

## Titre du projet :

« Relance d'un programme d'amélioration et de pérennisation de la qualité du Cacao malgache par le biais de sélection de matériel végétal adéquat accompagnée de procédés pré- et post-récoltes appropriés. »

**Domaine 2.** Promotion de l'innovation technologique dans le secteur rural  
Entreprenariat agricole (objectif qualité des produits)

### Coordinateur scientifique

- Dr. Jean Jacques Rakotomalala  
Chercheur-enseignant FOFIFA -Département de Recherche  
Agronomique  
[rakotomalala.jjr@moov.mg](mailto:rakotomalala.jjr@moov.mg)  
03204 678 62 / 03309 672 65

### Responsables d'équipe

- Dr. Christian Rabemanantsoa  
Chef de Département Biodiversité, Biotechnologie et Microbiologie  
IMRA  
[r\\_christian@moov.mg](mailto:r_christian@moov.mg)  
03311 069 47
- Dr. Jean Chrysostôme Rakotondravelo  
Enseignant-chercheur ESSA-Département Agriculture  
[jeanchrysagro@gmail.com](mailto:jeanchrysagro@gmail.com)  
03204 380 20
- Dr. Frédéric Descroix  
Chercheur-Agro-Technologue –CIRAD Réunion, UMR Qualireg  
[frederic.descroix@cirad.fr](mailto:frederic.descroix@cirad.fr)

**Durée du projet :** Septembre 2013 à juin 2014

## Résumé :

La culture du cacao à Madagascar représente une production annuelle moyenne de 6000 tonnes (**0,12% de la production mondiale**). Cette production provient de 3 variétés cultivées en mélange dans les plantations existantes : (i) le « Criollo », peu productif et sensible aux aléas biotiques et abiotiques mais très recherché pour son arôme prononcé et sa faible amertume, (ii) le « Forastero », variété robuste donnant du chocolat amer peu apprécié dans le commerce international, et (iii) le « Trinitario », hybrides entre ces deux variétés. Du fait de la prépondérance **d'hybrides Trinitario** sélectionnés dans les années 70-80 (**haut pourcentage en fèves à amandes blanches** de type criollo), le cacao de Madagascar est encore considéré comme étant parmi les meilleurs du monde (obtention du **label « Cacao Fine » de l'Organisation Internationale du Cacao**), mais

- 1- le vieillissement des arbres, la densification des plantations et la création de nouvelles cacaoyères à partir de semences prélevées sur des arbres-mères issus des vieilles plantations (donc forcément hybrides, le cacaoyer étant une plante allogame stricte),
- 2- la diversité des procédés post-récoltes appliqués (modes et durées de fermentation, séchage, conditionnement),

limitent ou voire tendent à ternir cette réputation. Notre projet ambitionne à court terme de **rehausser la qualité organoleptique du Cacao de Madagascar** par la détermination d'un **paquet technique de procédés post-récoltes** susceptibles d'être facilement adoptés par les producteurs. A moyen terme, la fourniture aux producteurs, **de semences sélectionnées** associant forte production et pourcentage élevé en amandes blanches (>70%) pourrait être envisagée à partir de la diffusion de plants issus soit (i) de champs semenciers biclonaux, soit (ii) de clones obtenus à partir **d'embryogénèse somatique** d'explants des meilleurs arbres répondant aux 2 critères de sélection ci-dessus. Le démarrage de ces trois volets peut avoir lieu dans le cadre du projet.

L'atteinte de ces objectifs nécessite cependant des travaux préalables focalisés sur

- 1- l'étude de l'impact des différents procédés post-récoltes appliqués par les différents producteurs sur la qualité du cacao,
- 2- la prospection de candidats arbres-mères dans les plantations existantes et dans la collection FOFIFA,
- 3- la mise au point de la technique d'embryogénèse somatique

**Mots clés :** Cacao, arbre-mère, post-récolte, qualité organoleptique, champs semenciers, embryogénèse somatique.

## Justification des enjeux et problématiques scientifiques

Il existe plusieurs variétés de cacaoyers dont les fèves seront sélectionnées par les chocolatiers pour leurs qualités gustatives variables suivant la variété et le lieu de production <sup>1</sup>:

- Le Forastero (80-90 % de la production mondiale) originaire d'Amazonie mais principalement cultivé en Afrique, Brésil et Équateur, le plus rustique.
- Le Criollo (1-5 % de la production mondiale), originaire du Venezuela, cultivé en Amérique latine (Caraïbes, Antilles, Mexique, Venezuela, Colombie), le plus fin et aromatique, doux et légèrement amer.
- Le Trinitario (10-20 % de la production mondiale), issu du croisement des deux précédents, apparu au XVIII e siècle sur l'île Trinidad pour pallier les pertes importantes causées par les ouragans dans les cultures de criollo, plus fragile. Cultivé en Amérique hispanophone, Trinidad, en Afrique principalement au Cameroun et en Asie, arômes fins mais moins intenses que le Criollo.
- Le Nacional, forastero produit en Équateur, avec des arômes plus fins qu'un forastero courant.

Les principaux producteurs de cacao dans le monde sont (2)

- *en Afrique de l'Ouest* :
  - Côte d'Ivoire 34,5 % (en baisse relativement depuis 2000),
  - Ghana 18 % (doublement du tonnage depuis 2002),
  - Nigeria 12 % (45 % de hausse depuis 2002),
  - Cameroun 4 % (35 % de hausse).
- *en Asie du Sud-Est* :
  - Indonésie 14 % (tonnage stable depuis 2002)
- *en Amérique latine* :
  - Brésil 5 %,
  - Équateur 2 % (stables depuis 2000).

À côté de ces grands pays producteurs, il existe des origines : Venezuela, Trinidad et Tobago, Équateur et Tanzanie dont la production est peu importante mais reconnue pour sa qualité et la finesse des arômes. Très appréciées des connaisseurs, ces productions connaissent un renouveau depuis le milieu des années 1990.

