

Compte Rendu du Comité de Pilotage du 04 octobre 2023



Le projet Phase 3 Aquil@Guyane : Bases scientifiques et techniques pour la création d'une filière d'huiles essentielles d'« Aquilaria (Agarwood) » haut de gamme et de produits dérivés, en Guyane

Comité de Pilotage

04 Octobre 2023

Dr Alba Zaremski

<https://aquilaria.cirad.fr/>



Réseau ARDI



Analyses génétiques et adaptation des plantes méditerranéennes et tropicales

N°SYNERGIE : Aquil@Guyane-Phase 3 - N° SYNERGIE : GY0027282

Chef de file : CIRAD

Partenaires : Guyane Développement Innovation (GDI)

Intitulé de l'Opération : AQUILARIA

Compte Rendu réalisé par Mme Alba ZAREMSKI, Responsable Scientifique du projet Aquil@Guyane.

Ouverture de la séance en présentiel et en visioconférence.

Avant la présentation effectuée par Mme Alba Zaremski, Responsable Scientifique du projet Aquilaria au Cirad, et des responsables scientifiques pour chaque tâche, un tour de table est réalisé afin que tous les participants se présentent.

Durant cette réunion, après un discours d'introduction de Mr Eric Lafontaine, Directeur de Guyane Développement Innovation, nous avons exposé le bilan de la phase 3 de ce projet qui permettra la création d'une filière de production d'huiles essentielles d'Aquilaria haut de gamme et de produits dérivés comme les feuilles séchées pour la préparation de tisanes.

Etaient réunis les représentants des organismes partenaires du projet dont :

- Guyane Développement Innovation représentée par Mr Eric Lafontaine, Directeur, Mme Alice Arnaud, Chargée de mission,
- Les agriculteurs exploitants : Mrs Didier Tcha, Pierre Tcha, Hu Ya,
- Le Cirad représenté par Mrs Michel Boccara, Correspondant du Cirad en Guyane, Julien Ranté, Olivier Monteuis, Thierry Leroy, Thierry Legavre, Philippe Cao Van, Jérémie Damay, Romain Lehnbach, Axel Labeyrie (distanciel), David Cros (distanciel), Marc Ducousso (distanciel), Roberto Bacilieri (distanciel), David Cros, Directeur d'équipe (distanciel), Mme Alba Zaremski (distanciel).

L'État était représenté par Mr Patrice Poncet (Direction Générale des Territoires et de la Mer : Directeur DAAF Guyane), Mme Ivonne Leclercq (Préfecture Guyane ; distanciel), Mme Nadine Amusant (DRRT Guyane ; distanciel), Mme Jeanne Foucher (Ministères Transition Écologique Cohésion Des Territoires Transition Énergétique Mer ; ET/ET4, Direction de l'eau et de la biodiversité | Direction Générale de l'Aménagement, du Logement et de la Nature ; distanciel).

La chambre d'agriculture de Guyane était représentée par son président, Mr Albert Siong.

L'Association des Producteurs d'Aquilaria, de plantes à parfums et aromatiques de Guyane (AQUIPAG), qui fédère environ 50 agriculteurs de Guyane, était représenté par son Président, Mr Didier Tcha.

Le Parc Naturel Régional de la Guyane (PNRG) était représenté par son directeur Antoine Louis Alexandre.

La Société d'Aménagement Foncier et d'Établissement Rural (SAFER) de Guyane était représentée par sa Présidente, Mme Chantal Berthelot, ancienne députée de Guyane et agricultrice.

La Société Guyane Consult était représentée par Mme Rachel Gérardin,

L'Association pour le Développement et l'Étude des Plantes Aromatiques et Médicinales en Guyane (GADEPAM) était représentée par Mme Adèle Thomas.

Dans la salle, des agriculteurs de Guyane provenant de diverses communes de Guyane étaient également présents : Mr Tristan Ly, Mr Havar, Mr Sévère Brunel.

Personnes excusées :

Pour Guyane Développement Innovation : Amandine Courte ;

Pour la Collectivité Territoriale de Guyane : Jérémie Lecaille ;

Pour le Cirad : Magalie Jannoyer, Directrice de la Région des Antilles-Guyane du Cirad ;

Pour DEAAF/SEAF : Isabelle Gratien, POSEI ;

Pour CNES : Mmes Sandrine Sandrine et Mélina Goasduff ;

Pour OFB : Clara Zaremski.

Présentation générale

Sont présentés tout d'abord l'arbre Aquilaria et les objectifs du projet puis les principaux résultats obtenus depuis le 1er janvier 2021 jusqu'au 30 septembre 2023. Pour rappel, le projet a commencé le 1^{er} janvier 2021 et se terminera le 31 décembre 2023. Les travaux scientifiques sont présentés par les responsables qui les ont menés. Certains travaux sont en cours de finalisation.

Sept points sont successivement abordés : 1) L'arbre Aquilaria ; 2) Le projet Aquil@Guyane Phase 3 ; 3) Les Relations avec le Laos et les APA ; 4) Les études scientifiques et économiques ; 5) La communication : production de savoirs scientifiques et de formations ; 6) les agriculteurs, l'association AQUIPAG ; 7) Les orientations à prendre, perspectives, phase 4.

Pour rappel, le projet phase 3 Aquil@Guyane est composé de 9 tâches :

- | | |
|---------|---|
| Tâche 1 | Relations avec le Laos |
| Tâche 2 | Biodiversité des arbres Aquilaria de Guyane |
| Tâche 3 | Mise en production massive de plants d'Aquilaria |
| Tâche 4 | Production d'agarwood (bois noirci) Inoculation massive des arbres Aquilaria |
| Tâche 5 | Étude du rendement et de la qualité des produits obtenus d'Aquilaria |
| Tâche 6 | Conditions agronomiques des arbres Aquilaria de Guyane |
| Tâche 7 | Conservation de l'arbre Aquilaria en Guyane |
| Tâche 8 | Etude de faisabilité économique d'une filière de production durable de feuilles d'Aquilaria |

Les Sept points successivement abordés

- 1- L'arbre *Aquilaria* :

Mme Alba Zaremski rappelle que les arbres du genre *Aquilaria* utilisés dans cette étude sont issus d'une plantation expérimentale. Les arbres ont été plantés en Janvier 2014, selon les recommandations de l'ONF, pour la mise en place des parcelles d'*aquilaria* en Guyane :

- Le champ de Cacao, sur 6 ha, chez Mr Hu Ya, les arbres sont plantés en alternance avec des agrumes, principalement des mandariniers (environ 210 arbres /ha) et un espacement de 4 x 4 m entre chaque arbre. Le sol est recouvert d'une Fabaceae fixatrice d'azote, l'*Arachis pintoi*.

