

— MISE AU POINT D'UNE MÉTHODE STATISTIQUE D'INVENTAIRE FORESTIER POUR LES FORÊTS ULTRAMARINES

PHASE 4 – Collecte de données

RAPPORT DE CAMPAGNE TERRAIN – GUYANE

Date de soumission	Versio n	Rédacteurs	Relecteurs	Commentaires
09/01/2026	1.0	- Violette Terrier, ONF International - Aurore Oberlé, ONF International	- Olivier Brunaux, ONF Guyane - Clothilde Lecq, Terea - Nicolas Perthuisot, ONF International	Ce rapport de terrain présente les méthodes de collecte, les collectes effectuées, des analyses et des recommandations préliminaires. Les recommandations finalisées seront fournies après la phase d'analyses prévue en janvier / février 2026.

TABLE DES MATIÈRES

Table des matières	2
Tables des illustrations.....	3
Lexique	4
A Introduction	5
A.1 Objectifs de la campagne terrain	5
A.3 Calendrier de la campagne terrain	6
A.4 Sites tests et données collectées	8
A.5 Chiffres clés.....	10
A.6 Equipe	10
B Méthodes	11
B.1 Protocole de tests dendrométriques	11
1.1 Description des unités d'échantillonnages	11
1.2 Description des formulaires.....	14
B.2 Protocole Stations Biodiversité.....	15
2.1 Piégeage photographique et acoustique	15
2.2 Bioacoustique	16
2.3 ADN environnemental – eau	17
2.4 ADN environnemental – feuilles	18
C Premiers résultats	19
C.1 Temps par type de placettes.....	19
1.1 Temps de mise en œuvre des placettes circulaires avec positionnement des arbres.....	19
1.2 Temps de mise en œuvre des placettes transects avec positionnement individuel des arbres sur layon	20
1.3 Temps de mise en œuvre des placettes transects avec positionnement par sous-unités de 20 m 21	
1.4 Retour méthodologique sur le positionnement des arbres	22
1.5 Retour sur les dispositifs biodiversité	23
D Limites et discussions	25
D.1 Equipe	25
D.2 Conditions de terrain	25
D.3 Méthodologies	25
D.4 Organisation et au contrôle qualité	26
E Propositions de recommandations pour le futur inventaire.....	26

E.1 Mise en œuvre	Erreur ! Signet non défini.
1.1 Recommandations méthodologiques	Erreur ! Signet non défini.
1.2 Recommandations relatives aux outils et aux équipements	29
1.3 Recommandations organisationnelles et logistiques	30
1.4 Recommandations pour l'installation et le suivi des placettes (le cas échéant)	31
1.5 Recommandations relatives au bien-être au travail.....	31
F Prochaines étapes.....	31
G Photos	32

TABLES DES ILLUSTRATIONS

TABLEAUX

Tableau 1 - Calendrier simplifié de la campagne terrain en guyane	6
Tableau 2 - Calendrier détaillé de la campagne terrain en guyane	6
Tableau 3 - Placettes couvertes par du lidar	10
Tableau 4 - Temps de prospection pour les placettes circulaires ($\approx 707 \text{ m}^2$)	20
Tableau 5 - Temps de prospection pour les sous-placettes transects de 0 à 60 m avec positionnement individuel des arbres (1200 m^2).....	21
Tableau 6 - Temps de prospection pour les sous-placettes transects de 0 a 60 m avec positionnement par sous-unité (1200 m^2)	22
Tableau 7 - Tableau de comparaison des différentes placettes testées	28

FIGURES

Figure 1 - Cartographie des placettes expérimentales de terrain.....	9
Figure 2 - Organigramme de la mission.....	11
Figure 3 - Schéma des Unités d'échantillonnage appliqué lors des protocoles 1 et 2	12
Figure 4 - Schéma Positionnement des arbres par placette : transect et circulaire	12
Figure 6 – Schéma de Découpage du layon en 13 sous-unité (SU) de 20mx20m	13
Figure 5 – Schéma de Positionnement des arbres par sous-unité (SU)	13
Figure 7 - Schéma des unités d'échantillonnage appliqué pour le protocole 3	14
Figure 8 - Extrait de la formation à la collecte de données biodiversité	15
Figure 9 - Template de fiches témoins de pose de CT	16
Figure 10 - Fiche de pose : Piège photographique et capteur bioacoustique	17
Figure 11 - Photo du matériel de prélèvement d'ADN environnemental à partir d'eau	18
Figure 12 - Fiche traitement échantillon adne eau/feuille	19
Figure 13 - Formation au protocole de tests	32
Figure 14 - Mesure du diamètre d'un arbre à contrefort au compas forestier	33
Figure 15 - Identification d'une essence (sève)	33
Figure 16 - Pose de pièges photographiques par Terea lors de la semaine de formation	33
Figure 17 - Prélèvement d'ADNe aquatique	33

LEXIQUE

ADNe : ADN environnemental. ADN laissé par les organismes dans des échantillons environnementaux (eau, sol, air, feuilles, etc...). Ces échantillons environnementaux sont collectés, séquencés et comparés avec des bases de références d'espèces (GenBank par exemple).

AGB (Above-Ground Biomass): Biomasse Aérienne. Masse totale de la matière végétale vivante située au-dessus du sol (tronc, branches, feuilles).

ALS (Airborne Laser Scanning) : LiDAR aéroporté. Système de balayage laser, monté sur avion ou hélicoptère pour scanner de grandes surfaces.

CM : centimètre.

DZ (Drop Zone) : Zone de dépose possible de personne et/ou de matériel par hélicoptère.

EA : Enregistreurs acoustiques. Dispositifs d'enregistrements automatique des sons, générant des archives sonores pouvant être analysées grâce à des logiciels de bioacoustique.

EEE : Espèces exotiques envahissantes.

ETP : Equivalent Temps Plein.

IFN : Inventaire Forestier National. Programme de surveillance statistique des ressources forestières à l'échelle d'un pays.

IGN : Institut national de l'information géographique et forestière.

LiDAR (Light Detection and Ranging) : Technologie de télédétection active utilisant des impulsions laser pour mesurer des distances et créer des nuages de points 3D.

MASA : ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire.

MLS (Mobile Laser Scanning) : LiDAR mobile. Système laser, porté (sac à dos) ou monté sur véhicule pour scanner l'intérieur de la forêt en mouvement

ONF : Office National des Forêts.

ONFI : ONF International. Filiale privée de l'ONF.

Open Foris Arena : Application de collecte de données créée par la FAO (Food and Agriculture organization) utilisée pour cette campagne de terrain.

SU : Sous-unité d'échantillonnage.

UE : Unité d'échantillonnage.

A INTRODUCTION

A.1 OBJECTIFS DE LA CAMPAGNE TERRAIN

Les objectifs de cette phase 4 de collecte de données sur le terrain sont multiples :

- **OBJ 1 : Valider (ou invalider) les observations des simulations Guyafor dans des habitats similaires mais à localisation différente et dans des habitats différents**
- **OBJ 2 : Comparer le temps nécessaire entre deux méthodes de collecte et de positionnement des arbres**, avec ou sans prise de coordonnées des arbres
- **OBJ 3 : Extrapoler et quantifier le temps d'installation et de collecte de données terrain** pour le design des futures placettes
- **OBJ 4 : Evaluer la combinaison Lidar aérien/Unité d'échantillonnage (UE) terrain** en effectuant un survol de ces dernières
- **OBJ 5 : Evaluer l'intérêt et la facilité d'intégrer des stations biodiversité** dans les UE d'IFN (dispositifs ADN environnemental (ADNe), des pièges photographiques ou « camera traps » (CT) et enregistreurs acoustiques (EA)).

Etant donné les contraintes de temps, l'approche adoptée a été d'optimiser au maximum les données collectées pour l'évaluation des différents scénarios en fonction des formes et tailles de placettes, des indicateurs collectés, du positionnement des arbres, etc...

Le nombre de placettes à couvrir sur la durée de la campagne terrain était de 20 à 30 placettes levées.

Les sites tests ont été sélectionnés en fonction de leur accessibilité et des habitats forestiers couverts.

A.2 CALENDRIER DE LA CAMPAGNE TERRAIN

Au total, 20 placettes ont été levées par les équipes ONF et ONFI sur une période de 10 semaines. La première semaine a été consacrée à la formation des équipes ONF avec la présence d'un forestier ONFI et de notre partenaire TEREA pour les protocoles biodiversité.

TABLEAU 1: CALENDRIER SIMPLIFIÉ DE LA CAMPAGNE TERRAIN EN GUYANE

Type de collecte de données	Responsable	6-oct	13-oct	20-oct	27-oct	3-nov	10-nov	17-nov	24-nov	01-déc	08-déc
Collecte de données terrain	ONFI et équipes ONF	Formatio n (ONFI)									
Acquisition d'images Lidar	GEOFIT										
Prélèvements d'ADNe, Pose et dépose de matériel acoustique	ONFI et équipes ONF	Formatio n (GECOL AB, TEREA)									

TABLEAU 2 - CALENDRIER DÉTAILLÉ DE LA CAMPAGNE TERRAIN EN GUYANE

Les lignes grisées correspondent à des placettes prévues non levées.

