FONDS D'ETUDES ET D'AIDE AU SECTEUR PRIVE

FASEP-Etudes – AC/1078/CUBA

RAPPORT DE MISSION

***

Rapport de mission dans le cadre de l'étude de faisabilité portant sur le projet de lutte contre la prolifération de la plante invasive Marabú (*Dichrostachys cinerea*) à Cuba.

En vue de finaliser, avec les partenaires cubains du GAF, de l'INAF et de GEOCUBA, les travaux d'inventaire et de cartographie du Marabú dans les provinces de Camagüey et de Granma.

Mission effectuée par :

Valéry Gond (Chercheur Géographe -CIRAD),
Régis Peltier (Ingénieur forestier -CIRAD),
Avec la participation de :
Raquel Palacios Ramirez (GAF),
du Personnel de terrain du Gaf et de l'Inaf, à Camagüey et Manzanillo,
et, à Montpellier, de Julie Betbeder, Emilien Dubiez et Nicolas Fauvet.

Du 10 au 22 septembre 2018

15/10/2018

Sommaire

Contenu

1. Résumé 3

2. Contexte 4

3. Réalisation de la mission de septembre 2018 4

3.1 Attendu concernant la ressource 4

3.2 Personnes ayant participé à la mission 5

3.2.1 Pour la partie française 5

3.2.2 Pour la partie Cubaine 5

3.3 Programme des activités 5

3.4 Bref aperçu des travaux de terrain et des réunions en provinces 6

3.4.1 Réunions de Camagüey avec Inaf et Gaf le 14/09/2018 6

3.4.2 Lieux visités en provinces de Camagüey et Granma 7

3.4.3 Classement des peuplements arborés comportant du Marabú tel qu'il a été décidé après la présente mission 8

3.4.5 Utilisation du tarif « Bois carbonisable de Marabú » 11

3.4.6 Réalisation des parcelles d'inventaire par le GAF avant la mission 13

3.4.7 Levé des points pour cartographie en septembre 2018 14

3.4.8 Visite des lieux de stockage des tronçons de Marabú en attente d'expédition chez Bordet 14

3.4.9 Visite de lieux de carbonisation artisanale de tronçons de Marabú 15

4 Décisions prises au cours de la réunion au Ministère de l'agriculture (Minag), le 21/09/2018, concernant le programme travail jusqu'en décembre 2018, sur projet Fasep, en matière d'évaluation de la surface et de la biomasse de Marabú 16

5. Annexe 1: Photos des types d'occupation du sol : 17

1. Résumé

La mission entre dans l'étude de faisabilité des investissements étrangers pour la construction d'usines de production de charbon à Cuba. Dans cette étude, le Cirad doit contribuer à l'évaluation de la part de biomasse de Marabú (*Dichrostachys cinerea*) qui peut être transformée en charbon, ou broyée pour la production d'énergie, et qui se trouve à proximité des emplacements possibles des usines. Ce travail devait initialement être réalisé sur une courte période (de janvier à juin 2018) et avec des moyens très limités (missions du Cirad et budget terrain du Gaf, Inaf et GeoCuba).

En janvier 2018, nous avions proposé une méthode rapide, aussi fiable que possible. Il s'agissait de réaliser une cartographie avec des images satellites européennes gratuites (Sentinel type 1 et 2) et des inventaires de terrain allégés. Afin de former les équipes locales de Geocuba, les spécialistes de la télédétection avaient effectué des relevés de terrain (21 à Minas et 30 à Manzanillo). Les spécialistes des inventaires forestiers, quant à eux, avaient testé avec l'équipe GAF-INAF de Camagüey et celle de Bayamo, une méthode simplifiée pour l'inventaire, en utilisant des parcelles de 5x5m. Par ailleurs, ils avaient établi une équation allométrique robuste, permettant, à partir du diamètre à la base d'un Marabú, d'estimer le volume de la partie de l'arbre réellement carbonisable, pour la fabrication de charbon de bois ou de charbon activé, avec la technique Bordet (billons de 40 cm de long, avec l'extrémité la plus grosse de plus de 5 cm de diamètre).

Début septembre 2018, le Gaf avait fait parvenir au Cirad un fichier Excel comprenant les données d'inventaire de 108 parcelles dans la municipalité de Minas (Camagüey) et 40 parcelles dans la province de Granma. Malheureusement ces parcelles contenaient très peu de gros Marabú carbonisables, en outre, le positionnement GPS du centre de la parcelle était imprécis. Quant à Geocuba, à cette date, il n'avait pas fait parvenir de relevés géographiques, n'ayant pas reçu de moyens de fonctionnement de la part du projet.

Il a donc été nécessaire de consacrer la présente mission, effectuée par Régis Peltier et Valéry Gond du 10 au 21 septembre 2018, au relevé du plus grand nombre possible de points GPS, en particulier dans les zones de Marabú de gros diamètre, de plantations, de forêts naturelles et de peuplements mélangés Marabú / autres espèces en sur-étage. Il a été ainsi possible de présenter aux partenaires locaux (GAF, INAF et GeoCuba) les résultats intermédiaires de la classification réalisée avec l'image Sentinel-2 (2017) et des relevés de terrain effectués en janvier, complétés par des données du GAF (août 2018). Nous avons pu prendre 120 nouveaux points d'échantillonnage. Grâce à ces relevés nous avons maintenant une base de données terrain permettant de reconstituer le gradient des différents types de formations ligneuses. Avec ces informations une nouvelle classification va être réalisée afin de pouvoir fournir pour fin octobre 2018 une carte des deux sites (Minas et Manzanillo). Ces cartes représenteront la répartition spatiale des différents types de formations végétales (Marabú et autres formations ligneuses). Mises en lien avec les valeurs de biomasse obtenues par Régis Peltier et Emilien Dubiez en janvier, nous allons proposer des cartes du potentiel ligneux et donc de carbonisation sur chacun des sites. Ces cartes termineront notre action sur ce projet FASEP. Elles permettront aussi de partir sur des bases techniques de cartographie et d'inventaires forestiers, sûres et maîtrisées, pour le nouveau projet LAIF de l'Union Européenne.
Nous sommes revenus de La Havane en compagnie de Mme Yuly Alvares-Garcia (de GeoCuba) qui bénéficie d'une bourse du Cirad pour venir 3 semaines à Montpellier, campus de Baillarguet, afin de développer ses connaissances sur le traitement des données européennes des satellites Sentinel-2

en s'appuyant sur l'exemple de la réalisation des cartes d'occupation du sol des régions de Camagüey et de Granma..