- Le champ de Régina, sur 2 Ha, de Mr Pierre Tcha; environ 500 arbres par Ha, correspond à une seule parcelle. Le sol est recouvert d'une fabacée du genre *Desmodium*.

- Le champ de Régina, sur 3 Ha, de Mr Didier Tcha; environ 500 arbres par Ha, correspond à plusieurs parcelles. Les arbres d'*Aquilaria* sont plantés en alternance avec des agrumes, principalement des mandariniers et le sol est recouvert d'une fabacée du genre *Desmodium*.

- 2- Le projet Aquil@Guyane Phase 3

Mme Alba Zaremski rappelle la genèse du projet Aquil@Guyane. Ce projet répond initialement à la demande d'un groupe d'agriculteurs de Guyane (Régina et Cacao), originaires du Laos, de pouvoir cultiver les arbres du genre *Aquilaria* afin de leur fournir les connaissances scientifiques et techniques nécessaires à la mise en place d'une filière de production durable de feuilles et de bois d'*Aquilaria*.

La première phase (2014-2015) a eu pour objectif principal la mise en place du dispositif expérimental de 11 Ha à Régina et à Cacao. La deuxième phase (2017-2020), concernait la détermination des bases scientifiques et techniques pour la création d'une filière de production d'huiles essentielles d'« *Aquilaria* (Agarwood) » haut de gamme et de produits dérivés, en Guyane. La troisième phase du projet (1^{er} janvier 2021-31 décembre 2023) a été initiée suite aux orientations qui ont été formulées durant les Comités de Pilotage de la phase 2 en Guyane ; il y est apparu la nécessité de continuer les recherches dans le sens de la mise en culture à une échelle agricole importante de plants d'*Aquilaria* destinés à la production de feuilles, d'huiles essentielles et d'Agarwood de qualité.

Le projet dans sa globalité est cofinancé par l'Union Européenne.

Le montant du projet Phase 3 Aquil@Guyane est de 655 299.041 €. La participation FEDER est de 407 727.76 € ; la participation Collectivité territoriale de Guyane est de 90 905.70 € ; la participation CIRAD est de 156 665.58 €.

Mme Alba Zaremski rappelle les objectifs du projet Aquil@Guyane phase 3 :

- Elargir l'accès de la culture d'Aquilaria à de nouveaux agriculteurs guyanais afin de développer une véritable filière sur le territoire de la Guyane ;
- Mettre en place cette filière en collaboration avec le Laos, avec des échanges scientifiques intenses ;
- Centrer nos préoccupations sur la protection de la biodiversité, de l'environnement naturel et le respect du partage et des avantages.

Dans ce projet, les agriculteurs se sont mobilisés pour une mise en œuvre de la certification « bio » des cultures des Aquilaria en Guyane. Un organisme accrédité dans le dispositif expérimental en Guyane appuie leur démarche pour l'obtention des certificats « bio » afin de promouvoir la « qualité environnementale et sanitaire » des produits d'Aquilaria de Guyane.

- 3- Les Relations avec le Laos et les APA : (Tâche 1 du projet).

Mr Philippe Cao Van, responsable de la tâche « Relations avec le Laos » expose le détail des actions menées dans le cadre de cette tâche ainsi que le contexte et les contraintes rencontrées au Laos.

Mr Thierry Leroy, membre de la cellule « Accès et Partage des Avantages (APA) » du Cirad et de la tâche « APA » expose les procédures et autorisations pour mener à bien les activités de recherche du Cirad dans le cadre des APA.

Durant la phase 3 du projet, selon le point focal des APA au Laos, il convenait d'obtenir les signatures de trois documents pour réaliser au Laos des collectes de matériel végétal (graines, feuilles et échantillons de bois d'Aquilaria). Ces deux documents, concernent les protocoles d'accord suivants :

- 1) le Specific Memorandum of Agreement « SMOA » : ce document formalise les actions de coopération entre le Cirad et la Faculty of Forestry and Science « FFS » de l'Université Nationale du Laos « NUOL » ; signé en 2022.
- 2) le Material Transfer Agreement « MTA » : ce document formalise les échanges de matériel végétal. Les signatures de ces documents ont été obtenus en 2022 et 2023.
- 3) Nouveau MOU Cirad/NUOL ; signé en septembre 2023

Pour conclure ces actions, le **certificat de conformité** reconnu à l'échelle internationale (IRCC) a été également **accordé en août 2023**. Ce certificat sert de preuve de la décision des parties d'accorder un permis au demandeur.

Suite à l'obtention de ces autorisations en 2023, toujours dans le cadre du Protocole de Nagoya, une collecte de matériel végétal (graines et feuilles) pourra être effectuée au Laos jusqu'en août 2024.

Conclusion générale des relations avec le Laos

Dans le projet Aquil@Guyane, les échanges entre utilisateurs et fournisseurs des ressources génétiques ont pu mettre en œuvre concrètement des modalités d'APA. Il est à noter que comme pour la phase 2 du projet Aquil@Guyane, les échanges demandent du temps dû à la complexité du pays et la façon de procéder pour lever les verrous culturels et institutionnels, notamment au Laos, dans le cadre du Protocole de Nagoya.

Le projet Aquil@Guyane peut ainsi poser les bases d'une démarche pilote pour des projets similaires.

Pour information, les contrats relatifs au partage des avantages sont signés entre l'« utilisateur » et l'Etat concerné.

La notion d'« utilisateur » reste à préciser ; elle n'est pas nécessairement identique d'un État à l'autre. Le contrat engage chacune des parties et fige les exigences futures de chacun.

Pour la phase recherche du projet Aquil@Guyane l'utilisateur est le CIRAD.

Pour les phases qui suivront la phase recherche (plantations, cueillette, distillation, commercialisation...) le futur « utilisateur » reste à définir. Mais ce futur utilisateur ne sera ni l'État français ni la Collectivité Territoriale de Guyane.

