigne l'âge des cacaoyères. « Rendement » désigne le rendement des cacaoyères en $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. « Engrais » désigne la présence ou l'absence d'application d'engrais au moins une fois par an. « Pesticides » désigne le nombre d'applications de pesticides par an.

La description des variables de chacun des trois groupes en termes de moyennes et d'écart-types se trouve dans le Tableau 16. Afin de faciliter la comparaison, la moyenne et l'écart-type de la population sont également indiqués. La p-valeur¹² permet de connaître la significativité de la différence de la moyenne du groupe et de la moyenne de la population. Chaque groupe possède une unique variable non significativement différente (p-valeur > 0,05) de la moyenne de l'échantillon, tandis que les autres variables sont significativement différentes.

Le **groupe 1** contient des cacaoyères ayant un nombre d'arbres (>90cm de circonférence) près de quatre fois plus élevé que la moyenne. Il est aussi caractérisé par un âge des cacaoyères équivalent à plus du double de celui de la population. Par ailleurs, elles ne font pas l'objet d'applications d'engrais et sont trois fois moins sujettes à l'application de pesticides. Le rendement est de $634,32 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Ce groupe correspond donc aux vieilles cacaoyères cultivées de manière plus extensive que les autres. Il regroupe 11,7% des cacaoyères échantillonnées.

Le **groupe 2** est caractérisé par un nombre d'arbres et un âge des cacaoyères légèrement inférieur à la moyenne et à nouveau une absence d'application d'engrais. Le rendement est de $656,00 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Ce rendement n'est pas significativement différent du groupe 1 ($t(69) = -0,13$; $p = 0,897$). Celui-ci contient 57,3% des cacaoyères.

¹² Dans ce cas-ci, la p-valeur est celle d'un test F d'une analyse de la variance à un critère de classification.

Le **groupe 3** est caractérisé par des producteurs appliquant presque tous de l'engrais et appliquant plus fréquemment des pesticides que la moyenne. Le rendement est de 1026,06 kg.ha⁻¹. C'est 257,61 kg.ha⁻¹ plus élevé que la moyenne. Ce rendement n'est pas significativement différent du groupe 1 ($t(42) = -1,52$; $p = 0,136$) mais est hautement significativement différent du groupe 2 ($t(89) = -2,66$; $p = 0,009$). Il correspond aux cacaoyères cultivées de manière plus intensive. A Gbombelo ($n = 34$), situé au nord de Man, 42,9% des cacaoyères visitées appartiennent à ce groupe. A Yapleu ($n = 25$), situé au sud de la zone d'étude, 60% des cacaoyères visitées appartiennent à ce groupe. En regroupant les villages à proximité de Yapleu situés au sud du cours d'eau du N'Zo ($n=35$), 57,14% des cacaoyères visitées appartiennent à ce groupe.

Le nombre d'arbres est comme le groupe 2 inférieur à la moyenne. Ce groupe contient 31.1% des cacaoyères.

Pour conclure, les groupes 1 et 3 se présentent comme les extrêmes avec un mode de culture plus extensif et intensif respectivement. Le groupe 2 se situe entre ces extrêmes.

Tableau 16. Description des variables des trois groupes formés par la classification hiérarchique. Les moyennes et les écarts-types sont calculés pour chaque variable par groupe et pour la population échantillonnée totale. La p-valeur détermine la significativité de la différence entre la moyenne de l'échantillon et la moyenne du groupe.

	Moyenne du groupe	Moyenne de l'échantillon	Ecart-type du groupe	Ecart-type de l'échantillon	p-valeur
Groupe 1 (n=12)					
N.arbres	21,48	5,56	11,81	7,73	4,29E-14
Age.cacao	38,42	15,42	21,00	12,70	3,10E-11
Engrais	0,00	0,29	0,00	0,45	1,87E-02
Pesticides	0,75	2,65	0,92	1,497229	3,18E-06
Rendement	634,32	768,45	572,66	643,50	> 0,05
Groupe 2 (n=59)					
Rendement	656,00	768,45	507,67	643,50	4,10E-02
N.arbres	3,62	5,56	3,60	7,73	3,38E-04
Age.cacao	11,97	15,42	5,84	12,70	1,48E-03
Engrais	0,00	0,29	0,00	0,45	6,52E-14
Pesticides	2,54	2,65	0,92	1,50	> 0,05
Groupe 3 (n=32)					
Engrais	0,94	0,29	0,24	0,45	5,22E-22
Pesticides	3,56	2,65	1,77	1,50	3,73E-05
Rendement	1026,06	768,45	798,92	643,50	6,64E-03
N.arbres	3,16	5,56	2,92	7,73	3,55E-02
Age.cacao	13,16	15,42	8,09	12,70	> 0,05

3.5. Agroforesterie

Un producteur possède en moyenne 33,39 arbres par hectare ($\sigma = 26,05$). En ne considérant que les arbres de circonférence supérieure à 90 cm, cette moyenne passe à 5,56 arbres par hectare ($\sigma = 7,77$). Les arbres de circonférence inférieure à 90 cm et les arbres de circonférence supérieure à 90 cm représentent respectivement 84,0% et 16,0% de l'effectif total (4500 arbres). Près de 20% des producteurs ne possèdent pas d'arbres de circonférence supérieure à 90 cm et environ 60% en possèdent moins de 5 par hectare. Le nombre maximum est 41 (Figure 22). Pour les arbres de moins de 90 cm de circonférence, près de 20% des producteurs en ont moins de 10 par hectare et environ 80% en ont moins que 40. Le nombre maximum est de 102 (Figure 23).

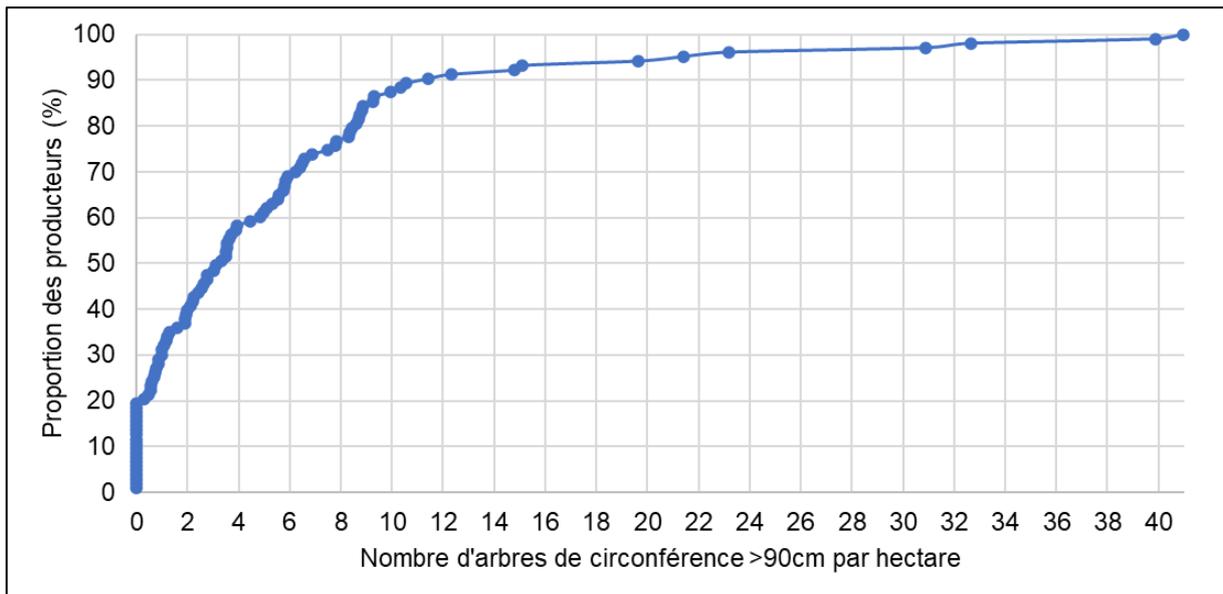


Figure 22. Nombre d'arbres de circonférence supérieure à 90 cm et proportion des producteurs associés.

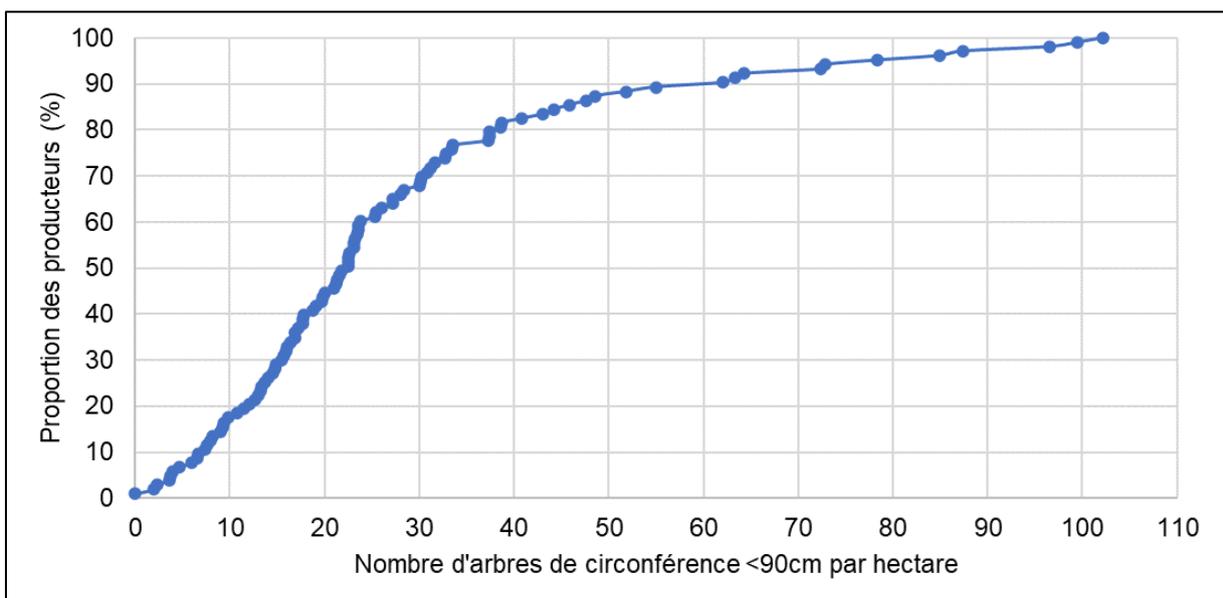


Figure 23. Nombre d'arbres de circonférence inférieure à 90 cm et proportion des producteurs associés.

Au total, 36 familles, 99 genres et 101 espèces botaniques ont été identifiés (classification APG IV). En raison du lien entre la famille des *Malvaceae* et les ravageurs du cacao, l'importance de cette famille sur la zone d'étude est brièvement présentée. Cette famille, à laquelle appartient le cacao, est la deuxième famille la plus abondante dans les cacaoyères après la famille des *Arecaceae*. Elle contient 18,4% des individus inventoriés. Elle est dominée par *Cola nitida* (Colatier) qui représente 74,4% des individus de cette famille. Les autres espèces sont par ordre d'importance *Ceiba pentandra* (Fromager), *Sterculia tragacantha* et *Triplochiton scleroxylon* (Ayous). Toutes ces espèces comptent plus de cinquante individus. Les autres espèces sont minoritaires et ont un effectif de maximum cinq individus.

Dans les cacaoyères, les espèces d'arbres plantées représentent 33,7% de toutes les espèces d'arbres inventoriées. Les espèces d'arbres présentes naturellement (sauvages) représentent donc 66,3% de toutes les espèces.

3.5.1. Espèces plantées

Au total, 21 espèces plantées ont été retrouvées dans les cacaoyères échantillonnées. L'espèce détenue par le plus de producteurs est l'avocatier. Il est présent chez 75,7% des producteurs. Ensuite vient le colatier, détenu par 66,0% des producteurs. A la suite de ce classement viennent, le mandarinier, l'oranger, le manguier et le cèdre épicé. La liste complète des 21 espèces, classées par ordre décroissant de la proportion des producteurs possédant l'espèce est présentée dans le Tableau 17.

Tableau 17. Liste des espèces d'arbres plantées dans les cacaoyères visitées avec la proportion des propriétaires interrogés possédant l'espèce et la proportion que représente l'espèce parmi l'ensemble des arbres plantés. Il est à noter que certaines espèces telles que le palmier à huile, le colatier, l'akpi et le manguier sauvage se disséminent naturellement. Les proportions indiquées ne prennent en compte que les arbres véritablement plantés.