A Madagascar, les premiers cacaoyers ont été introduits vers les années 1900. La première variété de cacao commercialisée fut le Criollo. Pendant cette période, Madagascar exportait environ 120 tonnes de ce cacao de qualité par an et la grande majorité de cette production venait des plantations coloniales. Le faible rendement, la sensibilité aux parasites communs, mais surtout l'inadaptation de cette variété aux

---

<sup>1</sup> (<http://web.archive.org/web/20060218083848/http://www.icco.org/questions/varieties.htm>)

(2) (<http://fr.wikipedia.org/wiki/Cacao>)

cyclones tropicaux ont suscité la création des hybrides Trinitario, issus de croisement entre les variétés Criollo et Forastero, par l'IFCC dans les années 60. La sélection et la vulgarisation d'hybrides Trinitario à fort pourcentage d'amandes blanches (de type Criollo) a été poursuivie par FOFIFA dans les années 70-80. Durant cette période, les plantations coloniales cédèrent la place aux grandes sociétés privées et les petits exploitants malgaches commençaient à planter le cacaoyer. Des programmes de multiplication végétative par bouturage des hybrides sélectionnés ont été mis en œuvre jusqu'au milieu des années 80, mais l'offre ne satisfaisait pas la demande. Du coup, l'extension des plantations reposait sur des plants provenant de semences d'hybrides. La disjonction des caractères dans ces descendance est telle que les vieilles cacaoyères malgaches sont encore actuellement occupées aussi bien par les 3 variétés classiques, que par une multitude de génotypes intermédiaires, situation quasi unique dans le monde.

### **Etat de l'art et originalité du sujet**

Malgré cette forte variabilité, du fait de l'effet terroir, mais aussi de la prépondérance d'hybrides Trinitario, à haut pourcentage de fèves à amandes blanches, sélectionnés dans les années 70-80, le cacao de Madagascar est encore considéré comme étant parmi les meilleurs du monde (obtention du label « Cacao Fine » de l'Organisation Internationale du Cacao). Mais la production malgache reste faible (6000 tonnes, soit seulement 0,12% de la production mondiale). La demande en fèves de cacao par les pays importateurs est en hausse depuis une dizaine d'années. Ainsi la Côte d'Ivoire, premier pays producteur, investit 5,2 millions US\$, sur le rajeunissement de ses plantations grâce à la création d'un centre de recherche expérimentale avec le support de la société Nestlé. Le pays espère produire des vergers à rendement élevé avec un meilleur ratio coûts-efficacité par la multiplication in-vitro de nouvelles variétés de cacaoyer<sup>2</sup>.

Pour Madagascar, le rajeunissement des plantations qui datent d'une quarantaine d'années s'avère également être une nécessité afin d'augmenter le rendement et, partant, raffermir le revenu des producteurs ; mais il faudrait en même temps rehausser la qualité organoleptique des fèves produites pour rester concurrentiel sur le marché international.

Dans ce contexte, F. Descroix expert agro-technologue du CIRAD- PERSYST (UMR QUALISUD) a été sollicité, du 30 novembre au 14 décembre 2012, par l'UPDR-MinAgri pour effectuer entre autres un diagnostic des potentiels qualitatifs dans le but de produire des cafés et des cacaos de "type gourmets" pour des marchés de niche à haute valorisation dans les zones de Bealanana et d'Ambanja (Descroix, 2012). La nécessité de la relance de la recherche cacaoyère dans le Sambirano est un des verdicts sortis de cette mission. La concrétisation de cette volonté de relance prenait jour, dès son 2<sup>e</sup> passage en mars 2013, avec l'affectation à Ambanja par FOFIFA d'un jeune ingénieur et la mobilisation de 2 étudiantes (une de SUPAGRO

---

<sup>2</sup> (<http://www.scidev.net/fr/agriculture-and-environment/farming-practices>).

Montpellier et une du DBEV de la Faculté des sciences d'Antananarivo) co-encadrées par F. Descroix et Jean Jacques Rakotomalala (Descroix, 2013 a et b).

L'équipe s'est tout de suite mise au travail et les premiers comptages effectués au mois de juin 2013, visant à identifier la diversité végétale cacaoyère montrent pour la compagnie industrielle SOMIA d'importantes variations en fonction des blocs de verger. Ainsi pour deux lots de 14 cabosses x 10 fèves comptées les fèves blanches de type Criollo représentent de 1,6 à 9,3%, les fèves Trinitario à amande claire de 25 à 26,8%, les fèves Trinitario à amande moyennement claire de 33,9 à 48,6% et les fèves Trinitario à amande foncée de 16,4 à 27,6% et les fèves Forastero (amande très foncée) de 0,7 à 10,2%. Ce seul indicateur montre l'importante disparité tant pour la productivité des vergers que pour les caractéristiques qualitatives des produits.

A cette importante diversité végétale s'ajoute une forte disparité des procédés de transformation post-récolte qui vraisemblablement aboutissent à toute une gamme de qualité des produits finis.

Les procédés de transformation régulièrement suivis par les opérateurs correspondent à (i) une fermentation en bacs disposés selon quatre rangées en cascade pour les sociétés industrielles, (ii) une fermentation dans 3 bacs en cascade pour la coopérative agricole « Lazan'i Sambirano » (iii) une fermentation en sacs pour les paysans indépendants et les collecteurs qui achètent de la fève fraîche et (iv) une fermentation en bac unique cloisonné ou non pour ceux qui transforment au village. Les durées de fermentation varient de 48 à 144 heures. Chez les paysans indépendants on assiste fréquemment à la fermentation d'amandes fraîches encore collées sur les rafles. Le cacao qui en découle ne peut prétendre au mieux qu'à un classement standard.

### **Objectifs scientifiques et hypothèses**

Deux axes prioritaires sont retenus pour redynamiser la cacaoculture malgache. Ils visent (i) à accroître rapidement le volume de cacao haut de gamme et (ii) à amoindrir à moyen terme la trop importante diversité végétale des vergers.

#### ***1- Comment accroître à court terme le volume de cacao haut de gamme malgache?***

Pour pouvoir apprécier l'impact des interactions « procédés divers versus différentes catégories de fèves » sur la qualité des produits finis, trois volets de recherches exploratoires seront effectués :

#### **Outils et méthodologie**

- A) Etude de la diversité des vergers

Cette étude vise à déterminer les différents dispositifs de plantation et à identifier les cultures en association. Pour l'analyse des données sur les vergers, nous avons décidé un double découpage pour clarifier par la suite l'interprétation :

- un premier découpage en fonction des trois structures d'exploitation, groupe industriel, producteurs membres des coopératives et producteurs indépendants
- un second selon un découpage géographique de la zone étudiée en six unités: Ouest d'Ambanja, Sud d'Ambanja, Ambanja et sa périphérie, Bas Sambirano, Moyen Sambirano et Haut Sambirano. (carte en annexe 1)

Ce découpage doit permettre une caractérisation des vergers cacaoyers en fonction des structures d'exploitation et de la zone plus ou moins enclavée et isolée en saison des pluies. L'éloignement de la ville d'Ambanja n'est pas le seul critère à considérer, en effet la zone ouest, proche d'Ambanja, est aussi difficilement accessible en saison des pluies que la zone du Haut Sambirano éloignée d'Ambanja..