Pour les futures négociations avec l'État laotien, l'ambassade sera d'une aide précieuse.

Le ministère peut accompagner à travers son expertise et ses conseils.

Suite à cet exposé sur les « Relations avec le Laos et les APA », **Mme Jeanne Foucher**, représentant les Ministères Transition Écologique Cohésion Des Territoires Transition Énergétique Mer, **a félicité le Cirad pour le travail accompli en la matière.**

Elle précise que les démarches ont été réalisées dans le **respect du droit applicable.**

- 4- Les actions scientifiques et économiques

Tâche 2 du projet - Biodiversité des arbres *Aquilaria* de Guyane

La tâche 2 est présentée par Mr Roberto Bacilieri, Chercheur INRAE, UMR AGAP,

Il y a une grande hétérogénéité de la ressource génétique des arbres d'*Aquilaria* sur les parcelles de Régina et de Cacao qui peut avoir un impact sur la qualité de l'agarwood. Il faut caractériser la diversité des espèces du genre *Aquilaria* pour finaliser la mise en place d'une filière « *Aquilaria* » de haute qualité en Guyane.

Ultérieurement, il conviendra de mettre en place un **programme d'amélioration génétique** qui permettra, à terme, de **proposer aux planteurs des variétés adaptées à leurs terroirs et au marché visé pour leur production.**

L'échantillonnage est composé de feuilles à partir de 148 arbres *Aquilaria* à Cacao et à Régina ; 26 échantillons issus des herbiers du MNHN comme référence taxonomique (12 espèces du genre *Aquilaria*) ; de 3 arbres en provenance du jardin botanique de l'Université Nationale du Laos.

La Méthodologie est toujours en cours. L'ADN est extrait des feuilles selon une procédure adaptée à l'ADN dégradé et compatible avec « DNA-bank » pour l'utilisation immédiate mais aussi pour la conservation à long terme (projets futurs). L'ADN global a été fragmenté en segments de 5-20k bp puis 350 gènes importants ont été capturés *via* des sondes ADN (ArboBioScience) sur la base de 350 gènes universels chez les angiospermes. Ont été séquencés des fragments aléatoires après digestion enzymatique (GBS – RADseq).

Les Premiers résultats :

Le séquençage a été effectué par le CIRAD et MGX (Univ Montpellier) et a produit 7000 polymorphismes sur les 8 chromosomes du génome d'*Aquilaria*. Une analyse préliminaire montre que les trois plantations analysées n'ont pas la même composition génétique (mélange de sources génétiques d'origines différentes).

Des analyses plus approfondies sont en cours d'exécution telles que l'étude des parentés et consanguinité ; la structure génétique et la position taxonomique par rapport aux espèces de référence (*Aquilaria* et *Gyrinops*).

Tâche 3 du projet - Mise en production massive de plants d'*Aquilaria*

Dans cette tâche, il s'agit de tester deux méthodes de multiplication végétative afin de définir des itinéraires techniques de production massive de plants d'*Aquilaria* : 3-1-Cultures in vitro et 3-2-Bouturage.

3-1-Cultures in vitro

Cette tâche est présentée par Mr Axel Labeyrie, Chercheur Cirad, UMR Diade,
Les résultats montrent que :

- La callogenèse sur feuille fonctionne parfaitement (100%) et est un outil de choix pour tester de nombreuses co-cultures entre différents génotypes d'*Aquilaria* et différentes souches de champignons. Ces cultures *in vitro* permettent de tester les flaveurs de plusieurs combinaisons en s'affranchissant des effets liés aux contraintes environnementales.
- Tous les génotypes ont permis l'obtention de cals à partir des explants foliaires et aucune contamination n'a été observée. Suite aux différents prélèvements, les coupes histologiques ont permis de suivre l'évolution de la formation des cals à partir des explants foliaires.
- Pas d'obtention de prolifération de pousses feuillées à partir d'explants de jeunes tiges. Les pousses feuillées sont anormales et peu fréquentes. On s'appuie sur les références disponibles pour tester différents milieux de culture.

En Conclusion :

- Au terme de ce projet, l'étude histologique relative au suivi de la **cinétique de formation des cals sur explants foliaires a été finalisée.**
- Les étapes de **callogenèse** à partir d'explants d'*Aquilaria* continuent d'être **efficaces**. En cela, cette étape n'est absolument pas limitante.
- Concernant les essais pour **l'obtention de pousses feuillées et pour l'obtention de formation pro embryonnaire**, on constate que les milieux décrits dans la littérature **ne permettent pas d'obtenir des évolutions morphologiques notables et spécifiques**. Après plusieurs mois, seules quelques pousses feuillées anormales se sont développées.
- Il faudra, dans les prochains mois, **tester de nouveaux milieux de culture** avec du charbon actif pour limiter l'oxydation des tissus et continuer de tester l'enracinement d'entre-nœuds pour essayer d'obtenir une technique de bouturage in vitro.

3.2- Etude de la propagation de jeunes semis d'*Aquilaria* sp par bouturage horticole

Cette tâche est présentée par Mr Olivier Monteuiis, Chercheur Cirad, UMR Agap

L'intérêt de l'étude est d'évaluer la possibilité de multiplier *Aquilaria spp.* par bouturage horticole en vue d'augmenter la quantité de plants pour les plantations, voire de cloner des individus « Plus ».

