

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

PHASE 6 – Scénarios

Scénarios pour l'inventaire DROM - Guyane

Date de soumission	Version	Rédacteurs	Relecteurs	Commentaires
20/03/2026	0.1	Aurore OBERLE, ONF International	- Nicolas Perthuisot, ONF International - Nathalie Barbe, ONF DRIOM - Stéphanie Wurpillot, IGN - Estelle Medous, IGN	
26/03/2026	0.2	Aurore OBERLE, ONF International		- Modifications partie IA - Ajout budget - Ajout V2 strates IGN
27/03/2026	0.3	Stéphanie WURPILLOT, IGN		Modifications
31/03/2026	0.4	Aurore OBERLE, ONF International	Olivier Brunaux, ONF Guyane	Commentaires et ajouts minimes
02/04/2026	1.0	Stéphanie WURPILLOT, IGN		Modification des scenarios

TABLE DES MATIERES

A Définitions et concepts clés.....	3
B Principaux résultats des travaux 2025 - 2026.....	5
B.1 Revue bibliographique, consultations des parties prenantes	5
B.2 Collecte de données terrain et principales conclusions	6
B.3 Tests statistiques complémentaires	7
B.4 Production d'une carte des coûts d'accessibilité en Guyane	8
B.5 Cartographie de la biomasse	8
B.6 Tests IA / Biomasse / Lidar	8
B.7 Préparation des scénarios d'inventaire	10
C Scénarios Guyane	10
C.1 Approche générale	10
C.2 Scénarios envisagés pour la Guyane	11
2.1 Choix méthodologiques	11
2.2 Scénarios d'inventaires et chiffrage	17
Annexes.....	23
1. Evaluation des formats et types de placettes d'inventaire terrain (ONF).....	23
2. Stratification par accessibilité et seuils proposés – IGN.....	28

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1: Base méthodologique commune.....	11
Tableau 2: Caractéristiques et options pour des placettes « layon »	13
Tableau 3: Caractéristiques et option de la mise en place de grandes placettes permanentes type GUYAFOR	15
Tableau 4: Synthèse des scénarios proposés.....	17
Tableau 5: Postes de coûts et hypothèses prises.....	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 6: Chiffrage des scénarios.....	20
Tableau 7: Nombre d'ETP par scénario	20

A DÉFINITIONS ET CONCEPTS CLÉS

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.

Autres terres boisées (FAO) : terres non définies comme "forêt", couvrant une superficie de plus de 0,5 hectares avec des arbres atteignant une hauteur supérieure à 5 mètres et un couvert arboré de 5-10 pour cent, ou des arbres capables d'atteindre ces seuils *in situ* ; ou un couvert mixte d'arbustes, arbrisseaux et d'arbres supérieur à 10 pour cent. Sont exclues les terres à vocation agricole ou urbaine prédominante.

CESBIO : Centre d'Etudes Spatiales de la Biosphère. Partenaire scientifique du projet.

CIRAD : Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement. Partenaire scientifique du projet.

CNRS : Centre national de la recherche scientifique. Partenaire scientifique du projet.

DBH ou DHP : Diameter at Breast Height ou Diamètre à Hauteur de Poitrine. Usuellement pris à 1,3 mètres de hauteur, c'est la norme pour la mesure des diamètres en inventaire forestier.

DFP : Domaine Forestier Permanent. Zone de 2,4 millions d'hectares, sous régime forestier où une exploitation forestière à faible impact est menée par l'ONF.

DROM : Département et Région d'Outre-Mer.

ETP : Equivalent Temps Plein.

Forêt (FAO) : terres occupant une superficie de plus de 0,5 hectares avec des arbres atteignant une hauteur supérieure à 5 mètres et un couvert arboré de plus de 10 pour cent, ou avec des

arbres capables d'atteindre des seuils *in situ*. Sont exclues les terres à vocation agricoles ou urbaine prédominante¹.

GEOFIT : Opérateur privé. Partenaire opérationnel du projet pour l'acquisition des données Lidar à très haute densité en Guyane et à La Réunion.

Grille systématique : grille d'échantillonnage régulière sur l'ensemble d'une zone géographique donnée.

Guyafor : Réseau de dispositifs forestiers permanents installés en Guyane française, cogéré par le Cirad, l'ONF et le CNRS.

IA : Intelligence artificielle.

IFN : Inventaire Forestier National.

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

IRD : Institut de recherche pour le développement. Partenaire scientifique du projet.

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.

R&D : Recherche et Développement.

Stratification : Couche regroupant par critère de similarité des zones au sein d'un territoire (par exemple classe de densité de végétation, zone d'accessibilité, etc.)

SP - SU : Sous-placette ou Sous-unité d'échantillonnage.