L'étude des vergers permettra de différencier pour chaque zone et chaque structure de production

- l'importance et la composition de la strate forestière au-dessus des cultures,
- la composition des vergers cultivés et le développement végétatif des cultures en fonction des niveaux de lumière, du type et de la couverture du sol.
- La pression parasitaire
- La charge en fruits dans la période du stage.

Pour les cultures dont les produits sont récoltés, la collecte d'échantillons permettra de relier le type d'association agro-forestière avec les caractéristiques qualitatives des produits.

- B) Étude des différents procédés de transformation

Suite à ces constats de terrain, pour l'étude de l'effet des procédés de transformation sur la qualité des produits cacao, nous allons suivre dans la structure industrielle trois objets qui sont : fèves à amande claire, fèves à amande moyennement claire et fèves à amande foncée. Les lots de fèves à amande claire regrouperont les fèves à amandes blanches et celles à amandes claires. Les fèves à amande foncée, les fèves à amande foncée et celles à amandes très foncées de type Forastero. Les fèves à amandes moyennement claires représentent un pourcentage suffisant pour être traitées séparément.

En paysannat où à priori, mais à confirmer par les comptages, la plus grande proportion de fèves foncées devrait induire seulement deux objets : fèves à amande claire (fèves à amande blanche, à amande claire, à amande moyennement claire) et fèves à amande foncée (amande foncée et amande très foncée).

- C) Étude de la flore fermentaire

Des prélèvements de la flore fermentaire seront réalisés. L'analyse de la flore fermentaire au laboratoire de l'Université de La Réunion vise à identifier les différentes populations de levures et de bactéries responsables du développement des différents profils aromatiques.

Les procédés de transformation retenus pour être étudiés parce que les plus représentatifs de la réalité de terrain sont pour la structure industrielle quatre phases de fermentation (quatre rangées de bacs en cascade), pour la structure coopérative le bac simple cloisonné posé au sol (environ 40 % des coopératives de l'union qui transforment le cacao) et pour les producteurs individuels la fermentation en sacs qui est aussi pratiquée par 44 % des coopératives qui transforment le cacao.

Ainsi les trois principaux procédés régulièrement mis en œuvre dans le district seront étudiés. Cependant des échantillons seront collectés pour les coopératives qui suivent le procédé 3 bacs en cascade (16 % des coopératives qui transforment le cacao) afin de mesurer la variation par rapport au procédé des groupes industriels.

Pour les différents échantillons collectés l'étude des profils aromatiques du cacao marchand en fonction de la couleur des amandes et des procédés de transformation et les caractères biochimiques et sensoriels se feront tous dans des laboratoires sis à La Réunion sous la responsabilité de l'équipe CPHVA (Cultures Pérennes à Haute Valeur Ajoutée) dirigée par F. Descroix. Les profils aromatiques pourront être estimés à partir de spectrométrie proche infrarouge et pour les meilleurs affinés par CG-MS (Davrieux et al., 2007, Davrieux et al. 2010 a et b, Hue et al, 2012, Trognitz et al., 2013)

## ***2- Comment résoudre la trop importante diversité végétale des cacaoyères actuelles***

### **Outils et méthodologie**

A moyen terme, le projet propose deux solutions :

- A) La multiplication végétative

La forte diversité végétale actuelle provient probablement de l'extension et de la densification post-années 80 des plantations à partir de semences. Le cacaoyer étant une plante allogame à fécondation obligatoirement croisée, les plants obtenus à partir de semences prises sur un arbre-mère sont forcément hétérogènes. Ainsi, même si les semences proviennent d'arbre-mères Trinitario à 100% de fèves blanches, la descendance F2 de « demi-frères » qui en résulte sera toujours hétérogène du fait de la disjonction des caractères hérités des parents Criollo et Forastero ; cette hétérogénéité est d'autant plus accentuée à cause du mélange de pollen répandu par les 3 variétés cohabitant dans le même verger.

La seule façon de reproduire à l'identique les arbre-mères sélectionnés demeure la multiplication végétative. Il n'est toutefois pas indiqué de procéder au bouturage classique pour satisfaire les besoins des planteurs (surface emblavée estimée à plus de 10 000 ha) car cette technique requiert des infrastructures lourdes et des moyens humains à coût trop élevé. La rentabilisation du ratio coût-efficacité de la multiplication végétative est actuellement possible grâce à la multiplication in-vitro, et plus précisément, la technique d'embryogénèse somatique. Cet outil qui a déjà fait

ses preuves sur différentes espèces de plantes pérennes comme le palmier à huiles (Kawh *et al.*, 1999), le caféier Arabica hybride (Hervé *et al.*, 2012) et aussi sur le cacaoyer (Maximova *et al.*, 2002) est la solution proposée pour résoudre à moyen terme l'hétérogénéité des fèves produites. Le Département de Biodiversité-Biotechnologie et Microbiologie de l'IMRA, représenté dans le projet par Dr. Christian Rabemanantsoa, possède déjà le savoir faire sur cette technique. Les expérimentations seront conduites dans les locaux de FOFIFA Ambanja, sous réserve de l'aménagement d'un local pour culture in-vitro. Les principales raisons en sont : la proximité des arbres où l'on prélèvera les explants, la proximité des planteurs à qui l'on distribuera les jeunes plants, mais également pour le souci de pérennisation de l'opération. Des essais préliminaires peuvent être effectués en parallèle au cours des 10 mois du projet dans les laboratoires de l'IMRA qui dispose déjà d'infrastructures adéquates.

Concernant les génotypes (arbre-mères) à multiplier, FOFIFA dispose dans sa collection vivante de 7 hybrides Trinitario à haut rendement (>45 cabosses/an), à fort pourcentage de fèves blanches (65 à 80%), tous résistants aux parasites communs des cacaoyers.

- B) La création de champs semenciers biconaux

C'est une alternative moins séduisante que la précédente mais qui a l'avantage de donner des résultats plus rapides à moindre investissement. Ce procédé qui a déjà fait ces preuves pour les caféiers Robusta de Madagascar (Rakotomalala *et al.*, 1997) permet de fournir des semences améliorées destinées surtout aux zones enclavées.

La technique consiste à multiplier par bouturage les arbre-mères sélectionnés, puis à les planter dans des champs isolés éloignés de toute plantation cacaoyère. Les semences à distribuer chez les planteurs seront issues des ces champs. Pour ce faire, nous proposons d'effectuer la sélection sévère de 3 arbre-mères produisant les plus forts pourcentages de fèves claires tout en étant hautement producteurs. Les 3 candidats arbre-mères seront choisis parmi les 7 clones sélectionnés du FOFIFA et éventuellement à partir de prospection effectuée dans les sociétés industrielles. La multiplication par bouturage des arbre-mères sélectionnés sera conduite au FOFIFA Ambanja après réhabilitation de la pépinière et des ombrières.