Suite aux trois essais de bouturage mis en place dans les installations du Cirad Kourou les 15/6/2022 - N=136 boutures -, 8/9/2022 - N=160 - et le 7/12/2022 – N = 160 à partir de semis élevés par M. Ya Hu à Cacao, **les résultats ont montré qu'il était possible de produire des boutures enracinées d'*Aquilaria spp.*, mais le taux de succès est faible ($\leq 35\%$ pour la meilleure combinaison de facteurs expérimentaux testés) et la qualité de l'appareil racinaire néoformé très variable.**

En conclusion, nous constatons :

- **Une faible aptitude à la rhizogenèse adventive des jeunes semis d'*Aquilaria sp*** produits à Cacao, non conditionnés à cette fin.
- Les facteurs classiquement testés tels que les différents composés auxiniques et entaille basale, n'ont pas eu d'influence significative ($Po=5\%$) sur les résultats d'enracinement.
- Le substrat de bouturage a été limité au sable, facilement disponible localement à moindre coût et ayant prouvé sa supériorité par rapport à d'autres matériaux pour enraciner avec succès bon nombre d'espèces ligneuses.
- Le facteur primordial de réussite au bouturage demeure la capacité à la rhizogenèse adventive, des pousses bouturées et, à ce titre, le **pré-conditionnement physiologique du matériel végétal est essentiel**. Cet aspect n'a pas été pris en compte dans l'étude.
- **Les résultats obtenus ne plaident pas en faveur du bouturage et les semis restent la solution la plus naturelle et la plus économique pour produire en quantités de l'*Aquilaria sp*, tout en garantissant une variabilité génétique nécessaire à ce stade.**
- La meilleure justification théorique de la multiplication par bouturage de l'*Aquilaria sp*, comme pour le Bois de Rose (*Aniba rosaeodora*) reste le clonage d'individus « Plus » bien supérieurs à la moyenne quant à la productivité et la qualité d'huiles essentielles produites, si tant est que de tels sujets existent.

Tâche 4 du projet : Production d'agarwood (bois noirci). Inoculation massive des arbres *Aquilaria*

La tâche 4 est présentée par Mr Marc Ducousso, Chercheur Cirad, UMR LSTM,

Durant la phase 2 du projet Aquil@Guyane, nous avons caractérisé les communautés fongiques présentes dans le bois des *Aquilaria crassna* de Guyane. Le but était d'identifier des champignons couramment retrouvés dans l'agarwood mais aussi des champignons propres aux champs de Guyane qui pourraient induire une composition singulière de l'agarwood des champs de Guyane. Dans cette démarche de production biologique et localisée en Guyane, il a été décidé d'inoculer les *Aquilaria crassna* des plantations de Guyane avec des **champignons Basidiomycètes lignivores, originaires de Guyane.**

Ainsi, dans la phase 3, les arbres ont été inoculés avec les champignons identifiés les plus performants durant la phase 2 et avec de nouvelles souches guyanaises pour produire de l'agarwood.

Il est à noter que la **méthodologie**, durant la phase 3 du projet, a été **transférée vers les agriculteurs**, dans l'objectif d'une pratique toujours au fait des nouveautés scientifiques, du respect de l'environnement et des cadres législatifs nationaux et internationaux.

Les principales actions effectuées dans la tâche 4 ont été les suivantes : Récolte et sélection de nouvelles souches de champignons guyanais ; Production de mycélium pur des champignons récoltés en Guyane ; Identification moléculaire et choix des champignons de Guyane pour l'étude ; Transfert de la méthode d'inoculation vers les agriculteurs : production de l'Agarwood à partir des champignons identifiés les plus performants ;

Pour ce qui est du transfert vers les agriculteurs de la méthodologie « Production d'agarwood » :

- Nous avons procédé dans les plantations de Mr Pierre Tcha à des inoculations de 2 espèces de champignons lignivores : *Coriolopsis Polyzona* et *Coriolus versicolor* dans des arbres d'aquilaria âgés de 7 ans. Les agriculteurs ont eux-mêmes procédé à l'inoculation après que la méthode leur ait été expliquée.
- Après les explications fournies et les manipulations successives réalisées par MM Pierre et Didier Tcha, d'autres éprouvettes ont été confiées à Mr Didier Tcha, afin qu'il inocule les arbres de ses plantations.

Conclusion : Pour ce qui est de la méthodologie.

Environ **120 arbres Aquilaria** ont été inoculés de façon contrôlée et géoréférencés sur les plantations de Cacao et de Corassony à Régina. Pour l'inoculation, le perçage des arbres est un point clé qui nécessite de disposer d'une autonomie suffisante pour travailler une journée complète avec une perceuse assez puissante et une mèche bien affûtée pour travailler efficacement. L'injection de gélose colonisée par une souche sélectionnée à l'aide d'un pistolet à colle puis le rebouchage des trous d'inoculation avec un fragment de branche d'*Aquilaria* prélevé localement restent simple et efficace. Si la technique d'inoculation des arbres avec de la gélose donne des résultats satisfaisants, il faut alors organiser l'inoculation par équipe de trois personnes : une première personne perce les trous, une seconde applique les *inocula* au pistolet à colle et enfin, une troisième ferme les trous avec un fragment de branche d'*Aquilaria* prélevé localement.

Perspectives pour la phase 4, il est proposé :

- Entre 9 et 24 mois d'inoculation,
- Découpage des troncs pour observations,
- Découpage en rondelles autour des « fenêtres-production de bois noirci/oud ».

Tâche 5 du projet : Étude du rendement et de la qualité des produits obtenus d'*Aquilaria*

La tâche 5 est présentée par Mrs Romain Lehnebach, Chercheur Cirad, ECOFOG, Guyane et par Mr Yannick Estevez, Chercheur CNRS, Guyane.

Les arbres d'*Aquilaria spp.* en Guyane ont produit du **bois noir mais en quantité très variable d'un arbre à l'autre. La production d'huile essentielle de bois noir et de bois blanc est possible grâce à l'hydrodistillation.** Le rendement est faible et très variable. C'est pourquoi, nous avons besoin de caractériser et comprendre cette variabilité. Pour cela nous avons réalisé une étude histologique/histochimique, déterminé la composition, la qualité des huiles noires et blanches et réalisé un changement d'échelle en laboratoire en augmentant le volume de bois à distiller.

Pour ce qui est de l'étude histologique du bois, microscopie en champ clair (Bleu de toluidine), les objectifs sont de : 1) situer dans le bois les composés chimiques constituant l'Huile Essentielle (HE) ; 2) répondre à la question : épuisement du bois après hydrodistillation ?

En conclusion, nous confirmons que la **méthode est simple pour localiser les composés constitutifs de l'huile essentielle.**

Pour ce qui est de l'étude histologique du bois, **microscopie spectrale, la détection est possible d'une auto-fluorescence de l'extrait.** On retrouve le spectre de l'extrait dans les vaisseaux de xylème, les cellules adjacentes aux vaisseaux, les rayons, le phloème inclus.

Pour ce qui est des analyses chimiométriques des huiles essentielles par Spectro-Infra Rouge, les objectifs de cette étude sont de : 1) différencier les huiles essentielles par spectroscopie infrarouge ; 2) créer un modèle de prédiction pour déterminer la provenance des huiles essentielles.