TEREA : Bureau d'étude privé spécialisé en ADNe, piégeage photographique et bioacoustique. Partenaire privé du projet.

UE : Unité d'échantillonnage.

¹ Organisation des Nations Unies pour l'Agriculture et l'Alimentation, 2025, Termes et Définitions, [Évaluation des Ressources Forestières Mondiales - FRA 2025 - Termes et Définitions](#)

B PRINCIPAUX RÉSULTATS DES TRAVAUX 2025 - 2026

B.1 REVUE BIBLIOGRAPHIQUE, CONSULTATIONS DES PARTIES PRENANTES

La revue bibliographique sur les Inventaires forestiers nationaux (IFN) dans les autres pays tropicaux démontre qu'il n'existe **pas de règles préétablies pour construire un inventaire forestier national**. Les choix méthodologiques s'effectuent en fonction des objectifs de l'inventaire, de l'expérience des équipes de terrain, des caractéristiques des forêts, de contraintes logistiques et pratiques et du budget disponible. Se référer au document [Partie II_Revue des IFN en milieu tropical_3.0](#)

La bibliographie sur les territoires de l'étude ainsi que la consultation avec les ministères et les parties prenantes locales a permis d'identifier les **indicateurs clés à suivre par territoire**. Pour la Guyane, la proposition IGN ONF ONFI est de donner la priorité dans un premier temps à **l'estimation des stocks et flux de biomasse**, et **l'estimation des stocks de bois dans la zone dite du Fer à Cheval** (Domaine Forestier Permanent et milieux urbanisés). Se référer aux documents [Partie I_Etat des lieux DROM_4.0](#) ; [Partie III_Mécanismes Internationaux_V2.0](#) ; [20260113_Final_Indicateurs_Synthèse](#)

L'état de l'art sur les opportunités d'intégration de la télédétection et de l'IA dans un IFN indique que **les progrès récents en observation de la Terre** (capteurs optiques, radar, Lidar, hyperspectraux) **ouvrent la voie à une approche intégrée et multi-sources de l'inventaire forestier** : intégrer ces données de télédétection permettra **d'améliorer la précision de certains estimateurs**, ou **d'augmenter la fréquence de remesure**, tout en limitant les contraintes logistiques. **L'apprentissage profond offre des capacités inédites de traitement** mais nécessite de disposer de données d'apprentissage collectées sur le terrain qui, à date, ne sont pas disponibles en quantité suffisante pour les forêts tropicales françaises des DROM. A date, quelques IFN intègre partiellement ces approches multi-sources et intégrées (Exemple : Mexique). Les conclusions de la revue bibliographique incitent à prévoir une **phase de tests et de preuves de concepts sans exclure des travaux de recherche plus conséquents**, afin de confirmer l'apport et la précision des mesures extraites de la télédétection au sens large et du LiDAR, ainsi que l'extraction automatisée de paramètres dendrométriques par apprentissage profond, et l'établissement d'une inférence assistée par modèles. Les variables auxiliaires produites seront ensuite utilisées dans des approches combinant la puissance des statistiques de sondage et celles-ci. Compte tenu de l'étendue et de l'inaccessibilité des forêts en Guyane, **ces données auxiliaires auront un rôle beaucoup plus déterminant que dans l'Hexagone (proposition de l'ordre de 30 fois moins de points terrain par rapport à l'Hexagone)**. Pour autant, **les mesures terrain avec positionnement des arbres et des tailles de certaines placettes de grande dimension sont essentielles** afin de calibrer les modèles et utiliser ces nouvelles technologies.

Pour l'estimation précise de la biomasse dans les DROMs, une autre limite ressort : **les allométries utilisées** pour convertir les mesures dendrométriques en biomasse sont **beaucoup moins précises** que les tarifs de cubage disponibles par espèce en France hexagonale : **des travaux supplémentaires sont nécessaires** afin de s'approcher davantage de la réalité du terrain (meilleures modélisations des volumes des arbres, de leur densité, du taux de carbone, etc.). Se référer aux documents [Partie IV_Télédétection_v1.0](#) ; [Partie V_IFN et Apprentissage profond_1.0](#)