2. Contexte

Sur demande des services gouvernementaux cubains (GAF, INAF) le Cirad et des partenaires français industriels et financiers, étudient la possibilité de montage d'un projet intitulé :

« MISE EN PLACE D'UNE FILIERE INDUSTRIELLE DE VALORISATION D'UNE PLANTE INVASIVE (LE MARABU) PAR LA PRODUCTION OPTIMISEE D'ENERGIE VERTE, DE CHARBON VEGETAL PROPRE ET DE CHARBON ACTIF POUR L'EXPORT »

Une première mission dite de « pré-faisabilité » avait été réalisée en juin 2017, sur un co-financement de l'AFD, du Cirad et des partenaires cubains et français.
Suite à celle-ci, la DG-Trésor a accepté de financer un projet d'étude de faisabilité géré par la société Devexport, de novembre 2017 à novembre 2018 (projet Fasep-Marabú). Cette période a été prolongée jusqu'à janvier 2019, avec un rendu des rapports des différents partenaires avant fin décembre 2018.
Par ailleurs, un projet LAIF (*Latin America Investment Facility*) est en cours d'étude de financement par l'AFD et la DUE, pour la réalisation de recherches d'accompagnement au PRODEGAN (AFD) et aux éventuels investissements privés de construction des usines de carbonisation, la réalisation des premières récoltes de Marabú, le lancement de la filière charbon de Marabú et la valorisation des terres débroussaillées (reboisement, sylvo-pastoralisme, etc.).
Une mission de démarrage du projet Fasep a eu lieu en novembre 2017 et une mission de lancement des travaux d'inventaire et de cartographie a eu lieu en janvier 2018. Suite à cette mission, le Gaf a réalisé l'inventaire de 108 parcelles en province de Camaguey et de 40 parcelles en province de Granma.
Ces données ont été traitées par le Cirad au début septembre 2018, ce qui a permis l'envoi d'un fichier Excel au Gaf, résumant les calculs de volume et de deux cartes provisoires des peuplements de Marabú en provinces de Camagüey et de Granma. Ces documents de travail ont été remis au Gaf le 11 septembre 2018, ainsi qu'à l'Inaf et aux EAF de Camagüey et de Bayamo, au cours de la mission.
Le présent rapport décrit les activités réalisées au cours de la mission qui a eu lieu du 10 au 21 septembre 2018, à laquelle ont participé des agents du Cirad, du Gaf (avec de brefs contacts avec l'Inaf et GeoCuba) et qui avait pour objectif de finaliser les relevés de terrain en vue de cartographier et d'inventorier le Marabú, afin d'arriver à une estimation de la biomasse disponible pour les deux sites envisagés pour la construction d'une usine de carbonisation, à savoir Minas, dans la province de Camagüey et Manzanillo, dans la province de Granma

3. Réalisation de la mission de septembre 2018

3.1 Attendu concernant la ressource

Cette mission complète celles de juin 2017, de novembre 2017 et de janvier 2018, dans le but de finaliser la réalisation, à moyens termes, des cartes SIG des zones d'approvisionnement en bois de Marabú des usines de carbonisation, à partir d'images satellites, qui, couplées à des

inventaires de biomasse "utile" ou "récoltable", permettront d'estimer la biomasse disponible et de planifier l'approvisionnement des usines.

Au cours de cette mission nous avons pu contacter les services nationaux et les partenaires locaux, afin de bien cadrer et planifier les interventions respectives. Une tournée de terrain a été organisée pour visiter les zones d'étude. Deux réunions ont été organisées entre le Cirad et les partenaires. La première, en début de mission, a permis de présenter et discuter les objectifs de la mission et d'en organiser la logistique. La seconde, en fin de mission, a permis de finaliser le chronogramme du rendu des cartes et des évaluations de biomasse. La tournée de terrain a permis de faire 120 relevés de terrain en vue de la préparation du traitement des images satellites (prise de points GPS, description de la végétation et des états de surface, prise de quatre photographies cardinales : Nord, Est, Sud, Ouest et observations diverses) dans une variété d'états de surface.

3.2 Personnes ayant participé à la mission

3.2.1 Pour la partie française

- Cirad : Valery Gond et Régis Peltier
- AFD : Calogero Sciandra (sciandrac@afd.fr), Directeur de l'agence de la Havane,
- Ambassade de France : Michel Oldenburg (Michel.OLDENBURG@dgtresor.gouv.fr) conseiller économique,
- Devexport : Perrine Buhler (p.buhler@devexport.com), Directrice Générale, Hector Mogena (hector@devexport.com), agent commercial à la Havane,

3.2.2 Pour la partie Cubaine

- GAF : Dr. Celso Carpio Camarote (desarrollo1@gaf.minag.cu) Directeur et Jorge Luis Garcia Gonzalez, en charge des contrats (desarrollo7@gaf.minag.cu) du niveau national à la Havane ; pendant tout le séjour : Raquel Palacios Ramirez (Tel : +53 58 04 73 50) ; à Camagüey : Daniel Betancourt Castillo et Pedro Calero Diaz à la réunion de briefing et débriefing à Camagüey et Ing. Lilian Barroso Castaneda (camaguey@forestales.co.cu) (produccion@forestal.cmg.minag.cu), pendant les visites à Minas et Florida ; A Bayamo : Ing. Carlos Enrique Barrios Fonseca (tel : +53 52 09 88 65) (dirsilvicultura@eaf.grm.minag.cu), (silvicultura2@eaf.grm.minag.cu).
- INAF : à Camaguey, Dr. Alberto M. Vidal Corona, enseignant-chercheur, Instituto de Investigationes Agro-Forestales (INAF), (albertovidalcorona@hotmail.com), Pedro ROMEU ACOSTA (Director UCTB- Camagüey INAF (camaguey@forestales.co.cu), et croisé à la Havane : D.C. Pedro Pablo Henry Torriente, Directeur Adjoint (henry@forestales.co.cu).
- GEOCUBA : A la Havane : Antonio Pavel Selles Cruz (pselles@camaguey.geocuba.cu) et Yusleidys Alvares Garcia (yuly77@nauta.cu).