En conclusion, **l'infrarouge se révèle suffisant pour différencier les différentes huiles essentielles d'Aquilaria. La méthode est rapide et non destructive.**

Pour ce qui est de l'analyse chimique des huiles essentielles par GC, les objectifs de cette étude sont de : 1) analyser s huiles essentielles extraites de bois noir et de bois blanc de Guyane ; 2) étudier les marqueurs spécifiques aux huiles essentielles issues des arbres provenant de Guyane. En conclusion, les **chromatogrammes sont complexes pour analyser les composés présents dans les huiles essentielles** (+de 80 composés odorants). Des analyses sont en cours d'exécution pour déterminer des biomarqueurs spécifiques aux huiles essentielles produites en Guyane ; ce sera un outil de traçabilité.

Pour ce qui est du changement d'échelle pour la distillation, l'objectif est d'augmenter la quantité d'huile essentielle produite et le rendement.

En conclusion, nous avons obtenu deux essais non concluants, car peu d'huile a été produite (rendement < rendement labo) ; la mise au point des paramètres de distillation est en cours ; et la mise au point des conditions d'hydrodistillation avant test est à réaliser chez les agriculteurs

En conclusion pour la Tâche 5 :

- L'inoculation des arbres d'*Aquilaria* permet de produire du bois noir, mais dans des quantités très variables.
- Voies d'amélioration : inoculation plus sévère, inoculum liquide, ...
- L'hydrodistillation des bois noirs et blanc produit des huiles essentielles :
 - Bois noir : rendement très variable, composition semblable mais dans des proportions différentes (impact sur le parfum) ;
 - Bois blanc : rendement plus faible que le bois noir mais peu variable, composition très homogène que l'arbre soit contaminé ou non.
 - Bois mort : similaire au bois blanc, donc valorisation des arbres morts possible
- Voies d'amélioration : mélange complexe de molécules qui reste à élucider
- Changement d'échelle : les rendements en huile essentielle obtenus sur des volumes plus conséquents ne sont pas encore satisfaisants (rendement de 0.075 % pour 4 kg de bois obtenu en prestation, analyse composition en cours).
- Voies d'amélioration : paramétrage de la distillation (T°, granulométrie, durée)

Tâche 6 du projet : Conditions agronomiques des arbres *Aquilaria* de Guyane

La tâche 6 est présentée par Mr Philippe Cao Van, Chercheur Cirad, UMR AIDA,

Concrètement, la proposition est d'inscrire le développement de la culture de l'*Aquilaria* dans une approche durable répondant aux critères de rentabilité économique, du respect de l'environnement et des utilisateurs/consommateurs avec une réponse réelle aux préoccupations sociétales actuelles.

Deux agronomes du Cirad, MM Philippe Cao Van et Frank Enjalric, se sont mobilisés avec les agriculteurs afin de :

- déterminer les causes de mortalité de certains plants d'*Aquilaria* ;
- proposer des solutions afin que ces mortalités ne se reproduisent plus ;
- proposer des pratiques d'implantation de cette culture en cohérence avec une approche agroécologique respectueuse des sols ;
- former les agriculteurs dans ce sens et les sensibiliser aux bases de la fertilité des sols et au potentiel de systèmes agroforestiers.

Deux formations ont été assurées auprès des agriculteurs en termes de gestion de la fertilité, d'agroécologie, d'agroforesterie, de systèmes plurispécifiques, de préparation de terrain et du matériel végétal.

La cause la plus vraisemblable de **mortalité des *Aquilaria*** à Cacao est un **système racinaire « défaillant »** accentuée par le développement important des arbres, qui poussent deux fois plus vite qu'au Laos, et des conditions de pluviométrie surabondante en 2021-2022. Des conditions passagères d'anoxie, non observées sur le terrain, ont pu accélérer la nécrose des racines.

Les solutions proposées :

- Choisir des **parcelles adaptées en termes de pentes et de drainage** et surtout assurer une préparation adaptée du terrain en évitant des pratiques de défriche totale au bulldozer ;
- Assurer une **préparation exemplaire des plants en pépinière** afin que les racines se développent correctement sans déformation ;
- Dans ce sens, **récolter rapidement les graines et transplanter les plants régulièrement et rapidement**. En effet, l'Aquilaria présente une sensibilité particulière à son développement racinaire qui peut devenir « anarchique » s'il subit des contraintes physiques ;
- **Former les agriculteurs** : il s'avère nécessaire de former les agriculteurs aux bonnes pratiques en matière de culture d'Aquilaria adaptée au contexte guyanais, selon plusieurs axes : choix et préparation de la parcelle ; récolte et choix des graines ; mises en pépinière (taille du pot ; substrat ; durée en pépinière ; ...) ; techniques de plantation.

Conclusions et perspectives :

- **La culture d'Aquilaria est possible en Guyane**, avec une croissance susceptible de permettre des systèmes divers et variés d'exploitation en termes de densité de plantation, d'associations plurispécifiques, de terme et durée de croissance avant « récolte », ...
- Des mesures correctives, essentiellement sur la phase de préparation du matériel végétal, permettront d'éviter des pertes d'arbres sur les futures parcelles.
- Il faut établir un protocole de distillation pour le bois blanc et l'Agarwood.
- Il faut mettre en œuvre un **dispositif d'encadrement technique des agriculteurs** voulant cultiver l'Aquilaria en Guyane
- Il faut appuyer pour la synchronisation des opérations de coupe et d'approvisionnement de l'unité de distillation
- Il faut évaluer les besoins et attentes des planteurs potentiels au niveau socio-économique afin de fiabiliser leurs choix de dispositif cultural ou de système de culture

Tâche 7 du projet - Conservation de l'arbre *Aquilaria* en Guyane

La tâche est présentée par Mr Thierry Leroy, Checheur Cirad, Coordinateur du Projet FEDER REGEPE, Guyane.

Le projet Feder Regepe et le Centre de Ressources Biologiques en Guyane (CRB) ont pour objectif de mettre en place un Centre De Ressources Biologiques certifié à la norme ISO-9001, pour les espèces pérennes plantées par le Cirad en Guyane.