ID UE	Habitat	Localisation	Semaine	Couverture LiDAR	Prélèvement ADNe eau	Prélèvement ADNe feuille	Pose de CT et EA	Positionnement x,y des arbres sur transect	Coordonnées X de l'UE	Coordonnées Y de l'UE	Présence terrain d'ONFI (Violette)
1	41.43	Risquetout	06/10 – 10/11	ALS	Oui			Oui	-52,332659	4,552566	Oui
2	41.43	Risquetout	13/10	ALS		Oui		Oui	-52,570483	4,916554	Oui
3	41.42	Petit Saut	20/10	MLS - ALS	Oui		EA et CT	Oui	-52,936694	5,146673	Non
4	41.42	Petit Saut	27/10	ALS			EA et CT	Oui	-52,951231	5,133359	Non
5	41.53	Mataroni	03/11	Non		Oui	EA et CT	Non	-52,170185	4,057231	Oui

6	41.53	Mataroni	03/11	Non		Oui		Non	-52,156007	4,075996	Oui
7	41.53	Mataroni	03/11	Non	Oui	Oui		Non	-52,089709	4,091976	Oui
8	41.61	Bélizon	07-10/11	Non			CT x 2	Non	-52,322603	4,380280	Non
9	41.42	Bélizon	10/11	Non	-	-		-	-52,291532	4,386131	Non
10	41.43	Iracoubo	17/11	ALS	-	-		-	-53,243008	5,291688	Non
11	41.43	Iracoubo	17/11	ALS	Oui	Oui		Non	-53,291679	5,243030	Non
12	41.41	Montagne de fer	17/11	Non		Oui		Non	-53, 316860	5,275503	Oui
13	41.43	Montagne de fer	17/11	Non	Oui			Non	-53,321562	5,277839	Oui
14	41.41	Mana	24/11	Non		Oui	CT	Non	-53,571815	5,411743	Non
15	41.41	Mana	24/11	Non	Oui	Oui		Non	-53,560867	5,404919	Non
16	41.43	Mana	24/11	Non				Non	-53,545147	5,347368	Non
17	41.41	St Elie	01/12	Non	Oui		CT x 2	Non	-53,053558	5,298745	Oui
18	41.41	St Elie	01/12	Non				Non	-53,047198	5,279795	Oui
19	41.41	St Elie	01/12	Non	Oui			Non	-53,046769	5,273571	Oui
20	41.41	Petit Saut	08/12	MLS - ALS				Non	-53,001350	5,061816	Oui
21	41.42	Petit Saut	08/12	MLS – ALS				Non	-52,993054	5,080005	Oui
22	41.42	Petit Saut	08/12	MLS – ALS				Non	-52,885166	5,144605	Non
23	41.41	Petit Saut	08/12	Non	-	-		-	-52,885045	5,144654	Non

La collecte de données terrain s'est déroulée sur 10 semaines consécutives.

Les survols Lidar hélicoptérés et les couvertures Mobile Laser Scanning (MLS) ont été effectués la semaine du 8/12 par les équipes GEOFIT.

Les prélèvements ADNe ainsi que la pose des capteurs acoustiques et des pièges photographiques ont été effectués par les équipes terrain, en parallèle de la collecte de données dendrométriques.

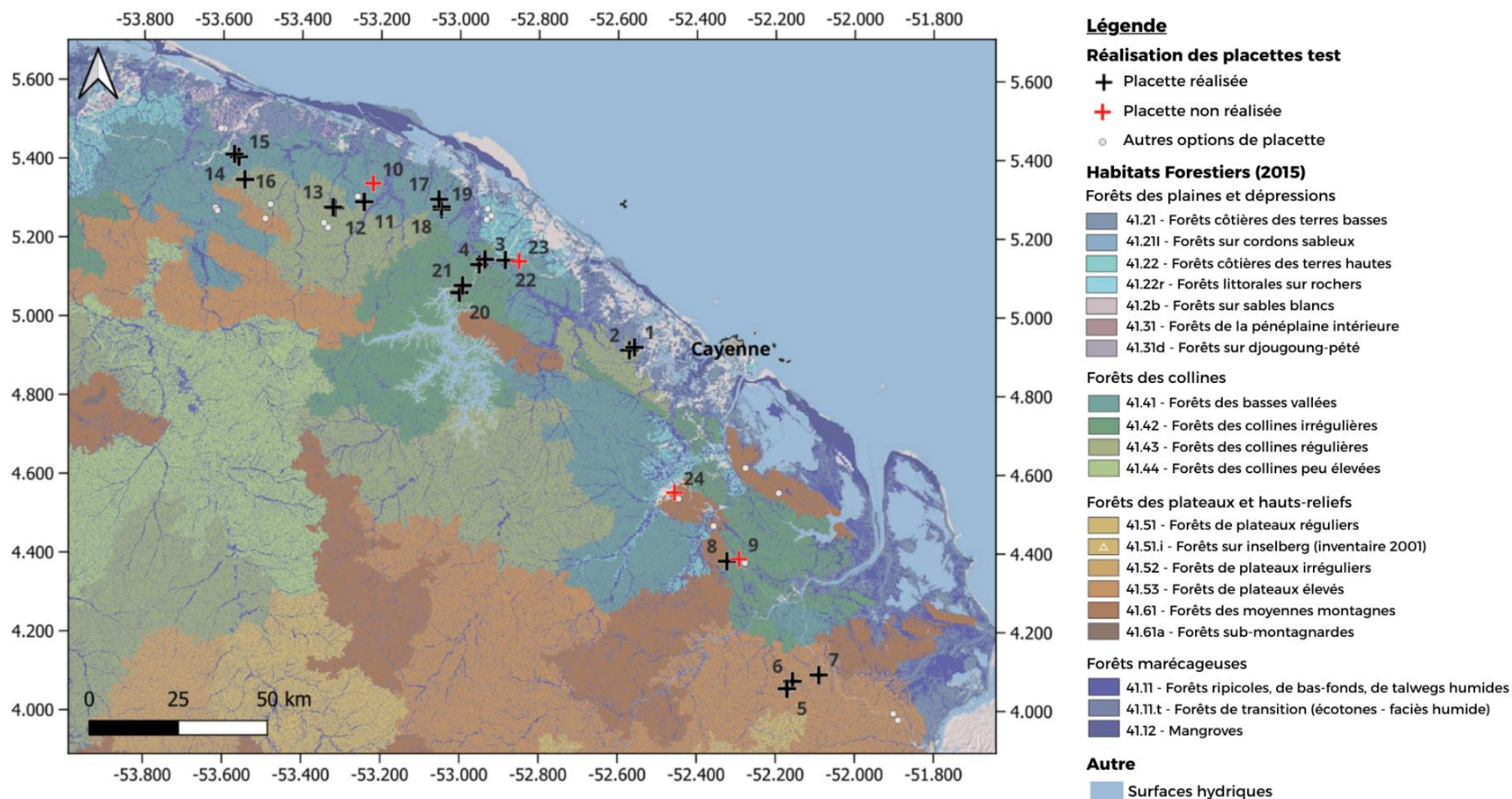
A.3 SITES TESTS ET DONNÉES COLLECTÉES

Les sites tests ont été sélectionnés en croisant plusieurs éléments :

- Les habitats forestiers représentatifs et peu ou pas couverts par les dispositifs de suivi Guyafor¹
- L'accessibilité par voie motorisée et pédestre

La carte suivante montre les sites testés corrélés aux habitats forestiers de Guyane :

¹ Le dispositif de suivi forestier Guyafor est un réseau de recherche co-géré par le Cirad, le CNRS et l'ONF, dédié à l'étude à long terme des forêts tropicales humides de Guyane. Il constitue une plateforme scientifique construite à partir de dispositifs permanents installés depuis les années 1970 (comme Bafog et Paracou) et complétée par de nouveaux sites depuis 2000. Aujourd'hui, 17 dispositifs couvrant 300 hectares sont suivis dans le cadre de ce réseau. Chaque site fait l'objet d'un suivi rigoureux des arbres (plus de 240 000 arbres mesurés), d'une identification botanique fine en lien avec l'Herbier IRD de Guyane (près de 900 taxons recensés), et d'un relevé environnemental précis (climat, sols, topographie).



Cartographie des placettes expérimentales de terrain du projet IF
DROM (octodre-décembre 2025)

TABLEAU 3 - PLACETTES COUVERTES PAR DU LIDAR

ID UE	Relevés terrain	Type de LiDAR
1	Oui	Aérien
2	Oui	Aérien
3	Oui	Aérien + MLS
4	Oui	Aérien
10	Non	Aérien
11	Oui	Aérien
20	Oui	Aérien + MLS
21	Oui	Aérien + MLS
22	Oui	Aérien + MLS
24	Non	Aérien

Le nombre d'UE testées (20) correspond bien aux objectifs initiaux (entre 20 à 30 UE à tester). Il est à noter que les 3 UE avec positionnement x,y des arbres ont été très chronophages : quasiment 1 semaine de collecte de données par UE. Il a été décidé après le comité de pilotage de novembre 2025 de stopper les positionnement x,y des arbres afin de prioriser le nombre d'UE testées. Cela explique pourquoi le nombre d'UE testées est le minimum des objectifs prévus.

A.4 CHIFFRES CLÉS

La phase de campagne terrain test s'est déroulée sur une durée totale de **46 jours de terrain**. Au cours de cette période, **20 unités d'échantillonnage (UE)** ont été inventoriées, permettant de tester les différents volets du protocole sur un panel représentatif de formations forestières.

La mission a également intégré un important volet biodiversité, avec la réalisation de **19 prélèvements d'ADN environnemental** dont **8 prélèvements en milieu aquatique** et **11 prélèvements foliaires**, visant à évaluer la faisabilité et l'intérêt de ces dispositifs dans le cadre des UE. Le déploiement d'outils complémentaires de suivi de la faune, tels que les **3 enregistreurs acoustiques** et **8 pièges photographiques**, a également été réalisé.

Par ailleurs, la mission a permis de tester l'apport des technologies de télédétection et de numérisation forestière. Ainsi, **10 placettes ont fait l'objet d'un survol par hélicoptère équipé d'un capteur LiDAR**, et **4 placettes supplémentaires ont été acquises par Mobile Laser Scanning (MLS)**, afin d'évaluer la complémentarité et la pertinence de ces outils par rapport aux données collectées au sol. L'ensemble de ces opérations a nécessité la mobilisation de moyens humains à temps pleins, avec **4 Equivalent Temps Plein (ETP) de l'ONF**, **1 de l'ONF International (ONFI)** et **1 externe**.