3.3 Programme des activités

Le programme de la mission a été le suivant:

- Lundi 10 septembre : voyage à Montpellier-La Havane,

- Mardi 11 septembre : rencontres avec GAF, Devexport, Citricos Caribe SA et GEOCUBA, ainsi qu'avec AFD et DG-Trésor à La Havane,

- Mercredi 12 septembre : voyage à La Havane-Camagüey,

- Jeudi 13 septembre : rencontre avec GAF et INAF à Camagüey, programmation et début du travail de terrain sur Minas,

- Vendredi 14 et samedi 15 : levé de points dans la municipalité de Nuevitas,

- Dimanche 16, route vers Bayamo,

- Lundi 17 au mercredi 19 septembre, travail de terrain avec l'équipe locale du GAF à Manzanillo, Maso, Yara et Campechuela, retour à Camagüey,

- Jeudi 20 septembre, voyage Camagüey -La Havane,

- Vendredi 21 septembre : réunion au ministère de l'agriculture avec GAF, départ vers la France le vendredi soir.

3.4 Bref aperçu des travaux de terrain et des réunions en provinces

3.4.1 Réunions de Camagüey avec Inaf et Gaf le 14/09/2018

Pour optimiser le temps consacré aux travaux de terrain, les réunions au Gaf et à l'Inaf ont été réduites au minimum nécessaire. Nous avons présenté la carte provisoire obtenue grâce à la classification réalisée avec l'image Sentinel-2 (2017) et aux relevés de terrain effectués en janvier, complétés par des données du GAF (août 2018). Nous avons également remis à Mme L. Barroso et à MM. Vidal et Romeu le fichier Excel de traitement des données d'inventaire réalisé par E. Dubiez.

En dehors de Raquel Palacios Ramirez qui a participé à toute la mission, seule Lilian Barroso Castaneda nous a accompagnés sur le terrain. Les déplacements ont été effectués avec le taxi loué par le Cirad.

L'Inaf n'a pas souhaité se joindre à nos déplacements de terrain mais Dr. Alberto M. Vidal Corona et Dr. Pedro ROMEU ACOSTA ont insisté pour que l'INAF et le Cirad finalisent un article sur les tarifs de cubage du Marabú, adapté à la carbonisation ; nous lui avons donné notre accord et l'Inaf doit effectuer des mesures complémentaires sur des arbres de plus gros diamètre, à partir de décembre 2018.

Pour le choix de la zone de relevés complémentaires, il a été décidé de mettre l'accent sur la partie Nord-Est de la municipalité de Minas et sur la partie Nord de la municipalité de Nuevitas, qui ne sont concernées à ce jour par aucun projet.

Il a été entendu que, à notre retour en France, une carte provisoire des peuplements serait rédigée par les experts Cirad ; Mme Yusleidys Alvares Garcia profitant de ce travail pour se former (sur bourse Cirad). A son retour à Camaguey, mi-octobre, cette dernière pourrait participer aux travaux de vérification de terrain et de finalisation de la carte avec l'équipe de l'Empresa Geocuba de Camaguey ; pour ces déplacements de terrain et cette finalisation de carte, un budget de 5000 € est demandé par Geocuba au Gaf, les négociations étant à finaliser au niveau central.

3.4.2 Lieux visités en provinces de Camagüey et Granma

Nous avons relevé des points dans les zones de Marabú de gros diamètre, de plantations, de forêts naturelles et de peuplements mélangés Marabú / autres espèces en sur-étage.

On trouvera sur la **Carte 1**, ci-dessous, la position des points sur lesquels des relevés ou des inventaires ont été réalisés pendant la mission, dans les municipalités de Minas et de Nuevitas. Malheureusement, dans cette dernière, la zone au sud de Camalote où il semble qu'il y ait de vastes peuplements de gros Marabú n'a pas pu être visitée, en raison de l'état dégradé du chemin et de la non disponibilité du tracteur de l'Empresa.