Les champs semenciers seront constitués par la suite par la combinaison deux à deux des clones provenant des 3 arbre-mères sélectionnés, à raison de 5 lignes de 10 pieds par clone (annexe 2), soit un carré de 10 x 10 arbres (0,20 ha). Ces champs, entourés par une ceinture de haie vivante (*Calliandria sp.*, *Flemingia congesta*, ou *Glyricidia sp.*) seront installés dans des endroits sécurisés sans cacaoyer (500 m). De cette façon, on a la certitude que les semences que produit chaque champ biconal proviennent de la combinaison génétique des 2 clones mis en présence. Un champ semencier peut produire jusqu'à 160 000 graines.

Dans le but de réduire le taux de fèves indésirables les plantules à cotylédons colorés des semences provenant de chaque champ sont éliminées dès la levée en bacs de semis. Dans le futur, le ou les champs biconaux qui auront donné les



meilleures combinaisons après expérimentation en champs pourront être installés dans des sites proches des planteurs.

Il est entendu que durant les 10 mois du projet seuls les travaux correspondant à la partie prospection et sélection de candidats arbre-mères et la mise en place de leur multiplication par bouturage peuvent être effectuée.

### **Résultats attendus de ces travaux**

Outre un revenu significativement supérieur aux autres produits d'exportation, le cacao présente l'avantage de procurer aux familles rurales un revenu hebdomadaire huit mois sur douze. La cacaoculture permet de maintenir une zone boisée avec des productions agro-alimentaires sous couvert forestier, ce qui représente un grand intérêt écologique dans cette région où les cultures sur brulis réduisent d'année en année les surfaces boisées.

Dans un marché mondial dont la demande devrait s'accroître significativement avec l'augmentation de la consommation dans les pays émergents, la production malgache qui représente 4000 à 6000 tonnes de cacao marchand (entre 0,1 et 0,2% des exportations mondiales selon les années) doit viser des marchés niches "haut de gamme". En effet avec des caractéristiques organoleptiques très appréciées par le négoce, le cacao du Sambirano, lorsqu'il est bien transformé permet d'obtenir une qualité supérieure qui en fait l'une des origines des plus prisées.

Les données collectées permettront de compléter les informations sur les productions agricoles pérennes dans le Sambirano et de préciser les améliorations à mettre en œuvre pour une augmentation quantitative et qualitative, et pour la production de produits d'excellence.

En parallèle, le répertoire de matériel végétal de la collection et du parc à bois de FOFIFA sera remis à jour et complété au fur et à mesure par une base de données sur les caractères morpho-physiologiques, agronomiques et qualitatifs de chaque génotype.

Les travaux des 2 stagiaires devraient aboutir à la rédaction de mémoires de niveau M2. Des fiches techniques de synthèse seront réalisées et au moins la tenue d'un atelier de restitution et de sensibilisation du public est prévue aux termes du projet.

L'équipe culture in-vitro de l'IMRA transfèrera sa compétence sur cette importante technologie au jeune ingénieur résident du FOFIFA et à des étudiants et stagiaires de la région Nord du pays qui étofferaient par la suite le personnel chercheur d'Ambanja.

Enfin, la mise en œuvre du projet signifierait une nouvelle renaissance pour le centre FOFIFA d'Ambanja et lui permettrait de d'élargir ses compétences à d'autres filières agricoles grâce aux infrastructures réhabilitées. La possibilité de pratiquer la culture in-vitro ouvre de nouveaux horizons d'application sur des spéculations autres que le cacaoyer et ne manquerait pas d'activer la collaboration avec l'université

d'Antsiranana, l'ESSA d'Antananarivo et les divers organismes de la région œuvrant pour la conservation de la biodiversité.

### Proposition de procédures pour la création de la plateforme

Pour une bonne efficacité de la plateforme nous proposons de tenir des réunions semestrielles d'échange d'information, où l'équipe apportera sa compétence dans le domaine de la génétique, l'amélioration des plantes, la microbiologie, l'agronomie, la technologie et bien entendu, sur la filière cacao et café en général.

Le laboratoire de culture in-vitro d'Ambanja sera mis à la disposition de la plateforme

### Ressources humaines

Coordinateur scientifique	Dr. Jean Jacques Rakotomalala	Généticien FOFIFA	<a href="mailto:rakotomalala.jjr@moov.mg">rakotomalala.jjr@moov.mg</a> 03204 678 62 03309 672 65
Chercheurs	Dr Jean Chrysostôme Rakotondravelo	Agronome ESSA	<a href="mailto:jeanchrysagro@gmail.com">jeanchrysagro@gmail.com</a> 03204 380 20
	Dr Christian Rabemanantsoa	Microbiologiste-Technologue IMRA	<a href="mailto:r_christian@moov.mg">r_christian@moov.mg</a> 03311 069 47
	Faneva Randrianaivoarivony	Agronome FOFIFA	<a href="mailto:fanevarandrianaivoarivony@gmail.com">fanevarandrianaivoarivony@gmail.com</a> 03307 993 40
	Jidor	Technologue FOFIFA	<a href="mailto:grainsuarez@yahoo.fr">grainsuarez@yahoo.fr</a>
	Tsiteregny	Chef de station FOFIFA Ambanja	<a href="mailto:fofifaambanja@yahoo.fr">fofifaambanja@yahoo.fr</a> 03253 009 89
	Frédéric Descroix	Agronome système et technologue Cirad-Réunion	<a href="mailto:frederic.descroix@cirad.fr">frederic.descroix@cirad.fr</a> (262) 262 49 92 73 (262) 262 49 92 43
	Fabrice Davrieux	analyse qualité par SPIR Cirad Réunion	<a href="mailto:Fabrice.davrieux@cirad.fr">Fabrice.davrieux@cirad.fr</a> (262) 262 49 92 43
	Sophie Assemat	Expert analyse sensorielle, chocolaterie Cirad Réunion	<a href="mailto:Sophie.assemat@cirad.fr">Sophie.assemat@cirad.fr</a> (262) 262 49 92 43
	Elisa Bousquet	Etudiante Supagro Montpellier	<a href="mailto:Elisa.bousquet@hotmail.fr">Elisa.bousquet@hotmail.fr</a>
Dina Harisoa Rahaingosambatra	Etudiante DBEV	<a href="mailto:dinarsou@gmail.com">dinarsou@gmail.com</a> 03321 334 00 03266 939 19	