Nom binomial	Nom vernaculaire	Proportion des propriétaires possédant cet arbre (%)	Proportion parmi l'ensemble des arbres plantés (%)
<i>Persea americana</i> Mill.	Avocatier	75,7	19,7
<i>Cola nitida</i> (Vent.) Schott & Endl.	Colatier	66,0	39,6
<i>Citrus reticulata</i> Blanco	Mandarinier	38,8	6,7
<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	Oranger	30,1	6,6
<i>Mangifera indica</i> L.	Manguier	27,2	3,1
<i>Beilschmiedia mannii</i> (Meisn.) Benth. & Hook.f.	Cèdre épicé	20,4	5,5
<i>Psidium guajava</i> L.	Goyavier	10,7	1,5
<i>Garcinia kola</i> Heckel	Petit cola	9,7	1,9
<i>Citrus ×paradisi</i> Macfad.	Pamplemoussier	6,8	0,7
<i>Raphia</i> sp.	Raphia	6,8	2,5
<i>Citrus ×limon</i> (L.) Burm.f.	Citronnier	4,9	0,4
<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.	Palmier à huile	4,9	1,8
<i>Irvingia gabonensis</i> (Aubry-Lecomte ex O'Rorke) Baill.	Manguier sauvage	3,9	0,5
<i>Anacardium occidentale</i> L.	Anacardier	2,9	7,7
<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunth ex Walp.	Gliricidia	1,9	0,8
<i>Riciodendron heudelotii</i> (Baill.) Pierre ex Heckel	Akpi	1,9	0,2
Non déterminé	Mirabelle	1,0	0,3
<i>Annona muricata</i> L.	Corossolier	1,0	0,1
<i>Cocos nucifera</i> L.	Cocotier	1,0	0,1
<i>Hevea brasiliensis</i> (Willd. ex A.Juss.) Müll. Arg.	Hévéa	1,0	0,2
<i>Xylopia aethiopica</i> (Dunal) A.Rich.	Poivrier de Guinée	1,0	0,2

Les 21 espèces sont toutes cultivées pour leurs fruits à l'exception du gliricidia, de l'hévéa et du raphia. Le gliricidia est un arbre agroforestier fertilisant, notamment distribué par l'ANADER (Agence Nationale d'Appui au Développement Rural) aux producteurs de cacao. L'hévéa est cultivé pour son latex. Sa présence est rare dans les cacaoyères. Il subsiste parfois d'anciennes pépinières d'hévéa. Le raphia est utilisé pour la confection du vin de palme, appelé « *bandji* ». Son extraction se fait en laissant l'arbre sur pied et en montant au sommet à l'aide d'une échelle. Pour le vin de palme issu des palmiers à huile, il faut des jeunes palmiers et l'abattage de l'arbre est effectué. La récolte dure plusieurs jours à plusieurs semaines. Le vin de palme est très répandu, mis à part chez les populations musulmanes. L'akpi, le cèdre épicé et le manguier sauvage sont utilisés pour confectionner des sauces et spécialement une sauce gluante prisee appelée « sauce longue ». Les autres fruits de type dessert sont particulièrement appréciés par les enfants. D'une façon générale, les fruits tombés au sol sont considérés comme une source d'engrais par les producteurs.

Le Tableau 18 présente la destination des fruits des neuf premiers arbres du Tableau 17. Deux tiers des arbres du tableau sont principalement voués à l'autoconsommation. Les arbres principalement voués à la vente sont le colatier, le cèdre épicé et le petit cola.

Tableau 18. Destination des produits des arbres plantés. La séparation est faite en trois catégories : les produits destinés majoritairement à l'autoconsommation, les produits majoritairement destinés à la vente et les arbres non matures. Pour les deux premières catégories, le détail est affiché entre parenthèses. Le détail se présente de la façon suivante pour la première catégorie : (autoconsommation exclusive + autoconsommation et vente). Pour la seconde catégorie, le détail se présente de la façon suivante : (vente exclusive + vente et autoconsommation). Les cases grisées indiquent la catégorie avec le plus grand pourcentage. Seules les neuf premières espèces du Tableau 17 sont présentées.

Nom vernaculaire	Proportion des producteurs pour qui l'autoconsommation est majoritaire (%)	Proportion des producteurs pour qui la vente est majoritaire (%)	Proportion des arbres non-matures (%)
Avocatier	53,3 (31,2 + 22,1)	39,0 (6,5 + 32,5)	7,8
Colatier	13,8 (12,3 + 1,5)	80,0 (38,5 + 41,5)	6,2
Mandarinier	48,6 (27,0 + 21,6)	45,9 (16,2 + 29,7)	5,4
Oranger	43,4 (26,7 + 16,7)	26,7 (6,7 + 20,0)	30,0
Manguier	80,0 (64,0 + 16,0)	4,0 (0,0 + 4,0)	16,0
Cèdre épicé	47,4 (31,6 + 15,8)	52,6 (10,5 + 42,1)	0,0
Goyavier	90,9 (72,7 + 18,2)	9,1 (9,1 + 0,0)	0,0
Petit cola	0,0 (0,0 + 0,0)	66,7 (11,1 + 55,6)	33,3
Pamplemoussier	85,7 (42,9 + 42,9)	14,3 (0,0 + 14,3)	0,0

En considérant les trois premières espèces citées par le producteur, les arbres à associer aux cacaoyères les plus demandés par les producteurs sont : le petit cola, le cèdre épicé et l'oranger (Tableau 19). Le petit cola est aussi le premier choix le plus fréquent. Le cèdre épicé est le deuxième premier choix le plus fréquent. Le petit cola et le cèdre épicé peuvent se vendre à plus de 1000 francs CFA le kilogramme. Un inconvénient du petit cola relevé par certains producteurs est le temps qu'il prend avant de donner des fruits. En effet, certains d'entre eux disent que c'est un arbre planté « pour les enfants ». Le Tableau 18 affiche une proportion d'un tiers des petits colas qui ne donnent pas encore de fruits. La troisième espèce la plus demandée est l'oranger. Ses fruits sont majoritairement destinés à l'autoconsommation. En quatrième position vient l'avocatier, dont les fruits sont également majoritairement autoconsommés. Parmi les six premières espèces du Tableau 19, les trois espèces utilisées pour la confection de sauces sont présentes. Ces espèces sont le cèdre épicé, l'akpi et le manguier sauvage. Ces espèces sont majoritairement autoconsommées à l'exception du cèdre épicé, qui est de façon sensiblement égale consommé et vendu (Tableau 18). Le manguier sauvage et l'akpi sont les cinquième et sixième espèces les plus demandées. Dans la suite du classement du Tableau 19, les fruitiers retrouvés sont le

mandarinier, le colatier, le manguier et le goyavier. Le fruit du colatier est très majoritairement destiné à la vente. Certains producteurs veulent se débarrasser du colatier parce qu'il est l'hôte d'un végétal parasite (*Tapinanthus* spp), également hôte des cacaoyers. Les fruits du manguier et du goyavier sont très majoritairement destinés à la consommation personnelle. Les mandarines sont également majoritairement destinées à la consommation personnelle mais dans une moindre mesure. Les arbres fertilitaires et les arbres de bois d'œuvre sont deux catégories du Tableau 19 qui ne sont pas vouées à la production de fruits.

Tableau 19. Trois premiers choix des producteurs des espèces à planter dans les cacaoyères. Les espèces pouvant être choisies par le producteur n'étaient pas limitées. Les espèces reprises dans le tableau sont celles dont la proportion totale (somme des trois premiers choix) est supérieure à 1%. Les espèces sont classées par ordre décroissant du total des trois premiers choix.

Nom binomial	Nom vernaculaire	Proportion des producteurs (%)			
		1 ^{er} choix	2 ^{ème} choix	3 ^{ème} choix	Total
<i>Garcinia kola</i> Heckel	Petit cola	58,3	11,7	11,7	81,7
<i>Beilschmiedia mannii</i> (Meisn.) Benth. & Hook.f.	Cèdre épicé (Sran)	11,7	19,4	9,7	40,8
<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	Oranger	5,8	14,6	14,6	35,0
<i>Persea americana</i> Mill.	Avocatier	6,8	8,7	9,7	25,2
<i>Irvingia gabonensis</i> (Aubry-Lecomte ex O'Rorke) Baill.	Manguier sauvage (Kplé)	3,9	10,7	6,8	21,4
<i>Ricinodendron heudelotii</i> (Baill.) Pierre ex Heckel	Akpi	1,0	12,6	6,8	20,4
Non déterminé	-	0,0	3,9	14,6	18,5
Arbres fertilitaires	-	5,8	4,9	5,8	16,5
<i>Citrus reticulata</i> Blanco	Mandarinier	3,9	2,9	6,8	13,6
<i>Cola nitida</i> (Vent.) Schott & Endl.	Colatier	1,9	4,9	1,9	8,7
Arbres de bois d'œuvre	-	1,0	1,0	2,9	4,9
<i>Mangifera indica</i> L.	Manguier	0,0	1,0	3,9	4,9
<i>Psidium guajava</i> L.	Goyavier	0,0	1,0	1,0	2,0

Enfin, les producteurs qui estiment acheter moins de nourriture que ce qu'ils n'en produisent ont en moyenne 16,36 arbres plantés dans leur cacaoyère ($\sigma = 14,51$) tandis que les producteurs qui estiment acheter plus de nourriture que ce qu'ils n'en produisent ont en moyenne 12,82 arbres plantés dans leur cacaoyère ($\sigma = 17,50$). La différence entre ces deux moyennes n'est pas significative ($t(99) = -1,08$; $p = 0,284$).

3.5.2. Espèces naturelles

Au total, 87 espèces d'arbres non plantées ont été identifiées (Annexe 2). Ces espèces représentent 79,5% des individus sauvages inventoriés. Le Tableau 20 résume la précision de l'identification. Les espèces non identifiées sont des espèces moins communes dans les cacaoyères. La relativement faible proportion des individus dont l'espèce n'est pas connue (20,0%) contient dès lors une grande richesse spécifique. Sur base des détails des genres, des familles et des individus non identifiés, le nombre d'espèces réel doit être multiplié par deux au minimum.

Tableau 20. Proportion et nombre d'individus sauvages identifiés au rang de l'espèce, du genre et de la famille, et non identifiés.

	Au rang de l'espèce	Au rang du genre	Au rang de la famille	Non-identifié	Total
Nombre d'individus	2208	342	48	162	2760
Proportion (%)	80,0	12,4	1,7	5,9	100

La Tableau 21 reprend les vingt essences observées le plus fréquemment chez les producteurs. Les essences dont l'identification est incertaine et les essences non-identifiées au rang de l'espèce mais dont un regroupement a été possible par le genre ou le nom local sont reprises en Annexe 3. Le

Tableau 22 présente les utilisations principales des essences du Tableau 21. Le Tableau 23 présente la destination des fruits. Les autres produits forestiers ne sont pas repris car essentiellement voués à la consommation personnelle.

A la tête du classement du Tableau 21 se trouve le palmier à huile, *Elaeis guineensis*, retrouvé dans 81,6% des cacaoyères. Il représente un tiers des tous les arbres sauvages inventoriés. Il est utilisé par 86,1% de ses détenteurs pour la sauce rouge et chez 75,9% pour la fabrication d'huile rouge. Les jeunes palmiers sont parfois utilisés pour la fabrication du vin de palme, impliquant la mort des individus. Les produits du palmier à huile sont pour 60,6% des producteurs majoritairement destinés à l'autoconsommation. La proportion des palmiers à huile sauvages est de 94,4%, les autres sont plantés. Malgré leur faible ombrage, certains producteurs accusent le palmier de consommer trop d'eau et d'ainsi concurrencer les cacaoyers.

La deuxième essence du classement est *Milicia excelsa* (Iroko), retrouvée dans 44,7% des cacaoyères. Elle représente seulement 3,6% des individus sauvages inventoriés. Elle est utilisée par 55,9% de ses détenteurs pour le bois d'œuvre. Deux autres essences sont fréquemment utilisées pour leur bois d'œuvre : *Triplochiton scleroxylon* (Ayous) pour 40,0% des détenteurs et *Terminalia superba* (Fraké) pour 38,5% des détenteurs. Les producteurs utilisent le bois pour la construction des habitations. En attendant d'utiliser le bois, les arbres sont laissés sur pied dans les cacaoyères. Il n'y pas de circuit de commercialisation du bois d'œuvre pour les producteurs. En revanche, des exploitants forestiers viennent prélever des arbres dans les cacaoyères. Cela se fait avec ou sans accord du propriétaire de la cacaoyère. Certains exploitants viennent de nuit pour ne pas se faire repérer. Une indemnisation (~ 2000 francs CFA par arbre) est parfois versée au producteur. Cette indemnisation est parfois versée après avoir abattu l'arbre si le producteur surprend les exploitants. L'exploitation des arbres engendre la mort de pieds de cacao. Elle engendre également des tassements de sol. Au moins deux des producteurs visités avaient des zones où le cacao ne poussait plus à cause du passage des engins d'exploitation. Pour s'assurer de ne pas avoir de dégâts dans les cacaoyères, les producteurs tuent les essences commerciales de gros diamètre par anelage ou en mettant le feu à la base.

La troisième essence du classement est *Ceiba pentandra* (Fromager), retrouvée dans 40,8% des cacaoyères. L'utilisation la plus répandue pour cette essence est l'ombrage pour le cacao, cela concerne 44,1% des producteurs. Pour 38,2% des producteurs cette essence est indésirable et ils veulent s'en débarrasser. Cependant, 17,6% d'entre eux n'ont pas les moyens techniques pour la tuer. En effet, la présence d'essences de gros diamètres dans les cacaoyères est en partie due à l'impossibilité de les tuer. Il n'est pas rare que certains individus résistent malgré l'anelage et la mise à feu. Certains producteurs utilisent des produits chimiques.

Par ailleurs, trois espèces du Tableau 21 sont des arbustes : *Ficus sur*, *Myrianthus arboreus* et *Newbouldia laevis*. Les deux premières sont utilisées comme arbres fertilitaires. Les fruits qui tombent au sol sont considérés comme un engrais. La dernière est principalement utilisée comme support pour faire grimper l'igname ghanéen.

Les arbres considérés comme fertilitaires par les producteurs sont ceux donnant des fruits ou dont les feuilles tombent au sol. Aucun producteur n'a évoqué l'intérêt du genre *Albizia* (fixateur de l'azote) pour l'apport d'engrais. *Albizia adianthifolia* est présent chez 30,1% des producteurs et *Albizia zygia* chez 7,8% des producteurs.

