



## Amélioration technologique de la distillation d'huiles essentielles dans la région de DIANA - Madagascar

\*\*\*

### Note de cadrage (L1)

CONTRAT N° 087/C/PIC2 2/2019 – SalvaTerra SAS



Coordination nationale du projet Pôles Intégrés de Croissance et Corridors (PIC2)  
Immeuble ex-Maison de la Réunion - 2ème Etage - Isoraka  
101 – Antananarivo Madagascar

Octobre 2019



## Sommaire

---

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 1.     | Introduction.....  | 2  |
| 1.1.   | Contexte de la prestation.....   | 2  |
| 1.2.   | Objectifs de la prestation .....   | 2  |
| 1.3.   | Organisation générale de la prestation.....  | 3  |
| 2.     | Méthodologie de travail actualisée .....   | 4  |
| 2.1.   | Phase 1 : état des lieux .....   | 4  |
| 2.1.1. | Activité 1.1. Analyse de la documentation.....   | 4  |
| 2.1.2. | Activité 1.2. Préparation de la mission .....  | 5  |
| 2.1.3. | Activité 1.3. Mission à Madagascar .....   | 5  |
| 2.1.4. | Activité 1.4. Rédaction du rapport état des lieux .....                                    | 6  |
| 2.2.   | Phase 2 : Mise en place d’unité(s) pilote(s) de distillation.....                          | 7  |
| 2.2.1. | Activité 2.1. Préparation de la mission .....  | 7  |
| 2.2.2. | Activité 2.2. Mission de validation sites pilotes et préparation du(des) chantier(s) ..... | 7  |
| 2.2.3. | Activité 2.3. Rédaction rapport sites pilotes .....  | 8  |
| 2.2.4. | Activité 2.4. Conception finale du (des) prototype(s).....                                 | 8  |
| 2.2.5. | Activité 2.5. Préparation mission construction.....  | 8  |
| 2.2.6. | Activité 2.6. Mission de construction .....  | 8  |
| 2.3.   | Phase 3 : validation des performances & perspectives.....                                  | 9  |
| 2.3.1. | Activité 3.1. Préparation de la mission .....  | 9  |
| 2.3.2. | Activité 3.2. Mission de test des performances et restitution aux acteurs.....             | 9  |
| 2.3.3. | Activité 3.3. Rédaction rapport final.....   | 9  |
| 3.     | Chronogramme prévisionnel actualisé.....   | 10 |
| 4.     | Annexes .....  | 12 |
| 4.1.   | Annexe 1. Liste non exhaustive de la documentation à analyser .....                        | 12 |
| 4.2.   | Annexe 2. Exemple d’outils de collecte de données qui seront utilisés .....                | 13 |

## 1. Introduction

---

### 1.1. Contexte de la prestation

---

Le Gouvernement de Madagascar met en œuvre le Projet Pôles Intégrés de Croissance et Corridors (PIC2) avec l’appui financier de la Banque Mondiale. Le Projet PIC2 contribue au Programme de l’Emergence pour Madagascar initié par l’Etat en soutenant notamment le développement du secteur du tourisme et de certaines filières-clefs de l’agrobusiness dans la région Diana au Nord-Ouest, la région Atsimo-Andrefana au Sud-Ouest, et la région Anosy au Sud de l’île.

#### *La filière huiles essentielles : un secteur agricole porteur*

La filière huiles essentielles est une des filières porteuses sélectionnées pour la région Diana. Un diagnostic de la filière a été réalisé et a mis en évidence la nécessité d’une étude plus approfondie sur le plan technologique pour améliorer le processus de distillation.

Le marché mondial des huiles essentielles est en croissance durable depuis plus de vingt ans et devrait continuer à croître de 9,6 % entre 2017 et 2022 pour atteindre des valeurs de 27,5 milliards de \$US fin 2022. En 2017, la valeur FOB des exportations d’huiles essentielles de Madagascar s’élevait à 44,4 M\$US, soit le troisième produit d’exportation d’origine végétale après la vanille et le girofle.

Concernant l’huile essentielle d’Ylang ylang, la région Diana est la première région de production à Madagascar. Selon une étude approfondie menée par le projet PIC en 2019, la région DIANA dispose de 701 hectares de cultures d’Ylang ylang, 327 256 pieds, qui produisent 1 235 tonnes de fleurs, avec un rendement moyen par pied de 3,77 kilogrammes. La production en huile essentielle est d’environ 60 à 150 kilogrammes par hectare d’Ylang Ylang planté. On y retrouve également d’autres produits comme l’huile essentielle de Girofle, de vétiver et Lemongrass, mais l’Ylang ylang reste le produit phare de la région.

#### *Des risques environnementaux majeurs*

L’usage d’alambics rustiques fonctionnant au bois de feu par les distillateurs artisanaux est problématique. La consommation de bois pour la production d’un kilogramme d’huile essentielle d’Ylang Ylang est de 1m<sup>3</sup> pour Madagascar, alors que les îles Comores et Mayotte en consomment nettement moins, respectivement 0,67 et 0,5 à 0,9 m<sup>3</sup>. Ces problématiques technologiques constituent un véritable blocage pour le développement durable de la filière.

C’est à ce titre que le PIC2 recrute - en appui au Ministère en charge de l’Agriculture (MAEP), au Ministère en charge du Commerce et de l’Industrie (MICA) et au Ministère en charge de L’Environnement (MEDD) , un Consultant individuel de niveau international pour réaliser une étude spécifique sur la capitalisation des diverses technologies de distillation et sur le volet traitement post-récolte ainsi que sur la gestion des intrants, avec une considération particulière sur l’Ylang ylang.

Les résultats de l’étude seront intégrés dans un plan stratégique de développement durable de la filière à Diana qui sera proposé aux autorités et aux acteurs et qui servira à identifier les appuis potentiels du Projet PIC2. D’autres partenaires techniques et financiers (ONU/DI, AFD...) pourraient participer à la mise en œuvre ou la mise à l’échelle des solutions identifiées.