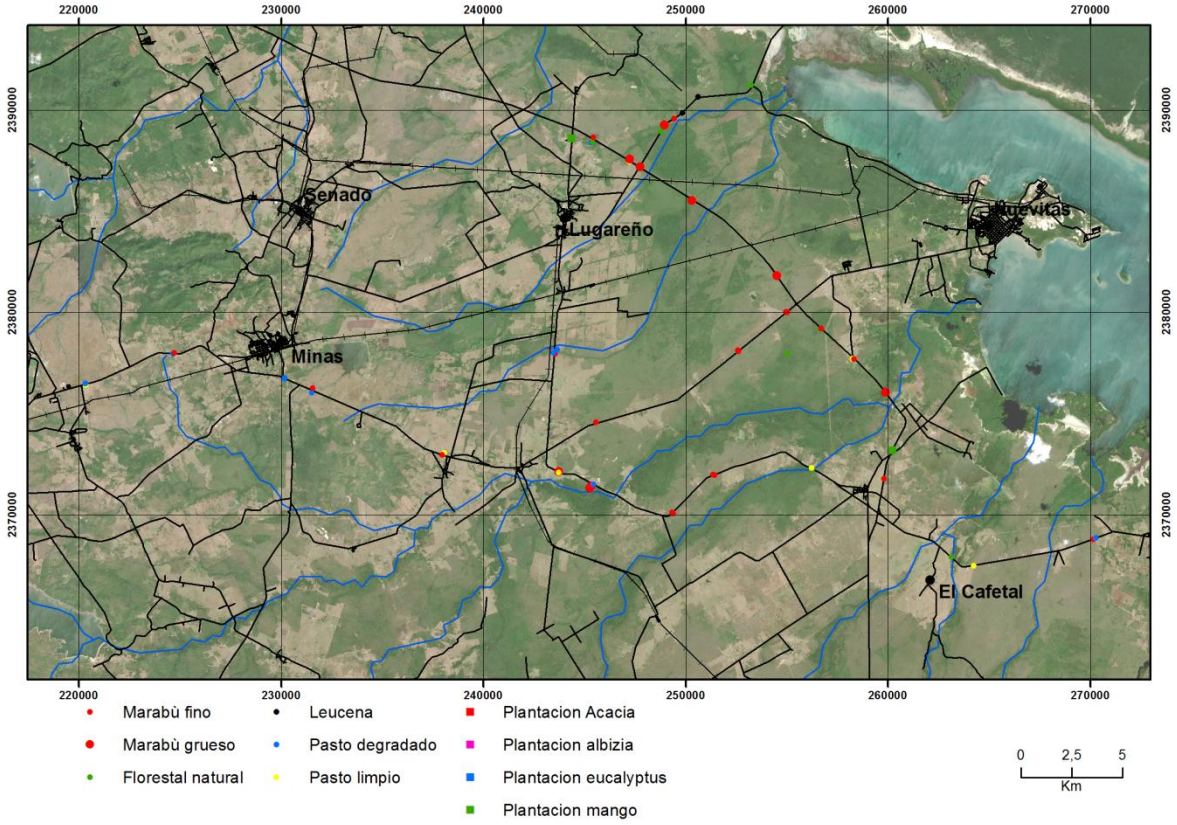


Figure1 : Points GPS relevés et décrits au cours de la mission dans les municipalités de Minas et de Nuevitas reportés sur une image Sentinel.

On trouvera en figure 2, la carte des points relevés en province de Granma.

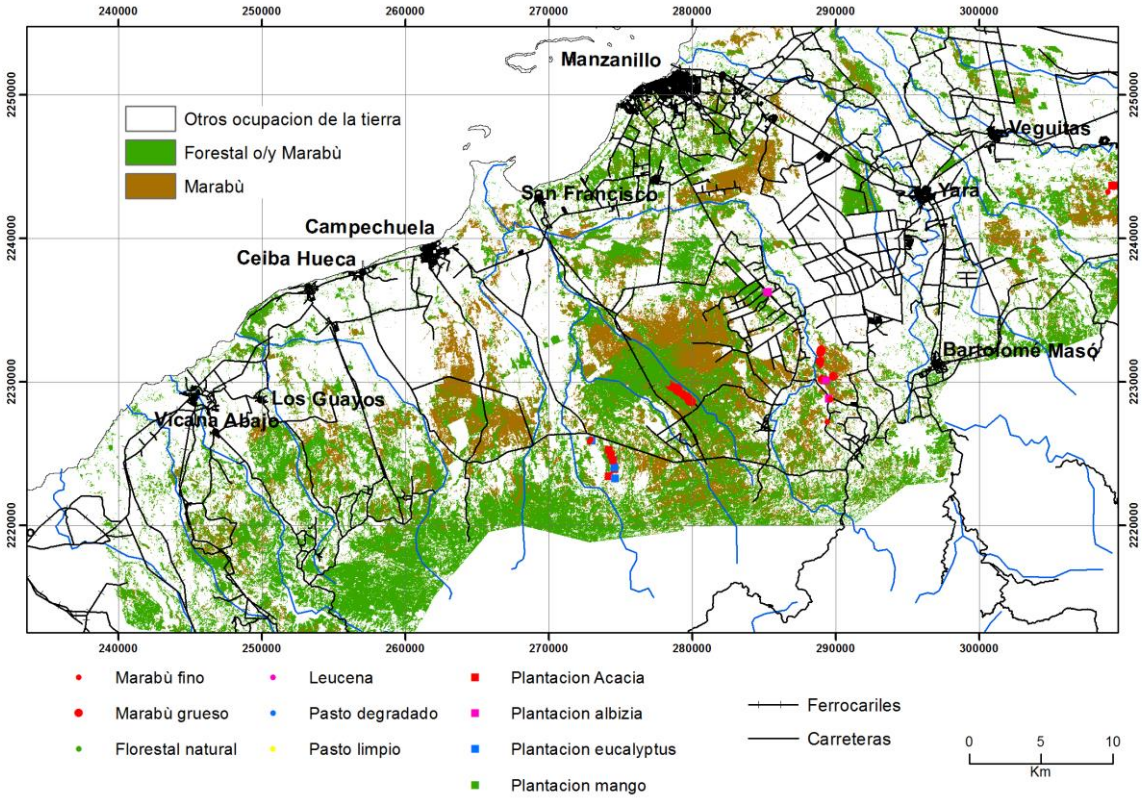


Figure 2 : Points GPS relevés et décrits au cours de la mission dans la province de Granma reportés sur une image interprétée à partir des images Sentinel 2. A noter que ces points permettront de modifier cette ancienne interprétation qui s'est révélée partiellement inexacte

3.4.3 Classement des peuplements arborés comportant du Marabú tel qu'il a été décidé après la présente mission

Remarque préliminaire : On trouvera en annexe quelques photos des formations ci-dessous. Etant donné qu'environ 900 photos ont été prises au cours de la mission (dont 4 aux points cardinaux pour chaque point de relevé GPS), le fichier très lourd est disponible, sur demande, pour tous les partenaires du projet.

- Il a été remis à MM. Napoli, Monneyron, Maus, Grallien et a été envoyé à Geocuba (Yusleidys Alvares Garcia (yuly77@nauta.cu)) et à l'EAF Camaguey (Lilian Barroso Castaneda (produccion@forestal.cmg.minag.cu)).

a) Pâturage propre (Pasto limpio)

Dans ces pâturages bien entretenus, le Marabú occupe moins de 20% de la couverture végétale. Il est presque toujours présent, mais son extension est contenue par une bonne gestion de la pression

pastorale, des actions mécaniques (arrachage au bulldozer, girobroyage, coupe manuelle) ou chimiques (débroussaillants). Il faut bien noter qu'on observe souvent côte-à-côte des parcelles totalement envahies par le Marabú et des pâturages absolument propres, ce qui montre bien que l'envahissement par le Marabú n'est pas une fatalité et qu'il est techniquement possible de le contrôler, dans certaines conditions socio-économiques.

b) Pâturage sale (Pasto degradado)