La création d'un **CRB Forestier tropical, unique au monde**, constitue un objectif à moyen terme. Le projet a débuté sur caféier et cacaoyer, puis s'est étendu au bois de rose et à l'Aquilaria dans le projet REGEPE 2 (2022-2023).

Le CRB intègre l'arbre *Aquilaria* dans son dispositif.

Une parcelle à Cacao, chez M. Ya Hu, a été plantée avec des Aquilaria pour constituer la parcelle CRB d'Aquilaria (début 2023). La parcelle d'Aquilaria est maintenant intégrée dans le Centre des Ressources Biologiques (CRB) de Guyane, ce qui augmente la visibilité de la culture d'Aquilaria en Guyane, au niveau national et international.

Le dispositif CRB à Cacao est constitué d'une parcelle en pente de 7000 m². Les plantations sont composées : de 63 arbres d'Aquilaria de deux variétés ; d'un enherbement des parcelles pour limiter l'érosion avec mise en place d'Arachis pintoï ; d'Ebène verte et Wassai sur la dernière ligne de plantation ; de Pois sucré en bordure de parcelle.

Le CRB participe à la conservation de génotypes d'Aquilaria en danger d'extinction.
Le CRB est en cours d'enrichissement avec de nouvelles introductions d'Aquilaria.
L'Aquilaria pourrait être intégré au périmètre de certification du CRB en 2024-2025.

Tâche 8 du projet : L'étude de faisabilité économique portée par GDI.

La tâche est présentée par Mme Rachel Gerardin de la Société Guyane Consult.

Cette étude est pilotée par GDI, qui a en charge le développement des filières innovantes. L'étude a été confiée au prestataire Guyane Consult.

Il s'agira dans cette étude de décrire, de façon opérationnelle, les critères de réussite en termes de production, de transformation et de mise sur le marché des feuilles d'Aquilaria destinées à la tisanderie. Ces critères intégreront la qualité des feuilles ainsi que les outils qui seront utilisés dans la production, et dans la transformation pour la récolte des feuilles, le séchage, le broyage, et le conditionnement.

Cette étude a donc pour **objectif d'étudier la filière actuelle de feuilles d'Aquilaria en Guyane** et de donner des recommandations pour son développement, ce aux différents maillons de la chaîne : production, transformation et commercialisation.

Afin d'étudier la filière actuelle et de proposer des recommandations pour son développement, différents acteurs de la production, transformation, commercialisation de consommation d'infusions ont été interrogés. Les enquêtes ont été conduites de manière semi-directive. Les agriculteurs et agricultrices interrogés étaient majoritairement des adhérents d'AQUIPAG, ou des contacts donnés par ces derniers.

L'étude de la filière des **feuilles d'Aquilaria** a montré que cette production présentait **un intérêt** pour tous les acteurs de la filière jusqu'à sa **commercialisation sur le territoire guyanais**.

Concernant la **transformation, aucune contrainte notable** n'est à mentionner et les transformateurs rencontrés sont favorables à la mise en marché de cette **nouvelle infusion d'Aquilaria**, dans la mesure où elle sera produite localement et de manière agroécologique. Concernant les données techniques liées à la transformation, ces transformateurs sont prêts à effectuer un test de déshydratation et préconisent, eu égard la taille des feuilles, de les commercialiser dans des **sachets d'infusion vrac sans découpe préalable**.

Le **caractère local de la production** a également été évoqué par les metteurs en marché tels que les primeurs, intéressés pour tester la commercialisation des feuilles d'Aquilaria pour les infusions en mentionnant un attrait pour les infusions dont les cultures ont été conduites en

agriculture biologique.

Les mêmes critères de localité et de production AB ont été mentionnés par les acheteurs consommant régulièrement des infusions, associant à ces critères une recherche de propriétés spécifiques des plantes utilisées. Le facteur principal recherché réside dans le caractère apaisant associé à des effets digestifs ou anti-inflammatoire. **L'infusion de feuilles séchées d'Aquilaria, déjà commercialisée en Corée du Sud, au Japon et au Vietnam** paraît répondre aux attentes des consommateurs de Guyane notamment concernant les propriétés médicinales dues aux dérivés polys phénoliques.

Les propriétés de ces feuilles restent toutefois à l'étude concernant la toxicologie.

- 5- La communication : production de savoirs scientifiques et de formations (Tâche 9 du projet)

La tâche 9 est présentée par Mme Alba Zaremski, Chercheure, Cirad Agap Institut, Montpellier

Le bilan du projet en termes de production de savoirs scientifiques et de formations est le suivant :

- 1 article académique publié et 2 en préparation dans des revues à comité international ;
- 4 communications dans des congrès scientifiques nationaux ou internationaux ;
- Obtention de 2 prix : un prix du fonds RCA (Ron Cockcroft Award) de l'IRG-WP et un prix du GDR « Sciences du Bois » ;
- 20 rapports d'expertise ;
- Plusieurs journées de vulgarisation à destination des étudiants et du public : salon International Cosmetic 360 ; Colloque Cosmétopée forestière ; Rotary Club de Guyane ;
- Plusieurs réunions à destination du public : 2 réunions organisées par la Chambre d'Agriculture de Guyane ; une réunion organisée par le PRNG ;
- Couverture médiatique assurée : articles de presse (Le Mag, interviews radio, télévision...) ;
- Recrutement et formation : 1 Volontaire au Service Civique ; agriculteurs ;
- Mise en œuvre du site Web du projet Aquilaria ;
- Posters institutionnels, flyers, panneaux,

Des événements majeurs qui illustrent le volet communication :

- Tenue d'un **stand au salon international « Cosmétique360 »** organisé par la Cosmetic Valley au Carrousel du Louvre à Paris; 13-14 octobre 2021. La délégation Guyane composée de 2 organismes de recherche dont le Cirad et 3 entreprises guyanaises, étaient présentes au salon Cosmetic 360 au Carrousel du Louvre à Paris pour présenter les atouts de la biodiversité guyanaise. Cet événement a été l'occasion de **mettre à l'honneur le projet Aquil@Guyane**, parmi les 3 projets de recherche conduits par le Cirad, qui illustrent la proximité d'une recherche au service des acteurs socio-économiques ;

- **Création et organisation du Colloque Cosmétopée : perspectives d'innovation et de valorisation des filières en Outre-mer**; 28-30 mars 2022 en Guyane. Le projet Aquilaria a été mis à l'honneur durant toute l'événement.;

- Création de l'antenne Cosmetic Valley en Guyane le 28 mars 2022, par GDI.