### 1.2. Objectifs de la prestation

---

Les objectifs avancés dans les termes de références sont :

- **Capitaliser les bonnes pratiques internationales et locales et dresser un état de lieux des principaux procédés technologiques** en termes de distillation optimisée et de réduction ou substitution du bois de chauffe, ainsi que du traitement post récolte au niveau national et international par type d’huile essentielle. Analyser spécifiquement les procédés spécifiques sur l’utilisation du combustible de distillation. Sont à capitaliser aussi les expériences sur l’optimisation de la distillation d’Ylang ylang aux Îles Comores et sur la distillation de girofle sur la Côte Est de Madagascar, ainsi que les autres recherches/initiatives menées par

quelques opérateurs de la région Diana, sur la distillation de l’Ylang ylang. Discuter avec les différentes catégories de distillateurs d’Ylang ylang dans la région Diana, notamment les petits distillateurs artisanaux.

Des fiches descriptives des matériels seront à élaborer pour chaque type d’unité, précisant : la description générale de l’unité, le type de combustible, la nature et quantité de tous les intrants utilisés, le pouvoir calorifique apporté par le combustible, le type de foyer, le circuit de distribution calorifique, la description des cuves, et le type de cheminée. Une pré-identification des principaux fabricants d’alambic sera à réaliser.

- **Faire fabriquer et tester les prototypes d’alambic identifiés suite à une recherche de développement technologique**, permettant l’amélioration des unités de distillation locales et la réduction/substitution de l’utilisation de bois de chauffe, tenant compte des critères de : rendement, qualité, coût, la facilité de montage et de conduite technique, et la rentabilité économique de l’unité pour faciliter la mise à l’échelle que le projet et ses partenaires publics visent à plus long terme :

- Mise en place d’outils de suivi de recherche (fiches de suivi, etc...) ;
- Dimensionnement et mise en schéma théoriques des prototypes d’alambic amélioré ;
- Identification des principales contraintes et opportunités pour l’amélioration technique des unités de transformation locales, selon la capitalisation précédemment réalisée ;
- Identification d’alternatives de source d’énergie ou de combustible, avec comme critères de choix le pouvoir calorifique des combustibles ou essences forestières de bois ainsi que la durabilité de chaque alternative ;
- Sélection d’un ou de fabricants ou fournisseurs d’alambic au niveau local et dans les Iles voisines ;
- Mise en place d’unités pilotes : des prototypes seront installés auprès d’opérateurs pilotes à Diana, à sélectionner avec les partenaires du PIC et proposés par le Groupement des Exportateurs d’Huiles Essentielles de Madagascar (GEHEM).
- Conduite d’essais avec les prototypes dans la région Diana et analyse des résultats ;
- Revue de l’impact du coût du combustible et des autres améliorations technologiques dans la structuration du prix de revient de chaque huile essentielle ;
- Synthèse des résultats, des améliorations obtenues, ainsi qu’une projection financière du coût de l’investissement ;
- Evaluation sommaire de l’impact environnemental de l’unité améliorée sur le plan énergétique ;

- **Elaborer des cahiers de charge des « unités- type » qui seront retenues** et des divers procédés de prétraitement et distillation ;

### **1.3. Organisation générale de la prestation**

---

La mission a démarré le 15 octobre 2019, jour de signature du Contrat par SalvaTerra et le PIC2.

Le consultant international en charge de cette prestation est Jean-François Rozis, expert biomasse - énergie ayant menés plusieurs expertises de ce type notamment un travail d’introduction technologique aux Comores d’alambics à combustion bois de feu performante constructibles par les artisans locaux.

Sur cette expérience, il a été proposé une suite de travaux nécessaires à l’atteinte des objectifs initiaux :

- un rapport de cadrage précisant les modalités d’intervention et attentes spécifiques
- une mission de caractérisation de l’état des lieux suivi d’une concertation avec l’équipe du PIC2 sur l’orientation technologique retenue
- un travail rédactionnel de synthèse de cet état des lieux

- un travail de concertation et de conception du prototype à réaliser en lien avec l’expertise technique mobilisée
- une mission de préparation et une mission de réalisation de chantier
- une mission de caractérisation du(des) prototype(s) construits
- un travail de rédaction d’un rapport final reprenant l’ensemble des acquis et résultats obtenus suivi de recommandations pour passer à l’échelle

Pour cela, une méthodologie d’intervention a été proposée :

- **Phase 0** : Rapport de cadrage de la mission (mi-octobre à fin octobre 2019)
- **Phase 1** : Connaissance du contexte et orientation technologique (fin octobre à mi-décembre 2019)
- **Phase 2** : Mise en place d’une à deux unités pilotes (fin décembre 2019 à mi-mars 2020)
- **Phase 3** : Test et validation des performances, restitution aux acteurs et recommandations pour mise à l’échelle (mi-mars à fin avril 2020)

Le présent rapport de cadrage reprend et détaille l’approche et la méthodologie d’intervention afin de réaliser dans les meilleures conditions :

- l’analyse du contexte local (caractérisation, ressources et potentialités, contraintes spécifiques),
- un choix concerté de l’orientation technologique identifiée avec les diverses parties prenantes sur la base de l’expertise disponible et à solliciter
- la préparation du futur chantier de construction
- la réalisation du chantier
- l’évaluation des performances obtenues et la formulation des perspectives et impacts attendus

## **2. Méthodologie de travail actualisée**

---

### **2.1. Phase 1 : état des lieux**

---

Cette phase va permettre de collecter l’ensemble des informations disponibles et pertinentes dans la bibliographie et lors de diverses visites sur le terrain afin de restituer en deux temps :

- la typologie des distillateurs prioritaires
- les critères de sélection pour le(s) futur(s) site(s) pilote(s)
- l’approche technologique la plus pertinente
- un pré-cahier des charges à finaliser en début de phase 2

Il sera présenté de manière succincte dans un premier temps à Tananarive en fin de mission ces premiers éléments de concertation et de préparation de la phase 2. Un rapport détaillé (L2) sera produit dans un second temps (au plus tard pour mi-décembre) reprenant l’ensemble des éléments collectés et d’analyse technique, économique et environnementale avec un travail qualitatif de présentation et de synthèse incluant la revue bibliographique et les éléments collectés et mesurés au cours de la mission de terrain.