## Partenaires

Principaux partenaires locaux	UPDR Société Millot TAF Chocolaterie Robert Somia Société Kassam Associations Paysannes ((AFDI) Paysans indépendants Département de Botanique et ecologie	Minagri Ambanja Antananarivo Antananarivo-Brickaville Ambanja Ambanja Ambanja Ambanja Université d'Antsiranana
Principaux partenaires région	UMR QualiSud ITA CPHVA (Cultures pérennes à haute valeur ajoutée)	Cirad Réunion Université de la Réunion Cirad Réunion

## Commentaires

L'équipe impliquée ans le projet est caractérisée par sa multidisciplinarité (génétique, microbiologie, technologie, agronomie) et par ses compétences dans plusieurs filières (Cacaoyer, caféier, cotonnier, plantes médicinales, biodiversité agricole, ressources phytogénétiques...). Les chefs de file ont tous des longues expériences dans leur domaine respectif et sont des enseignants chercheurs habitués à encadrer des jeunes chercheurs. Ils sont assistés par des chercheurs juniors dynamiques. Chaque participant peut apporter son expertise et des visions nouvelles sur l'amélioration de la filière cacao. Les membres sont originaires de différentes régions de Madagascar (Diana, Atsimo Andrefana, Analamanga, Haute Mahatsiatra).

Bien que l'équipe n'existe sous sa forme actuelle avant de répondre à l'appel d'offre, ils ont été liés auparavant par des liens scientifiques ou professionnels. Le coordinateur par exemple travaillait déjà avec les membres du groupe Cirad depuis 1988. Il a été de la même promotion que le chef de file de l'ESSA depuis le lycée et travaille actuellement de concert avec le chef de file de l'IMRA dans le cadre d'un autre projet sur le caféier. Quatre des participants ont commencé à travailler sur le volet post-récolte dès mars 2013. Les autres membres ont accepté volontiers d'étoffer l'équipe dans le cadre du projet PARRUR. Chaque membre est convaincu de l'importance da la filière cacao pour l'économie malgache et de la possibilité de rehausser davantage sa qualité. Cette source de motivation, le fait de savoir que le présent projet n'est qu'une ouverture à l'atteinte de l'objectif global et les liens fraternels de longue date qui les attachent sont autant de gage pour la pérennisation de l'équipe.

RUBRIQUE	UNITE	QUANTITE	PU (Euro)	MONTANT (Euro)	Priorité	Justification
<b>Réhabilitation infrastructure</b>						
<i>Achat pompe à eau</i>	pièce	1	400	400	1	Nécessaire pour le fonctionnement du laboratoire et des infrastructures pour culture. Le groupe électrogène est indispensable, le délestage à Ambanja étant au moins de 5 h par jour.
<i>Achat citerne de stockage eau</i>	pièce	1	200	200	1	
<i>Achat tuyauterie et robinetterie</i>	ft	1	150	150	1	
<i>Achat groupe électrogène de secours</i>	pièce	1	400	400	1	
<i>Achat fourniture électrique</i>	ft	1	150	150	1	
<b>Nécessaires pour culture en pépinière</b>						
<i>Construction germoir</i>	pièce	5	150	750	1	Nécessaire pour tout ce qui est culture, multiplication végétative, domestication,...
<i>Achat produits d'entretien</i>	unité	1	300	300	1	
<i>Confection ombrière</i>	unité	1	50	50	1	
<i>Achat pot en plastique (300 pièces)</i>	pièce	4	15	60	1	
<i>Achat petit outillage</i>	Ft	1	50	50	2	
<b>Culture in Vitro Ambanja et IMRA</b>						
<i>Consommables pour CIV, aménagement d'un labo à Ambanja</i>		1	5,000	5,000	1	Base de la multiplication in-vitro par embryogenèse somatique
<b>Voyage et déplacement</b>						
<i>Achat carburant</i>	Unité	3	415	1245	1	Fonctionnement et consommables indispensables pour les missions et déplacements des participants
<i>Entretien et réparation</i>	Unité	24	25	605	1	
<i>Location vélomoteur</i>	mois	10	22	216	2	
<i>Per diem chercheur et collaborateur</i>	HJ	48	29	1392	1	
<i>Per diem collaborateur</i>	HJ	34	29	986	1	
<i>Per diem chauffeur</i>	HJ	24	18	432	1	
<i>Per diem technicien (Formation à IMRA Tanà de technicien d'Ambanja)</i>	Hj	30	25	750	1	
<i>Frais de déplacement technicien d'ambanja (Formation à Tana)</i>	A/R	2	28	56	1	
<i>Per diem (Atelier à Ambanja)</i>	Hj	8	25	200	1	

Stage de courte durée pour deux (2) stagiaires à La Réunion						
<i>Frais de déplacement</i>	A/R	2	1,000	2,000	1	La formation de ces jeunes chercheurs dans les laboratoires bien équipés de La Réunion, sur la qualité du cacao sera bénéfique pour la suite du projet
<i>Frais de séjour</i>	jour	20	140	2800	1	
Equipement et fonctionnement station Ambanja						
<i>Achat Lap top</i>	pièce	2	600	1200	1	Matériel nécessaire pour réaliser les rapports
<i>Achat Imprimante</i>	pièce	1	87	87	1	
<i>Achat carburant et lubrifiant (déplacement et groupe électrogène)</i>	litre	3230	1	3230	1	Fonctionnement de la station d'Ambanja
Frais personnel Ambanja						
<i>Salaire main d'œuvre journalier</i>	H /j	2310	1,44	3326	1	Moyen humain nécessaire pour la réalisation du projet
<i>Salaire technicien de labo</i>	H /m	10	110	1100	1	
Documentation, communication et édition						
<i>Atelier Ambanja</i>	Unité	1	1,200	1200	1	Communication, valorisation et diffusion des acquis du projet
<i>Connexion internet</i>	mois	10	37	370	1	
<i>Documentation générale</i>	Ft	1	200	200	2	
<i>Edition rapport</i>	ft	1	200	200	1	
<b>Total</b>				<b>29105</b>		
<b>Frais de gestion (5%)</b>	ft			1455	1	
<b>Contribution solidarité CoSSE (1%)</b>				291	1	
<b>TOTAL</b>				<b>30851</b>		

## Cofinancement

Le groupe CPHVA de Cirad-Réunion prend en charge toutes les analyses des échantillons à effectuer à La Réunion et les frais d'accueil aux laboratoires des 2 stagiaires.