Tableau 21. Liste des 20 essences les plus fréquentes dans les cacaoyères visitées avec la proportion des propriétaires interrogés possédant l'espèce et la proportion que représente l'espèce parmi l'ensemble des arbres sauvages. Les essences sont classées par ordre décroissant de la fréquence à laquelle elles sont retrouvées chez les producteurs.

Nom binomial	Proportion des propriétaires possédant cet arbre (%)	Proportion parmi l'ensemble des arbres sauvages (%)
<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.	81,6	33,2
<i>Milicia excelsa</i> (Welw.) C.C. Berg	44,7	3,6
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	40,8	3,2
<i>Ficus sur</i> Forssk.	35,9	5,8
<i>Albizia adianthifolia</i> (Schumach.) W. Wight.	30,1	2,3
<i>Triplochiton scleroxylon</i> K. Schum.	28,2	1,9
<i>Myrianthus arboreus</i> P. Beauv.	25,2	2,2
<i>Pycnanthus angolensis</i> L.	25,2	1,7
<i>Antiaris toxicaria</i> Lesch.	24,3	1,7
<i>Sterculia tragacantha</i> Lindl.	24,3	2,1
<i>Ficus exasperata</i> Vahl	23,3	2,1
<i>Morinda lucida</i> Benth.	20,4	2,6
<i>Musanga cecropioides</i> R. Br. ex Tedlie	18,4	1,7
<i>Newbouldia laevis</i> (P.Beauv.) Seem.	16,5	1,2
<i>Terminalia superba</i> Engl. & Diels	16,5	1,8
<i>Petersianthus macrocarpus</i> (P. Beauv.) Liben	11,7	0,6
<i>Ricinodendron heudelotii</i> (Baill.) Pierre ex Hecke	11,7	0,8
<i>Canarium schweinfurthii</i> Engl.	9,7	0,6
<i>Piptadeniastrum africanum</i> (Hook.f.) Brenan	9,7	0,4
<i>Albizia zygia</i> (DC.) J. F. Macbr.	7,8	0,5

Tableau 22. Utilisations principales des vingt essences les plus fréquemment retrouvées dans les cacaoyères (essences du Tableau 21). Les nombres entre parenthèses indiquent la proportion des producteurs ayant mentionné l'utilisation indiquée. « Mort prévue » signifie que les producteurs vont tuer cette essence. « Mort souhaitée » signifie que les producteurs veulent tuer cette essence mais n'en ont pas les moyens. « Igname » signifie que l'essence est utilisée comme support de l'igname Ghanéen (individus de petits diamètres). « Ombrage » signifie que l'arbre est laissé pour faire de l'ombrage sur le cacao. « Engrais » signifie que les fruits ou les feuilles de l'arbre sont considérées comme fertilisantes. « Apport d'eau » signifie que des gouttes d'eau tombent de l'arbre en saison sèche, apportant de l'eau au cacao.

Nom binomial	Utilisation 1	Utilisation 2	Utilisation 3
<i>E. guineensis</i>	Sauce (86,1)	Huile (75,9)	Mort prévue (7,6)
<i>M. excelsa</i>	Construction (55,9)	Ombrage (26,5)	Mort prévue/souhaitée (20,6)
<i>C. pentandra</i>	Ombrage (44,1)	Mort prévue (20,6)	Mort souhaitée (17,6)
<i>F. sur</i>	Engrais (56,0)	Ombrage (48,0)	Apport d'eau/Mort prévue/Igname
<i>A. adianthifolia</i>	Ombrage (64,7)	Mort prévue/souhaitée (23,5)	Médicament (17,6)
<i>T. scleroxylon</i>	Ombrage (45,0)	Construction (40,0)	Mort prévue/souhaitée (0,25)
<i>M. arboreus</i>	Ombrage (50,0)	Engrais (18,7)	Mort prévue (18,7)
<i>P. angolensis</i>	Mort prévue (38,5)	Ombrage (30,8)	Apport d'eau (15,4)
<i>A. toxicaria</i>	Mort prévue/souhaitée (42,9)	Ombrage (21,4)	Construction/Fruit=appât de chasse
<i>S. tragacantha</i>	Ombrage (46,2)	Mort prévue (38,5)	Engrais (15,4)
<i>F. exasperata</i>	Mort prévue (50,0)	Ombrage (41,7)	Igname (8,3)
<i>M. lucida</i>	Ombrage (53,3)	Médicament paludisme/fièvre (26,7)	Mort prévue/Igname
<i>M. cecropioides</i>	Ombrage (69,2)	Engrais (30,8)	Mort prévue (15,4)
<i>N. laevis</i>	Igname (44,4)	Ombrage (33,3)	Médicament tou/endurance (22,2)
<i>T. superba</i>	Construction (38,5)	Mort prévue (38,5)	Ombrage (30,8)
<i>P. macrocarpus</i>	Ombrage (42,9)	Mort prévue (28,6)	Médicament/Chenilles
<i>R. heudelotii</i>	Sauce (90,0)	Mort prévue (10,0)	-
<i>C. schweinfurthii</i>	Ombrage (83,3)	Médicament reins/hommes (0,5)	Mort prévue (16,7)
<i>P. africanum</i>	Mort prévue (57,1)	Ombrage (28,6)	Mort souhaitée (14,3)
<i>A. zygia</i>	Mort prévue (42,9)	Ombrage (42,9)	Médicament (14,3)

Tableau 23. Destination des fruits des arbres sauvages. La présentation du tableau est la même que pour le Tableau 18. Les trois essences dont les fruits sont les plus prisés sont présentées. Les fruits des autres essences sont rarement consommés ou vendus.

Nom binomial	Proportion des producteurs pour qui l'autoconsommation est majoritaire (%)	Proportion des producteurs pour qui la vente est majoritaire (%)	Proportion des arbres non-matures (%)
Palmier à huile ¹	60,6 (46,1 + 14,5)	36,9 (5,3 + 31,6)	2,6
Akpi ²	88,8 (44,4 + 44,4)	11,1 (0,0 + 11,1)	0,0
Manguier sauvage (Kplé) ³	33,4 (16,7 + 16,7)	16,7 (0,0 + 16,7)	50,0

1. *Elaeis guineensis* Jacq.

2. *Ricinodendron heudelotii* (Baill.) Pierre ex Heckel

3. *Irvingia gabonensis* (Aubry-Lecomte ex O'Rorke) Baill.

4. Discussion et recommandations

4.1. Cartographie et aménagement du territoire

La classe Palmier nécessite une attention particulière quant à son interprétation. Celle-ci englobe les plantations de palmiers à huiles et les forêts secondaires. La distinction des deux n'a pas été possible. La raison est l'abondance de palmier dans les forêts secondaires. En effet, le palmier (*Elaeis guineensis* Jacq.) est originaire d'Afrique de l'Ouest et pousse spontanément dans les forêts secondaires (Herzog, 1994). Les producteurs les conservent ou en plantent pour préparer de la sauce, fabriquer de l'huile rouge ou encore du vin de palme. Plusieurs producteurs échantillonnés avaient pour métier de grimper aux palmiers pour couper les grappes de fruits des palmiers. L'importance du palmier dans l'alimentation locale explique son abondance et sa conservation dans le paysage. Les plantations monospécifiques de palmiers, pouvant être définies comme des cultures de rente, sont plus rares que les palmiers représentés dans les jachères, les forêts secondaires et ailleurs.

La zone d'étude est entourée de forêts classées. Sa position est idéale pour développer des corridors et connecter ces forêts. A cet effet, l'étude d'Asare *et al.* (2014), au Ghana, propose des corridors de cacaoyères menées en agroforesterie. Cependant, la carte d'occupation du sol montre une couverture arborée très faible dans les forêts classées. Les cacaoyères y sont parfois dominantes. Seule la forêt classée située nord-ouest de Man, au niveau du Mont Tonkpi, semble persister, du moins en partie. Dans ce contexte, la construction de corridors n'a pas de sens. En revanche, la préservation de la biodiversité dans les cacaoyères est essentielle, d'autant plus dans ce contexte. Cependant, comme le souligne Asare *et al.* (2014), des incitations financières sont nécessaires pour que les pratiques agroforestières soient attractives pour les producteurs de cacao. Ces incitations pourraient prendre la forme de paiements pour la conservation de la biodiversité et pour le stockage de carbone.

Enfin, l'abondance des cacaoyères et le faible couvert arboré au sud de Yapeu nécessitent une attention particulière pour le développement de l'agroforesterie. Cela est d'autant plus vrai que selon les projections cette zone sera moins propice à la cacaoculture (Schroth *et al.*, 2016).

4.2. Exploitations

Considérant l'importante volatilité des prix du cacao et du café (Maurice & Davis, 2013), la diversification des cultures de rente est conseillée. Le café est particulièrement intéressant étant donné sa réputation dans la zone d'étude pour sa qualité, bien que la valorisation de cette qualité soit encore à mettre en place. De plus, le café peut être cultivé en association avec le cacao. Même si la littérature n'est pas très fournie sur le sujet, Müller *et al.* (2012) montrent que l'association du café et du cacao permet d'obtenir des meilleurs rendements que si les cultures étaient cultivées séparément en monoculture. Sur quatre ratios différents, ce sont les ratios 50% cacao – 50% café et 68% cacao – 32% café qui ont montrés les meilleurs résultats. La technique des producteurs qui consiste à planter du café et du cacao, et de voir la culture qui se comporte le mieux est pertinente. L'étude des conditions de sol pour déterminer la culture la plus adaptée n'étant pas à portée de tous les producteurs. Le maintien des caféiers présents dans plus de la moitié des parcelles est donc conseillé. Un enrichissement avec des caféiers est aussi possible.

Les cultures vivrières peuvent être cultivées dans les cacaoyères suffisamment ensoleillées. L'augmentation de l'ombrage réduit les possibilités de culture. Les résultats montrent que trois cultures sont cultivées dans les plus jeunes cacaoyères et elles sont beaucoup plus présentes lors de l'installation de la cacaoyère que plus tard. Ces cultures sont le maïs, les légumes et l'igname. Les autres cultures se retrouvent aussi à l'installation mais elles sont également retrouvées dans certaines cacaoyères après

installation. Ces cultures sont soit des reliques des cultures implémentées à l'installation, soit des cultures nouvellement plantées dans les zones les plus ensoleillées. Les rendements ne sont donc pas importants. L'intérêt des cultures vivrières se manifeste principalement à l'installation des cacaoyères quand l'ensoleillement est suffisant. Parmi les avantages de l'intégration de ces cultures à l'installation, on peut citer : l'apport d'un revenu en attendant les premières récoltes de cacao, la rentabilisation des surfaces (considérant l'espace limité) et la limitation du désherbage (Adeyemi, 1999). De plus, Opoku-Ameyaw *et al.* (2012) montrent que l'association des cultures vivrières avec les jeunes cacaoyers augmente généralement les rendements de cacao et ce, même sans application d'engrais.

4.3. Cacaoyères

4.3.1. Variétés de cacao

Parmi les différentes variétés de cacao, le *Français*, ancienne variété traditionnellement cultivée sous ombrage, est toujours appréciée par les producteurs. Bien qu'elle serait moins productive, sa longévité et sa résistance à l'ombrage font d'elle une variété intéressante pour l'agroforesterie. Le *Ghana*, plus adapté au soleil, serait de manière générale plus sensible que le *Français* (particulièrement aux maladies). Son rendement supérieur lui confère un intérêt dans des systèmes de cultures moins ombragés. Les variétés *Mercedes* et *Brésil* ont un rendement supérieur aux deux variétés citées précédemment. Cependant, leur mortalité précoce va à l'encontre des objectifs de durabilité du projet *People Planet & Cocoa*. Finalement, le mélange des variétés *Français* et *Ghana* pourrait être intéressant pour tirer profit des avantages de l'une et de l'autre et assurer une récolte si l'une des deux devait subir un dommage. Cette association est déjà présente dans de nombreuses parcelles.

4.3.2. Facteurs influençant le rendement

La diminution du rendement avec l'augmentation de la taille des parcelles de cacao pourrait être due à la charge de travail. Une petite parcelle demande une charge de travail moins importante et elle peut donc être mieux entretenue. Pour cette raison, à la coopérative de Yeyasso, les parcelles des producteurs n'appartenant pas encore à la coopérative sont privilégiées dans les recrutements. En effet, les producteurs sont désireux de voir leurs parcelles enregistrées dans une coopérative pour pouvoir bénéficier des primes associées à une certification. Privilégier les nouveaux producteurs permet d'éviter que ceux-ci ne défrichent de nouvelles terres pour installer davantage de cacaoyères. Celles-ci seraient moins bien entretenues et plus extensives, car la surface à gérer par le producteur est plus importante. En priorisant les nouveaux producteurs, les efforts des producteurs se concentrent sur une parcelle enregistrée dans la coopérative qui rapporte des primes sur la production. Une autre raison pouvant expliquer cette diminution du rendement est que les intrants sont difficilement accessibles, car coûteux, et il est dès lors plus difficile d'en obtenir suffisamment pour une plus grande parcelle. Afin de pouvoir restaurer la rente forestière, des pratiques plus intensives sont suggérées pour les producteurs ayant un mode de gestion trop extensif. L'avantage d'une gestion plus intensive, pour autant qu'elle reste durable, est qu'elle implique un besoin de terres moins important et par conséquent un impact réduit sur les forêts. L'application des bonnes pratiques agricoles est un premier élément permettant d'augmenter les rendements (Oomes *et al.*, 2016). A Yeyasso, les membres bénéficient déjà d'un enseignement des bonnes pratiques agricoles.