#### **2.1.1. Activité 1.1. Analyse de la documentation**

---

Il sera réalisé une analyse de la documentation technique disponible sur les filières de distillation d’huiles essentielles (spécificités technologiques, économiques, organisationnelles) existants aux Comores, en Indonésie et à Madagascar. Le consultant dispose déjà de beaucoup d’éléments de comparaison technico-économique sur plusieurs zones où il est intervenu (Cf. Annexe 1):

- Madagascar hors zone de Diana (région Fénérive Est sur filière girofler, région Haute Matsiatra sur filière géranium),

- Comores (filière Ylang Ylang)
- Indonésie (patchouli, feuilles de giroflier).

Cette analyse documentaire sera complétée par les éléments disponibles pour la région de Diana (présentation de la filière, études économiques, information disponible sur Internet).

**NB - PIC2 : Toute aide/recommandation du PIC2 pour identifier une documentation existante pertinente concernant la région de Diana ou des initiatives prometteuses est appréciée.**

Les éléments collectés permettront de proposer une synthèse comparative entre les filières sur les ratios de performances technologiques et économiques entre les filières et l’explication des choix technologiques induits en lien avec la capacité d’investissement, le besoin de qualité spécifique exigé par la filière aval, un savoir-faire technique spécifique, etc.

Cette synthèse comparative sera plus poussée concernant l’Ylang Ylang, filière cible de la présente étude avec notamment les données issues du travail mené aux Comores.

Ce travail de synthèse sera restitué dans le rapport état des lieux (L2).

### **2.1.2. Activité 1.2. Préparation de la mission**

---

La préparation de la mission de terrain consiste à :

- identifier une personne ressource pour faciliter le travail sur Nosy Be et Ambanja
- établir la logistique nécessaire (billets avions, déplacements locaux, réservation hôtel,...)
- élaborer le programme prévisionnel (sites à visiter, rencontres à effectuer)
- rassembler l’instrumentation nécessaire
- préparer les supports de collecte de données (guides d’entretien, supports de suivi de performances et de caractérisation des sites, instrumentation dédiée) (Cf. exemples en Annexe 2)

**NB - PIC2 : Il s’agira rapidement de désigner un facilitateur de la mission de terrain à Nosy Be et Ambanja afin d’échanger sur le calendrier, les visites à prévoir, les aspects logistiques, l’accompagnement possible notamment pour faciliter la traduction, etc.**

Beaucoup d’aspects logistiques doivent être précisés en lien avec la personne désignée comme le contact local. Un programme prévisionnel sera alors établi et envoyé au PIC2 pour validation.

L’instrumentation qui sera préparée et amenée en mission consiste en :

- analyseur combustion (qualité combustion et taux de dilution pour estimer les pertes par les fumées)
- thermocouple type K à immersion et boîtier lecteur
- thermomètre infrarouge (températures de surface)
- peson à suspendre (pesée du bois) portée max 150 kg, corde
- contenant pour estimer débit eau (refroidissement et distillation)
- mètre ruban pour prise de cotes des installations existantes
- balance type pèse lettre pour mesure humidité bois

En mission, il sera nécessaire d’utiliser un micro-onde (séchage rapide échantillon de bois et mesure perte en eau) pour définir son humidité initiale. Disponibilité à Nosy Be à vérifier.

### **2.1.3. Activité 1.3. Mission à Madagascar**

---

Cette mission est prévue à partir du 3 novembre en fonction des adaptations liées aux dates des vols choisies France – Madagascar et liaisons Tananarive- Nosy Be. Elle est prévue sur une durée de 15 jours.

*NB* : Compte tenu des travaux antérieurs du consultant aux Comores et dans d’autres zones de production à Madagascar, des missions internationales ou hors Diana sont jugées inutiles pour réaliser une synthèse technico-économique comparative (technologie, performances énergétiques & économiques, modèle organisationnel,...).

Programme indicatif de mission :

- *Tananarive* (2j) : rencontre des responsables du projet PIC2, autorités impliquées (MAEP, MICA, MEDD), universités (ESSA, laboratoire de test de matériaux de construction), représentants du GEHEM et opérateurs privés à Tana (AIM, Jacaranda, etc.)
- *Nosy Be* (10j) : Etude du contexte, des dispositifs existants et pré-identification des sites pilotes:
  - Visite a minima d’une dizaine de sites de distillation divers (de l’artisanal aux équipements les plus performants) ;
  - Entretiens avec producteurs, distillateurs, exportateurs ;
  - Identification des capacités techniques sur Nosy Be (fournisseurs de matériaux, artisans soudeurs, principaux fabricants alambics & accessoires, etc.)
  - Modalités pour présélection logisticien accompagnateur malgache (phase construction)
  - Identification de possibles sites pertinents pour tests de caractérisation ;
  - Suivi instrumenté d’un ou deux sites si deux technologies utilisées (caractérisation des performances des installations) ;
- *Ambanja* (1,5j): visite de sites de distillation (M. Eric, BIOLANDES, etc.), artisans/fabricants ;
- *Nosy Be puis Tana* (1,5j): Restitution orale au PIC2 et GEHEM puis retour en France.