Dans ces pâturages mal entretenus, le Marabú ou une autre espèce ligneuse (Aroma (*Acacia farnesiana*), palmiers, Leucaena, etc.) occupent de 20 à 70 % de la couverture végétale. Au-delà de 70% de couverture du sol par les ligneux, la parcelle est classée forestière.

c) Marabú fin (Marabú fino)

Ces peuplements sont constitués de Marabú ayant un diamètre moyen à la base inférieur à 5 cm, on ne peut donc y récolter que très peu de bois carbonisable. Il s'agit souvent de pâturages, de plantations forestières ou agricoles qui ont été laissées à l'état de semi-abandon et qui ont été envahies par le Marabú. Celui-ci n'a pas pu encore se développer pleinement, en raison de son jeune âge, du sol trop superficiel ou du passage régulier des feux de brousse. Ce type de formation est très fréquent dans la municipalité de Minas. Il faut noter que l'observation des anciens pâturages à partir de la route est souvent trompeuse, car le Marabú a d'abord envahi la parcelle au niveau de la clôture où il a bénéficié de l'effet de bordure et de la protection des fils barbelés. Vu de la route, on a une impression de peuplement riche en bois, mais dès qu'on franchit les 5 premiers mètres, on trouve souvent des peuplements beaucoup moins riches.

Si on souhaite débroussailler ces peuplements, on ne pourra valoriser la biomasse que sous forme de biomasse-énergie broyée. Faute de quoi, il faudra envisager un endainage au bull suivi d'un écobuage, comme cela se fait couramment à Cuba ; l'avantage de cette dernière méthode étant le coût réduit et la conservation in situ des cendres, bio-charbons et d'une partie de la litière, mais l'inconvénient étant la perte d'énergie et l'émission de CO_2.

d) Marabú gros (Marabú grueso)

Ces peuplements sont constitués de Marabú ayant un diamètre moyen à la base supérieur à 5 cm, on peut donc y récolter du bois carbonisable, mais la rentabilité de toute opération de récolte dépendra de la quantité de troncs de plus de 8 cm à la base (sur lesquels on pourra récolter plusieurs tronçons de 40 cm de long et de plus de 5 cm de diamètre au gros bout, utilisable par une usine de type Bordet). La rentabilité dépendra aussi de l'accessibilité, de la biomasse totale récoltable au niveau d'un bloc de peuplement, de la disponibilité locale de personnel, de l'état du réseau routier, de la distance à l'usine, de la tenure foncière des parcelles, etc.

Il faut noter que les charbonniers artisanaux sont capables de valoriser de petites poches de Marabú de quelques ares de surface, par exemple la partie la plus ancienne d'un peuplement de Marabú ou sa partie développée sur le sol le plus riche, car ils l'atteignent en ouvrant un chemin de charrette de 2m de large, coupent et carbonisent sur place, avant de n'extraire que le charbon en charrettes à bœufs (qui sont de remarquables 4x4), soit un poids égal à environ 10% du poids du bois coupés. Ceci ne sera pas le cas pour une usine de type Bordet qui devra ouvrir des pistes beaucoup plus larges et débarder mécaniquement le bois débité en billons (longueur à définir). Notre expérience au cours

des missions nous a montré toute la difficulté de pénétrer dans ces massifs en période pluvieuse, même avec du très gros matériel militaire soviétique.

e) *Leucaena leucocephala* (Ipil-Ipil)

Ces peuplements se sont le plus souvent (dans la zone étudiée, en particulier au Nord de Minas) développés dans un peuplement de Marabú. Il s'agit d'une étape ultérieure à l'envahissement par le Marabú, dans l'évolution vers une forêt secondaire. Cette évolution ne peut se produire que dans des conditions que nous n'avons pas pu caractériser scientifiquement, souvent sur sols calcaires. Il faut noter que le Leucaena est un bois de densité 0,8 supérieure au Marabu (0,73) qui convient bien pour la fabrication de Charbon de bois et donc que ces peuplements peuvent intéresser l'industriel, ils sont cependant d'une étendue limitée.

f) Autres peuplements de Marabú à sur-étage forestier

Chaque fois que les conditions de sols, de pluviométrie, de durée d'envahissement et d'absence de feux répétitifs le permettent, un sur-étage arboré finit par s'installer dans les vieilles formations de Marabú. C'est en particulier le cas dans la municipalité de Manzanillo, où on va trouver un sur-étage de différentes espèces, comme le Campeche (*Haematoxylum campechianum* : excellent bois de charbon et à usages multiples, mais très dur à exploiter), Le guácima ou majahua (*Guazuma ulmifolia*), Le Tamarindo Chino (*Pithecellobium dulce*), etc. Ce sur-étage n'occupe en général qu'environ 20-30 % de la couverture végétale. Nous allons voir s'il est possible de distinguer ces formations de celles du Marabú gros, par télédétection, en fonction du nombre de points pris.

g) Plantations forestières

Dans les municipalités de Minas et de Nuevitas, nous n'avons pas pu voir de plantations forestières en bon état.

Par contre, nous avons pu relever des points dans plusieurs plantations de la région de Granma, en particulier dans les municipalités de Maso, Yara et Campechuela, ces dernières étant les plus prometteuses. Il s'agissait de plantations de :

- Teck et *Gmelina arborea* (quelques ha de rejets assez mal conformés, mais bien-venants),

- *Albizia procera* (Algarrobo Indio, nom local à vérifier) quelques dizaines d'ha, parfois développées par Régénération Naturelle Assistée, sur anciennes plantations exploitées, puis envahies par le Marabú et enfin éclaircies,

- Eucalyptus spp. Plusieurs centaines d'ha d'espèces mélangées, plantations traitées en taillis à très courtes rotations 3-5 ans, pour la production de bois-énergie afin de sécher le tabac (vendu env. 10€/m3) ou de perches. A Campechuela on a visité environ 200 ha de plantations de l'an 2000 qui ont déjà été coupées environ six fois ; les sols sont acides, faits de galets roulés de gneiss et de granite, en provenance de la Siera Maestra. En voie d'épuisement, ces plantations ont souvent un couvert léger et un sous-étage de Marabú dense, il sera difficile de les distinguer de peuplements de Marabú. A noter qu'il y a certainement un fort potentiel d'amélioration et de renouvellement de ces plantations, au niveau du choix des espèces, des provenances et des hybrides. A noter également

que le Gaf peut produire du bois-énergie de plantations à un prix de 10 €/m3, une donnée qui devrait intéresser l'industriel souhaitant produire du charbon,