La différence de rendement entre les producteurs au sud et au nord de Man pourrait s'expliquer par une fertilité plus importante au nord. Les producteurs du nord sont 17,9% à appliquer de l'engrais contre 33,3% au sud. Ce n'est donc pas l'apport de fertilisants qui crée cette différence. De plus, le nombre d'applications de pesticides n'est pas sensiblement différent entre le nord et le sud. Par contre, l'exploitation plus récente des terres au nord de Man pour la cacaoculture pourrait être à l'origine de sols moins épuisés. Les modèles climatiques pour 2030 et 2050 montrent que la partie de la zone d'étude

située au nord de Man pourrait être plus adaptée à la cacaoculture. Au sud, les cacaoyères près de Man se trouveront dans une zone qui pourrait également être plus adaptée à la cacaoculture. En descendant vers Yapleu, la zone pourrait être légèrement moins propice à la cacaoculture (Schroth *et al.*, 2016). Cela s'explique par le fait que les zones au-dessus de 400 à 450 mètres d'altitude seront des zones potentiellement plus adaptées que les terres plus basses grâce à l'augmentation de la température (Läderach *et al.*, 2013).

La différence de rendement entre les hommes et les femmes a deux origines probables. Premièrement, une femme s'occupe du ménage et des cultures vivrières et elle a dès lors moins de temps à consacrer à la cacaoculture. Deuxièmement, il arrive que lorsqu'un homme dispose de plusieurs parcelles, il cède l'une d'entre-elle à sa femme. L'homme gardant la parcelle la plus productive pour lui.

4.3.3. Facteurs limitants de la production

Selon les producteurs, ce sont les ravageurs qui limitent le plus la production. La réduction de la pression des ravageurs peut se faire par des pratiques agroforestières (Andres *et al.*, 2016). En agroforesterie, Tschardtke *et al.* (2011) recommandent de bannir les pesticides pour favoriser les processus naturels de compétition et avoir une régulation naturelle. Certains arbres sont aussi à éviter tels que ceux appartenant à la même famille que le cacao (Malvacées) qui sont plus affectés par le *swollen shoot virus* et les mirides (Schorth *et al.*, 2000).

Le deuxième facteur limitant de la production relevé par les producteurs est le manque de fertilité. Les effets des arbres d'ombrage sur la fertilité ne sont pas suffisamment clairs (e.g. Blaser *et al.*, 2017) pour proposer l'agroforesterie comme solution. Toutefois, les arbres d'ombrage permettent au moins le maintien de la fertilité (Andres *et al.*, 2016). Sous ombrage, l'apport d'azote n'est pas nécessaire. Pour intensifier la cacaoculture, l'application d'engrais est à favoriser. Dans les faits, beaucoup de producteurs n'ont pas les moyens d'en acheter (cette étude ; Snoeck *et al.*, 2016). Il y a la possibilité pour les producteurs de s'arranger avec les délégués (c'est-à-dire les intermédiaires qui achètent le cacao aux producteurs et le livrent à Yeyasso) pour obtenir de l'engrais et de payer lorsqu'ils ont une entrée d'argent, par exemple lors de la vente du cacao. Cela est également possible avec les pesticides. Les arbres de la famille des Fabacées (e.g. *Gliricidia sepium*, *Erythrina* spp. et *Albizia* spp.) sont souvent recommandés pour leur capacité à fixer l'azote atmosphérique (Dumont *et al.*, 2014, Conseil du café-cacao, 2015 ; Snoeck *et al.*, 2016). Malgré leur promotion par différentes institutions publiques et privées, l'intérêt de ces arbres pour les producteurs est faible (cette étude ; Ruf, 2018). De plus, l'étude de N'guessan *et al.* (2017) montre que 77% des cacaoyères de Côte d'Ivoire n'ont pas besoin d'azote. Cette étude a produit une carte avec des recommandations en fertilisants (N-P-K-Ca-Mg) et il s'avère que la zone de la présente étude ne nécessite pas d'azote. Les quantités de chaque élément, recommandées par arbre, sont au nord de Man de 0g de 0g d'azote, 180g de phosphore, 110g de potassium, 200g de calcium et 160g de magnésium. Au sud de Man les quantités recommandées sont : 0g d'azote, 60g de phosphore, 110g de potassium, 200g de calcium et 30g de magnésium. Une autre alternative à l'engrais est l'utilisation de fumure animale. Parmi les 103 producteurs de cette étude, 14,6% des producteurs appliquent de la fiente de poulet. La différence de rendement moyen entre les producteurs appliquant de la fiente de poulet et ceux appliquant des formulations NPK n'est pas significativement différente. Ceci est encourageant et confirme les résultats de Ruf & Kiendré (2016) qui suggéraient même des rendements plus élevés de la fiente de poulet par rapport aux engrais chimiques. L'utilisation de la fiente de poulet a débuté dans l'ouest de la Côte d'Ivoire à la fin du 20^{ème} siècle. Cependant, la majorité des élevages de poulet se trouvent à l'est et ne suffisent pas à alimenter la demande (Ruf & Kiendré, 2016). Le développement de l'élevage de poulet à l'ouest pourrait être une alternative aux engrais chimiques, peu accessibles aux producteurs. Bien que 60,1% des producteurs interrogés disposent de poulets, leur divagation ne permet pas une récolte suffisante de fientes de poulet.

Seul un des producteurs interrogés disposait d'un élevage. Un producteur relais venait également de lancer son élevage de poulets à Yapleu. D'autres élevages existent (notamment à Douélé) mais n'ont pas été répertoriés dans le cadre de cette étude. Les fumiers de mouton et de chèvre sont aussi des voies à explorer. Une perspective de recherche serait l'étude des élevages dans la région de l'ouest et l'évaluation de leur potentiel pour la fertilisation des cacaoyères.

4.3.4. Recommandations par rapport à la classification des cacaoyères

L'ACP a permis d'identifier trois groupes qui peuvent faire l'objet de recommandations différentes.

Groupe 1 (n=12)

Pour rappel, ce groupe contient majoritairement des cacaoyères âgées de plus de 30 ans avec une couverture arborée plus élevée que la moyenne et peu d'intrants. Le rendement de ce groupe n'étant pas significativement différent de la moyenne de l'échantillon, il serait intéressant de conserver les cacaoyères qui composent le groupe dans leur état actuel. D'autant plus que l'important couvert arboré confère à ces cacaoyères un grand potentiel en termes de biodiversité et de stockage de carbone. Les cacaoyères de ce groupe appartiennent à des producteurs plus âgés que les autres groupes (en moyenne 53 ans, contre 38 et 36 ans pour les autres groupes). Par ailleurs, ces cacaoyères demandent peu d'entretien puisque les adventices poussent moins rapidement avec l'ombre et que l'application d'intrants est rare. Ces deux dernières constatations vont en faveur d'une préservation de ces cacaoyères pour les producteurs plus âgés, qui n'ont plus la même force de travail que les jeunes producteurs. Des primes, par exemple par un organisme de compensation d'émissions, pourraient être envisagées pour encourager les producteurs à garder ces cacaoyères.

Groupe 2 (n=59)

La différence de rendement entre le groupe 1 et le groupe 2 n'est pas significativement différente. Pourtant l'âge moyen des cacaoyères du groupe 1 est de 38 ans tandis que le groupe 2 se situe à 12 ans. Par ailleurs, le groupe 1 contient plus de 5 fois plus d'arbres (>90cm de circonférence) que le groupe 2. Cela suggère que de vieilles cacaoyères ombragées peuvent produire presque autant que des cacaoyères jeunes moins ombragées. Le groupe 2 représente 57,3% des cacaoyères échantillonnées. La gestion de ces cacaoyères représente donc un enjeu important. L'augmentation progressive du couvert forestier avec notamment des arbres utiles est suggérée. Cela permettrait de diversifier les revenus des producteurs, de limiter les impacts liés à l'évolution du climat et de bénéficier des autres avantages liés à l'agroforesterie, tout en gardant des rendements comparables. Les rendements sur le long terme seront également assurés. Le groupe 1 étant constitué de 12 cacaoyères, il serait intéressant de tester si les résultats sont semblables avec un échantillon plus important.

Groupe 3 (n=32)

Le groupe 3 est remarquable par son rendement élevé (1026,06 kg.ha⁻¹). L'origine de ce rendement élevé est indéniable. Ce groupe contient des producteurs appliquant de l'engrais pour la plupart, pulvérisant plus fréquemment des pesticides et contenant moins d'arbres que les autres groupes. Ce résultat confirme que la faible productivité des cacaoyères ivoiriennes résulte notamment d'un manque d'intrants (Assiri *et al.*, 2009). Le groupe 2, ayant un âge comparable, a un rendement moyen significativement plus faible. L'intensification des pratiques agricoles du groupe 2, par une augmentation des intrants et un contrôle du couvert arboré, permettrait d'augmenter significativement les rendements. Cependant, c'est renoncer à une productivité à long terme, incluant une diversification du revenu et une mitigation des risques climatiques. En sortant de cette vision binaire, il est possible de maximiser les bénéfices de chaque mode de gestion en trouvant un compromis. C'est ce que l'étude de

Blaser *et al.* (2018) a fait en proposant un ombrage de 30%. Ce niveau d'ombrage permet de garder une productivité comparable à une culture en plein soleil tout en bénéficiant des avantages de l'agroforesterie. De plus, l'étude d'Asare *et al.* (2018) observe un doublement de rendement en passant d'une cacaoyère en plein soleil à un niveau d'ombrage de 30%. Ce niveau d'ombrage semble donc être un bon compromis. Grâce à l'ombrage, les risques d'attaques des ravageurs sont limités, nécessitant des doses moins importantes de pesticides. De plus, les engrais inorganiques peuvent être remplacés par l'application de déjections animales comme explicité précédemment. Une gestion durable et plus intensive est donc possible.

4.3.5. Recommandations par rapport à la localisation

La partie de la zone d'étude allant de Man jusqu'au cours d'eau du N'Zo, est caractérisée par des rendements très faibles (428,40 kg/ha⁻¹). Les rendements plus élevés au sud du N'Zo peuvent s'expliquer par l'importante utilisation d'intrants. Pour rappel, 57,14% des cacaoyères de cette zone appartiennent au groupe 3 de l'ACP, caractérisé par une culture plus intensive du cacao. De plus, la carte d'occupation du sol montre que c'est une zone dominée par la cacaoculture et qu'elle est donc potentiellement plus spécialisée en la matière. Les rendements plus élevés au nord de Man, comme indiqué précédemment, pourraient être dus à une fertilité du sol plus importante. La productivité serait donc plus élevée pour des raisons différentes au nord de Man et au sud du N'Zo. L'augmentation des rendements dans la zone comprise entre Man et le N'Zo pourrait être réalisée par une augmentation du niveau de fertilité des plantations. Il serait intéressant de travailler sur le développement de l'élevage dans cette zone, avec un circuit de valorisation des déjections. En second plan, l'accessibilité aux engrais inorganiques devrait être facilitée. Au nord de Man, l'anticipation d'une future perte de fertilité peut se faire par des pratiques agroforestières. En effet, si l'augmentation de la fertilité par l'agroforesterie n'est pas avérée, elle permettrait tout au moins son maintien à long terme (Andres *et al.*, 2016). Au sud du N'Zo, les projections montrent que la zone devrait être légèrement moins propice à la cacaoculture dans les années à venir (Schroth *et al.*, 2016). L'augmentation de la couverture arborée jusqu'à 30% permettrait de conserver de bons rendements (Blaser *et al.*, 2018) tout en mitigeant les effets du climat (e.g. Ofori-Boateng & Insah, 2014).

4.4. Espèces agroforestières

4.4.1. Espèces domestiquées

Dans les paragraphes qui suivent, des recommandations sont faites pour la distribution d'arbres chez les producteurs de cacao. La distribution d'arbres est une activité phare du projet *People, Planet & Cocoa* pour augmenter l'autonomie alimentaire et financière des producteurs de cacao. Les résultats de la présente étude semblent montrer que le nombre d'arbres plantés dans les cacaoyères influence l'autonomie alimentaire des producteurs. De plus, la vente de fruits issus des arbres associés au cacao est répandue et permet d'apporter un revenu complémentaire au cacao.

Dans la revue de la littérature commandée par le programme de certification UTZ, une liste des espèces agroforestières recommandées en cacaoculture est dressée (UTZ, 2017). Dans cette liste, 15 des 21 espèces plantées retrouvées dans les cacaoyères échantillonnées sont présentes. Les espèces non citées sont le colatier, le cèdre épicé, l'anacardier, le raphia, le corossolier et l'hévéa. Le colatier n'est probablement pas repris car il est l'hôte de ravageurs du cacaoyer (Schorth *et al.*, 2000). A l'exception du cèdre épicé, les autres espèces sont minoritaires dans les cacaoyères et leur utilisation en agroforesterie n'est pas répandue. Les producteurs n'étant pas friands de ces espèces, une description plus détaillée serait superflue. Par contre, le cèdre épicé est fort demandé et cultivé par les producteurs de cacao, ses effets sur le cacaoyer seraient intéressants à évaluer. Dans l'ensemble, il n'y a pas

d'espèces plantées qui sont à déconseillées pour la cacaoculture. Au contraire, elles sont pour la plupart recommandées.