Les frais de déplacement et les frais de mission à Madagascar des membres de l'équipe réunionnaise sont pris en charge par le CPHVA

## **Risques**

La raison qui pourrait empêcher l'aboutissement du projet serait le non financement relatif à l'aménagement du laboratoire de culture in-vitro et de la réhabilitation des infrastructures (pépinière, ombrière) d'Ambanja.

## **Indicateurs d'évaluation / succès**

Le projet prévoit de réaliser 3 réunions trimestrielles de suivi et d'évaluation au cours des 10 mois du projet. Les rapports de réunion, celui de l'atelier de restitution et le rapport final serviront d'indicateur d'évaluation du projet.

## CHRONOGRAMME DES ACTIVITES

Activités / Tâches	Mois									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Etude de la diversité des vergers</b>										
Enquête au niveau des 3 types de producteurs										
Etude écologique										
Enquête et collecte de données sur les différents procédés post récolte										
Collecte d'échantillons pour l'étude de la flore fermentaire										
<b>Etablissement des champs semenciers</b>										
Réhabilitation de la pépinière : bac de germination, pépinière d'attente										
Prospection de candidats pied-mères dans la collection FOFIFA et chez les planteurs										
Bouturage des candidats pied-mères pour les champs semenciers biclonaux										
Repiquage en pot										
Prospection de sites pour les champs semenciers										
Préparation des champs semenciers (défrichage, piquetage, trouaison, installation des ceintures de haie vivante, ombrage provisoire et définitif)										
Plantation des clones d'arbre mère dans les champs semenciers										
<b>Multiplication végétative in vitro</b>										
Mission préliminaire IMRA (état des lieux, collecte d'explants)										
Mise en œuvre et suivi de l'expérimentation in vitro à l'IMRA										
Aménagement local pour culture <i>in vitro</i> station FOFIFA Ambanja (eau et électricité)										
Montage du laboratoire Ambanja										
Formation des techniciens locaux à l'IMRA										
Application de la mutiplication in vitro à Ambanja										
<b>Réunions et atelier</b>										
Réunion de l'équipe - suivi et évaluation										
Atelier de restitution à Ambanja										
Rapport final										



La mission de la recherche cacaoyère est de rehausser la productivité et surtout qualité du produit malgache. Le cacaoyer étant une plante pérenne à cycle long (4 ans entre la plantation et la première production), les activités à effectuer dans le cadre du présent projet sont juste des phases préliminaires, mais l'objectif est cependant d'assurer la pérennité en 4 à 5 ans en se basant sur la diffusion de matériel végétal plus performant (semences améliorées, clones) que ce qui constitue les vergers actuels d'une part, et d'autre part sur la recherche d'une nouvelle variété hautement productive produisant des cacao de qualité à plus long terme.

## Bibliographie

**Davrieux F.**, Boulanger R., **Assemat S.**, Portillo E., Alvarez C., Sukha D.A., Cros E.. 2007. Determination of biochemistry composition of cocoa powder using near infrared spectroscopy. In : SFC. *Proceedings of Euro Food Chem XIV : Food quality, an issue of molecule based science, Paris, 29-31 August 2007*. Paris : SFC, p. 463-466. International Conference Euro Food Chem on Chemistry of food, molecular gastronomy and chemistry of food processing. 14, 2007-08-29/2007-08-31, Paris, France.

**Davrieux, F.**, Durand, N., Sianturi, J., Fischer. 2010 a. Indonesian Green Arabica Coffee Growing Zones Characterization Using Near Infrared Spectroscopy. In ASIC 23ème colloque scientifique international sur le café, Bali, Indonésie, 3 - 8 octobre 2010

**Davrieux F.**, Boulanger R., **Assemat S.**, Portillo E., Cros E.. 2010 b. Determining fermentation levels and flavan-3-ol contents in dried cocoa by near infrared spectroscopy = Determinação do nível de fermentação e dos teores em flavan-3-ols do cacau comercial por espectrometria próxima infravermelha= Determinação do nível de fermentação e dos teores em flavan-3-ols do cacau comercial por espectrometria próxima infravermelha= Détermination du niveau de fermentation et des teneurs en flavan-3-ols du cacao marchand par spectrométrie proche infrarouge. In : *15th International Cocoa Research Conference : cocoa productivity, quality, profitability, human health and the environment*. Lagos : Cocoa Producers' Alliance, p. 1521-1528. International Cocoa Research Conference. 15, 2006-10-09/2006-10-14, San José, Costa Rica.

**Descroix F.**, 2012. Expertise de la zone caféière de Bealanana et de la zone cacaoyère d'Ambanja, 01 au 15 décembre 2012. Rapport multigraphié, 15 p.

**Descroix F.**, 2013 a. Mission pour installation des stagiaires dans la zone cacaoyère d'Ambanja, 10 au 21 avril 2013. Rapport multigraphié, 5 p.

**Descroix F.**, 2013 b. Suivi et appui aux stagiaires dans la zone cacaoyère du Sambirano. Collaboration entre le DP « Biodiversité et Forêts » de Madagascar et le DP « Co-construction de la qualité agroalimentaire » de La Réunion pour la filière poivre sauvage et les cultures en agroforesterie, 28 mai au 9 juin 2013. Rapport multigraphié, 11 p.

Hervé E., Bertrand B., Montagnon C., Landley R.B., Dechamp E., Jourdan I., Alpizar E., Malo E., Georget F., 2012. Un exemple de transfert de technologie réussi dans le domaine de la micropropagation : la multiplication de *Coffea arabica* par embryogenèse somatique. In Cahiers Agricultures, AUF, 115-124.

Hue C., **Davrieux F.**, **Assemat S.**, Boulanger R., Kapitan Gnimdu A., Costet P., Günata Z.. 2012. Estimation de la qualité de la fermentation du cacao par

spectroscopie NIRS par le biais de la quantification de l'azote ammoniacal. In : Alliance of Cocoa Producing Countries (COPAL). *17th Conférence Internationale sur la Recherche Cacaoyère*. s.l. : s.n., 1 p.. Conférence Internationale sur la Recherche Cacaoyère. 17, 2012-10-15/2012-10-20, Yaoundé, Cameroun.

<sup>1</sup> Khaw CH, Ng SK, Thong KC, 1999. Commercial production of clonal palms by tissue culture-prerequisites, constraints and issues. In : Proceedings of the 1999 PORIM International Palm Oil Congress-Agriculture. Emerging technologies and opportunities in the next Millenium, Palm Oil Research Institute of Malaysia (PORIM), Kuala Lumpur, Malaysia.