A.5 EQUIPE

La mission de collecte de données a été organisée selon une répartition définie des rôles et responsabilités entre les différents intervenants. Les opérations de terrain ont été réalisées par une équipe dédiée, placée sous la responsabilité de **Flavien Hernandez** (intervenante externe), chef d'équipe, chargé de la coordination opérationnelle des activités et de la mise en œuvre des protocoles de collecte. L'identification et la reconnaissance des essences forestières ont été assurées par **Elna Lamonnaie** et **Asépi Mambe**, prospecteurs botaniques de l'ONF Guyane. Les travaux de layonnage et l'installation des unités d'échantillonnage ont été réalisés par **Mario Ijoenakaame** et **Fabiano Blou**, ouvriers de l'ONF Guyane.

La supervision de la mission terrain a été assurée par **Violette Terrier**, coordinatrice de mission à ONFI. Le contrôle qualité des données a été assuré par **Violette Terrier** et **Vincent Charvet**,

responsable des outils de collecte et du contrôle qualité à ONFI. Enfin, la chefferie du projet a été assuré par **Aurore Oberlé**, en charge du pilotage global de la mission, de la coordination des acteurs et du suivi stratégique des actions engagées.

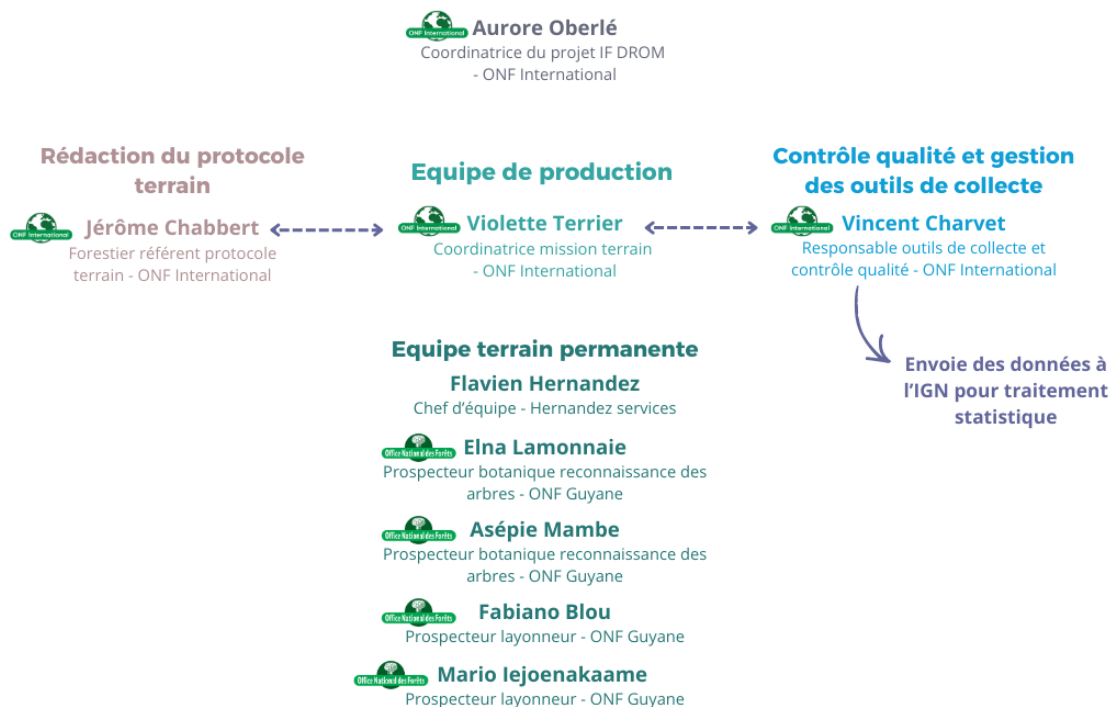


FIGURE 2 - ORGANIGRAMME DE LA MISSION

B MÉTHODES

B.1 PROTOCOLE DE TESTS DENDROMÉTRIQUES

Cette section décrit les protocoles de tests mis en œuvre au cours de la mission ainsi que les évolutions successives apportées au dispositif initial durant la collecte des données de terrain. Ces ajustements méthodologiques visaient à évaluer la faisabilité opérationnelle des dispositifs, leur adéquation aux conditions rencontrées en Guyane et leur capacité à assurer une représentativité satisfaisante des peuplements forestiers.

1.1 Description des unités d'échantillonnages

Protocole initial (P1)

Le protocole initial repose sur des UE multi-placettes, combinant plusieurs dispositifs complémentaires. Chaque UE comprend :

- Une placette circulaire de 15 mètres (m) de rayon ;
- Une placette transect de 250 m de longueur et divisée en deux sous-placettes :
 - o Une première sous-placette de 60 m de longueur, destinée aux arbres de circonférence supérieure ou égale à 31 centimètres (cm) ;
 - o Une deuxième sous-placette de 190 m de longueur, dédiée aux arbres de circonférence supérieure ou égale à 125 cm ;
- Une sous-placette de régénération, de forme carrée et de 5 × 5 m ;

- Une sous-placette bois mort, matérialisée par deux layons de 25 m.

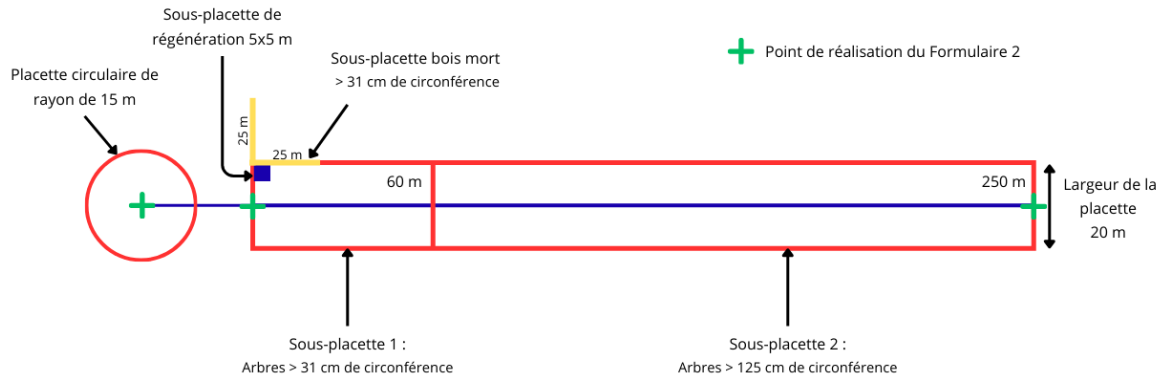


FIGURE 3 - SCHEMA DES UNITES D'ECHANTILLONNAGE APPLIQUE LORS DES PROTOCOLES 1 ET 2

Les placettes circulaires et transects sont toutes deux destinées à la réalisation de mesures dendrométriques et à l'identification botanique des essences forestières. La coexistence de ces deux types de dispositifs au sein d'une même unité d'échantillonnage permet de tester simultanément la faisabilité opérationnelle des deux dispositifs, d'en comparer les contraintes de mise en œuvre et d'évaluer leur capacité respective à représenter la structure et la diversité des peuplements forestiers en contexte guyanais.

Dans le cadre de ce protocole, un positionnement individuel des arbres est réalisé sur les principales placettes, par relevé d'azimut et/ou de distances relatives. Dans le contexte d'un IFN, le positionnement vise à permettre la relocalisation des individus lors de revisites ultérieures, notamment à des fins de contrôle qualité des données et de suivi de la dynamique forestière.

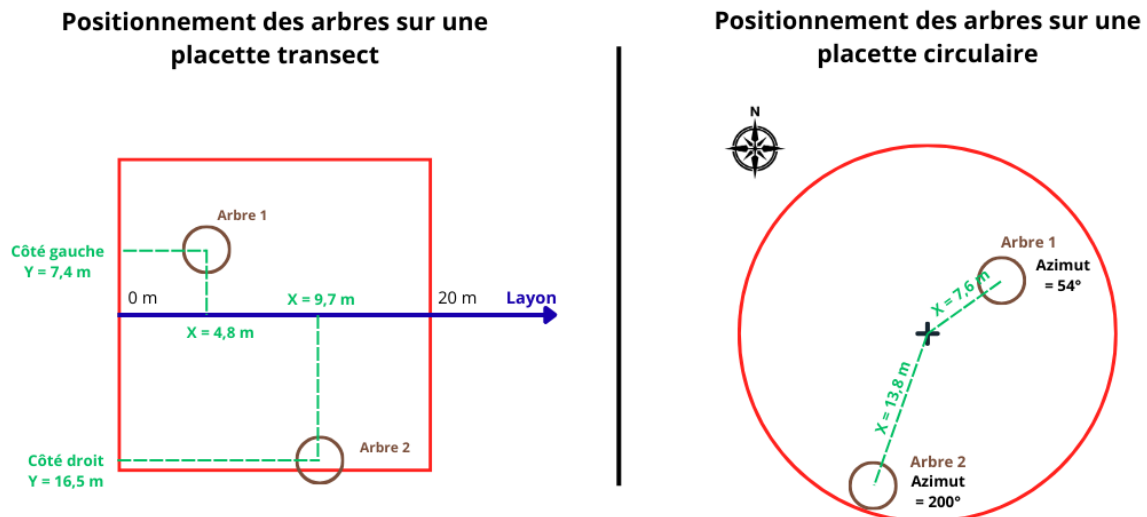


FIGURE 4 - SCHEMA POSITIONNEMENT DES ARBRES PAR PLACETTE : TRANSECT ET CIRCULAIRE

Ce protocole est appliqué aux **UE01 à UE04**.

Second protocole (P0)

À l'issue des premiers tests de terrain, les modalités de positionnement des arbres sur la placette transect sont réévaluées. Le positionnement individuel des arbres sur l'ensemble du transect, tel que mis en œuvre dans le protocole initial, se révèle chronophage. Il conserve la structure générale des unités d'échantillonnage (placette circulaire, placette transect, placette de régénération et placette bois mort), mais modifie les modalités de positionnement des arbres pour la placette transect.

Afin de réduire le temps de collecte tout en conservant une information spatiale suffisante pour l'analyse statistique des peuplements, le positionnement individuel des arbres sur transect est remplacé par un positionnement par sous-unités spatiales de 20 × 20 m. Cette approche permet de maintenir une structuration spatiale des données, compatible avec des analyses de distribution et de densité, tout en limitant la charge opérationnelle associée au positionnement précis de chaque individu.