#### **2.1.4. Activité 1.4. Rédaction du rapport état des lieux**

---

Rédaction d’un rapport conforme aux exigences des TDR :

- **Description du contexte régional de Diana:** présentation des installations & technologies rencontrées suivant les catégories de distillateurs (approvisionnement et stockage combustible/matière verte, équipements & accessoires, choix implantations des sites vs approvisionnement et accès à l’eau, processus de distillation, ratios de performances économiques et énergétiques fournis lors des entretiens) ;
- **Présentation et analyse typologie distillateurs** cœur de cible du futur projet diffusion vs impacts potentiels (réduction de la pression sur la ressource forestière, pérennisation de la dynamique d’appui, potentiel de démultiplication, etc.) ;
- **Comparatif entre différentes solutions technologiques au niveau international** (degré maturité, énergie, performances, contraintes produit, capacité investissement, durée de vie/maintenance, appropriation locale, ...). Explications techniques et économiques des solutions actuelles entre les filières Ylang Ylang, feuilles de giroflier et géranium à Madagascar (données recueillies lors de travaux antérieurs) ;
- **Analyse du suivi instrumenté d’un ou deux sites représentatifs** du « cœur de cible », élaboration des ratios de performances (consommation spécifique par litre d’HE et kg de matière verte, usage eau de refroidissement et distillation,...), élaboration du modèle énergétique (rendement énergétique et répartition des pertes parois, gaz de combustion, inertie, ...), calcul de l’excédent brut d’exploitation et répartition par poste de dépenses, calcul capacité d’investissement en fonds propres du distillateur propriétaire suivant scénario de production/organisation ;
- **Comparatif des ratios obtenus avec le contexte de production d’HE Ylang Ylang actuel aux Comores** ;
- **Cahier des charges des sites pilotes pour sélection finale** et implantation d’un ou deux prototypes en phase 2 ;
- **Choix de la technologie la plus appropriée par l’élaboration d’une matrice multicritères** ;
- **Premiers éléments de cahier des charges de la technologie à introduire** (niveau performances et impacts attendus si large diffusion, durée de vie, spécificité usage et entretien-maintenance, spécificité du combustible, coûts, prise en compte savoir-faire fabricants-réparateurs locaux, prix max installé et frais entretien annuels, ...)

- **Concertation avec l’équipe projet sur le choix final technologie et typologie des sites démonstratifs.** Explication sur profil et appel à recrutement durée déterminée chef de chantier malgache pour préparation chantier construction.

## **2.2. Phase 2 : Mise en place d’unité(s) pilote(s) de distillation**

### **2.2.1. Activité 2.1. Préparation de la mission**

Cette mission va consister à:

- valider le choix des sites pilotes parmi ceux pré-identifiés,
- identifier les fabricants locaux aptes à produire les accessoires et l’alambic
- identifier une équipe de mâçons aptes à construire une chambre de combustion bois de feu performante
- identifier les fournisseurs de matériaux, les gisements locaux (pouzzolane, argile, sable)
- expliciter la mise en place du chantier, le besoin d’une personne à identifier en charge de l’approvisionnement des matériaux et le respect des cotes des divers éléments constituant l’alambic qui seront assemblés avant le lancement du chantier pour éviter tout retard ultérieur
- les besoins en contractualisation et respect des délais/qualité du travail demandé
- validation finale cahier des charges du futur équipement avec équipe PIC2 et calage des dates probables pour la construction

La préparation de la mission consistera à :

- réviser le rapport état des lieux,
- préparer les supports méthodologiques (entretien, visite, tests qualité production des fabricants, ...)
- prise de RDV et proposition de calendrier prévisionnel

*Incertitudes et risques* : Flexibilité nécessaire en fonction des résultats de l’état des lieux (phase 1).

- **Absence d’équipe construction formée** : L’analyse des technologies actuelles à Madagascar montre un point de faiblesse sur la partie foyer de combustion bois à partir de matériaux disponibles (conception chambre de combustion, conception et dimensionnement conduit de fumées, usage des matériaux suivant les zones de température, isolation performante, ...) avec l’absence de maître maçon formé à ce type de construction spécifique. Les foyers de combustion sont peu performants, fortement émissifs, et à faible durée de vie. Par contre, des fabricants type AIM à Tana sont en mesure de produire les alambics et les accessoires de grande qualité.
- **Maitrise des délais et des coûts** : suivant le diagnostic et le degré d’homogénéité du cœur de cible, le choix final de la technologie à introduire pourrait varier et donc le budget construction. Les échanges avec les responsables du PIC2 devront permettre de reconsidérer si nécessaire la pertinence d’un ou deux sites démonstratifs à cette étape.

### **2.2.2. Activité 2.2. Mission de validation sites pilotes et préparation du(des) chantier(s)**

Mission de 10 j de l’expert pour préparation du chantier et validation site(s) pilote(s).

- Rencontre avec les fabricants et artisans pré-identifiés (spécificités des matériaux disponibles, entretien, présence d’outillage, test sur réalisation d’une pièce spécifique, chiffrage, etc.) à Tana et en région de Diana ;
- Sélection finale du chef de chantier malgache pour réception et respect conformité des pièces préfabriqués en amont du chantier construction ;
- Visite des sites pré-identifiés durant la mission « état des lieux » et autres sites si nécessaire correspondant au cahier des charges établi ;
- Rencontre avec le logisticien accompagnateur de l’expert constructeur présélectionné
- Choix final site démonstratif sur base analyse multicritères ;

- Elaboration cahier des charges final de la technologie à introduire et du mode opératoire le plus pertinent, validation avec équipe projet PIC2 et partenaires.

### **2.2.3. Activité 2.3. Rédaction rapport sites pilotes**

L’expert constructeur produira un rapport sommaire reprenant les éléments clés de la mission qui sera annexé dans le rapport final de la prestation.

### **2.2.4. Activité 2.4. Conception finale du (des) prototype(s)**

Compte tenu des éléments collectés et de la concertation avec les responsables du PIC2, un cahier des charges final aura été produit reprenant la puissance en lien avec la typologie des unités de distillation, les spécificités de construction, une estimation du chiffrage et les performances attendues.

Il sera recherché de maximiser l’implication de fabricants et matériaux disponibles en région de Diana afin de réduire les coûts finaux, permettre une marge diffusion future et faciliter la maintenance des installations.