Maximova S.N., Alemanno L., Young A., Ferriere N., Traoré A., Guiltinan M., 2002. Efficiency, genotypic variability, and cellular origin of primary and secondary somatic embryogenesis of *Theobroma cacao* L. *In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant.* 38 : 252-259

Rakotomalala J.O.E., **Rakotomalala J.J.R.**, Rabemiafara A., 1997. La diffusion de semences de caféiers canephoroides, un mal redevenu nécessaire à Madagascar. In ASIC, 17<sup>e</sup> Colloque Scientifique International sur le Café. Nairobi 20-27 juillet 1997.

Trognitz B., Cros E., **Assemat S.**, **Davrieux F.**, Forestier-Chiron N., Ayestas E., Kuant A., Scheldeman X., Hermann M. 2013. Diversity of cacao trees in Waslala, Nicaragua: Associations between genotype spectra, product quality and yield potential. *PLoS One*, **8** (1) e54079 (13 p.).[25010416]. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0054079>

### **Autres références des membres du projet sur le cacao**

**Davrieux**, F., Durand, N., Sianturi, J., Fischer, D.F. (France). 2010. Indonesian Green Arabica Coffee Growing Zones Characterization Using Near, Infrared Spectroscopy In ASIC 23<sup>ème</sup> colloque scientifique international sur le café, Bali, Indonésie, 3 – 8 octobre 2010

**Descroix**, F., Aguilar, P., Berthiot, L. (France).2010. Coffee Bourbon Pointu of Reunion Island: How to Define a Terroir to Obtain a, «Gourmet» Coffee. In ASIC 23<sup>ème</sup> colloque scientifique international sur le café, Bali, Indonésie, 3 – 8 octobre 2010

Alvarez C., Perez E., Cros E., Lares M., **Assemat S.**, Boulanger R., **Davrieux F.**. 2012. The use of near infrared spectroscopy to determine the fat, caffeine, theobromine and (-)-epicatechin contents in unfermented and sun-dried beans of Criollo cocoa. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, **20** (2) : 307-315. [20120706]. <http://dx.doi.org/10.1255/jnirs.990>

Eskes A., Ahnert D., Carrion L.G., Seguíne E., **Assemat S.**, Guarda D., Garcia P.R.. 2012. Eléments d'information sur les effets de l'environnement aromatique de la pulpe de cacao pendant la fermentation sur le profil d'arôme des chocolats. In : Alliance of Cocoa Producing Countries (COPAL). *17th Conférence Internationale*

sur la Recherche Cacaoyère. s.l. : s.n., 1 p.. Conférence Internationale sur la Recherche Cacaoyère. 17, 2012-10-15/2012-10-20, Yaoundé, Cameroun.

Lanaud C., Santos A., Jimenez J.C., Lemainque A., Pavek S., Argout X., Fouet O., Seguire E., **Assemat S.**, **Davrieux F.**, Boulanger R., Cros E., Loo R. G.. 2012. Adding value to T. cacao germplasm collections combining GWAS and genome sequence analysis. W118 : [Abstract]. In : *Plant and Animal Genome XX conference, San diego, USA, January 14-18 2012.*, s.l. : s.n., 1 p.. Plant and Animal Genome conference. 20, 2012-01-14/2012-01-18, San Diego, Etats-Unis.

Eskes A., Ahnert D., Garcia Carrion L., Seguire E., **Assemat S.**, Guarda D., Garcia R P.. 2012. Evidence on the effect of the cocoa pulp flavour environment during fermentation on the flavour profile of chocolates. In : Alliance of Cocoa Producing Countries (COPAL). *17th Conférence Internationale sur la Recherche Cacaoyère.* s.l. : s.n., 20 p.. Conférence Internationale sur la Recherche Cacaoyère. 17, 2012-10-15/2012-10-20, Yaoundé, Cameroun.

Eskes A., **Assemat S.**, Jeantet F., Seguire E., Sukha D.A., Weise S., Thiriet J., Rond J., Laliberté B., Barel M., Cros E., Forestier-Chiron N., Hard K.. 2012. The cocoa of excellence and international cocoa awards initiatives: rewarding diversity and excellence in producing high-quality cocoa origins. In : Alliance of Cocoa Producing Countries (COPAL). *17th Conférence Internationale sur la Recherche Cacaoyère.* s.l. : s.n., 11 p.. Conférence Internationale sur la Recherche Cacaoyère. 17, 2012-10-15/2012-10-20, Yaoundé, Cameroun.

Sampaio Rosa E., Efraim P., Reis de Andrade Silva A., **Assemat S.**, Bastide P., Forestier-Chiron N., Costet P., Bonnat S., Luccas V., Pires J.L.. 2012. Sélection de variétés de cacaoyers cultivés à Bahia, au Brésil, pour améliorer la qualité des produits obtenus. In : Alliance of Cocoa Producing Countries (COPAL). *17th Conférence Internationale sur la Recherche Cacaoyère.* s.l. : s.n., 1 p.. Conférence Internationale sur la Recherche Cacaoyère. 17, 2012-10-15/2012-10-20, Yaoundé, Cameroun.