-Acacia mangium. Il s'agit en général de jeunes plantations, souvent de 3 ans et moins qui seront difficile à cartographier à partir d'images stellites, à moins que celles-ci ne soient très récentes. Les arbres sont bien-venants à Campechuela, avec une très bonne forme (100 ha de plantations de 3 ans, 8m de haut, env. 15 cm de diamètre). A trois ans, ils commencent à étouffer les repousses de Marabú et à développer un mulch de feuilles sèches. Certaines parcelles ont été élaguées (en vue de la production de bois d'œuvre) et le sous-bois nettoyé manuellement. On remarque la présence de nodosités symbiotiques sur les racines. On peut se demander si le choix de *A. mangium* est idéal dans une optique de production de bois d'œuvre, voire mixte bois d'œuvre / énergie. En effet, dans de nombreux pays on préfère pour cet objectif *Acacia auriculiformis* ou, mieux, l'hybride mangium/auriculiformis (cas du Viêt-Nam). Il y a donc de bonnes possibilités d'appui scientifique à ces initiatives de plantations,

Diverses espèces locales, sur des surfaces limitées, en particulier à Yara. Notons la bonne réussite du Majagua azul (*Talipariti elatum*), Mahot bleu, bon bois d'œuvre devenu très rare, dont la fleur ressemble à l'Ibiscus et dont le bois est bleuté.

h) Forêts naturelles

Nous les avons surtout relevées en bordure de rivières, avec un très beau peuplement au centre du massif de Marabú du sud de Manzanillo. Elles méritent d'être protégées pour la conservation de la biodiversité (et la récolte de graines), car elles sont devenues trop rares à Cuba.

h) Agroforêts et vergers

Nous avons relevés des points GPS dans quelques vergers (manguiers, bananeraie, etc.) et quelques agroforêts où le café est associé à des arbres naturels, comme *Samanea saman* (Algarrobo) ou à des arbres plantés comme le *Swietenia macrophylla* (Caoba), près de l'EAF de Yara. Ces peuplements sont très intéressants, bien que les Samanea soient souvent en cours d'exploitation (prix d'achat du bois aux agriculteurs : 6€/m3 ; prix d'achat du bois scié : 18€/m3), mais sont de surface limitée. Il est peu probable qu'on puisse les distinguer par télédétection d'autres types forestiers semi-ouverts. Notons toutefois que l'agroforesterie et le sylvo-pastoralisme ont un grand potentiel de développement à Cuba et devront être développés au cours du projet LAIF.

3.4.5 Utilisation du tarif « Bois carbonisable de Marabú »

Au cours de la mission de janvier 2018, il avait été réalisé deux tarifs de cubage pour calculer la biomasse carbonisable du Marabú.
Pour cela, nous avions mesuré des tronçons de 40 cm de longueur jusqu'à un diamètre minimum gros bout de 8 cm et jusqu'à un diamètre minimum gros bout de 5 cm. Cela correspond à 2 scénarios d'utilisation du bois (le plus de 8 cm pour la production de charbon de bois exportable pour l'utilisation en cuisson alimentaire = barbecue ; le bois compris entre 5 et 8 cm, pour la production de charbon activé).
Pour cela, nous avions mesuré le diamètre à la base, 3 cm au-dessus du sol théorique (en fait au-dessus du renflement éventuel de la base et pris deux diamètres en croix pour calculer un diamètre moyen).
Ce cubage avait été effectué sur 24 arbres répartis dans 3 classes de diamètre à la base :

- 8 à 12 cm = 8 arbres;
- 12 à 16 cm = 8 arbres;
- >16 cm = 8 arbres.

Parmi ceux-ci, 21 avaient été mesurés dans la municipalité de Minas et 3 dans la province de Granma (au sud de Manzanillo).

Photo de gauche, découpe d'un Marabú en tronçon de 40 cm de long ; Photo à droite, les tronçons qui ont été mesurés (diamètres en croix à chaque bout) et dont certains ont été ramenés en France, pour calcul du poids sec, du rapport Volume vert mesuré au champ / Poids sec, et pour des essais de carbonisation en laboratoire.

Le volume de chaque billon(*v*) a été calculé à l'aide de la formule de Smalian (Louppe *et al*., 1994). Pour chaque arbre, la somme des volumes des billons donne le volume(*V*) de bois utile.

$$v = \frac{1}{4\pi}\left(\frac{C_1^2+C_2^2}{2}\right)L \longrightarrow V = \sum v_i$$

Des tarifs de cubage avaient été établis pour le gros bois, de diamètre supérieur à 8 cm, et pour le bois de diamètre compris entre 5 et 8 cm.

Cependant, vu le faible nombre de gros Marabú et après discussion avec l'industriel Bordet celui-ci a décidé de carboniser ensemble tous les tronçons de plus de 5 cm de diamètre au fin bout. Il est donc inutile d'utiliser deux tarifs et nous nous sommes limités au suivant :