L’expert constructeur passera alors à la conception en 3D (logiciel SketchUp, version professionnelle) pour prendre en compte la spécificité des matériaux disponibles, la conception d’une chambre de combustion bois performante, dimensionnement spécifique, usage d’accessoires existants, etc..

Ce travail de conception permettra d’établir les plans de construction 2D et 3D à destination des fabricants afin de réaliser les pièces à préparer avant la mission de construction.

### **2.2.5. Activité 2.5. Préparation mission construction**

Avant de s’engager, il faudra clarifier en adéquation avec les échanges établis lors de la mission de préparation la formulation des divers contrats et activités avant lancement du chantier :

- élaboration des contrats de fourniture des éléments,
- contrat avec propriétaire site pilote.
- commande des éléments et contrôle qualité en lien avec chef de chantier/logisticien contractualisé en amont du lancement du chantier.

Le programme du chantier et l’organisation de l’équipe seront alors définis. Il est attendu de l’équipe de PIC2 de faciliter cette étape de préparation (contractualisation, suivi et alerte au besoin sur l’avancement de la préparation, appui ponctuel au besoin au chef de chantier/logisticien identifié).

### **2.2.6. Activité 2.6. Mission de construction**

La mission de construction a été conçue sur une durée de 20 jours à Nosy Be pour l’expert constructeur. A ce stade, il est difficile de préciser l’organisation tant que les choix finaux ne sont pas précisés.

Après une étape de préparation de chantier (outillage nécessaire, répartition responsabilité, atelier de découpe/préparation mortier, programmation à venir et délais à respecter), la base maçonnée sera montée en respectant les standards de construction (respect des cotes, réalisation des mortiers, respect horizontalité, joints de dilation, éléments réfractaires en contact avec les flammes et zones haute température, chambre de combustion flottante, isolation renforcée, assemblage avec parties métalliques, temps de séchages à respecter, etc.).

Suivant l’équipe de construction retenue, des temps de formation et de reprise de réalisations devront être prévus tant la qualité de la maçonnerie conditionne la longue durée de vie et donc la rentabilité de l’installation. La qualité de construction proposée par Planète Bois garantit une haute performance mais aussi une tenue minimale de 10 ans de pièces les plus exposées et une maintenance facilitée et à coût réduit des éléments d’usure.

Le non respect de cotes envoyées après la phase de conception pour les éléments métalliques à assembler entraînera inévitablement des retards de chantier.

Il s’agira de préférence de faire appel à des artisans malgaches déjà formés et compétents. En l’absence de certaines compétences spécifiques notamment pour la partie maçonnerie, on garde la possibilité de mobiliser une équipe comorienne déjà formée.

Le budget présenté dans l’offre financière intègre une part variable qui permettra de mobiliser 2 maîtres maçons et un adjoint pour cette mission. Le budget intègre également une estimation des coûts de matériaux, accessoires et outillage spécifique nécessaire à la construction.

Un rapport de chantier sera rédigé et annexé au rapport final.

### **2.3. Phase 3 : validation des performances & perspectives**

---

Afin de valider les performances obtenues, un test de ou des installation(s) pilote(s) est prévu sur la base de la méthodologie de caractérisation appliquée dans la mission état des lieux.

#### **2.3.1. Activité 3.1. Préparation de la mission**

---

La préparation de la mission consistera à :

- réviser le rapport de chantier ainsi que des échanges avec l’expert constructeur,
- préparer les supports méthodologiques (protocole de test suivant méthodologie utilisée durant mission état des lieux)
- préparer l’instrumentation nécessaire
- prise de RDV et proposition de calendrier prévisionnel (disponibilité en matière verte, etc..)

#### **2.3.2. Activité 3.2. Mission de test des performances et restitution aux acteurs**

---

Mission de 9 jours de l’expert :

- Arrivée à Tana et départ à Nosy Be (1j)
- Mise en route prototype et réglages au besoin (3 jours)
- Série de tests de suivi instrumenté (3j)
- Restitution-échanges à Tana (2j)

Les tests permettront de suivre les performances énergétiques (démarrage à froid, à chaud), d’établir un bilan thermique (énergie utile, répartition des pertes) et de fournir les informations suivantes pour établir des comparaisons avec les équipements existants (kWh/kg huile essentielle, gain en rendement de production kg HE/kg matière verte, les durées de distillation, quantité d’eau consommée, le gain économique par cycle de distillation, le temps de retour sur investissement, les impacts environnementaux, le gain en qualité de combustion, les conditions de travail améliorées avec l’absence de fumées, de chaleur radiante et une facilité d’enfournement, etc.).

#### **2.3.3. Activité 3.3. Rédaction rapport final**

---

Un rapport final sera rédigé et soumis en version provisoire (L3) puis en version finale (L4) après intégration des commentaires du PIC2.

Il intégrera les éléments importants de l’état des lieux, des choix de conception, du déroulement du chantier, des résultats obtenus et des perspectives et recommandations pour une large diffusion.

Il abordera entre autres les pistes pour un approvisionnement durable en combustible ligneux, les besoins de structuration de la filière amont, les modalités d’appropriation technologique par les fabricants et installateurs identifiés ainsi que les besoins d’accompagnement des producteurs en vue de l’élaboration d’un programme ambitieux de large diffusion de la technologie validée in situ.