Concernant la bibliographie sur les opportunités de suivi de la biodiversité faunique couplé avec l'IFN : à ce jour, la biodiversité faunique est peu prise en compte dans les IFN. **Pourtant, certains**

pays couplent les programmes de suivi forestier avec le suivi de la biodiversité, avec des méthodes non-invasives (ADNe, pièges photographiques, bioacoustique). L'utilisation de ces méthodes peut fournir une vision étendue de la diversité spécifique et taxonomique de la zone échantillonnée, et préciser la répartition géographique de certains taxons d'intérêt. Ainsi, **compléter la collecte des données dendrométriques par des données fauniques, présente un intérêt certain, en particulier pour la Guyane**, où il y a un fort enjeu d'acquisition de connaissances dans des zones isolées. Les **tests menés en Guyane fin 2025** ont montré que la collecte de données biodiversité de manière « opportuniste » est possible : les méthodologies n'accroissent pas le temps de collecte, sont faciles à prendre en main, mais nécessitent une formation. L'ADNe semblent présenter les résultats les plus prometteurs en particulier les prélèvements foliaires. Néanmoins, **en l'absence d'obligation sur ces informations, l'Etat devra décider s'il souhaite collecter ces données.** Se référer aux documents [Partie Vla_Nouvelles technos_Biodiversitéfaunique_v3](#) ; [Phase5_Guyane_Analysesbiodiversité_v1](#)

Enfin, à la suite de l'entretien avec l'IFN Brésil qui avait indiqué étudier la possibilité de recourir à l'ADNe pour l'identification botanique des arbres, une revue bibliographique complémentaire a été menée sur le sujet. Il en ressort **que l'utilisation de l'ADNe pour l'identification végétale est limitée à date** compte tenu de l'absence de banques de références complètes sur la Guyane, et ne permettrait pas de donner les informations souhaitées lors d'un IFN, c'est-à-dire identifier l'espèce d'un arbre localisé. Cependant, le séquençage pourrait être une piste mais, nécessiterait des banques de références disponibles pour toutes les espèces d'intérêt. Cela souligne l'importance de la **collecte d'échantillons** et de la **formation de botanistes localement afin de mettre en place des techniques innovantes d'identification botanique.** Se référer au document [Partie VIb_Biodiversitévégétale_v2.0](#)

B.2 COLLECTE DE DONNEES TERRAIN ET PRINCIPALES CONCLUSIONS

Les analyses statistiques de l'IGN et les temps sur les données collectées entre septembre et décembre 2025 sur 20 unités d'échantillonnage (UE) ont montré que :

- **La forme** de la placette a peu d'impact sur la distribution des arbres et des espèces ; l'option la plus maîtrisée par les équipes est donc à privilégier.
- **La taille de la placette** impacte fortement les circonférences extrêmes captées : **plus la placette a une superficie importante, plus celles-ci sont captées.**
- Les arbres moyens (entre 62 et 126 cm de circonférence) et les gros arbres (> 126 cm de circonférence) représentent la très grande majorité de la surface terrière, donc de la biomasse (86% de la surface terrière pour seulement 43% des tiges). **Les gros arbres à eux seuls représentent quasiment 50% de la surface terrière**, d'où l'intérêt de réussir à la fois à les capter et à les mesurer correctement pour estimer la biomasse.
- Le temps de mesure des arbres représente la majorité du temps sur le terrain (> 75%).
- Le **positionnement de chaque arbre (à l'individu) multiplie par 2** le temps de collecte sur le terrain, nécessitant quasiment 4 jours de collecte pour 1 placette layon, contre 2 jours de collecte en positionnement les arbres par sous-unité.
- La taille de l'équipe terrain, de 5 à 6 personnes, n'était pas optimale pour les tests.

Ainsi, **pour 2026, les recommandations sont les suivantes :**

- Forme et taille de placettes : **Layon de 240 par 20 m** avec les 3 sous-unités (SU) suivantes :
 - o SP1 : 40*20 m – circonférences >=31 cm
 - o SP2 : 40*20 m – circonférences >=62 cm
 - o SP3 : 160*20 m – circonférences >=126 cm

SP1	SP2	SP3
-----	-----	-----

- **Positionnement des arbres : approche mixte.** Positionnement individuel des arbres que la première sous-unité de 20 m*20 m, puis positionnement par sous-unité de 20 m*10 m gauche et droite du layon. Les arbres qui atteignent la canopée sont à positionner selon des règles à définir, afin de permettre la poursuite des tests avec le LiDAR aérien.
- Calibration de l'équipe : **3 personnes par équipe**, hors équipe de layonnage
- Rythme de mesure des placettes layons : **2 à 3 placettes layon par semaine** par équipe.
- **Affiner le protocole sur la mesure des circonférences complexes, les mesures de hauteur, le bois mort et la régénération**
- **Mettre en place les éléments pour localiser les placettes et les arbres (ou du moins une partie d'entre eux)**

Se référer aux documents : [CR Analyse statistiques données 973 2025 IGN_20260224 ; Phase5_Guyane_Analyses_1.0 ; 20260219_COPIL_DROM_vf](#)

B.3 TESTS STATISTIQUES COMPLEMENTAIRES

L'IGN a mené en parallèle des tests complémentaires sur des jeux de données disponibles pour des forêts similaires à la Guyane : données des placettes Guyafor en Guyane, données des IFN Brésil et Mexique. L'objectif était de comparer les résultats obtenus sur ces grands échantillons avec ceux des placettes tests, et de vérifier la précision en fonction de la taille d'échantillon.