Le petit cola est l'arbre le plus demandé par les producteurs. Cette espèce est principalement destinée à la vente. Aucun producteur n'a une consommation majoritaire de son fruit par rapport à la vente. C'est donc une espèce à intérêt financier. Seul 9,7% des producteurs possèdent cette espèce et un tiers des individus ne sont pas encore en âge de produire. Cet arbre fructifie seulement après 7 à 15 ans. Pour que les arbres soient matures plus rapidement, la reproduction végétative est une voie possible, bien qu'elle soit encore à développer. De plus, des rendements plus élevés pourraient être obtenus avec des variétés greffées (Maňourová *et al.*, 2019).

Tout comme le petit cola, le colatier est principalement destiné à la vente. Cet arbre est beaucoup moins demandé que le petit cola (dixième position), certainement du fait de sa présence chez 66,0% des producteurs, de sa réputation d'hôte pour les ravageurs du cacao et des plantes parasites qu'il héberge (*Tapinanthus* spp). Parmi les espèces d'arbres plantées, seul *Cola nitida* appartient à la famille des *Malvaceae*. Cette famille est réputée pour être l'hôte de mirides (Schorth *et al.*, 2000). De plus, l'étude conduite ici a révélé que les parasites du genre *Tapinanthus* (*Loranthaceae*), s'attaquant aux cacaoyers, peuvent abonder dans les colatiers. Contrairement à d'autres espèces de la famille des Malvacées, le colatier ne contracte pas le *swollen shoot virus* (Schorth *et al.*, 2000 ; Asare, 2005). Sa plantation en haies permet même de réduire la propagation du virus (Domfeh *et al.*, 2016). *Cola nitida* est aussi réputé pour être l'hôte du foreur de cabosses (*Conopomorpha cramerella*), mais ce problème concerne l'Asie. En raison des ravageurs qu'il attire et de son omniprésence dans les cacaoyères, le colatier n'est pas recommandé dans les distributions d'arbres. Son utilisation en haies contre le *swollen shoot virus* est également non recommandée car il existe des alternatives plus efficaces, telles que le palmier à huile et le citronnier (Domfeh *et al.*, 2016).

Le cèdre épicé est la deuxième espèce la plus demandée par les producteurs. Son utilisation en cuisine et son important prix de vente en font une espèce intéressante d'un point de vue alimentaire et financier. Il est plus répandu que le petit cola, 20,4% des producteurs en possèdent.

Deux autres espèces sont utilisées en cuisine pour la confection de sauces, le manguier sauvage et l'akpi. Ce sont les cinquième et sixième espèces les plus demandées par les producteurs. Le manguier sauvage est retrouvé chez seulement 3,9% des producteurs et l'Akpi chez seulement 1,9% des producteurs. Considérant leur rareté et leur intérêt alimentaire, une distribution importante de ces deux espèces est recommandée. Cependant, les bénéfices liés à la production de fruits ne seront pas observés sur le court terme. La manguier sauvage porte des fruits vers l'âge de 10 à 15 ans. Les individus plantés peuvent porter des fruits à l'âge de 4 ans (Tchoundjeu & Atangana, 2007a). L'Akpi quant à lui, fructifie à l'âge de 8 à 10 ans (Tchoundjeu & Atangana, 2007b).

De façon générale, pour augmenter le revenu des producteurs, ce sont les espèces majoritairement destinées à la vente qui doivent être privilégiées. Ces espèces sont le petit cola, le cèdre épicé et le colatier. Pour augmenter l'autonomie alimentaire des producteurs, les trois espèces utilisées pour confectionner de la sauce ainsi que les fruitiers tels que les agrumes, les manguiers, les avocatiers et les goyaviers sont à privilégier. D'autres espèces ont l'avantage de pouvoir être aussi bien utilisées en alimentation que pour la vente. Ces espèces sont les avocatiers, les mandariniers et les orangers. Pour maximiser la résilience des producteurs, des arbres provenant des trois regroupements effectués dans ce paragraphe devraient être distribués.

Une distribution massive de certaines espèces plus rares telles que le petit cola, pourrait mener à une chute des prix. Pour d'autres espèces, telles que le cèdre épicé, qui ont une grande importance en

alimentation, une distribution massive est moins problématique. C'est pourquoi, le nombre d'individus délivrés pour une espèce ne doit pas uniquement tenir compte des espèces les plus lucratives, correspondant aux espèces choisies en premier lieu par les producteurs. Par exemple, le petit cola devra être distribué en limitant le nombre de pieds par producteur afin qu'il soit distribué à un maximum de personnes, tout en étant capable de limiter le nombre d'individus total distribués.

De plus, pour les arbres fruitiers, la première récolte des fruits ne se fait pas avant plusieurs années. Pour que les bénéfices d'une distribution d'arbres soient rapides, la distribution de variétés à production précoce est nécessaire. Cependant, cela ne doit pas compromettre les objectifs de durabilité. Un mélange d'espèces précoces et d'espèces durables est conseillé, si toutefois ces deux caractéristiques sont exclusives. La domestication des arbres agroforestiers offre des perspectives intéressantes pour l'amélioration des variétés actuelles. Depuis 1992, la domestication des espèces agroforestières a bien évolué. Des progrès dans ce domaine sont encore attendus (Leakey *et al.* 2012).

4.4.2. Espèces naturelles

Parmi les arbres demandés par les producteurs figurent notamment les arbres fertilisants et les arbres donnant du bois d'œuvre. Ils sont demandés par 16,5% et 4,9% des producteurs respectivement.

La seule espèce d'arbre fertilisant plantée et retrouvée dans les cacaoyères visitées est *Gliricidia sepium*. Cette espèce est d'origine exotique. Pour contribuer à la préservation du patrimoine végétal ivoirien, menacé par la déforestation, il serait plus intéressant d'utiliser des arbres fertilisants indigènes. Dans les cacaoyères visitées, deux espèces indigènes sont des candidats potentiels : *Albizia adianthifolia* et *Albizia zygia*. Grâce à leur croissance rapide, ces légumineuses permettent d'améliorer rapidement la fertilité du sol (Kouassi *et al.*, 2007 ; Oke, 2009). Cependant, il y a un manque dans la littérature quant à la promotion du genre *Albizia* pour l'amélioration de la fertilité (Oke, 2009). Chez les producteurs interrogés, ces deux espèces sont principalement gardées dans les cacaoyères pour leur ombrage. Aucun producteur n'a évoqué le potentiel fertilisant de ces espèces. Le maintien de ces espèces devrait être encouragé auprès des producteurs. Des recherches sont aussi nécessaires pour déterminer les espèces indigènes, de toutes familles botaniques confondues, présentant un intérêt pour l'augmentation de la fertilité.

Les arbres de bois d'œuvre ne sont pas commercialisés par les producteurs de cacao. Ils sont destinés à la construction dans les villages. Les principales essences de bois d'œuvre présentes dans les cacaoyères et utilisées pour la construction par les producteurs de cacao sont *Milicia excelsa*, *Terminalia superba*, *Terminalia ivorensis* et *Triplochiton scleroxylon*. Ces essences indigènes sont à privilégier, pour répondre aux besoins des producteurs en termes de bois. Ces quatre essences sont des essences commerciales. D'autres essences au bois d'œuvre potentiellement valorisable et fréquemment retrouvées chez les producteurs sont *Ceiba pentandra*, *Pycnanthus angolensis*, *Antiaris toxicaria*, *Sterculia tragacantha*, *Petersianthus macrocarpus*, *Canarium schweinfurthii* et *Piptadeniastrum africanum*. La commercialisation de ces essences nécessiterait des aménagements législatifs et techniques pour que les producteurs puissent bénéficier de la vente du bois. Pour l'instant, l'exploitation forestière est néfaste pour les producteurs de cacao (dégâts d'abattage sur le cacao et tassement de sol). Les bénéfices pour les producteurs sont nuls ou insignifiants (2000 francs par arbre). La distribution de jeunes plants d'essences commerciales ne serait pas pertinente considérant les destructions en cours de belles grumes et d'arbres d'avenir dans les cacaoyères. Il serait plus intéressant de concentrer les efforts sur la préservation du patrimoine sur pied existant en mettant en place une filière de commercialisation pour les producteurs et en sensibilisant les producteurs sur les essences de valeur. Le nom des arbres sont peu connus des producteurs, les anciens emportent dans leur tombe les vestiges culturels liés aux arbres. Les noms en langue locale (Yacouba) devraient être mieux connus par les producteurs et par la

communauté scientifique pour pouvoir conseiller aux producteurs les arbres à garder dans les cacaoyères à des fins de commercialisation ou d'association avec les cacaoyers. Une distribution d'essences commerciales nécessiterait de mettre fin aux exploitations de bois dans les cacaoyères sans rémunération ou consultation des producteurs. Il faudrait également dédommager les pertes de rendements liées à l'augmentation de l'ombrage et à la perte de place pour les cacaoyers. Le producteur a aussi besoin d'une motivation sur le cours terme pour la préservation et l'entretien des essences commerciales. La précarité des producteurs ne les motive pas à investir sur le long terme. A cet effet, une source de financement pourrait venir d'un organisme de compensation des émissions pour le stockage de carbone dans la biomasse des arbres. De plus, l'abattage des arbres devra être synchronisé avec le cycle des cacaoyères (25-30 ans ou plus pour un mode de gestion plus extensif) ou alors, un dédommagement devra être prévu pour le producteur. Dans les zones plus montagneuses de la zone d'étude, particulièrement au nord de Man, le transport des grumes peut s'avérer être compliqué ou trop dommageable pour le sol. Une distribution d'essences commerciales doit donc tenir compte de l'accessibilité des parcelles. En vue de la situation actuelle, le peu d'intérêt des producteurs pour le bois d'œuvre donnera un taux de plantation et de réussite faible. Une relation de confiance entre les producteurs de cacao et les exploitants forestiers et un projet rémunérateur pour les producteurs seront nécessaires pour le développement de partenariats. Le rapport du REDD propose notamment un paiement anticipé pour le bois par les acteurs du bois ou des institutions financières, un paiement pour le stockage de carbone, ou encore, un paiement du manque à gagner par les acteurs du cacao tel que les chocolatiers (UN-REDD, 2018).

La revue de la littérature de UTZ (2017) recommande en agroforesterie avec les cacaoyers, huit des vingt essences retrouvées chez le plus de producteurs. Ces essences sont *Elaeis guineensis*, *Milicia excelsa*, *Albizia adianthifolia*, *Pycnanthus angolensis*, *Terminalia superba*, *Petersianthus macrocarpus*, *Ricinodendron heudelotii* et *Albizia zygia*. Parmi les 12 essences non citées ci-dessus, il y a trois espèces de la famille des Malvacées : *Ceiba pentandra*, *Triplochiton scleroxylon* et *Sterculia tragacantha*. Cette famille est plus touchée par les attaques de mirides et par le *swollen shoot virus* (Schorth *et al.*, 2000). Cela justifie probablement l'absence de ces espèces dans les espèces recommandées. Une autre essence non citée est *Piptadeniastrum africanum*. Cette essence n'est pas recommandée en agroforesterie avec les cacaoyers (Lass & Wood, 1985 ; Edoh Adabe & Ngo-Samnack, 2014).

5. Conclusion et perspectives de recherche

La cacaoculture de demain devra être plus rémunératrice pour les producteurs de cacao. Pour cela, une augmentation durable des rendements fait partie de la solution. Cela pourrait notamment se faire dans les zones où l'application d'intrants est rare, par un développement de l'élevage et du circuit de valorisation des déjections animales. Pour ne pas dépendre du prix d'achat des fèves de cacao, la diversification des revenus se présente comme une solution durable pour les producteurs de cacao. Cette diversification peut se faire par l'association d'arbres fruitiers avec les cacaoyers. A cet effet, la présente étude révèle l'intérêt d'espèces fruitières sauvages (petit cola, cèdre épicé, manguier sauvage et akpi). Ces espèces méritent une attention particulière quant à leur domestication, en vue d'une production de fruits de meilleure qualité, d'une production plus précoce et plus abondante. Une autre voie de diversification des revenus est la commercialisation de bois d'œuvre issu des cacaoyères. Considérant la faible valorisation actuelle des essences commerciales par les producteurs, cette voie est prometteuse. Cependant, ce travail met en évidence qu'un bon nombre de défis sont à relever pour y parvenir. En plus des enjeux sociaux, les enjeux environnementaux peuvent être rencontrés par des pratiques agroforestières. Toutefois, l'augmentation du revenu et/ou de l'autonomie alimentaire des producteurs doit rester une priorité.

Si une couverture arborée de 30% dans les cacaoyères semble pertinente, la mesure de ce couvert par les producteurs est compliquée. Les différentes parties prenantes du secteur du cacao l'ont bien compris et proposent d'ailleurs des recommandations aux producteurs en termes de nombre d'arbres par hectare. Néanmoins le nombre d'arbres suggéré diverge fortement d'un organisme à l'autre et en fonction des espèces considérées. Le développement de l'agroforesterie nécessite donc une meilleure compréhension de l'ombrage à adopter et une façon pragmatique de vulgariser les informations à ce sujet. Un ombrage plus important que celui recommandé pourrait avoir lieu dans le cas d'une production de bois d'œuvre et/ou dans le cadre d'un paiement pour les services écosystémiques (tel que le stockage de carbone). La réussite de ces projets agroforestiers est conditionnée dans un premier temps par les apports financiers pouvant parvenir des parties prenantes du secteur du cacao, du mécanisme REDD, des schémas de certification ou encore de l'Etat ivoirien.