### 3. Chronogramme prévisionnel actualisé

Ce calendrier ne tient pas compte des temps de validation des rapports, d’éventuels retards administratifs, il sera adapté au fur et à mesure.

|   | Total hj  | JFR       | IP        | AC          | 15/10 | 22/10 | 29/10 | 5/11 | 12/11 | 19/11 | 26/11 | 3/12 | 10/12 | 17/12 | fin année | 6/1 | 13/1 | 20/1 | 27/1 | 3/2 | 10/2 | 17/2 | 24/2 | 2/3 | 9/3 | 16/3 | 23/3 | 30/3 |  |  |  |
|---|-----------|-----------|-----------|-------------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-----------|-----|------|------|------|-----|------|------|------|-----|-----|------|------|------|--|--|--|
| <b>Phase 0</b>  |           |           |           |             |       |       |       |      |       |       |       |      |       |       |           |     |      |      |      |     |      |      |      |     |     |      |      |      |  |  |  |
| Rédaction du rapport de cadrage   | 2,5       | 2         |           | 0,5         | ★     |       |       |      |       |       |       |      |       |       |           |     |      |      |      |     |      |      |      |     |     |      |      |      |  |  |  |
| <b>Phase 1 : Etat des lieux des procédés technologiques</b>   |           |           |           |             |       |       |       |      |       |       |       |      |       |       |           |     |      |      |      |     |      |      |      |     |     |      |      |      |  |  |  |
| A1.1. Analyse de la documentation   | 4         | 3         |           | 1           |       |       |       |      |       |       |       |      |       |       |           |     |      |      |      |     |      |      |      |     |     |      |      |      |  |  |  |
| A1.2. Préparation de la mission   | 2,5       | 2         |           | 0,5         |       |       |       |      |       |       |       |      |       |       |           |     |      |      |      |     |      |      |      |     |     |      |      |      |  |  |  |
| A.1.3. Mission à Madagascar   | 15        | 15        |           |             |       |       |       |      |       |       |       |      |       |       |           |     |      |      |      |     |      |      |      |     |     |      |      |      |  |  |  |
| A1.4. Rédaction du rapport état des lieux   | 7,5       | 6         |           | 1,5         |       |       |       |      |       |       |       | ★    |       |       |           |     |      |      |      |     |      |      |      |     |     |      |      |      |  |  |  |
| <b>Phase 2 : Mise en place de 2 unités pilotes</b>  |           |           |           |             |       |       |       |      |       |       |       |      |       |       |           |     |      |      |      |     |      |      |      |     |     |      |      |      |  |  |  |
| A2.1. Préparation de la mission de l'expert construction  | 3,5       |           | 2         | 2           |       |       |       |      |       |       |       |      |       |       |           |     |      |      |      |     |      |      |      |     |     |      |      |      |  |  |  |
| A2.2. Mission de validation sites pilotes et préparation chantiers  | 10        |           | 10        |             |       |       |       |      |       |       |       |      |       |       |           |     |      |      |      |     |      |      |      |     |     |      |      |      |  |  |  |
| FETES DE FIN D'ANNEE (dépend date de du démarrage)  | 0         |           |           |             |       |       |       |      |       |       |       |      |       |       |           |     |      |      |      |     |      |      |      |     |     |      |      |      |  |  |  |
| A.2.3. Rédaction rapport sites pilotes  | 3         |           | 1         | 2           |       |       |       |      |       |       |       |      |       |       |           |     |      |      |      |     |      |      |      |     |     |      |      |      |  |  |  |
| A2.4. Conception et dessin du prototype à introduire  | 5         |           | 5         |             |       |       |       |      |       |       |       |      |       |       |           |     |      |      |      |     |      |      |      |     |     |      |      |      |  |  |  |
| A2.5. Préparation mission de construction   | 2         |           | 1         | 1           |       |       |       |      |       |       |       |      |       |       |           |     |      |      |      |     |      |      |      |     |     |      |      |      |  |  |  |
| A2.4. Mission et rapport de construction des unités pilotes   | 21        |           | 20        | 1           |       |       |       |      |       |       |       |      |       |       |           |     |      |      |      |     |      |      |      |     |     |      |      |      |  |  |  |
| <b>Phase 3 : Tests et validation des performances, restitution aux acteurs et recommandations pour mise à l'échelle</b> |           |           |           |             |       |       |       |      |       |       |       |      |       |       |           |     |      |      |      |     |      |      |      |     |     |      |      |      |  |  |  |
| A3.1. Préparation de la mission   | 2,5       | 2         |           | 0,5         |       |       |       |      |       |       |       |      |       |       |           |     |      |      |      |     |      |      |      |     |     |      |      |      |  |  |  |
| A3.2. Mission de test des performances et restitution aux acteurs   | 9         | 9         |           |             |       |       |       |      |       |       |       |      |       |       |           |     |      |      |      |     |      |      |      |     |     |      |      |      |  |  |  |
| A3.3. Rédaction rapport final   | 7,5       | 6         |           | 1,5         |       |       |       |      |       |       |       |      |       |       |           |     |      |      |      |     |      |      |      |     |     |      |      |      |  |  |  |
| <b>TOTAL</b>  | <b>95</b> | <b>45</b> | <b>39</b> | <b>11,5</b> |       |       |       |      |       |       |       |      |       |       |           |     |      |      |      |     |      |      |      |     |     |      |      |      |  |  |  |
|   |           |           |           | 95          |       |       |       |      |       |       |       |      |       |       |           |     |      |      |      |     |      |      |      |     |     |      |      |      |  |  |  |
| ★ L0 - Note de cadrage  |           |           |           |             |       |       |       |      |       |       |       |      |       |       |           |     |      |      |      |     |      |      |      |     |     |      |      |      |  |  |  |
| ★ L1 - Rapport "Etat des lieux"   |           |           |           |             |       |       |       |      |       |       |       |      |       |       |           |     |      |      |      |     |      |      |      |     |     |      |      |      |  |  |  |
| ★ L4a - Annexe "sites pilotes"  |           |           |           |             |       |       |       |      |       |       |       |      |       |       |           |     |      |      |      |     |      |      |      |     |     |      |      |      |  |  |  |
| ★ L4b - Annexe "dessin 3D du prototype"   |           |           |           |             |       |       |       |      |       |       |       |      |       |       |           |     |      |      |      |     |      |      |      |     |     |      |      |      |  |  |  |
| ★ L4c - Rapport "mission de construction"   |           |           |           |             |       |       |       |      |       |       |       |      |       |       |           |     |      |      |      |     |      |      |      |     |     |      |      |      |  |  |  |
| ★ L3 - Rapport évaluation   |           |           |           |             |       |       |       |      |       |       |       |      |       |       |           |     |      |      |      |     |      |      |      |     |     |      |      |      |  |  |  |
| ★ L4 - Rapport final  |           |           |           |             |       |       |       |      |       |       |       |      |       |       |           |     |      |      |      |     |      |      |      |     |     |      |      |      |  |  |  |