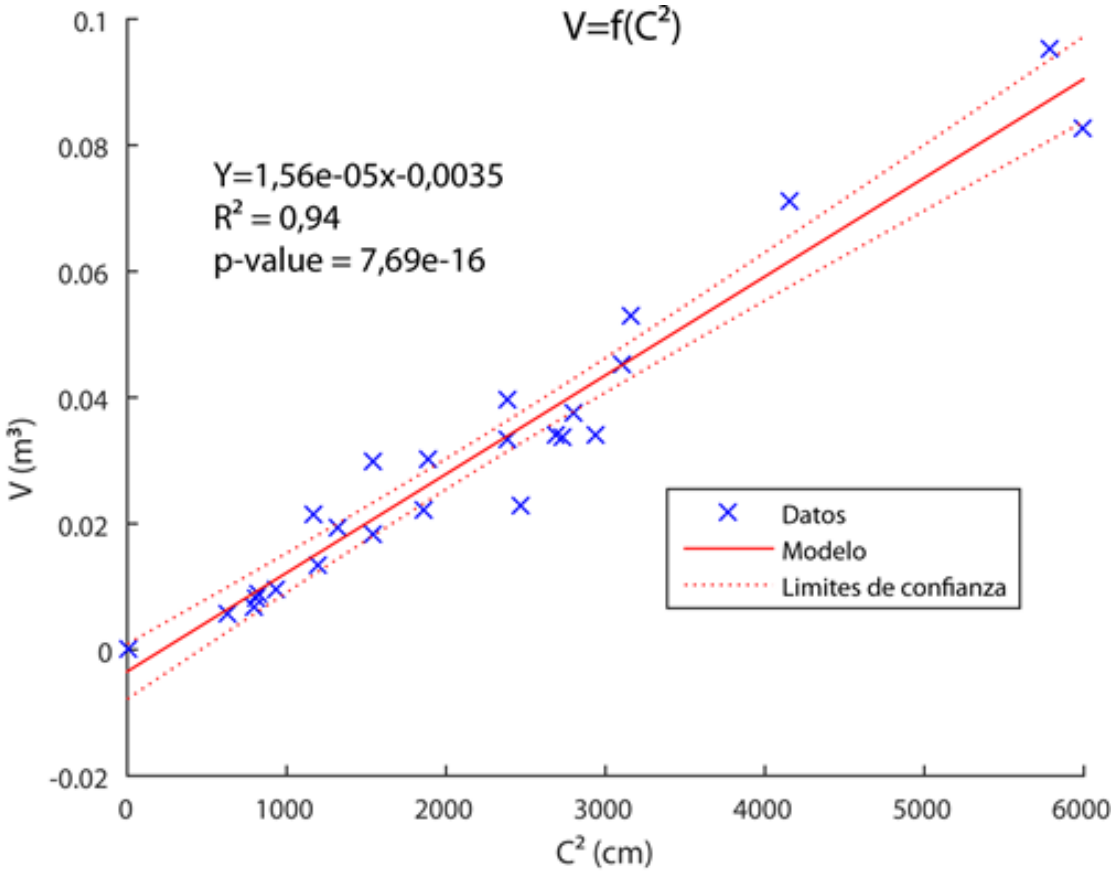


Figure 1 : Volume (en m^3) carbonisable (pour production de charbon de bois), en fonction de la Circonférence (en cm) du pied de l'arbre, élevée au carré.

Ceci nous a permis de calculer, pour chaque arbre mesuré au cours des inventaires, la biomasse carbonisable = $((0.0000156 * C^2)-0.0035)$ * densité de l'espèce).

3.4.6 Réalisation des parcelles d'inventaire par le GAF avant la mission

Suite à la formation des équipes du Gaf en janvier 2018, celles-ci ont inventorié 108 placettes d'inventaire avec l'équipe de Camagüey et 40 placettes avec l'équipe de Bayamo et Manzanillo. Il s'agit de placettes carrées de 5 m de côté, et donc de 25 m^2 de surface, délimitée à l'aide d'un mètre à ruban. Sur chacune d'entre elles, le diamètre à la base de tous les arbres a été relevé. Ces diamètres ont été notés sur une fiche papier, puis reporté sur un fichier Excel qui a été envoyé au Cirad en août 2018. Ces données ont été traitées par le Cirad au début septembre 2018 par E. Dubiez, ce qui a permis l'envoi d'un fichier Excel au Gaf, résumant les calculs de volume et de deux cartes provisoires des peuplements de Marabú en provinces de Camagüey et de Granma. Ces documents de travail ont été remis au Gaf le 11 septembre 2018, ainsi qu'à l'Inaf et aux EAF de Camagüey et de Bayamo, au cours de la mission.

Il faut cependant noter que, dans chque zone d'inventaire, la plupart des parcelles semblent avoir été choisies dans les parties où le Marabú est le plus gros (beaucoup plus que ce que nous avions mesuré en janvier). Il faudra donc utiliser les calculs de volume avec prudence et appliquer un coefficient de correction.

En outre, les points GPS ont souvent été pris sur les pistes, routes ou chemin de fer et rarement au lieu exact du point d'inventaire, ce qui réduit l'intérêt pour la réalisation de la cartographie.

Photo de gauche : Délimitation d'une parcelle de 5 x 5 m à l'aide d'un mètre à ruban. Photo de droite : Mesure des diamètres à la base des arbres, à l'aide d'un compas forestier.

3.4.7 Levé des points pour cartographie en septembre 2018

Sur 120 points (64 en province de Camagüey et 56 en province de Granma), l'équipe Cirad, accompagnée d'agents locaux du GAF a relevé :

- Position GPS,
- Prise de 4 photos suivant les points cardinaux,
- Description de la végétation (Espèces dominantes, hauteur de la canopée, taux de recouvrement total et des espèces principales), des états de surface (sol nu, herbage, mélange herbacées-forêt, forêt) et des usages du sol (jachère ou sol abandonné, plantation, verger, pâturage, grande culture, jardin, etc.) avec note d'informations disponibles sur la date de plantation, d'abandon, etc.

3.4.8 Visite des lieux de stockage des tronçons de Marabú en attente d'expédition chez Bordet

A Camagüey et à Camalote nous avons visité deux lieux de stockage des tronçons de Marabú de 40 cm de long, stockés et mis à sécher par l'EAF de Camaguey, en attente d'expédition en France. Chaque tas correspondait à environ 20 T de bois, soit le contenu d'un conteneur, en outre l'équivalent d'un conteneur de troncs entiers de Marabú avait été stocké à Camaguey. L'EAF nous a affirmé avoir trois autres lieux de stockage, non visités par nous. L'information et les photos ont été envoyées à Devexport, à Bordet et à Forest Company, qui négocient avec le Gaf les modalités

d'exportation via la société Citricos Caribe et un transitaire qui n'avait pas encore été identifié au moment de la mission.