Compte tenu des éléments apportés dans ce travail, il serait intéressant que le projet « *People, Planet & Cocoa* » encourage le maintien des arbres actuellement présents dans les cacaoyères, en plus de la plantation de nouveaux. Par ailleurs, ce travail souligne une forte disparité des rendements et des modes de gestion des cacaoyères en fonction de leur localisation. Trois zones principales se démarquent et devraient faire l'objet de différentes actions : les cacaoyères au sud du N'Zo, les cacaoyères au nord de Man et les cacaoyères entre ces deux zones. Enfin, les recommandations formulées dans cette étude devraient être discutées avec la coopérative de Yeyasso pour assurer une bonne appropriation et une mise en œuvre efficiente.

6. Bibliographie

- Abdoulaye C. et al., 2016. Caractérisation des pratiques agroforestières à base de cacaoyers en zone de forêt dense semi- décidue : cas de la localité de lakota (Centre- Ouest, Côte d'Ivoire). *Eur. Sci. Journal* **12**(21), 50.
- Abdulai I. et al., 2017. Cocoa agroforestry is less resilient to sub-optimal and extreme climate than cocoa in full sun. *Glob Change Biol.* **24**(1), 273– 286.
- Adeyemi A.A., 1999. Effective intercropping systems for young cocoa. *Trop. Sci.* **39**, 1–10.
- Andres C. et al., 2016. Cocoa in monoculture and dynamic agroforestry. *In: Lichtfouse E., ed. Sustainable Agriculture Reviews, vol 19.* Springer, Cham, 121–153.
- Andres C. et al., 2018. Agroforestry systems can mitigate the severity of cocoa swollen shoot virus disease. *Agric. Ecosyst. Environ.* **252**, 83–92.
- Andrieu J. et al., 2016. De l'enquête à la modélisation rétro-prospective (2001-2015) de la déforestation de la Forêt Classée du Haut Sassandra dans un contexte de conflit armé (Côte d'Ivoire). *L'Espace géographique* **47**(3), 219–234.
- Asare R., 2005. *Cocoa agroforests in West Africa: a look at activities on preferred trees in the farming systems.* Hørsholm: Center for Skov, Landskab og Planlægning/Københavns Universitet, <https://saxo.ku.dk/ansatte/?pure=files%2F20497370%2Fworkingpapersno6.pdf>, (14/08/20).
- Asare R., Afari-Sefa V., Osei-Owusu Y. & Pabi O., 2014. Cocoa agroforestry for increasing forest connectivity in a fragmented landscape in Ghana. *Agrofor. Syst.* **88**(6), 1143–1156.
- Asare R. & Ræbild A., 2016. Tree diversity and canopy cover in cocoa systems in Ghana. *New For.* **47**(2), 287–302.
- Asare R. et al., 2018. On-farm cocoa yields increase with canopy cover of shade trees in two agro-ecological zones in Ghana. *Clim. Dev.* **11**(5), 435–445.
- Assiri A.A. et al., 2009. Les caractéristiques agronomiques des vergers de cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) en Côte d'Ivoire. *J. Anim. Plant Sci.* **2**(1), 55–66.
- ATIBT, 2018. *Etude d'opportunité de projets agroforestiers de culture sous ombrage d'essences forestiers.* Nogent-sur-Marne, France : Association Technique Internationale des Bois Tropicaux, <https://www.atibt.org/wp-content/uploads/2018/09/ATIBT-RAPPORT-ETUDE-CACAO-BD.pdf>, (13/08/20).
- Barima Y.S.S. et al., 2016. Cocoa crops are destroying the forest reserves of the classified forest of Haut-Sassandra (Ivory Coast). *Glob. Ecol. Conserv.* **8**, 85–98.
- Belgiu M. & Drăgu L., 2016. Random forest in remote sensing: A review of applications and future directions. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.* **114**, 24–31.
- Blaser W.J., Opong J., Yeboah E. & Six J., 2017. Shade trees have limited benefits for soil fertility in cocoa agroforests. *Agric. Ecosyst. Environ.* **243**, 83–91.
- Blaser W.J. et al., 2018. Climate-smart sustainable agriculture in low-to-intermediate shade agroforests. *Nat. Sustain.* **1**(5), 234–239.
- Breiman L., 2001. Random forests. *Mach. Learn.* **45**(1), 5–32.
- Bunn C., Lundy M., Läderach P. & Castro F., 2018. Global climate change impacts on cocoa. *In: International Symposium on Cocoa Research (ISCR), Lima, Peru, 13-17 November 2017.* Abidjan, Côte d'Ivoire: International Cocoa Organization (ICCO).
- Castañeda A. et al., 2018. A New Profile of the Global Poor. *World Dev.* **101**, 250–267.

- Clough Y., Faust H. & Tschardt T., 2009. Cacao boom and bust: sustainability of agroforests and opportunities for biodiversity conservation. *Conserv. Lett.* **2**(5), 197–205.
- Cohen J., 1960. A coefficient of agreement for nominal scales. *Educ. Psychol. Meas.* **20**(1), 37–46.
- Conseil du Café-Cacao, 2015. *Manuel du planteur de cacao*. Abidjan : Le Conseil du Café-Cacao, http://www.conseilcafecacao.ci/docs/2016/MANUEL_DU_PLANTEUR_DE_CACAO_A524315.pdf, (14/08/20).
- Cunningham R. K. & Lamb J., 1958. Cocoa shade and manurial experiment in Ghana. *Nature* **182**, 119.
- Dabalén A.L. & Paul S., 2014. Effect of conflict on dietary diversity: Evidence from Côte d'Ivoire. *World Dev.* **58**, 143–158.
- De Lattre-Gasquet M., Despréaux D. & Barel M., 1998. Prospective de la filière du cacao. *Plant. Rech. Dev.* **5**(6), 423–430.
- DeWalt K.M., 1993. Nutrition and the commercialization of agriculture: Ten years later. *Soc. Sci. Med.* **36**(11), 1407–1416.
- Dewey K.G., 1981. Nutritional consequences of the transformation from subsistence to commercial agriculture in Tabasco, Mexico. *Hum. Ecol.* **9**(2), 151–187.
- Domfeh O. et al., 2016. Use of immune crops as barrier in the management of cacao swollen shoot virus disease (CSSVD)—long-term assessment. *Plant Dis.* **100**(9), 1889–1893.
- Dohmen M.M. et al., 2018. *Climate-smart agriculture in cocoa: A training manual for field officers*. Accra, Ghana: World Cocoa Foundation and The Rainforest Alliance, <https://www.worldcocoafoundation.org/wp-content/uploads/2018/08/climate-smart-agriculture-cocoa-training-manual.pdf>, (13/08/20).
- Edgell S.E. & Noon S.M., 1984. Effect of violation of normality on the t test of the correlation coefficient. *Psychol. Bull.* **95**(3), 576–583.
- Edoh Adabe K. & Ngo-Samnick E.L., 2014. *Cocoa: Production and processing*. Netherlands: The Technical Centre for Agricultural and Rural Cooperation, https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/76732/1800_PDF.pdf?sequence=1&isAllowed=y, (14/08/20).
- ESA, 2015. *Sentinel-2 User Handbook*. Paris: European Space Agency, https://sentinel.esa.int/documents/247904/685211/Sentinel-2_User_Handbook, (14/08/20).
- FAO, 2018. *Scaling up agroecology initiative. Transforming Food and Agricultural Systems in Support of the SDGs. A proposal prepared for the international symposium on agroecology 3-5 April 2018*. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations, <http://www.fao.org/3/I9049EN/i9049en.pdf>, (07/08/20).
- FAOSTAT, 2020. *FAO Statistical Databases*. Rome: Food and Agricultural Organization of the United Nations, <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>, (13/08/20).
- Gateau-Rey L. et al., 2018. Climate change could threaten cocoa production: Effects of 2015-16 El Niño-related drought on cocoa agroforests in Bahia, Brazil. *PLoS One* **13**(7), 1–17.
- Gislason P.O., Benediktsson J.A. & Sveinsson J.R., 2006. Random forests for land cover classification. *Pattern Recognit. Lett.* **27**(4), 294–300.
- Gliessman S., 2018. Defining Agroecology. *Agroecol. Sustain. Food Syst.* **42**(6), 599–600.
- Gockowski J. & Sonwa D., 2011. Cocoa intensification scenarios and their predicted impact on CO₂ emissions, biodiversity conservation, and rural livelihoods in the Guinea rain forest of West Africa. *Environ. Manage.* **48**(2), 307–321.

- Goutte C. & Gaussier E., 2005. A probabilistic interpretation of precision, recall and F-score, with implication for evaluation. *Lect. Notes Comput. Sci.* **3408**, 345–359.
- Grizonnet M. et al., 2017. Orfeo ToolBox: open source processing of remote sensing images. *Open Geospatial Data, Softw. Stand.* **2**(1), 0–7.
- Gyau A. et al., 2014. Farmer attitudes and intentions towards trees in cocoa (*Theobroma cacao* L.) farms in Côte d'Ivoire. *Agrofor. Syst.* **88**(6), 1035–1045.
- Herzog F., 1994. Multipurpose shade trees in coffee and cocoa plantations in Côte d'Ivoire. *Agrofor. Syst.* **27**(3), 259–267.
- Hettig E. et al., 2017. *Discussion Papers No. 227: Cash crops as a sustainable pathway out of poverty? Panel data evidence on the heterogeneity of cocoa farmers in Sulawesi, Indonesia*. Göttingen : Georg-August-Universität Göttingen, <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/157310/1/884896315.pdf>, (12/08/20).
- Hosonuma N. et al., 2012. An assessment of deforestation and forest degradation drivers in developing countries. *Environ. Res. Lett.* **7**(4).
- Husson F., Josse J. & Pagès J., 2010. *Technical Report: Principal component methods - hierarchical clustering - partitional clustering: why would we need to choose for visualizing data?.* Rennes: Agrocampus Ouest, Applied Mathematics Department, http://factominer.free.fr/more/HCPC_husson_josse.pdf, (12/08/20).
- IPCC, 2013. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_all_final.pdf, (13/08/20).
- IPCC, 2014. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press, https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-PartA_FINAL.pdf, (13/08/20).
- Johns N.D., 1999. Conservation in Brazil's chocolate forest: The unlikely persistence of the traditional cocoa agroecosystem. *Environ. Manage.* **23**(1), 31–47.
- Koko L.K., Snoeck D., Lekadou T.T. & Assiri A.A., 2013. Cacao-fruit tree intercropping effects on cocoa yield, plant vigour and light interception in Côte d'Ivoire. *Agrofor. Syst.* **87**(5), 1043–1052.
- Koné M. et al., 2014. Évolution de la couverture forestière de la Côte d'Ivoire des années 1960 au début du 21^e siècle. *Int. J. Innov. Appl. Stud.* **7**(2), 782–794.
- Koua S.H., Coulibaly N.A.M.D. & Alloueboraud W.A.M., 2018. Caractérisation vergers et des maladies de cacao de la Côte d'Ivoire: cas des départements d'Abengourou , Divo et Soubré. *J. Anim. Plant Sci.* **35**(3), 5706–5714.
- Kouamé E.B.H., 2010. Risk, risk aversion and choice of risk management strategies by cocoa farmers in western Côte d'Ivoire. In: *CSAE Conference 2010: Economic Development in Africa, St Catherine's College, Oxford, 21-23 March 2010*.
- Kouassi K.H., Traore D. & Gnahoua G.M., 2007. Dynamique des peuplements d'espèces locales de légumineuses arborescentes dans la reconstitution des friches post-culturelles en zone de forêt semi-décidue de Côte d'Ivoire: les cas de *Albizia adianthifolia* (Schumach.) W.F. Wrigh et *Albizia zygia* (DC.) J. F. Macbr.. *Agron. Africaine* **19**(2), 125–135.
- Kuma T., Dereje M., Hirvonen K. & Minten B., 2018. Cash crops and food security: evidence from ethiopian smallholder coffee producers. *J. Dev. Stud.* **55**(6), 1267–1284.