- Attribution de prix à 2 lauréates dans le cadre de l'RG en juin 2022 et dans le cadre du GDR « Sciences d bois » en novembre 2022. Prix : Pour les résultats de la thèse de doctorat : *Chemical composition of agarwood of Aquilaria crassna Pierre ex. Lecomte induced by Basidiomycetes from French Guiana. IRG53 Annual Meeting, Bled, Slovenia, 29 May - 2 June 2022.* Zaremski C., Ducouso M., Andary C., Michaloud G., Menut C., Zaremski A., Amusant N.; Prix : Meilleur poster ; *Vers une nouvelle filière d'huile essentielle d'Aquilaria/Agarwood en Guyane ?* ; 11^{es} journées du GDR 3544 « Sciences du bois » - Nice, 16-18 novembre 2022 ; Wauquiez Claire, Estevez Yannick, Lehnebach Romain, Chaix Gilles, Zaremski Alba.

- **6- Les agriculteurs intéressés par la culture d'aquilaria en Guyane - L'association AQUIPAG**

Cette partie est présentée par Mr **Didier Tcha, Président de l'association AQUIPAG** et Agriculteur de Régina. A ce jour, l'association est composée d'environ 50 adhérents.

Afin de fédérer le plus grand nombre d'agriculteurs guyanais, les agriculteurs du projet ont créé le 1^{er} février 2016, l'Association des producteurs d'« *Aquilaria plantes à parfum et aromatiques de Guyane* » AQUIPAG ; l'Annonce n° 2507 - page 151 973 - Guyane ASSOCIATIONS Créations Déclaration à la préfecture de la Guyane.

L'Objet de cette association est : *valorisation et promotion de la production d'aquilaria et de plantes à parfums et aromatiques notamment de Guyane et des produits issus de leur cultures ; favoriser la recherche sur les potentialités biochimique, agronomique et économique de l'aquilaria et des plantes à parfums ou aromatiques ; piloter tous projets visant à développer ce secteur et défendre les intérêts de ses adhérents ; accueillir, encadrer, soutenir les adhérents porteurs de projets agricoles dans l'association.*

Le Siège social : Zone Agricole de Corossigny, 97353 Régina. Date de la déclaration : 1er février 2016. <http://www.net1901.org/association/ASSOCIATION-DES-PRODUCTEURS-DAQUILARIA-DE-PLANTES-A-PARFUMS-ET-AROMATIQUES-DE-GUYANE-AQUIPAG,1774019.html>

Les agriculteurs souhaitent dès à présent planter de **plus grandes surfaces** de cette espèce. Cependant, aujourd'hui, le foncier reste une difficulté à la mise en culture à une échelle agricole importante de plants d'Aquilaria.

Un des objectifs de la phase 3 Aquil@guyane est d'élargir l'accès de la culture d'Aquilaria à de nouveaux agriculteurs guyanais afin de développer une véritable filière sur le territoire de la Guyane.

L'équipe du Cirad a présenté le projet Aquil@Guyane devant les agriculteurs de l'Est et de l'Ouest en Guyane et des actions de formation ont été réalisées.

Ces deux réunions ont été organisées par Mr Albert Siong, Président de la Chambre d'agriculture de Guyane.

- **7- Les orientations à prendre et les perspectives : la phase 4 du projet.**

Mme Alba Zaremski rend compte des avancées significatives en termes de savoirs et savoir-faire :

- **Les arbres plantés à Régina et Cacao poussent et se développent bien ;**
- **La méthode d'inoculation est maîtrisée et donne les résultats attendus ;**
- **La technique de distillation à échelle laboratoire est au point ;**
- **Les feuilles récoltées permettent la confection d'infusions.**

Un certain nombre de points restent à approfondir. Les points à approfondir ont notamment été évoqués lors de rencontres avec les représentants des administrations (État, collectivités), les acteurs socio-économiques, les collègues scientifiques et les agriculteurs.

Les actions destinées à répondre à ces interrogations pourront faire l'objet d'une phase 4 articulée autour de l'aspect économique, de l'aspect scientifique, du transfert et de la préservation des connaissances, de l'identification des autres propriétés de l'arbre *Aquilaria* et du respect des diverses législations.

La Phase 4 du projet Aquil@Guyane.

Cette Phase 4 est présentée par **Mr Jérémie Damay**, Chercheur, Cirad BiowooEB, Guyane, qui aura en charge l'élaboration de cette phase 4.

Cinq WP sont identifiés :

- 1. Valoriser les sous-produits issus de l'arbre aquilaria**
- 2. Produire des plants d'aquilaria de qualité**
- 3. Améliorer les inoculations fongiques**
- 4. Relations internationales avec le Laos**
- 5. Coordination et communication**

WP 1 : Valoriser les sous-produits issus de l'arbre aquilaria

- 99% de la masse de l'arbre n'est ni de l'huile essentielle, ni des feuilles
- Caractérisation du bois
 - Composition chimique
 - Molécules extractibles / activités
 - Propriétés physiques, mécaniques, durabilité
- Fabrication de matériaux composites biosourcés
 - Ecoconstruction / bâti tropical
 - Panneaux de structure / panneaux isolants
- Intérêt d'une valorisation énergétique pour la distillation de l'huile essentielle (biomasse, énergie renouvelable locale)
 - Propriétés énergétiques : humidité, PCI, cendres, granulométrie...
- Combinaison énergie + biochar => Pyrolyse
 - Amendement pour les sols (issu de bioressource)
 - Stockage de carbone dans les sols (initiative 4/1000, atténuation du changement climatique)

WP 2 : Mise en place d'une filière de production de plants d'aquilaria de qualité

- Etude des sols + préparation
- Explication de la mortalité
- Mise en place d'un itinéraire technique
- Formation des agriculteurs aux bonnes pratiques de culture

WP 3 : Amélioration de la méthode d'inoculations fongiques et mise en place d'une filière de production de champignons

- Production des champignons en Guyane
- Augmentation de la production de bois noir
- Type de champignon / Durée d'incubation
- Nombre de blessures et disposition / Entretien des blessures
- Guide technique sur la production de champignons en Guyane
- Formation des agriculteurs à la culture des champignons

WP 4 : Relations internationales avec le Laos

- Accompagnement des agriculteurs en vue de l'obtention de l'APA commerciale
- Avec l'appui des ministères et de la chambre d'agriculture de Guyane

WP 5 : Coordination et communication

- Comités techniques et de pilotage
- Communication institutionnelle (FEDER)
- Publications scientifiques
- Communications dans des colloques

Echanges entre les participants

De nombreux échanges constructifs se sont déroulés durant et après les exposés.