3.4.9 Visite de lieux de carbonisation artisanale de tronçons de Marabú

Plusieurs lieux de carbonisation ont été visités au cours de la mission. La taille des meules était très variable. Un calcul approximatif, basé sur la taille des meules (cônes) et sur la quantité de charbon espérée par les charbonniers, laissait estimer un rendement de 10 à 12%. A noter une très grosse meule en forme de miche de pain, contenant plus de 20 T de bois et dénommée « Caballo muerto ». A noter également que nous avons croisé un gros camion équipé d'une remorque qui emportait une vingtaine de tonnes de charbon vers l'exportation. Le charbon est payé au charbonnier 2 CUC/ sac de 20 kg, soit environ 100 €/T. La filière d'exportation du charbon artisanal de Marabú est donc une réalité, dont l'entreprise Bordet devra tenir compte.

4 Décisions prises au cours de la réunion au Ministère de l'agriculture (Minag), le 21/09/2018, concernant le programme travail jusqu'en décembre 2018, sur projet Fasep, en matière d'évaluation de la surface et de la biomasse de Marabú

Il faut rappeler qu'une brève réunion avait été organisée au Minag le 11 septembre, en présence de Dr. Celso Carpio Camarote, en vue de fixer les objectifs de la mission et d'en organiser la logistique, Mme Raquel Palacios ayant été désignée pour nous accompagner. En marge de cette réunion, le GAF, Devexport et Citricos Caribe SA. avaient pu parler des modalités d'exportation des 5 conteneurs de Marabú et de l'implication de Geocuba dans la fin des relevés.

Ce même jour, une visite de courtoisie avait été organisée auprès de MM. Oldenburg (DG-Trésor) et Calogero (AFD), pour les informer de l'objectif de la mission. Tous deux s'étaient félicités de l'avancée des travaux, qui seront essentiels pour orienter le choix des industriels du charbon et qui pourront également être utiles dans le cadre du futur projet LAIF (démarrage espéré des activités de terrain début 2019). M. Oldenburg a rappelé que le rapport final du projet Fasep devrait être remis en janvier 2019, ce qui oblige les différents partenaires à communiquer leurs rapports à Devexport en décembre 2018.

Au cours de la mission de restitution du 21/09 les informations suivantes ont été données par le GAF :

1) Le Gaf souhaite que le Cirad recherche au moins une bourse pour former un de ses agents aux techniques de cartographie du Marabú et des peuplements forestiers. Cette personne pourrait ensuite former un agent dans chaque Empresa AF pour suivre l'aménagement des forêts. En effet, le Gaf ne se satisfait pas de l'appui de Geocuba qui lui coûte trop cher. Nous avons répondu que nous allions examiner les possibilités sur budget Cirad et, plus tard, sur budget LAIF ;

2) Il est souhaité que le Cirad arrive à la publication d'un article avec Dr. Alberto Vidal Corona et Dr. Pedro ROMEU ACOSTA de l'INAF, sur les tarifs de cubage du Marabú, adapté à la carbonisation ;

3) Les cartes définitives d'occupation des sols par le Marabú et autres espèces ligneuse sont attendues du Cirad fin octobre 2018,

4) Concernant l'expédition de conteneurs de bois de Marabú en France, le Gaf dit qu'il n'est pour rien dans les retards d'expédition et rejette la faute sur Devexport qui aurait demandé une modification des termes du contrat. Même si ce n'est pas exigé, la partie cubaine va faire un traitement du bois avec un équivalent autorisé du Bromure de méthyle ;

5) Enfin, concernant le questionnaire envoyé par les industriels, le Gaf va envoyer le document avec les informations (incomplètes) dont il dispose. Il faudra compléter avec les infos sur l'eau, l'environnement, etc. Envoi espéré le 24/09.

5. Annexe 1: Photos des types d'occupation du sol :

i) Pâturage propre (Pasto limpio)

j) Pâturage sale (Pasto degradado)

k) Marabú fin (Marabú fino)

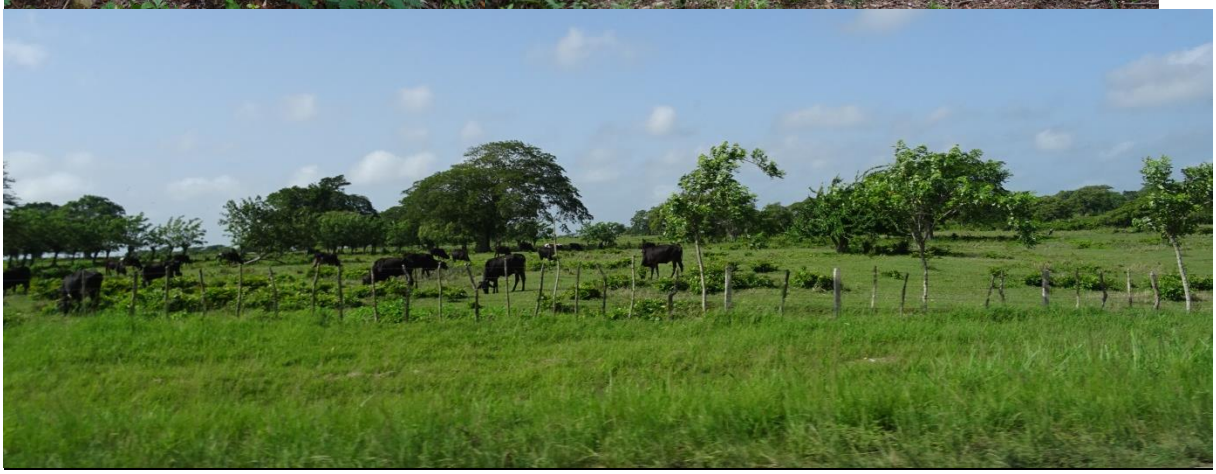
l) Marabú gros (Marabú grueso)

m) Marabú avec sur-étage de *Leucaena leucocephala* (Ipil-Ipil)

n) Autres peuplements de Marabú à sur-étage forestier

o) Plantations forestières

p) Agroforêts, sylvo-pastoralisme et vergers



q) Forêts naturelles

Les forêts naturelles de la Sierra Maestra et de ses piémonts, telles que celles photographiées à la fin des années 1950 avec Fidel Castro et son armée (Photo de droite de Raul Corrales), sont devenues très rares en 2018 (photo de gauche) et méritent d'être protégées.