Le positionnement individuel est en revanche maintenu sur la placette circulaire, dont la surface plus restreinte rend cette modalité de relevé compatible avec les contraintes de terrain.

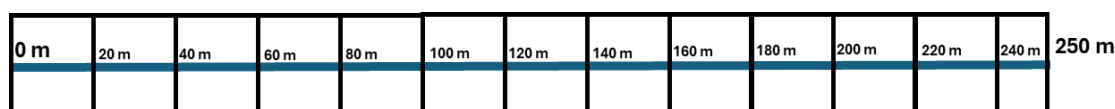


FIGURE 6 – SCHEMA DE DECOUPAGE DU LAYON EN 13 SOUS-UNITE (SU) DE 20MX20M

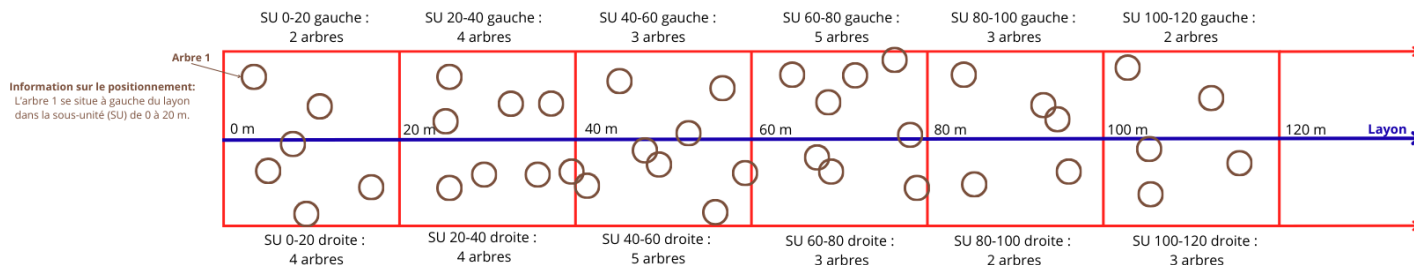


FIGURE 5 – SCHEMA DE POSITIONNEMENT DES ARBRES PAR SOUS-UNITE (SU)

Ce protocole est appliqué aux UE05 à UE08.

Troisième protocole

À la suite des tests réalisés dans le cadre des deux premiers protocoles, l'évaluation de la faisabilité opérationnelle, de la praticité de mise en œuvre et du temps de collecte des placettes circulaires est considérée comme suffisante pour répondre aux objectifs de la phase test. En conséquence, les tests ultérieurs se concentrent exclusivement sur l'analyse et l'optimisation du dispositif de placette transect.

Dans ce contexte, la placette circulaire est supprimée des unités d'échantillonnage du troisième protocole, afin de recentrer les efforts de collecte sur l'évaluation des placettes transects et sur l'optimisation de leur configuration interne. Les seuils de circonférence des sous-placettes sont alors réévalués, afin d'assurer une représentation adéquate des différentes classes de diamètre tout en maîtrisant le temps de collecte.

La nouvelle configuration des UE comprend :

- Une placette transect de 250 m, subdivisée en trois sous-placettes :
 - o Une première sous-placette de 60 m de longueur, dédiée les arbres de circonférence supérieure ou égale à 31 cm ;
 - o Une deuxième sous-placette de 40 m de longueur, dédiée les arbres de circonférence supérieure ou égale à 62 cm ;
 - o Et une troisième sous-placette de 150 m de longueur, dédiée les arbres de circonférence supérieure ou égale à 125 cm ;
- Une sous-placette de régénération de 5 × 5 m ;
- Une sous-placette bois mort, sur 2 layons perpendiculaires de 25 m chacun.

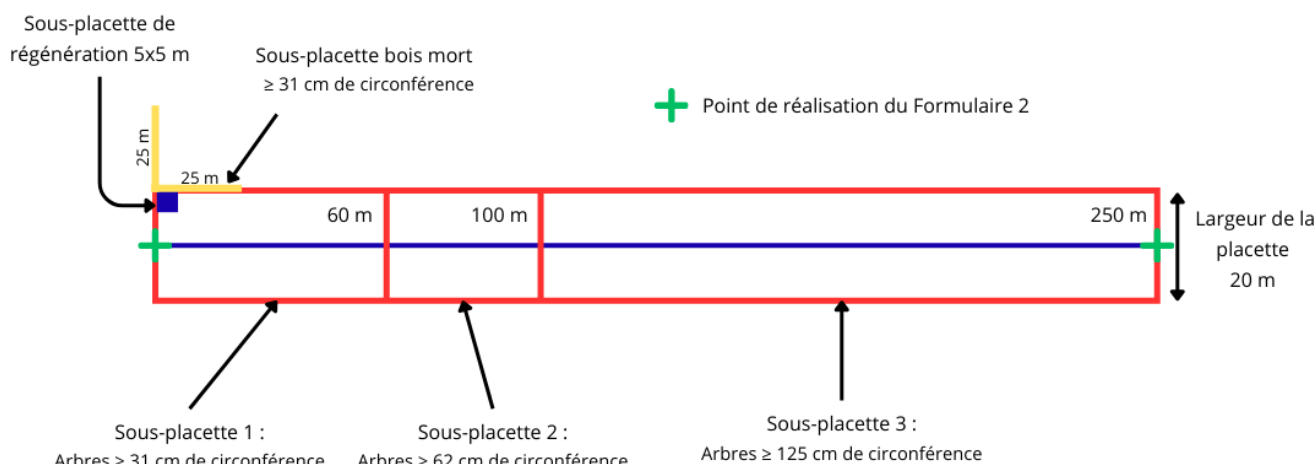


FIGURE 7 - SCHEMA DES UNITES D'ECHANTILLONNAGE APPLIQUE POUR LE PROTOCOLE 3

Comme pour le protocole 2, le positionnement des arbres est réalisé exclusivement par sous-unités de 20 × 20 m, sans relevé de coordonnées individuelles.

Ce protocole est appliqué aux UE11 à UE22.

1.2 Description des formulaires

La collecte des données de terrain s'est appuyée sur cinq formulaires standardisés, correspondant aux différentes étapes de mise en place des unités d'échantillonnage et à la description des compartiments forestiers observés. L'ensemble des formulaires a été conçu afin d'assurer une saisie homogène, traçable et reproductible des informations.

Formulaire 1 – Cheminement et mise en place de l'unité d'échantillonnage

Ce formulaire permet de documenter l'identification de l'UE et des collecteurs, la localisation générale de la placette, les moyens de transport utilisés, ainsi que le cheminement à pied jusqu'au point initial de l'UE. Il comprend notamment l'enregistrement de points de repère géoréférencés, la description des conditions d'accès et la matérialisation du point initial de l'UE, afin de faciliter les revisites ultérieures.

Formulaire 2 - Caractérisation de la placette

Ce formulaire est dédié à la description du contexte environnemental et stationnel de l'UE. Il inclut des informations relatives au statut forêt / non-forêt, à l'occupation du sol, à la disponibilité pour la production forestière, à l'altitude, à la topographie, à la pente, à la densité de la canopée ainsi qu'à

la couverture végétale du sous-étage et du tapis forestier. Les relevés sont réalisés à des points définis de la placette (début et fin de transect ou centre de la placette circulaire) (voir figure 1).

Formulaire 3 – Mesures des arbres

Ce formulaire est utilisé pour la collecte des données dendrométriques et botaniques des arbres inventoriés. Il comprend l'identification des individus, la détermination des essences, la mesure des circonférences et des hauteurs, l'évaluation de l'état sanitaire et de la qualité des tiges, ainsi que le positionnement des arbres selon la modalité retenue (coordonnées individuelles ou sous-unités spatiales).

Formulaire 4 – Mesures des petites tiges et de la régénération

Ce formulaire concerne les petites tiges et la régénération naturelle, relevées au sein d'une sous-placette carrée de 5 × 5 m. Il permet de renseigner la présence, l'identification et la densité de la régénération, ainsi que les mesures de circonférence des tiges de diamètre inférieur à 10 cm.

Formulaire 5 – Bois mort couché

Ce formulaire est dédié au recensement et à la caractérisation du bois mort couché interceptant un layon de 25 m. Il inclut l'identification des pièces de bois, la mesure des circonférences et l'évaluation de l'état de décomposition selon une typologie standardisée.

B.2 PROTOCOLE STATIONS BIODIVERSITÉ

Les stations biodiversité visent à collecter des données relatives à la biodiversité de manière opportuniste, en parallèle de la collecte des données forestières sur les UE de l'inventaire, au moment du cheminement vers l'UE lorsque l'opportunité se présente (trace d'animaux, cours d'eau, etc.). Cette approche permet de mutualiser les efforts de terrain et de tester l'intégration de dispositifs biodiversité au sein d'un inventaire forestier.



FIGURE 8: EXTRAIT DE LA FORMATION A LA COLLECTE DE DONNEES BIODIVERSITE

Ces méthodes permettent de documenter des groupes taxonomiques variés (faune terrestre, avifaune, chiroptères, herpétofaune, etc.). La campagne terrain visait à tester leur faisabilité opérationnelle dans le cadre d'un inventaire forestier, l'intérêt des informations apportées ainsi que le niveau de complémentarité entre les différentes méthodes.

2.1 Piégeage photographique et acoustique

Piège photographique

Le piégeage photographique est mis en œuvre à l'aide de caméras pièges, ou « camera trap » (CT), installées de manière à maximiser la probabilité de détection de la faune terrestre.