- Läderach P., Martinez-Valle A., Schroth G. & Castro N., 2013. Predicting the future climatic suitability for cocoa farming of the world's leading producer countries, Ghana and Côte d'Ivoire. *Clim. Change* **119**(3–4), 841–854.
- Lass R.A. & Wood G.A.R., 1985. *Cocoa production : present constraints and priorities for research (English)*. World Bank technical paper no. 39. Washington, D.C. : World Bank, <http://documents1.worldbank.org/curated/en/722381468764427779/pdf/multi-page.pdf>, (13/08/20).
- Lê S., Josse J. & Husson F., 2008. FactoMineR: An R Package for Multivariate Analysis. *J. Stat. Softw.* **25**(1), 1–18.
- Leakey R.R.B. et al., 2012. Tree Domestication in Agroforestry: Progress in the Second Decade (2003–2012). *Agrofor. - Futur. Glob. L. Use* **9**(11), 145–173.
- Legagneux P. et al., 2018. Our house is burning: Discrepancy in climate change vs. biodiversity coverage in the media as compared to scientific literature. *Front. Ecol. Evol.* **5**, 1–6.
- Lenzen M. et al., 2012. International trade drives biodiversity threats in developing nations. *Nature* **486**(7401), 109–112.
- Leonard E. & IBO J.G., 1994. Appropriation et gestion de la rente forestière en Côte-d'Ivoire. *Polit. africaine* **53**, 25–36.
- Mañourová A. et al., 2019. Medicinal potential, utilization and domestication status of bitter kola (*Garcinia kola* Heckel) in West and Central Africa. *Forests* **10**(2), 124.
- Maurice N. & Davis J., 2013. *Unravelling the underlying causes of price volatility in world coffee and cocoa commodity markets*. Munich : Munich University Library, https://mpra.ub.uni-muenchen.de/43813/1/MPRA_paper_43813.pdf, (12/08/20).
- Mascha E.J. & Vetter T.R., 2018. Significance, errors, power, and sample size: The blocking and tackling of statistics. *Anesth. Analg.* **126**(2), 691–698.
- Mighty Earth, 2017. *Chocolate's dark secret: How the cocoa industry destroys national parks*. Washington D.C.: Mighty Earth, http://www.mightyearth.org/wp-content/uploads/2017/09/chocolates_dark_secret_english_web.pdf, (13/08/20).
- Ministère des eaux et forêts, 2019. *Loi n°2019-675 du 23 juillet 2019 portant code forestier*. Journal Officiel du 02/10/2019.
- Müller M.W., Sena-Gomes A.R., Almeida C.M.V.C. & Mendes F.A.T, 2012. Cocoa and coffee intercropping in the state of Rondônia, Brazil. *Agrotrópica* **24**(1), 49–62.
- National Academy of Sciences, 1988. *Biodiversity*. Washington, DC: The National Academies Press.
- N'Guessan K. et al., 2017. Mapping Cacao Fertiliser Requirements in Côte d'Ivoire. *Imp. J. Interdiscip. Res.* **3**(6), 504–515.
- Niether W. et al., 2019. Below- and aboveground production in cocoa monocultures and agroforestry systems. *Sci. Total Environ.* **657**(55), 558–567.
- Ofori-Boateng K. & Insah B., 2014. The impact of climate change on cocoa production in West Africa. *Int. J. Clim. Chang. Strateg. Manag.* **6**(3), 296–314.
- Ofori-Frimpong K., Asase A., Mason J. & Danku L., 2007. Shaded versus un-shaded cocoa: implications on litter fall, decomposition, soil fertility and cocoa pod development. In: COPAL, eds. *Second international symposium on multi-strata agroforestry systems with perennial crops: Making ecosystem services count for farmers, consumers and the environment, 17-21 September 2007, Turrialba, Costa Rica*.

- Oke D.O., 2009. Effects of propagation method, planting medium and nursery technique on early growth of *Albizia adianthifolia* on a humid tropical alfisol. *Int. J. Appl. Agric. Sci.* **4**(2), 155–163.
- Ongolo S., Kouassi S.K., Chérif S. & Giessen L., 2018. The tragedy of forestland sustainability in postcolonial Africa: Land development, Cocoa, and politics in Côte d’Ivoire. *Sustain.* **10**(12).
- Oomes N. et al., 2016. *Final report: Market concentration and price formation in the global cocoa value chain*. Amsterdam: SEO Amsterdam Economics, <http://www.cocoaconnect.org/sites/default/files/publication/the%20full%20report.pdf>, (12/08/20).
- Opoku-Ameyaw K., Oppong F.K., Acheampong K. & Amoah F.M., 2012. Long term assessment of the agronomic and economic benefits of cocoa food crop intercropping in the absence of fertilizer application. *J. Exp. Agric. Int.* **2**(2), 186-197.
- Pipitone L., 2016. Overview of cocoa supply and demand. In: *ICCO Cocoa Market Outlook Conference, 27 September 2016, London, UK*. Abidjan: International Cocoa Organization (ICCO).
- Rajab Y.A. et al., 2016. Cacao cultivation under diverse shade tree cover allows high carbon storage and sequestration without yield losses. *PLoS One* **11**(2), 1–22.
- Raven P.H., 1980. *Research Priorities in Tropical Biology*. United Kingdom: National Academy of Sciences.
- RStudio Team, 2020. RStudio: Integrated Development Environment for R. Boston: RStudio, PBC, <http://www.rstudio.com/>.
- Ruf F., 2011. The Myth of Complex Cocoa Agroforests: The Case of Ghana. *Hum. Ecol.* **39**(3), 373–388.
- Ruf F. & Kiendré J., 2016. *L'innovation "fiente de poulet" dans les cacaoyères : 1. Réseaux familiaux et migratoires en Côte d'Ivoire*. Paris : Inter-réseaux développement rural, http://agritrop.cirad.fr/580191/1/%21%2001%20Innovation%20FIENTE%20No%201B_Fili%C3%A8re%20RG.pdf, (12/08/20).
- Ruf F. & Kiendré J., 2016. *L'innovation "fiente de poulet" dans les cacaoyères : 2. Révolution agro-écologique ? 1500 kg/ha en Côte d'Ivoire ?*. Paris : Inter-réseaux développement rural, <http://agritrop.cirad.fr/580192/1/%21%2001%20Innovation%20FIENTE%20No%202%20Rdts%201500%20kg%20RG.pdf>, (12/08/20).
- Ruf F., 2018. Crises politico-militaires et climatiques en Côte d’Ivoire, 2000-2017. Du cacao à l’anacarde, de la rente forêt à la fumure animale. *Tropicultura* **36**(2), 281–298.
- Sachs J. et al., 2019. *Sustainable Development Report 2019*. New York: Bertelsmann Stiftung and Sustainable Development Solutions Network (SDSN), https://s3.amazonaws.com/sustainabledevelopment.report/2019/2019_sustainable_development_report.pdf, (13/08/20).
- Schaad N. & Fromm I., 2018. Sustainable Cocoa Production Program (SCPP): Analysis of cocoa beans processing and quality in post-harvest in South East Sulawesi in Indonesia. *Asia Pacific J. Sustain. Agric. Food Energy* **6**(1), 1–6.
- Schroth G. et al., 2000. Pests and diseases in agroforestry systems of the humid tropics. *Agrofor. Syst.* **50**(3), 199–241.
- Schroth G. et al., 2004. *Agroforestry and Biodiversity Conservation in Tropical Landscapes*. Washington DC: Island Press.
- Schroth G. et al., 2016. Vulnerability to climate change of cocoa in West Africa: Patterns, opportunities and limits to adaptation. *Sci. Total Environ.* **556**(3), 231–241.

- Schroth G., Läderach P., Martinez-Valle A.I. & Bunn C., 2017. From site-level to regional adaptation planning for tropical commodities: cocoa in West Africa. *Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Chang.* **22**(6), 903–927.
- Smith Dumont E. et al., 2014. Farmers in Côte d’Ivoire value integrating tree diversity in cocoa for the provision of ecosystem services. *Agrofor. Syst.* **88**(6), 1047–1066.
- Snoeck D. et al., 2016. Cacao Nutrition and Fertilization. *In: Lichtfouse E. ed. Sustainable agriculture reviews (Vol. 19)*. Cham, Switzerland: Springer, 155–202.
- Somarriba E. & Beer J., 2011. Productivity of Theobroma cacao agroforestry systems with timber or legume service shade trees. *Agrofor. Syst.* **81**(2), 109–121.
- Steffan-Dewenter I. et al., 2007. Tradeoffs between income, biodiversity, and ecosystem functioning during tropical rainforest conversion and agroforestry intensification. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* **104**(12), 4973–4978.
- Tchoundjeu, Z. & Atangana, A.R., 2007a. Irvingia gabonensis (Aubry-Lecomte ex O’Rorke) Baill.. *In: van der Vossen H.A.M. & Mkamilo G.S., eds. PROTA (Plant Resources of Tropical Africa / Ressources végétales de l’Afrique tropicale)*. Wageningen, Netherlands : PROTA.
- Tchoundjeu, Z. & Atangana, A.R., 2007b. Ricinodendron heudelotii (Baill.) Pierre ex Heckel. *In: van der Vossen H.A.M. & Mkamilo G.S., eds. PROTA (Plant Resources of Tropical Africa / Ressources végétales de l’Afrique tropicale)*. Wageningen, Netherlands : PROTA.
- Tscharntke T. et al., 2011. Multifunctional shade-tree management in tropical agroforestry landscapes - A review. *J. Appl. Ecol.* **48**(3), 619–629.
- Tomich T.P. et al., 2011. Agroecology: A review from a global-change perspective. *Annu. Rev. Environ. Resour.* **36**(1), 193–222.
- Tothmihaly A., 2017. *GlobalFood Discussion Paper 102: How low is the price elasticity in the global cocoa market?* Göttingen : Georg-August-Universität Göttingen, <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/162794/1/893451479.pdf>, (12/08/20).
- UN-REDD, 2018. *Production durable de cacao en Côte d’Ivoire : besoins et solutions de financement pour les petits producteurs*. Genève, Suisse : UN-REDD Programme, <http://www.euredd.efi.int/documents/15552/447654/Rapport+Cacao+en+C%C3%B4te+d%27Ivoire-Agroforesterie.pdf/0e14e551-88ee-2166-04ce-08f387ebc833>, (13/08/20).
- UTZ, 2017. *UTZ and shade trees: findings from literature review by VU Center for International Cooperation*. Amsterdam: UTZ, <https://utz.org/wp-content/uploads/2018/01/Key-findings-on-shade-trees.pdf>, (13/08/20).
- Vroh B.T.A., Abrou N.E.J., Gone Bi Z.B. & Adou Yao C.Y., 2019. Système agroforestier à cacaoyers en Côte d’Ivoire: connaissances existantes et besoins de recherche pour une production durable. *Rev. Mar. Sci. Agron. Vét.* **7**(1), 99–109.
- Wessel M. & Quist-Wessel P.M.F., 2015. Cocoa production in West Africa, a review and analysis of recent developments. *NJAS - Wageningen J. Life Sci.* **74–75**(1), 1–7.
- World Bank, 2018. *Poverty and Shared Prosperity 2018: Piecing together the poverty puzzle*. Washington DC: World Bank, <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/30418/9781464813306.pdf>, (12/08/20).
- Yapo K., Ouffoue S., Okpekon T. & Kouakou T., 2013. Soil effect on polyphenols content and antioxidant capacity of new hybrid variety of cocoa from Côte d’Ivoire. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* **7**(5), 1794–1803.

7. Annexes

7.1. Annexe 1: Questionnaire

<h1>QUESTIONNAIRE</h1> <p>Diagnostique agraire par ROBIN HEYMANS</p>	ID : _____ DATE : ____/____/2020			
Nom :				
Âge : ans				
Indigène – Migrant Ethnie (si indigène) / Origine (si migrant) :				
Niveau d'éducation :				
<h2>1. CHEF DE MÉNAGE</h2>				
Répondant = Chef de ménage (CM) : <input type="radio"/> OUI	<input type="radio"/> NON			
Ne pas compléter les 4 questions qui suivent	Relation avec CM :			
Nom du CM :				
Âge du CM : ans				
Indigène – migrant Ethnie (si indigène) / Origine (si migrant) :				
Niveau d'éducation du CM :				
Nombre d'enfants :enfants Âges :				
Nombre total de personnes dans le ménage :personnes				
<h2>2. TERRAIN</h2>				
Village :				
Depuis quand êtes-vous installé ici ?				
ha (ou %)	Cultivé	Jachère	Loué à quelqu'un	Autres utilisations
Propriété				
Location			/	
<h2>3. ACTIVITÉS AGRICOLES DU MÉNAGE AUTRES QUE LE CACAO</h2>				
	Part du revenu liée à l'activité (%)			
Cultures				
Elevage				
Café				
Cacao				

Cultures	Surface (ha –)
1. Palmier à huile <input type="checkbox"/>	
2. Agrume <input type="checkbox"/>	
3. Anacardier <input type="checkbox"/>	
4. Hévéa <input type="checkbox"/>	
5. Maïs <input type="checkbox"/>	
6. Manioc <input type="checkbox"/>	
7. Patate douce/Igname <input type="checkbox"/>	
8. Banane plantain <input type="checkbox"/>	
9. Riz <input type="checkbox"/>	
9. Légumes <input type="checkbox"/>	
10. Café <input type="checkbox"/>	
11. Autre :	
Association (n°)	

Elevage	Nombre
Chèvres	
Moutons	
Cochons	
Volaille (poules, canards...)	
Petits animaux (lapin, ...)	
Autres :	

Autres revenus	
Salaire	<input type="checkbox"/>
Pension/Retraite	<input type="checkbox"/>
Aides	<input type="checkbox"/>
Petit commerce	<input type="checkbox"/>
Exploitation minière	<input type="checkbox"/>
Autre (préciser) :	

4. CACAOYÈRE

Nombre de parcelles : 1 – 2 – 3

Informations sur la parcelle

Régime foncier : Propriété (héritage) – Propriété (achat) – Location – Métyage

Année d'acquisition :

Année d'installation de la cacaoyère :

Année d'entrée dans la coopérative de Yeyasso :

Occupation du sol précédente⁴ :

Décrire brièvement la parcelle : état, localisation (proche de route, proche de piste, végétation environnante), pente, etc.

.....

La plantation

Lignes : oui – non Si oui, espacement : mètres

Nombre de cacaoyers : Âge : ans

⁴ Forêt/Jachère longue (+ de 7 ans)/Jachère courte/Replantation d'une ancienne cacaoyère/Plantation cacao abandonnée/Inconnue

Variété(s) plantée(s): Source :

Raison du choix de cette variété :

Si plusieurs variétés, voyez-vous des différences entre les variétés ? En termes de production ? En termes de sensibilité aux maladies/ravageurs ?

Plantation installée sous ombrage temporaire (ex : banane plantain) ? oui – non

Si oui, sous quelle(s) espèce(s) ?

Maintient d'arbres dans la parcelle après le début de la production de cacao ? oui – non

Si non, raison de leur enlèvement ?