Dans son discours introductif, Mr Éric Lafontaine, Directeur de GDI, a souligné notamment :

- L'importance du projet Aquil@Encourage guyane pour les agriculteurs de Guyane,
- L'implication de GDI dans toutes les phases de ce projet, à travers le soutien qu'apporte GDI dans la construction de filière à haute valeur ajoutée en Guyane,
- Le rôle facilitateur de GDI dans ce projet

Dans son discours, le Président de la Chambre d'Agriculture, Mr Albert Siong a réaffirmé son soutien aux côtés des services de l'État et du Cirad pour l'avancée de ce projet qui permettra d'assurer une production durable de l'Aquilaria et de donner une vraie dimension économique à ce projet en Guyane. Il insiste sur le fait que les agriculteurs ont encore besoin du Cirad pour continuer les recherches sur l'Aquilaria, et les accompagner notamment à travers des formations.

Il insiste sur la nécessité d'une phase 4 pour renforcer et préciser certains points et nous assure de son soutien.

Il appuiera le dossier.

Suite à l'exposé sur les relations avec le Laos et les APA, Mme Jeanne Foucher, représentant les Ministères Transition Écologique Cohésion Des Territoires Transition Énergétique Mer, a félicité le Cirad pour le travail accompli en la matière.

Elle précise que les démarches ont été réalisées dans le respect du droit applicable.

Mr Patrice Poncet (DGTM-DEAAF), représentant de l'Etat, souligne :

- Son intérêt pour ce projet porteur de développement pour l'agriculture en Guyane,
- La qualité du travail accompli et des résultats obtenus,

- L'importance du soutien apporté par le Cirad aux agriculteurs,
- La nécessité de continuer cette réflexion, consolider ces résultats à travers une quatrième phase du projet,
- Encourage au recours au dispositif FEDER pour porter cette quatrième phase du projet Aquil@Guyane.

Les participants ont applaudi les agriculteurs impliqués dans le projet pour leur implication et tout le travail accompli tout au long de ces trois premières phases du projet. Ils ont été chaleureusement remerciés.

Mr Didier Tcha évoque le développement de la culture d'aquilaria en Guyane et la disponibilité des surfaces nécessaires.

La crainte est de ne pas disposer de surfaces exploitables dans les temps pour produire de l'aquilaria sans rupture après le projet.

Mme Chantal Berthelot, Présidente de la SAFER de Guyane :

- A apprécié la présentation et la qualité du projet Aquil@Guyane,
- Apportera son soutien aux agriculteurs,
- Est très favorable à la mise en œuvre d'une phase 4.

Par ailleurs, pour ce qui est du foncier, elle demande aux agriculteurs de lui indiquer leurs besoins en terres cultivables en précisant les surfaces nécessaires et les lieux d'implantation à privilégier.

Mme Nadine Amusant, DRRT Guyane, représentante de l'Etat, souligne :

- L'importance du projet pour le développement et l'innovation en Guyane,
- La nécessité d'accompagner et soutenir les agriculteurs dans cette démarche pour la mise en place d'une véritable filière,
- Son soutien pour une phase 4 du projet.

Mme Alba Zaremski, Coordinatrice et responsable scientifique du projet Aquil@Guyane, conclue la réunion :

- Précise que ce projet est un véritable exemple de l'appui de la recherche pour contribuer au développement économique d'un territoire, à travers l'accompagnement des acteurs tout en contribuant à la protection d'une espèce par l'acquisition de nouvelles connaissances.
- Remercie tous les participants et souligne la richesse des débats.

La séance se termine à 13h30, heure de Guyane.



Bases scientifiques et techniques pour la création d'une filière d'huiles essentielles d'« Aquilaria (Agarwood) » haut de gamme, et de produits dérivés, en Guyane

ce Projet est cofinancé Par l'union euroPéenne
Montant Du Projet : 655 299,04 euros
L'Europe s'engage en Guyane avec le fonds FEDER
Participation FEDER : 407 727,76 €
Participation Collectivité Territoriale de Guyane : 90 905,70 €
Participation CIRAD : 156 665,58 €
Partenaire du projet : Guyane Développement Innovation

3 Parcelles PotentielleMentexPloitables à cacao et à reGina

Le projet porte sur le développement d'une filière
autour de l'arbre du genre Aquilaria, arbre provenant du Laos.
Les produits issus de cet arbre étant très lucratif, l'idée
est de développer sur le territoire un aquilaria de qualité
avec des champignons locaux pour accroître la compétitivité
de l'agriculture et de l'économie locale.

Les objectifs du projet

1 **Définir avec les agriculteurs** les conditions d'installation et de culture d'Aquilaria : plantations pures avec couverture végétale de protection du sol ou en mélange avec d'autres espèces.

2 **fournir aux agriculteurs** des bases pour la mise en place d'une filière de production durable de feuilles d'Aquilaria.

3 **ProDuire en Guyane** des oléorésines d'une grande pureté à partir de conditions de culture les plus biologiques possibles et de contaminations fongiques contrôlées du bois.

4 **Mettre en place** les conditions nécessaires à une production optimale d'huiles essentielles répondant aux exigences de la future filière :

- maîtrise des rendements en substances volatiles et non volatiles constituant l'oléorésine selon un cahier des charges établi ;
- conditions de récolte du bois, de stockage, de préparation, de distillation...

Date de début 01/01/2021 - Date de fin : 30/08/2023



CIRAD – Campus Agronomique de Kourou
BP 701 - 97387 Kourou Cedex
Tél. : 05 94 32 73 50

Site Web Cirad : www.cirad.fr
Contact : aliba.zaremski@cirad.fr
Tél. : 04 67 61 49 69



Conception : Cirad, Matine Dupont - février 2022 — © photos Cirad