Sur le terrain, les étapes à suivre sont les suivantes :

1. Rechercher et installer la CT face à une piste animale ou à un croisement de pistes. Choisir un site avec un sous-bois ouvert afin de capter les espèces à une certaine distance de la CT. Placer idéalement la CT à une certaine distance des UE afin d'éviter le passage des équipes devant cette CT ;
2. Choisir l'arbre support et dégager la végétation lianescente et herbacée dans un rayon de 3 à 4 m sans dénaturer le sous-bois ;
3. Orienter l'appareil afin de capter les mouvements sur la piste animale qu'il surveille ;
4. Marquer l'emplacement de la CT avec le GPS, vérifier la configuration sur la CT ;
5. Remplir les fiches de pose et les fiches témoins ;
6. Armer la CT et vérifier l'enclenchement ;
7. Installer les éléments de sécurisation ;
8. Passer la fiche témoin ;
9. Prendre des photos de l'emplacement de la CT et de son point de vue pour estimer la visibilité.

Récupération de l'appareil :

10. Utiliser le GPS pour retrouver la caméra ;
11. Remplir la fiche de retrait (suite de la fiche de pose) et la fiche témoin ;
12. Passer la fiche témoin de fin devant la caméra ;
13. Récupérer et éteindre l'appareil.

2.2 Bioacoustique

Les dispositifs de bioacoustique sont installés afin d'enregistrer les sons émis par la faune, notamment l'avifaune et certains amphibiens. Les enregistreurs acoustiques (EA) sont positionnés au-dessus des CT. Il faut donc choisir une zone à distance de bruit anthropogénique ou naturelles (cours d'eau, routes, etc.) et ne pas rester dans le champ de détection de l'EA.

Sur le terrain, les étapes à suivre sont les suivantes :

1. Marquer l'emplacement de l'EA avec le GPS (identique ou à proximité de la CT), vérifier la configuration sur l'EA ;
2. Remplir la fiche de pose et la fiche témoin ;
3. Armer l'EA et vérifier l'enclenchement ;

FIGURE 9 - TEMPLATE DE FICHES TEMOINS DE POSE DE CT

4. Installer les éléments de sécurisation ;
5. Dictier à voix haute la fiche témoin ;
6. Prendre des photos de l'emplacement de l'EA.

Récupération de l'appareil :

7. Utiliser le GPS pour retrouver l'enregistreur ;
8. Remplir la fiche de retrait (suite de la fiche de pose) et la fiche témoin ;
9. Dictier la fiche à voix haute ;
10. Récupérer et éteindre l'appareil.

Informations – Pièges photographiques / Capteurs bioacoustiques					
Mise en place					
Date de mise en place :			Heure de mise en place :		
Equipe de pose :					
Coordonnées	Longitude :		Latitude :		Altitude :
Description du site					
Géomorphologie	Plateau ☐	Pente ☐	Crête ☐	Vallée ☐	Autre :
Habitat	Forêt marécageuse ☐	Forêt périodiquement inondée ☐	Forêt mature ☐	Jeune forêt secondaire ☐	Vieille forêt secondaire ☐
Ouverture de la canopée (%)	0-25% ☐	25-50% ☐	50-75% ☐	75-100% ☐	Observations :
Traces d'animaux	Non ☐	Oui ☐	Observations – nom des espèces :		
Présence de fruits (à ~ 100 m)	Non ☐	Oui ☐	Observations – nom des espèces :		
Perturbations anthropiques	Non ☐	Oui ☐	Observations :		
Perturbations naturelles	Non ☐	Oui ☐	Observations :		
Conditions météorologiques	Observations :				
Récupération					
Date de récupération :					
Caméra / Capteur	Fonctionnelle ☐	Manquante ☐	Endommagée/dernière photo :		
Carte SD	Fonctionnelle ☐	Endommagée :			
Observations / conditions météorologiques :					

FIGURE 10 - FICHE DE POSE : PIEGE PHOTOGRAPHIQUE ET CAPTEUR BIOACOUSTIQUE

2.3 ADN environnemental – eau

La collecte d'ADN environnemental à partir de l'eau est réalisée lors de croisement avec des zones d'eau (zones d'eau stagnante ou cours d'eau) lors du layonnage vers l'UE, conformément au protocole GECOLAB (présenté en annexe 1). L'ensemble des manipulations est effectué avec des gants afin de limiter les risques de contamination.

Le système de filtration est monté selon les étapes suivantes :

- Connexion du tuyau en silicone à l'entrée de la capsule de filtration (entrée amont) ;
- Placement de la capsule dans le panier de la pompe vampire ;
- Insertion du tuyau dans la tête de la pompe ;
- Connexion du tuyau plastique à la sortie de la capsule (aval).

Le tuyau d'aspiration, muni de sa crépine, est immergé dans le milieu à échantillonner en veillant à éviter l'aspiration de substrat ou de sédiments. La pompe est ensuite mise en marche pour une durée d'environ 30 minutes, durée pouvant être ajustée si l'eau est fortement chargée en matières en suspension. La crépine est régulièrement vérifiée afin d'éviter toute obstruction.

Figure 1 consists of two photographs. The left photograph shows an experimental setup on a tiled floor. A small motorized pump is connected to a white capsule. A clear plastic tube, labeled 'tuyau plastique d'évacuation', is attached to the bottom of the capsule. A clear silicone tube, labeled 'tuyau silicone d'entrée d'eau', is connected to the top of the capsule. A red arrow points to the capsule, labeled 'capsule'. A red arrow points to the silicone tube, labeled 'tuyau silicone d'entrée d'eau'. A red arrow points to the plastic tube, labeled 'tuyau plastique d'évacuation'. The right photograph shows a white plastic container labeled 'Polycap TC' with a red circle around the bottom section. Below the photographs is the caption: (c) GeCoLAB.

[illegible]

2.4 ADN environnemental – feuilles

Trois strates de végétation sont définies afin d'assurer une diversité maximale des prélèvements :

- 18

N° UE	Temps passé par placette	Nombre d'arbre par placette	Rapporté à 1000 m ²	Rapporté à 100 arbres	Commentaire
1	03:29:00	54	04:55:37	05:54:14	Distance avec mètre ruban et placette de formation
2	04:06:00	55	05:47:57	07:27:16	Distance avec mètre ruban
3	02:01:00	39	02:51:09	05:10:15	Distance avec mètre ruban
4	03:11:00	60	04:30:09	05:18:20	Distance avec mètre ruban
5	02:00:00	32	02:49:44	06:15:00	Distance avec mètre ruban et sous-bois dense
6	02:27:00	35	03:27:55	07:00:00	Distance avec mètre ruban, temps très pluvieux
7	01:50:00	42	02:35:35	04:21:54	Placette réalisée avec un télémètre laser courte distance
8	00:32:00	39	00:45:16	01:22:03	Placette réalisée avec un télémètre laser courte distance
Moyenne	02:27:00	45	03:27:55	05:21:08	

Les placettes circulaires présentent un nombre moyen de 45 arbres par placette. Le temps moyen de prospection rapporté à 1 000 m² est de 3 h 27 min 55 s, tandis que le temps moyen rapporté à 100 arbres est de 5 h 25 min 14 s.

Les valeurs observées par placette montrent une variabilité notable, avec :

- Des temps rapportés à 1 000 m² compris entre 0 h 45 min 16 s et 5 h 47 min 57 s ;
- Des temps rapportés à 100 arbres compris entre 1 h 22 min 03 s et 7 h 27 min 16 s.

TABEAU 4 - TEMPS DE PROSPECTION POUR LES PLACETTES CIRCULAIRES (≈ 707 M²)

Cette variabilité est associée aux conditions de terrain et surtout aux modalités de mesure utilisées. Une nette diminution du temps par arbre peut s'observer lors des deux dernières placettes, où un télémètre laser courte distance a été utilisé à la place d'un mètre ruban et du télémètre laser longue distance. En effet, les premiers test ont permis d'exclure l'utilisation du télémètre laser Nikon parce que non adapté aux courtes distances.. Ces mesures devaient alors être réalisées au mètre ruban, ce qui augmentait le temps de relevé.. L'impact de cet équipement est clairement observable sur les temps de collecte de la placette concernée.

Malgré cette variabilité, les placettes circulaires apparaissent globalement homogènes en termes de temps de collecte, en particulier lorsque le nombre d'arbres est comparable. Le positionnement individuel des arbres y est facilité par la géométrie simple de la placette et par la méthode de relevé utilisée.

1.2 Temps de mise en œuvre des placettes transects avec positionnement individuel des arbres sur layon

Pour les placettes transects avec positionnement individuel, le nombre moyen d'arbres recensés sur les sous-placettes de 0 à 60 m est de 71 individus pour une surface de 1 200 m².

Le temps moyen de prospection rapporté à 1 000 m² est de 4 h 10 min 37 s, et le temps moyen rapporté à 100 arbres est de 6 h 50 min 31 s.

Les temps observés par placette montrent une dispersion marquée :

- Temps rapportés à 1 000 m² compris entre 1 h 44 min 10 s et 6 h 30 min 00 s ;
- Temps rapportés à 100 arbres compris entre 4 h 37 min 47 s et 10 h 24 min 00 s.

Cette augmentation du temps de collecte est principalement liée à la complexité du positionnement des arbres sur le layon, qui nécessite à la fois la mesure de la distance de l'arbre par rapport au

transect et le relevé précis de la distance parcourue le long du layon. La longueur importante du transect, combinée aux conditions de visibilité en sous-bois dense et de topographie, contribue également à accroître le temps nécessaire à la collecte et à augmenter les risques d'erreur.

TABEAU 5 - TEMPS DE PROSPECTION POUR LES SOUS-PLACETTES TRANSECTS DE 0 A 60 M AVEC POSITIONNEMENT INDIVIDUEL DES ARBRES (1200 M²)

N° UE	Temps passé par placette	Nombre d'arbre	Rapporté à 1000 m ²	Rapporté à 100 arbres	Commentaire
1	2:05:00	45	01:44:10	4:37:47	<i>Distance avec mètre ruban et placette de formation</i>
2	7:48:00	75	06:30:00	10:24:00	<i>Distance avec mètre ruban</i>
3	5:20:00	81	04:26:40	6:35:04	<i>Distance avec mètre ruban</i>
4	4:50:00	84	04:01:40	5:45:14	<i>Distance avec mètre ruban</i>
Moyenne	05:00:45	71	04:10:37	06:50:31	

A noter qu'ici, aussi la plupart des mesures de longueur ont été réalisées à l'aide d'un mètre ruban. Les données sont donc à comparer avec la première partie des placettes circulaires encadrées en orange qui avaient les mêmes outils de mesure.