| N° | Contenu  | Echéance                               |
|----|--|--|
| L1 | <b>Note de cadrage</b> : Méthodologie de travail actualisé - Planning de travail actualisé   | 10 jours après signature du contrat    |
| L2 | <b>Etat des lieux des procédés technologiques</b> comprenant : Capitalisation et comparatif des solutions technologiques internationales - Typologie distillateurs dans le Diana et Madagascar - Analyse de typologie type de distillerie (rendement, consommation énergie, ...) - Comparatif des données de Diana vs données autres régions vs données internationales (surtout Comores) - Proposition d’amélioration du système de distillation (draft de premier cahier de charges) - Identification de l’emplacement du site pilote - Identification d’artisans confectionneurs d’alambics | 09 semaines après signature du contrat |
| L3 | <b>Validation des performances</b> : Evaluation et analyses des performances des prototypes - Recommandations sur les stratégies de diffusion des technologies - Stratégies et Recommandations sur les mesures d’accompagnements : approvisionnement en bois durable, stratégie de la filière, ....  | 24 semaines après signature du contrat |
| L4 | <b>Rapport final</b> contenant les remarques suite à la restitution et le rapport précédent complété intégrant les cahiers des charges   | 27 semaines après la signature         |

## 4. Annexes

---

### 4.1. Annexe 1. Liste non exhaustive de la documentation à analyser

---

- Walid GADDAS, 2019, Rapport de Diagnostic de la chaîne de valeur huile essentielle dans la région Diana, PIC
- Anis CHAKIB, 2018, « Mission d’analyses pour la sélection et l’identification d’appuis à des filières agricoles porteuses dans les zones d’intervention du Projet PIC2 à Madagascar », PIC
- Jean-Noël Salomon, 1979, « Une culture semi-industrielle à Madagascar : les plantes à parfum »,
- DAAF Mayotte, 2016, Ylan –Ylang : état des lieux de la filière – Mayotte
- Christian MOHAMADY, 2016, Optimisation du procédé d’hydrodistillation des fleurs d’ylang-ylang par plan d’expériences - application de la méthode de Taguchi - au sein de la société SPPM
- Trade Impact for Good, 2012, YLANG YLANG OIL – The essential oil of the flowers of *Cananga odorata*
- Cirad, QualiReg, plan stratégique 2015-2020
- JF Rozis, 2017, rapport mission évaluation ex ante et conception projet FFEM – Filière Ylang Ylang, Initiative Développement, Comores
- JF Rozis, 2018, rapport mission état des lieux filière HE géranium Haut Matsiatra, Gret, Madagascar
- JF Rozis, 2017, rapport mission état des lieux filière patchouli et validation diffusion technologie améliorée d’unité de distillation, Sulawesi, SwissContact, Indonésie
- JF Rozis, 2018, rapport mission état des lieux filière HE feuilles de giroflier & conception projet d’introduction technologique, Givaudan, Fenerive Est, Madagascar
- Isa, Cirad, UR HORTYST, 2015, document de travail afs4food n° 20, enquête sur la production d’huile essentielle de girofle : le point de vue des propriétaires d’alambics dans la région de Fenerive-Est
- Supagro, CTHT, Cirad, 2015, analyse technico-économique de la filière amont de production d’essence de girofle à Fénériver- est, Madagascar : de la feuille à l’alambic
- ESSA, CTHT, Cirad, 2016, Pour l’optimisation de la qualité des produits du giroflier de Madagascar (clous et huiles essentielles) : étude des facteurs de leurs variabilités
- Pierre Johnson, 2019, Évaluation du programme FY-DAFE 2
- Ong 2mains, 2014, AFD, Etude et expérimentation d’énergies alternatives pour la distillation d’essence d’ylang ylang en Union des Comores



#### Calcul des ratios :

- Total Matière Verte enfournée:        kg
- Total Kg HE obtenue : 0,        kg
- **Rendement de production :**        % (ratio kg HE/Kg géranium enfourné),
- Total bois consommé :        kg
- Humidité bois sur brut (Hb) :        (d’après mesures micro-onde échantillon collecté sur site)
- Energie fournie :        kWh\*
- Total vapeur eau produite :        L (débit moyen L/mn x durée écoulement condensat)
- Energie utile:        kWh\*\*
- **Rendement énergétique =        % (rapport E utile/E fournie)**
- Ratio vapeur d’eau/kg géranium enfourné :        L/Kg géranium
- Ratio L eau/ L HE produite :        L eau /L HE
- Consommation énergie spécifique :        kWh/L HE, mentionné si départ à chaud /froid
- Energie utile /L HE :        kWh/LHE
- Puissance moyennée du foyer de combustion :        kW (E fournie/durée combustion en heure)

\* Calcul énergie fournie en kWh dépend essentiellement de l’essence du bois et de sa teneur en eau (Hb).

Pour faciliter ce calcul on fournit les équations suivantes :

- Si résineux (pin), prendre  $(5,3-0,06 \times Hb)$  x qté bois consommé en kg
- Si feuillus dur (eucalyptus), prendre  $(5,1-0,06 \times Hb)$  x qté bois consommé en kg

*Exemple :* Hb= 20, le PCI pour un feuillus dur est donc  $5,1 - 0,06 \times 20 = 3,9$  kWh/kg.