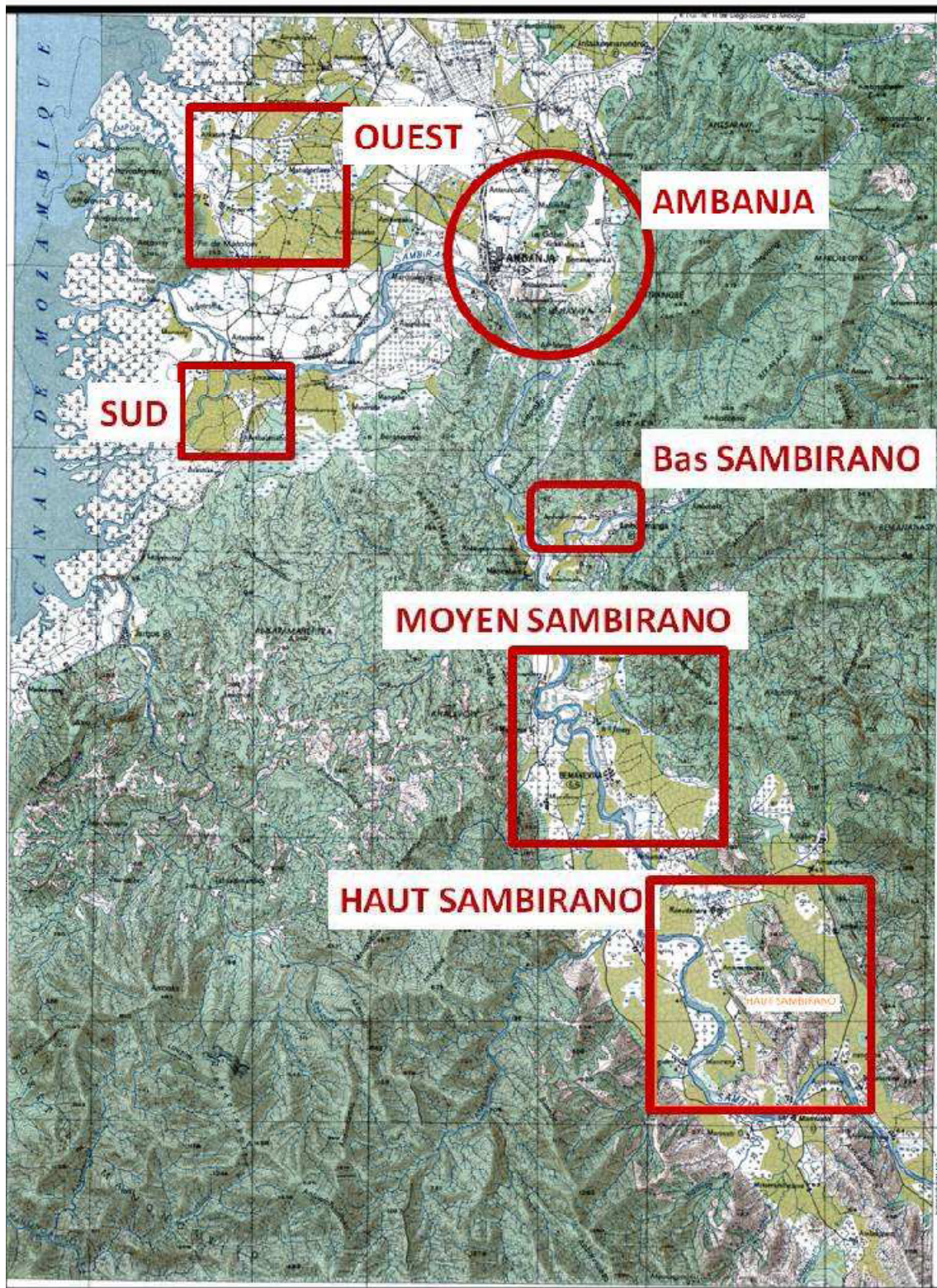
Portillo E., Grazziani M., Cros E., **Assemat S.**, Davrieux F., Boulanger R.. 2012. Evolution de la teneur en flavonoïdes du cacao criollo du Vénézuéla en fonction du traitement post-récolte. In : Alliance of Cocoa Producing Countries (COPAL). *17th Conférence Internationale sur la Recherche Cacaoyère.* s.l. : s.n., 1 p.. Conférence Internationale sur la Recherche Cacaoyère. 17, 2012-10-15/2012-10-20, Yaoundé, Cameroun.

Sukha D.A., Seguire E.S., **Assemat S.**, Butler D.R., Cilas C., Ribeyre F., Seni G., Cros E., **Davrieux F.**, Eskes A.. 2011. Comparative organoleptic evaluations of cocoa (*Theobroma cacao* L.) accessions from the International Clone Trial by three sensory panels over two years. In : Eskes Albertus (ed.). *Collaborative and participatory approaches to cocoa variety improvement : final report of the CFC/ICCO/Biodiversity international project on "Cocoa productivity and quality improvement: a participatory approach" (2004-2010).* Amsterdam : CFC, p. 128-141. (CFC Technical paper, 59).

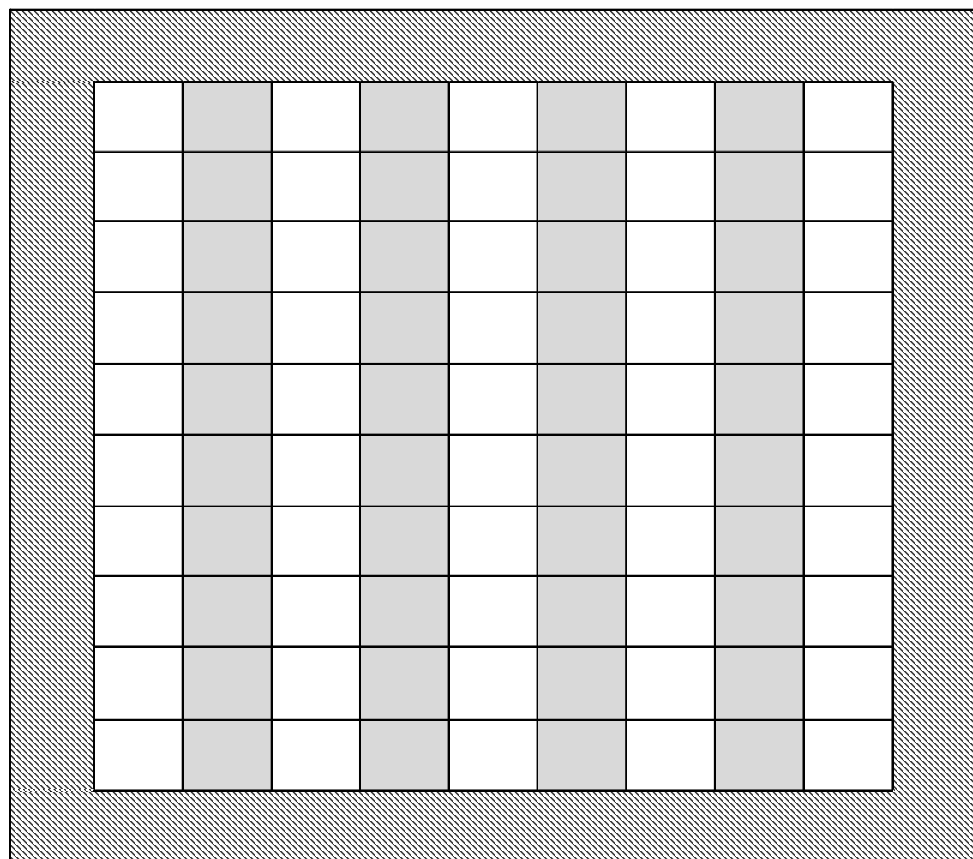
Valente M., Ribeyre F., Self G., Berthiot L., **Assemat S.** 2011. Instrumental and sensory characterization of mango fruit texture. *Journal of Food Quality*, **34** (6) : 413-424.  
[20111202]. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1745-4557.2011.00412.x>




## Annexe 1- Carte des zones cacaoyère du Sambirano





## Annexe 2 – Plan schématique d'un champ semencier biclonal



Légende :

 : Haie vive

 : Clone A

 : Clone B