1.3 Temps de mise en œuvre des placettes transects avec positionnement par sous-unités de 20 m

Les placettes transects avec positionnement des arbres par sous-unités spatiales de 20 × 20 m présentent un nombre moyen de 77 arbres sur une surface de 1 200 m².

Le temps moyen de prospection rapporté à 1 000 m² est de 2 h 44 min 10 s, tandis que le temps moyen rapporté à 100 arbres est de 4 h 21 min 51 s.

Les valeurs par placette varient :

- De 1 h 57 min 30 s à 4 h 08 min 20 s pour les temps rapportés à 1 000 m² ;
- De 3 h 18 min 46 s à 6 h 16 min 22 s pour les temps rapportés à 100 arbres.

TABEAU 6 - TEMPS DE PROSPECTION POUR LES SOUS-PLACETTES TRANSECTS DE 0 A 60 M AVEC POSITIONNEMENT PAR SOUS-UNITÉ (1200 M2)

N° UE	Temps passé par placette	Nombre d'arbre	Rapporté à 1000 m ²	Rapporté à 100 arbres	Commentaire
5	04:58:00	94	04:08:20	05:17:01	<i>Placette de formation</i>
6	06:03:00	54	02:18:20	05:07:24	
7	02:21:00	63	01:57:30	03:43:49	
8	06:47:00	55	02:52:30	06:16:22	
11	06:08:00	95	02:43:20	03:26:19	
12	06:17:00	106	02:56:40	03:20:00	
13	05:26:00	57	02:14:10	04:42:27	
14	05:15:00	66	02:51:40	05:12:07	
15	05:22:00	77	02:35:00	04:01:34	
16	05:52:00	81	03:26:40	05:06:10	
17	06:26:00	76	02:18:20	03:38:25	
18	04:53:00	65	02:34:10	04:44:37	
19	05:45:00	81	02:14:10	03:18:46	
20	05:45:00	92	02:55:00	03:48:16	
21	06:16:00	104	03:31:40	04:04:14	
22	05:13:00	64	02:09:10	04:02:11	
Moyenne	03:17:00	77	02:44:10	04:21:51	

C.2 RETOURS MÉTHODOLOGIQUES

2.1 Retour méthodologique sur le positionnement des arbres

Les résultats issus des tests terrain mettent en évidence des différences marquées de temps de prospection entre les dispositifs testés, que ce soit lorsque les durées sont rapportées à la surface échantillonnée qu'au nombre d'arbres inventoriés. Ces différences s'expliquent en grande partie par les modalités de positionnement des arbres, qui constituent un facteur structurant du temps de collecte.

Sur les placettes circulaires, le positionnement des arbres est réalisé à partir de la mesure de l'azimut à la boussole et de la distance de l'arbre par rapport au centre de la placette. Cette méthode, associée à une géométrie simple, limite les ambiguïtés de localisation et facilite la sélection des individus inclus dans la placette. La moyenne des temps de relevé par individu est d'environ 2 min 30 s. Néanmoins, l'efficacité de ce dispositif est fortement dépendante de l'outil utilisé pour la mesure des distances. En début de mission, l'impossibilité de mesurer les distances inférieures à 9 m à l'aide du télémètre laser disponible a conduit à l'utilisation d'un mètre ruban, entraînant une augmentation du temps de positionnement. Dans ce contexte, le temps moyen par individu atteint environ 2 min 53 s. À l'inverse, l'utilisation d'un télémètre laser courte distance, déployé à partir des deux dernières placettes circulaires, permet de réduire significativement ce temps, avec une valeur moyenne d'environ 1 min 46 s par individu. Cette évolution méthodologique explique en partie la variabilité observée entre les placettes circulaires et doit être prise en compte dans l'interprétation comparative des résultats.

Les placettes transects avec positionnement individuel des arbres présentent des temps de prospection plus élevés. Le positionnement repose sur la mesure conjointe de la distance perpendiculaire de l'arbre par rapport au layon et de la distance parcourue le long du transect, ce qui accroît la complexité opérationnelle. Le temps moyen par individu est estimé à environ 3 min 30 s. Cette méthode requiert une rigueur accrue, notamment pour le maintien de l'alignement perpendiculaire à l'aide de l'azimut et pour l'affectation correcte des arbres aux sous-unités spatiales. De plus, ici aussi la mesure des distances devait être prise au mètre ruban. Aucune de ces placettes n'a été testée avec un mètre laser courte distance. Globalement, ce type de placette présente un risque d'erreur plus élevée, en particulier dans des contextes de topographie marquée ou de visibilité réduite en sous-bois.

Enfin, le positionnement par sous-unités de 20 × 20 m apparaît comme le dispositif le plus efficient en termes de temps. En supprimant le positionnement individuel tout en conservant une structuration spatiale agrégée, ce mode de relevé permet de réduire le temps moyen de collecte à environ 1 min 40 s par individu. Les temps rapportés à la surface ou au nombre d'arbres sont globalement plus homogènes que pour les transects avec positionnement individuel, ce qui suggère une meilleure reproductibilité opérationnelle.

Il convient toutefois de souligner que, du fait de l'évolution des outils de mesure au cours de la mission, les comparaisons les plus pertinentes doivent être réalisées en tenant compte des conditions méthodologiques effectives. Ainsi, les placettes transects avec positionnement individuel sont plus directement comparables aux six premières placettes circulaires, pour lesquelles les contraintes liées à l'usage du mètre ruban étaient similaires. À l'inverse, les placettes transects sans positionnement individuel sont plus justement comparées aux deux dernières placettes circulaires, réalisées avec un télémètre laser courte distance, correspondant à une configuration méthodologique optimisée.

2.2 Retour sur les dispositifs biodiversité

Piégeage photographique et bioacoustique

Le piégeage photographique, mis en œuvre au moyen de CT installées à proximité de pistes animales, s'est révélé techniquement maîtrisable mais relativement contraignant d'un point de vue opérationnel.

Sur le terrain, le temps nécessaire à l'installation complète d'une caméra (choix du site, dégagement de la végétation, réglages, sécurisation, géoréférencement et renseignement des fiches) est estimé entre 30 et 45 minutes par dispositif. La phase de récupération nécessite quant à elle 15 à 20 minutes supplémentaires. La charge matérielle associée, de l'ordre de 1,2 à 1,5 kg par caméra, constitue un surcroît non négligeable par rapport à l'équipement standard IFN.

La faisabilité de ce dispositif dépend fortement de la présence de structures favorables à la circulation de la faune et de conditions de sous-bois relativement ouvertes. Par ailleurs, des risques de vol, de vandalisme ou de dysfonctionnement technique ont été identifiés, pouvant affecter la continuité des données.

Les EA, installés en complément des caméras pièges ou de manière autonome, présentent une mise en œuvre relativement simple et rapide. Le temps d'installation et de paramétrage est compris entre 15 et 25 minutes, tandis que la récupération de l'appareil requiert environ 10 à 15 minutes. Le poids et l'encombrement du matériel est équivalent au dispositif de CT.

Plus globalement, l'utilisation de dispositifs autonomes de type enregistreurs acoustiques et caméras pièges soulève une problématique majeure dans le cadre opérationnel de l'IFN, liée à l'absence de retour systématique sur les sites d'échantillonnage. Dans le cas des placettes temporaires, qui constituent la majorité du dispositif IFN, aucun retour sur site n'est prévu après la phase de collecte initiale. Cette contrainte est difficilement compatible avec des dispositifs nécessitant une récupération du matériel pour l'accès aux données et la maintenance des équipements, rendant leur déploiement conditionné à une logistique supplémentaire non prévue dans le protocole IFN standard.

Pour les placettes permanentes ou semi-permanentes, bien qu'un retour sur site soit théoriquement prévu, celui-ci intervient généralement à un pas de temps de l'ordre de cinq ans. Un tel intervalle est incompatible avec l'autonomie énergétique actuelle des EA et des CT, dont la durée de fonctionnement est limitée par la capacité des batteries et par les contraintes de stockage des données. En l'absence de récupération intermédiaire, les dispositifs cessent de fonctionner bien avant la revisite de la placette. Cette contrainte limite fortement la pertinence de ces dispositifs dans un cadre IFN, sauf à prévoir des protocoles spécifiques de récupération à court terme, impliquant une modification substantielle de l'organisation et des coûts de l'inventaire.

Les analyses des enregistrements « courts » effectués lors des tests terrain permettront de voir si des informations d'intérêt peuvent être captées sur des pas de temps plus court que ceux recommandés par la bibliographie (voir Revue bibliographique_Partie VI_Nouvelles technos biodiversité faunique).

ADN environnemental à partir de l'eau

La collecte d'ADN environnemental à partir de l'eau repose sur un protocole techniquement exigeant, impliquant un dispositif de filtration et des procédures strictes visant à éviter toute contamination. Néanmoins, les équipes terrain, novices par rapport à cette technique, se sont bien appropriées le protocole.

Sur le terrain, la durée de filtration est en moyenne de 20 à 30 minutes selon les sites, pouvant être réduit en cas de forte turbidité de l'eau.

La charge matérielle associée à ce protocole est importante, incluant la pompe, les batteries, les capsules de filtration et les consommables. La faisabilité de ce dispositif est en outre conditionnée à la présence effective de points d'eau le long des layons d'accès aux unités d'échantillonnage.

ADN environnemental à partir des feuilles

Le prélèvement d'ADN environnemental à partir de feuilles s'est avéré être le dispositif le plus léger et le plus rapide à mettre en œuvre. C'est donc le dispositif semblant être le plus en adéquation avec l'organisation et les contraintes de mise en œuvre d'un IFN. Le temps nécessaire à un prélèvement complet est estimé entre 5 et 10 minutes par station, pour une charge matérielle très réduite.