\*\* Energie utile correspond à l’énergie pour amener l’eau à la température d’ébullition (100°C par convention), plus l’énergie de vaporisation (définie à 2257 KJ/Kg, soit 0,63 kWh/kg). Avec un démarrage à chaud, on a mesuré une température initiale autour de 80°C (idem remplissage par haut condenseur, durant la distillation), cette énergie utile est bien plus basse que celle de vaporisation, elle vaut 0,02 kWh/kg).

Pour résumer : - démarrage à chaud, on prendra  $E_u = 0,65$  kWh/L vapeur produite

- démarrage à froid, on prendra  $E_u = 0,70$  kWh /L vapeur produite

### Exemple guide entretien/visite qui sera adapté pour la mission

**Localisation du site** : données GPS, nom du site, date visite, nom du contact

#### Mode d’organisation

|   |  |
|---|--|
| Travaille seul/groupements, raisons <sub>xx</sub> |  |
| Exploitant, proprio, etc..                        |  |
| Depuis quand                                      |  |
| Tous comme lui <sub>xx</sub> ?                    |  |
| Genre, travail hommes plutôt que femmes           |  |
| Saisonnalité (mois principaux)                    |  |
| Activité importante pour lui ?                    |  |
| Reçu une formation ?                              |  |

#### Gestion approvisionnement bois et géranium

|   |  |
|---|--|
| Statut reconnu                                |  |
| Approvisionne chez plantations privées /autre |  |
| Prix géranium ? marché existe ?               |  |
| Comment il négocie achat du bois, prix        |  |
| Essence particulière ? pin eucalyptus         |  |
| Stockage bois? Temps de séchage ?             |  |

#### Installation

|  |  |
|--|--|
| Prix générateur vapeur                         |  |
| Prix alambic                                   |  |
| Prix condenseur                                |  |
| Prix essencier                                 |  |
| Provenance                                     |  |
| Crédit, appui financier ?                      |  |
| Etat bâti, cout <sub>xx</sub>                  |  |
| A qui appartient le terrain, location, achat ? |  |

**Gestion et Performances et données technico-économiques**

| <b>Combien de personnes</b>                          |  |
|--|--|
| Nombre distillations par saison                      |  |
| Durée une distillation                               |  |
| Combien de personnes                                 |  |
| Membres familles, salariés                           |  |
| Combien de kg feuilles frais (séchés)                |  |
| Combien de L HE en moyenne                           |  |
| Combien de bois par distillation                     |  |
| Prix vente moyen L HE                                |  |
| Plusieurs qualités ?                                 |  |
| Stocke ou non, vend par lots de combien ?            |  |
| Où est commercialisé ? un seul acheteur, plusieurs ? |  |
| Evolution prix ?                                     |  |
| Après idée commercialisation ?                       |  |
| Gestion des déchets                                  |  |

**Idées pour améliorer la situation**

- Vendre à meilleur prix
- Regroupement
- Réduire consommation bois
- Nouvelles pratiques avec meilleur gain pour même travail (rendement, qualité)
- Formation ?

Quelles idées ???

**Observation :**

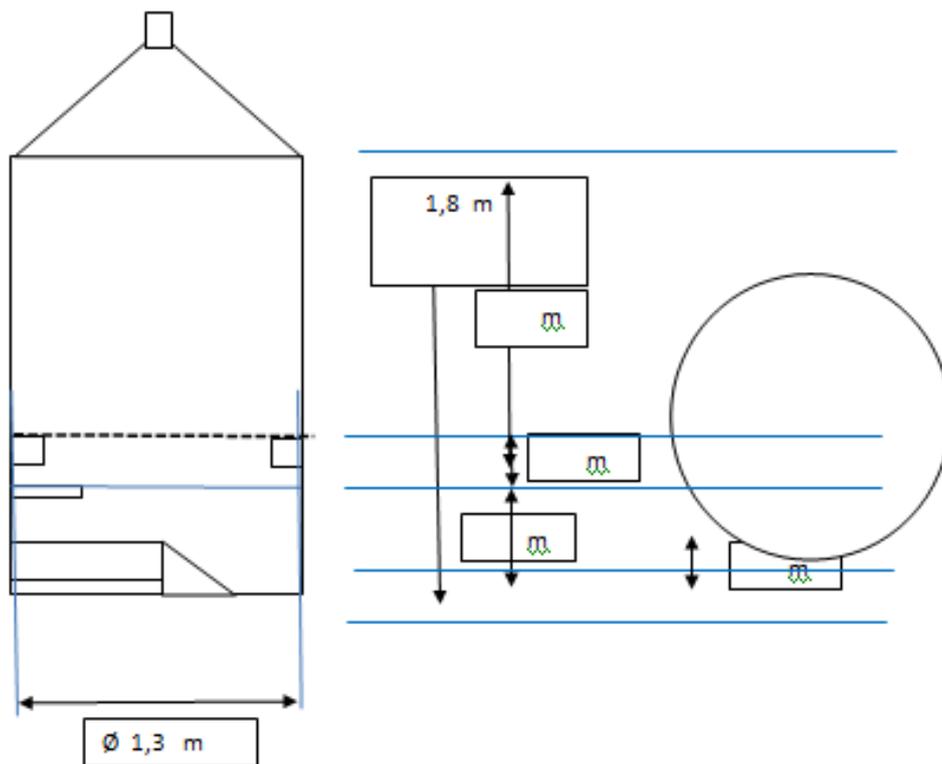
Etat générateur vapeur (âge, déjà maintenance,..)

Chambre combustion (dimensions, état,..)

Récupérer, bois, géranium sec

Cuve alambic 400 kg – not at scale, mild steel, capacité 2,2 m<sup>3</sup>

estimated volume of raw material: m<sup>3</sup>





Octobre 2019

SAS SalvaTerra

6 rue de Panama

75018 Paris | France

Tél : +33 (0)6 32 14 42 30

Email : [m.le-crom@salvaterra.fr](mailto:m.le-crom@salvaterra.fr)

Web : [www.salvaterra.fr](http://www.salvaterra.fr)