Est-ce que les cacaoyers ont été remplacés depuis l'acquisition de la parcelle ? oui – non

Si oui, après combien de temps ?ans

Rendements estimés de la grande campagne :sacs/kg (entourer)

Rendements estimés de la petite campagne :sacs/kg (entourer)

Quels sont pour vous, par ordre d'importance, les 3 problèmes principaux qui limitent la production ?

1.

2.

3.

Y-a-t'il d'autres cultures pratiquées sur la parcelle ? oui – non

Si oui, lesquelles (autoconsommation ou vente) ?

Connaissez-vous les prix du cacao ? Avez-vous des informations de la part de la coopérative ?

Travailleurs

Combien de personnes du ménage travaillent à la cacaoyère ?personnes

Avez-vous recours à des travailleurs extérieurs ? oui – non

Si oui, combien ? A quel moment ?

Si oui, sont-ils rémunérés ? oui – non

Si oui, le travail extérieur est-il intégré dans un système d'entre-aide avec d'autres producteurs ?

Formations reçues :

Pesticides et engrais

Utilisation d'engrais ? oui – non Si oui, lequel ?

Chaque année ?

A quel moment ?

Utilisation de pesticides ? oui – non Si oui, lequel ?.....
 Chaque année ?.....
 A quel moment ?

Quels sont les maladies et ravageurs des cultures sur la parcelle ?

Comment luttez-vous contre ces ravageurs ?.....

Arbres présents sur la parcelle

Quels sont les 3 principaux avantages ?

1.
2.
3.

Quels sont les 3 principaux inconvénients ?

1.
2.
3.

Est-ce qu'ils sont taillés ? oui – non Si oui, quelles espèces ?

Si oui, à quelle période ?

Inventaire des arbres de la parcelle :

ID	Espèce	Nombre	Origine : naturel=0 planté=1	Raison du maintien. Préciser si récolte matériaux/fruits/graines.	Utilisation personnelle/vente/échange. Evaluer le % de chaque cas.
1					
2					
3					
4					

5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					

Seriez-vous intéressé par la plantation d'arbres dans votre parcelle ? oui – non

Si oui, quelles espèces et pourquoi celles-là ?

.....

.....

.....

Calendrier culturel

Pour chaque mois, déterminer les opérations culturelles (vérifier que tout est complet en résumant).

Janvier	Février	Mars	Avril
Mai	Juin	Juillet	Août
Septembre	Octobre	Novembre	Décembre

Notes :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Questions supplémentaires

Bonnes pratiques agricoles :

- Mettez-vous en œuvre des « bonnes pratiques agricoles » ou des conseils/recommandations apportés par la coopérative dans le but d'améliorer la production de votre parcelle ?.....

.....

- Si oui, avez-vous observé des changements après leur mise en œuvre (productivité, maladies, etc.) ?

.....

- Si non, pourquoi n'avez-vous pas mis en œuvre les « bonnes pratiques agricoles » ?.....

.....

Aspects socio-économiques :

- Considérez-vous que l'agriculture est un travail à temps plein (pour vous et les autres membres du ménage)?.....

.....

- Pouvez-vous évaluer le temps consacré à la cacaoculture et aux autres cultures sur une année ?

.....

- Quelle part (estimée) de l'alimentation de votre ménage produisez-vous vous-même ? (et quelle part est achetée?).....

- Si possible, estimez la valeur de l'alimentation auto-produite (si vous deviez acheter cette nourriture, combien devriez-vous payer ?).....

.....

Caractérisation des parcelles :

- Y a-t-il une partie de votre plantation qui contient des arbres de plus de 25 ans ? Si oui, pouvez-vous estimer quelle surface/proportion ?.....

- Y a-t-il une partie de votre plantation qui est nouvellement rénovée/régénérée et encore improductive ? Si oui, quelle surface/proportion ?.....

.....

- Si oui, cette partie est-elle utilisée pour d'autres cultures ?.....

.....

7.2. Annexe 2 : Liste des arbres sauvages identifiés au rang de l'espèce.

Nom binomial	Nombre d'observations
<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.	916
<i>Ficus sur</i> Forssk.	161
<i>Milicia excelsa</i> (Welw.) C.C. Berg	100
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	88
<i>Morinda lucida</i> Benth.	71
<i>Albizia adianthifolia</i> (Schumach.) W. Wight.	63
<i>Millettia zechiana</i> Harms	63
<i>Myrianthus arboreus</i> P. Beauv.	61
<i>Ficus exasperata</i> Vahl	58
<i>Sterculia tragacantha</i> Lindl.	57
<i>Triplochiton scleroxylon</i> K. Schum.	53
<i>Terminalia superba</i> Engl. & Diels	51
<i>Musanga cecropioides</i> R. Br. ex Tedlie	48
<i>Antiaris toxicaria</i> Lesch.	47
<i>Pycnanthus angolensis</i> L.	46
<i>Newbouldia laevis</i> (P.Beauv.) Seem.	32
<i>Ricinodendron heudelotii</i> (Baill.) Pierre ex Heckel	22
<i>Garcinia kola</i> Heckel	21
<i>Canarium schweinfurthii</i> Engl.	17
<i>Hallea ledermannii</i> (K. Krause) Verdc.	16
<i>Petersianthus macrocarpus</i> (P. Beauv.) Liben	16
<i>Cola nitida</i> (Vent.) Schott & Endl.	15
<i>Albizia zygia</i> (DC.) J. F. Macbr.	13
<i>Blighia welwitschii</i> (Hiern) Radlk.	12
<i>Trilepisium madagascariense</i> DC.	12
<i>Piptadeniastrum africanum</i> (Hook.f.) Brenan	11
<i>Distemonanthus benthamianus</i> Baill.	9
<i>Amphimas pterocarpoides</i> Harms.	8
<i>Cordia platythyrsa</i> Baker	7
<i>Alstonia Bonei</i> de Wild.	6
<i>Funtumia elastica</i> (Preuss) Stapf.	6
<i>Albizia glaberrima</i> (Schumach. & Thonn.) Benth	5
<i>Nesogordonia papaverifera</i> (A. Chev.) Capuron ex N. Hallé	5
<i>Anthocleista vogelii</i> Planch.	4
<i>Bridelia micrantha</i> (Hochst.) Baill.	4
<i>Carapa procera</i> DC.	4
<i>Harungana madagascariensis</i> Lam. ex Poir.	4
<i>Irvingia gabonensis</i> (Aubry-Lecomte ex O'Rorke) Baill.	4
<i>Tetrorchidium oppositifolium</i> (Pax) Pax	4
<i>Albizia ferruginea</i> (Guill. & Perr.) Benth.	3
<i>Daniellia oliveri</i> (Rolfe) Hutch. & Dalziel	3
<i>Ficus mucuso</i> Welw. ex Ficalho	3
<i>Grossera vignei</i> Hoyle	3

<i>Margaritaria discoidea</i> (Baill.) G.L.Webster	3
<i>Pentaclethra macrophylla</i> Benth.	3
<i>Senna siamea</i> (Lam.) H.S.Irwin & Barneby	3
<i>Anopyxis klaineana</i> (Pierre) Engl.	2
<i>Cola lateritia</i> K. Schum.	2
<i>Mammea africana</i> Sabine	2
<i>Platysepalum hirsutum</i> (Dunn) Hepper	2
<i>Pseudospondias microcarpa</i> (A.Rich.) Engl.	2
<i>Zanthoxylum parvifolium</i> (A. Chev. ex Keay) W.D. Hawth.	2
<i>Afzelia bipindensis</i> Harms	1
<i>Alchornea cordifolia</i> (Schumach. & Thonn.) Müll. Arg.	1
<i>Anthocleista nobilis</i> G. Don	1
<i>Antrocaryon micraster</i> A. Chev. & Guill.	1
<i>Celtis zenkeri</i> Engl.	1
<i>Cola caricifolia</i> (G.Don.) K.Schum.	1
<i>Coula edulis</i> Baill.	1
<i>Dichrostachys cinerea</i> (L.) Wight & Arn.	1
<i>Entandrophragma angolense</i> (Welw.) C. DC.	1
<i>Entandrophragma candollei</i> Harms	1
<i>Entandrophragma cylindricum</i> (Sprague) Sprague	1
<i>Ficus variifolia</i> Warb.	1
<i>Gambeya beguei</i> (Aubrév. & Pellegr.) Aubrév. & Pellegr.	1
<i>Homalium africanum</i> (Hook.f.) Benth.	1
<i>Irvingia grandifolia</i> (Engl.) Engl.	1
<i>Lecaniodiscus cupanioides</i> Planch. ex Benth.	1
<i>Leea guineensis</i> G.Don	1
<i>Lovoa trichiloides</i> Harms	1
<i>Macaranga barteri</i> Müll. Arg.	1
<i>Millettia griffoniana</i> Baill.	1
<i>Millettia rhodantha</i> Baill.	1
<i>Morus mesozygia</i> Stapf	1
<i>Nauclea diderrichii</i> Merr.	1
<i>Pterygota bequaertii</i> De Wild.	1
<i>Radlkofera calodendron</i> Gilg	1
<i>Rauvolfia caffra</i> Sond.	1
<i>Rauvolfia vomitoria</i> Afzel.	1
<i>Spathodea campanulata</i> P.Beauv.	1
<i>Tetrapleura tetraptera</i> (Schum. & Thonn.) Taub.	1
<i>Treculia africana</i> Decne.	1
<i>Trema orientalis</i> (L.) Blume	1
<i>Trichilia priureana</i> A. Juss.	1
<i>Trichilia tessmannii</i> Harms	1
<i>Turraeanthus africana</i> (Welw. ex C.DC.) Pellegr.	1
<i>Zanthoxylum gilletii</i> (De Wild.) P. G. Waterman	1

7.3. Annexe 3 : Liste des arbres sauvages non identifiés au rang de l'espèce ou dont l'identification est incertaine

Nom binomial ou nom local	Nombre d'observations		
<i>Raphia</i> sp.	51	<i>Psydrax</i> sp.	2
<i>Terminalia</i> sp.	39	<i>Pterocarpus</i> sp.	2
Genre non identifié	36	<i>Trichilia</i> sp3	2
<i>Albizia</i> sp.	36	<i>Trichilia</i> sp2	3
"Gui"	29	"Boueri"	1
<i>Baphia</i> sp.	29	"Cedan"	1
<i>Trichoscypha arborea</i> ?	26	"Gbedi"	1
<i>Dracaena</i> sp.	25	"Gbo"	1
<i>Ficus</i> sp.	23	"Gbounuen"	1
<i>Myrianthus libericus/serratus</i>	20	"Gouélé"	1
"Dropo"	19	"Guegue"	1
"Tong"	15	"Kpa"	1
<i>Rauvolfia</i> sp.	14	"Mirabelle"	1
"Kingbo"	11	"Neri"	1
<i>Zanthoxylum</i> sp.	9	"Sladi"	1
"Gblor"	8	"Ynin"	1
"Gnein"	8	"Ze"	1
<i>Millettia</i> sp.	8	<i>Albizia ferruginea</i> ?	1
"Bieri"	7	<i>Antiaris</i> sp.	1
"Nien"	6	<i>Bertiera</i> sp.	1
<i>Corynanthe</i> sp.	6	<i>Blighia sapida</i> ?	1
"Pa"	5	<i>Celtis</i> cf. <i>phillipensis</i>	1
<i>Khaya</i> sp.	5	Cf. <i>Cola lateritia</i>	1
"Gouedi"	4	Cf. <i>Ficus polita</i>	1
"Trontro"	4	Cf. <i>Millettia</i> sp.	1
Cf. <i>Lansea</i> sp.	4	Cf. <i>Parkia bicolor</i>	1
"Guedali blanc"	3	Cf. <i>Pseudospondias microcarpa</i> ?	1
"Sanguine"	3	Cf. <i>Samanea leptophylla</i>	1
"Secoutoure"	3	<i>Coelocaryon preussi/botryoides</i>	1
<i>Bridelia</i> sp.	3	<i>Cola</i> sp.	1
Cf. <i>Canarium schweinfurthii</i> ?	3	<i>Ficus</i> sp2	1
<i>Dacryodes</i> ?	3	<i>Ficus</i> sp3	1
<i>Ficus</i> sp1 (étrangleur)	3	<i>Ficus</i> sp4 (étrangleur)	1
<i>Terminalia</i> sp. (mantaly?)	3	<i>Ficus</i> sp5	1
"Bois rouge"	2	<i>Grewia</i> sp.	1
"Gbignadi"	2	<i>Lansea</i> cf. <i>welwitschii</i>	1
"Glo"	2	<i>Lansea</i> sp.	1
"Goue"	2	<i>Petersianthus macrocarpus</i> ?	1
"Guedali"	2	<i>Quassia</i> sp.	1
"Palueo"	2	<i>Sterculia</i> sp.	1
<i>Anthocleista</i> sp.	2	<i>Trichilia</i> cf. <i>tessmannii</i>	1
<i>Berlinia</i> sp.	2	<i>Trichilia</i> sp1	1
<i>Bombax</i> sp.	2	<i>Uapaca</i> sp.	1
<i>Carpolobia</i> sp.	2	<i>Xylopia</i> sp1	1
Cf. <i>Aubrevillea platycarpa</i> Pellegr.	2	<i>Xylopia</i> sp2	1
Cf. <i>Ficus</i> sp	2	<i>Xylopia</i> sp3	1
<i>Dialium</i> sp.	2	<i>Zanthoxylum gillettii</i> ?	1
<i>Homalium</i> sp.	2		