Cette méthode est toutefois sensible à des facteurs environnementaux tels que les conditions météorologiques récentes et les risques de contamination croisée. Par ailleurs, l'interprétation des données issues de ce type de prélèvement reste encore exploratoire dans le contexte d'un inventaire à large échelle.

Conclusion sur la faisabilité technique des protocoles biodiversité

L'expérimentation conduite dans le cadre de la phase test de l'IFN met en évidence un compromis nécessaire entre ambition scientifique et faisabilité opérationnelle. Si les protocoles biodiversité

testés offrent un potentiel réel pour enrichir la connaissance de la biodiversité forestière, leur intégration au sein d'un inventaire forestier national doit rester compatible avec les objectifs principaux de l'IFN, à savoir la robustesse méthodologique, la répétabilité des mesures et la maîtrise des coûts.

Dans cette perspective, une intégration différenciée des dispositifs, reposant sur des protocoles légers et standardisables, apparaît comme une voie privilégiée pour les développements futurs.

D LIMITES ET DISCUSSIONS

D.1 EQUIPE

La configuration de l'équipe n'était pas totalement opérationnelle : plus de la moitié de l'équipe n'était pas aguerrie aux méthodes d'inventaires forestiers.

De plus, l'équipe était en charge à la fois du layonnage d'approche et de la mise en place des placettes, ce qui a augmenté fortement la charge de travail journalière et la fatigue de l'équipe lors des journées d'inventaire. Ces activités (layonnage, mise en place des placettes) sont normalement sous-traitées à des équipes dédiées.

Le temps mis pour effectuer les tests terrain est donc surestimé par rapport à une équipe aguerrie.

D.2 CONDITIONS DE TERRAIN

Les tests de protocole ont mis en évidence plusieurs limites liées aux conditions de terrain propres aux forêts guyanaises, en particulier en contexte de sous-couvert dense. La reconnaissance botanique s'est majoritairement limitée à une identification au nom vernaculaire, permettant dans certains cas de rattacher les individus à un genre ou à une famille, sans toutefois atteindre systématiquement la détermination au niveau spécifique. Une identification botanique plus fine nécessiterait un temps de collecte supplémentaire ainsi que l'intervention d'un botaniste spécialisé, contrainte qui s'avère particulièrement marquée sur les placettes transects en raison de leur longueur et du nombre élevé d'individus inventoriés.

La précision des données de localisation constitue également une limite importante. L'utilisation de GPS de type Garmin sous couvert forestier dense entraîne une dégradation significative de la précision, rendant délicate la localisation fine des placettes et des points de référence. L'emploi de systèmes de type GPS RTK permettrait d'améliorer notablement la précision des coordonnées géographiques, mais implique des contraintes logistiques et financières supplémentaires.

Les opérations de terrain génèrent par ailleurs un impact sur le milieu forestier, notamment lors de l'installation des placettes et de la réalisation des mesures. L'utilisation de piquets en bois implique localement la coupe d'arbres, tandis que la mesure des distances et hauteurs au télémètre laser nécessite souvent un dégagement de la végétation afin d'obtenir une ligne de visée, augmentant ainsi les perturbations ponctuelles du sous-bois.

D.3 MÉTHODOLOGIES

Plusieurs limites méthodologiques ont été identifiées concernant la précision des données collectées. La mesure des hauteurs totales des arbres s'est révélée particulièrement chronophage et souvent peu fiable, en raison des difficultés à distinguer clairement les apex dans des canopées

denses et étagées. Cette incertitude questionne la pertinence d'un relevé systématique des hauteurs totales sur le terrain dans le cadre d'un inventaire à grande échelle.

Les mesures de circonférence ont également été affectées par la morphologie des arbres tropicaux. La présence fréquente de contreforts élevés a nécessité l'utilisation d'un compas forestier, dont la précision était limitée au centimètre près lors de la mission. Cette contrainte a conduit à une diminution de la précision des mesures par rapport aux exigences de l'inventaire forestier national de France métropolitaine.

L'observation et la caractérisation des stades phénotypiques des arbres en forêt tropicale haute et dense présentent des contraintes méthodologiques importantes. La structure verticale complexe des peuplements, la forte densité du sous-couvert et l'emboîtement des strates végétales limitent fortement la visibilité des organes phénotypiques pertinents. En conséquence, les observations sont souvent partielles, en particulier pour les individus de grande taille dont les éléments diagnostiques se situent majoritairement en canopée.

Dans le cadre d'un inventaire forestier national, dont les objectifs principaux portent sur la description de la structure des peuplements, la quantification des ressources forestières et le suivi de leur dynamique à grande échelle, la collecte systématique de données relatives aux stades phénotypiques apparaît peu pertinente. Au regard du temps de collecte supplémentaire qu'elle implique, de la fiabilité limitée des observations en forêt dense et de la faible exploitabilité des données obtenues à l'échelle nationale, l'intégration de ce type d'information ne semble pas proportionnée aux bénéfices attendus. Une telle approche serait davantage adaptée à des dispositifs de suivi phénologique ciblés ou à des études écologiques spécifiques, reposant sur des protocoles dédiés et des observations répétées, plutôt qu'à un dispositif d'inventaire généralisé.

Concernant le bois mort, la longueur initialement retenue pour le layon a été réduite afin de limiter le temps de collecte. Or, les observations de terrain montrent que la mesure du bois mort couché est rapide à réaliser, ce qui soulève la question de la pertinence d'un allongement du dispositif, en cohérence avec les recommandations issues de la bibliographie.

Enfin, la mesure de la circonférence à la base des arbres morts a été abandonnée en cours de mission, cette mesure s'avérant peu informative et fortement biaisée par la présence presque systématique de contreforts.

D.4 ORGANISATION ET AU CONTRÔLE QUALITÉ

La connexion réseau limitée en Guyane a restreint les possibilités de contrôle qualité en temps réel, notamment pour la vérification et la synchronisation des données. Cette contrainte renforce l'importance de procédures de contrôle qualité différées et de revisites ciblées des placettes.

Par ailleurs, l'intensité de la charge de travail durant la phase de test — avec des semaines atteignant environ 40 heures de travail en forêt, hors temps de transport — souligne la nécessité d'une réflexion sur la durabilité de l'organisation des équipes à moyen et long terme.

E PROPOSITIONS DE RECOMMANDATIONS POUR LE FUTUR INVENTAIRE

E.1 MÉTHODOLOGIES

Le protocole d'inventaire doit être envisagé comme un dispositif évolutif, susceptible d'être régulièrement réévalué et ajusté en fonction des retours de terrain et des objectifs scientifiques. Une phase d'adaptation à long terme, incluant des tests complémentaires, apparaît nécessaire avant toute généralisation.

Dans le cadre du choix définitif de la forme des unités d'échantillonnage (UE), plusieurs éléments structurants doivent être pris en compte :

- La pérennité de l'inventaire, impliquant des méthodes et outils reproductibles et réutilisables sur le long-terme;
- La montée en compétence progressive des équipes de terrain, favorisée par des protocoles stabilisés et maîtrisables ;
- Les contraintes organisationnelles, notamment le fait que les équipes travaillent sur une base de quatre jours par semaine, et que les temps de trajet entre Cayenne et les sites d'inventaire représentent en moyenne environ deux demi-journées par mission ;
- La stabilité des équipes, conditionnée par un environnement de travail soutenable limitant le surmenage et favorisant la continuité des compétences.

1.1 Organisation spatiale et optimisation du temps terrain

Quel que soit le type de placette retenu (transect ou circulaire), il est recommandé, dans une optique d'optimisation du temps de terrain, de privilégier une organisation qui permet de mutualiser les temps de déplacement et de mise en place des dispositifs, par exemple avec des clusters.

Ci-dessous une analyse issue des retours terrain des différentes placettes testées, qui sera à compléter avec les analyses statistiques détaillées.

TABEAU 7 - TABLEAU DE COMPARAISON DES DIFFÉRENTES PLACETTES TESTÉES

Critères	Placette circulaire	Placette transect avec positionnement individuel	Placette transect sans positionnement individuel
Forme et dimensions	Cercle de 15 m de rayon	Rectangle de 250 m x 20 m	Rectangle de 250 m x 20 m
Surface échantillonnée	707 m ²	5 000 m ²	5 000 m ²
Nombre moyen d'individus recensés	Environ 40 à 60 individus	Environ 100 à 120 individus	Environ 100 à 120 individus
Représentativité spatiale	Représente en général une seule unité topographique et une formation végétale homogène	Peut traverser plusieurs unités topographiques et formations végétales différentes	Peut traverser plusieurs unités topographiques et formations végétales différentes
Temps de mise en place	Rapide (quelques minutes)	Long dans le cadre des tests (plusieurs heures), mais optimisable avec une organisation différente	Long dans le cadre des tests (plusieurs heures), mais optimisable avec une organisation différente
Temps de collecte des données dendrométriques	Optimisé	Long et chronophage	Long mais optimisé par rapport au transect avec positionnement
Effort physique sur placette	Faible à modéré	Modéré à élevé (possibilité de fort dénivelé)	Modéré à élevé (possibilité de fort dénivelé)
Lisibilité de la placette sur le terrain	Bonne vision d'ensemble, limites claires et rapide à vérifier	Vision partielle de l'ensemble du transect, limites plus longues à contrôler	Vision partielle de l'ensemble du transect, limites plus longues à contrôler
Risque d'erreur (omission/double comptage)	Faible, contrôle visuel facilité	Élevé (erreurs d'alignement, affectation aux sous-unités, conditions de visibilité et topographique)	Modéré (zones marginales, affectation aux sous-unités, erreurs d'alignement)
Contrôle qualité et vérification terrain	Facile, avec possibilité de retour sur site	Plus envisageable mais très chronophage	Difficile, voire peu envisageable
Géoréférencement et repositionnement	Simple (centre unique à retrouver)	Complexe (extrémités et axe à repositionner précisément)	Complexe (extrémités et axe à repositionner précisément)
Suivi de la dynamique forestière à long terme	Retrouver les individus semble possible (cartographie locale)	Retrouver les individus semble possible	Retrouver l'ensemble des individus semble extrêmement complexe

		complexe chronophage	et	
Coût global (temps / ressources humaines)	Faible	Elevé		Modéré

Ces ordres de grandeur soulignent l'impact déterminant du type de placette et du mode de positionnement des arbres sur la charge de travail et doivent être intégrés dans le dimensionnement du protocole final. En sachant, qu'au fur et à mesure des temps d'inventaire les équipes monteront en compétences et donc en efficacité.

1.2 Recommandations sur les formulaires protocolaires

La définition précise des termes et des catégories utilisées dans le protocole constitue une étape clé pour limiter les interprétations divergentes entre prospecteurs. Une clarification rigoureuse des définitions, associée à une structuration plus fine des formulaires (sous-catégorisation, logique de saisie fluide), permettrait d'améliorer l'efficacité de la collecte et de réduire le temps passé sur chaque unité d'échantillonnage.

Concernant la reconnaissance botanique, il est recommandé de clarifier le niveau de détermination attendu (vernaculaire, genre, espèce) en fonction des objectifs de l'inventaire, et d'évaluer l'opportunité d'intégrer de manière permanente ou ponctuellement un ou des botanistes spécialisés pour certaines phases ou certains types de formations forestières.

La mesure des hauteurs totales pourrait être limitée à des sous-échantillons, compte tenu de son caractère chronophage et de sa fiabilité limitée en contexte de canopée dense.

Pour les arbres morts, une révision du protocole est recommandée, notamment concernant les modalités de mesure de la circonférence et la longueur du dispositif bois mort, afin de garantir une meilleure cohérence avec les standards bibliographiques² tout en maîtrisant le temps de collecte.

Au vu de la complexité de la reconnaissance botanique sur juvénile et la grande diversité floristique des forêts guyanaise, la placette de régénération pourrait également faire l'objet d'une réévaluation de sa surface ou de ses modalités de relevé, dans un objectif d'optimisation du temps terrain.. Pour rappel, lors des tests cette dernière avaient les dimensions de 5 m x 5 m.

E.2 OUTILS ET AUX ÉQUIPEMENTS

L'utilisation d'outils de mesure de distance tels qu'un vertex est recommandée en remplacement du télémètre laser pour les calculs de distance et hauteur, en particulier pour les dispositifs reposant sur un positionnement individuel des arbres. Cet outil permettrait de sécuriser les mesures de distance et de hauteur, tout en limitant le recours au débroussaillage nécessaire à l'obtention d'une ligne de visée, réduisant ainsi l'impact sur le milieu et le temps consacré à la préparation des mesures. Par ailleurs, le vertex présente l'avantage d'être moins sensible aux courtes distances et plus adapté aux configurations complexes de terrain, notamment en présence de pentes ou de végétation dense.

² Voir la revue bibliographique Partie II_Revue des IFN en milieu tropical_v2, chapitre B.7, paragraphe 1.5. Le standard mentionné est le standard carbone Verified Carbon Standard.

Au-delà des outils de mesure, le développement d'un logiciel de collecte dédié à l'IFN est fortement recommandé. Un tel outil, spécifiquement conçu pour la saisie, le contrôle et le traitement des données, et dont la maîtrise serait entièrement assurée par l'organisme responsable de l'inventaire, présenterait plusieurs avantages structurants. Il permettrait notamment :

- Une standardisation renforcée des données dès la saisie, par l'intégration de listes contrôlées, de règles de cohérence et de contrôles automatiques ;
- Une réduction des erreurs de saisie grâce à des champs conditionnels et à des alertes en temps réel ;
- Une traçabilité complète des données, incluant l'historique des modifications et des contrôles qualité ;
- Une adaptabilité du protocole, facilitant l'évolution des formulaires et des règles de saisie en fonction des retours de terrain, sans dépendance à des solutions externes ;
- Une meilleure interopérabilité avec les outils de traitement, d'analyse et d'archivage des données, ainsi qu'avec les dispositifs de contrôle qualité et de suivi à long terme.

Enfin, la maîtrise complète de l'outil par l'organisation responsable constitue un levier important pour assurer la pérennité de l'inventaire, l'indépendance technologique, et la continuité des méthodes sur le long terme, élément non négligeable dans le cadre d'un dispositif d'observation forestière durable.

E.3 ORGANISATION ET LOGISTIQUE

La composition des équipes de terrain doit être adaptée au type de placette mis en œuvre (circulaire ou transect), afin d'optimiser la répartition des tâches, l'efficacité opérationnelle et la montée en compétence des agents sur des dispositifs spécifiques.

Pour les unités d'échantillonnage comprenant des placettes circulaires, une équipe réduite de deux personnes apparaît suffisante : un responsable de la reconnaissance botanique et un collecteur de données. Compte tenu de la complexité de l'identification botanique en forêt tropicale, il est toutefois recommandé que ces deux agents disposent de connaissances botaniques solides, afin de fluidifier la collecte et de limiter les interruptions liées aux incertitudes de détermination.

Pour les placettes transects, une équipe de trois personnes est recommandée : deux responsables botaniques, affectés respectivement aux côtés droit et gauche du transect, et un collecteur de données chargé de la saisie et de la coordination des mesures. Ce dimensionnement permet de maintenir une progression régulière le long du layon tout en assurant la qualité des identifications et des mesures.

Dans le cadre de dispositifs organisés en clusters de placettes transects, il est recommandé de mobiliser une seconde équipe dédiée au layonnage, composée de deux à trois personnes. Cette équipe intervient légèrement en amont de l'équipe de collecte afin de mettre en place les layons et matérialiser les placettes avant l'arrivée de l'équipe principale. Une fois l'installation terminée, cette équipe peut rejoindre la prospection, contribuant ainsi à une optimisation globale du temps passé sur le terrain.

L'accessibilité des placettes variant fortement selon les secteurs, il est recommandé de s'appuyer sur une carte d'accessibilité régulièrement mise à jour, intégrant notamment les ouvertures et fermetures de pistes et de drop zones (DZ), ainsi que des informations topographiques (pentes, zones humides, cours d'eau). La production d'estimations post-terrain permettrait d'améliorer la planification et la priorisation des missions futures. A cela s'associe donc une organisation détaillée

des arrivées à la placette. Celle-ci inclurait l'identification des véhicules nécessaires (par exemple, le recours à des quads sur certaines pistes lorsque du matériel lourd est transporté) ainsi que le partage préalable des itinéraires pédestres sur GPS. Ces itinéraires pourront intégrer les dénivelés, les zones humides, les obstacles potentiels et des temps de marche estimés, tout en laissant aux équipes la possibilité d'adapter leur parcours aux réalités du terrain.

E.4 INSTALLATION ET SUIVI DES PLACETTES (LE CAS ÉCHÉANT)

Lors de l'installation des placettes transects, il est recommandé de relever régulièrement les coordonnées le long du layon, par exemple à chaque piquet ou un piquet sur deux. Les corrections de pentes doivent être enregistrées pour connaître la taille totale réelle de chaque placette et mieux comprendre les difficultés auxquelles ont fait face les équipes terrains.

Pour les placettes permanentes ou semi-permanentes, l'utilisation d'un piquet métallique pour le point de référence initial est à privilégier afin de faciliter les revisites.

Les procédures de contrôle qualité doivent être renforcées, notamment par des revisites ciblées. Il est essentiel de documenter précisément l'ordre d'avancement sur le layon et, le cas échéant, de produire des schémas de positionnement, afin de garantir la traçabilité des arbres mesurés.

E.5 BIEN-ÊTRE AU TRAVAIL

Enfin, il est recommandé de porter une attention particulière au bien-être des équipes de terrain. Si un rythme de travail soutenu peut être maintenu sur de courtes périodes, la pérennité de l'inventaire repose sur la stabilité des équipes et sur leur montée en compétence progressive. Dans cette optique, il est préconisé de structurer les missions autour d'un programme hebdomadaire n'excédant pas 4,5 jours par semaines, incluant les temps de transport, de terrain et de bureau. Des missions intensives de plusieurs semaines pourraient être programmées ponctuellement au cours de l'année.

F PROCHAINES ÉTAPES

Ce rapport de campagne terrain a été produit avant la phase d'analyses statistiques.

Les prochaines étapes clés de l'étude sont donc l'analyse des données en janvier et février 2026.

Les sets de données seront traités et analysés sur les deux premiers mois de l'année 2026. Ainsi :

- L'IGN effectuera des traitements statistiques sur les données terrains collectés, en particulier pour proposer des tailles de placettes et de sous-placettes optimales.
- ONFI approfondira les analyses de temps et de coûts des différents protocoles et méthodes testés.
- GECOLAB analysera les échantillons ADNe (eau et feuille), et nos partenaires TEREa et le CIRAD appuieront ONFI dans l'évaluation de l'intérêt, des protocoles et des coûts d'intégration de ce suivi dans l'inventaire.
- TEREa analysera les enregistrements acoustiques et les photos/vidéos issues des CTs.

- GEOFIT nous livrera les acquisitions Lidar mi-janvier qui incluent les livrables suivants : nuage de point, modèle numérique de terrain, modèle numérique de surface, modèle numérique d'élévation, ortho-mosaïque. Les analyses se feront par ONFI avec le support de Globeo et de l'IRD.

Ces analyses viendront amender les scénarios proposés pour l'inventaire.

G PHOTOS



FIGURE 14: FORMATION AU PROTOCOLE DE TESTS



FIGURE 15: PRISE DE LA CIRCONFERENCE D'UN ARBRE AU RUBAN



FIGURE 16: MESURE DU DIAMETRE D'UN ARBRE A CONTREFORT AU COMPAS FORESTIER

FIGURE 17: IDENTIFICATION D'UNE ESSENCE (SEVE)



FIGURE 18: POSE DE PIEGES PHOTOGRAPHIQUES PAR TEREA LORS DE LA SEMAINE DE FORMATION

FIGURE 19: PRELEVEMENT D'ADNE EAU