L'analyse des données Guyafor a fourni des conclusions similaires sur la distribution des arbres en fonction de la forme et de la taille des placettes. La densité d'arbres s'est révélée plus faible dans les simulations Guyafor que sur les UE tests de fin 2025. Certaines différences entre les UE tests et Guyafor subsistent, ce qui suggère que l'homogénéité observée sur les placettes test est due à une observation de forêts similaires et ne peut représenter l'ensemble des forêts guyanaises.

L'analyse des données brutes de l'IFN Brésil a été conduite sur les régions du Roraima et de l'Amapa, en biome amazonien. Les analyses ont montré des comportements similaires à ceux observés sur placettes Guyafor et sur les placettes tests pour l'Amapa.

Des tests ont été effectués sur les données de **l'IFN Mexique** dans les forêts dites tropicales afin d'estimer la **précision de sondage par taille d'échantillon**. Ainsi, **sur l'estimateur biomasse, on obtient une précision de 5% pour 1 000 points d'inventaire**. La **précision diminue avec le nombre de points d'inventaire** : avec 300 points d'inventaire, la précision est de 10%.

En comparaison, avec 7 000 points terrain par an, l'IFN métropolitain atteint une précision de 1,7%. **Plus la précision diminue, plus le suivi des flux est compliqué** : par exemple, pour une précision de 10%, les évolutions doivent être supérieurs à 10% afin de pouvoir être statistiquement significatifs.

Se référer aux documents : [CR Analyse statistiques données 973 2025 IGN_20260224 ; 20260219_COPIL_DROM_vf ; Brésil_étude_placettes](#)

B.4 PRODUCTION D'UNE CARTE DES COUTS D'ACCESSIBILITE EN GUYANE

L'accessibilité est l'une des contraintes principales en Guyane. Afin de proposer et de chiffrer des scénarios d'inventaire, un travail d'analyse spatiale sur les **coûts d'accessibilité en Guyane** a été mené par ONFI. Le modèle développé estime, pour chaque zone de Guyane, **le temps de déplacement** pour une équipe de 3 ou une équipe de 6 personnes au départ de l'aéroport de Cayenne, ainsi que le **coût économique** pour y accéder, en intégrant les réalités du terrain et les différents modes de déplacement mobilisables. Cette carte a été utilisée comme support pour la **stratification du plan de sondage, afin d'optimiser les points terrain en fonction de leurs coûts d'accès.**

Se référer au document [Méthodologie_Carte_accessibilité_Guyanev1.0](#).

B.5 CARTOGRAPHIE DE LA BIOMASSE

Dans le cadre de l'inventaire forestier des DROM, l'IGN propose de produire une carte de biomasse à l'aide de la télédétection et de l'intelligence artificielle (IA). Cette carte s'inscrit au niveau régional (niveau 3) de la stratégie multi-niveaux actuellement définie avec les partenaires du projet. Son intégration dans les processus d'estimation de l'inventaire, via une approche d'inférence *model-assisted*, est essentielle pour garantir une précision statistique suffisante dans un contexte de faible accessibilité terrain.

Les modèles exploiteront en entrée des séries temporelles de données optiques (Sentinel-2) et radar (Sentinel-1, ALOS PALSAR), ainsi que les données du LiDAR spatial GEDI. L'intégration des données GEDI constitue un élément clé pour assurer la fiabilité des estimations. En effet, les approches fondées uniquement sur les données optiques ou radar (hors mission Biomass) sont limitées par des effets de saturation, notamment pour les fortes valeurs de biomasse.

Les architectures de modèles ainsi que les stratégies d'apprentissage seront conçues pour exploiter des données d'entrée à la fois multimodales, multi-temporelles et multispectrales. L'IGN s'appuiera sur l'expertise acquise dans le cadre du projet BD Forêt v3, ainsi que sur le modèle de fondation [MAESTRO](#), spécifiquement développé pour ce type de données.

L'intégration des données GEDI constitue un défi en raison de leur caractère spatialement non dense. Deux approches complémentaires pourront être envisagées : (i) l'utilisation de données GEDI locales comme information contextuelle en entrée des modèles, et (ii) la production de prédictions de biomasse sur les emprises GEDI, suivie de l'application d'un modèle statistique d'extrapolation spatiale.

La supervision des modèles reposera sur les données de vérité terrain disponibles, enrichies progressivement par les relevés acquis lors du déploiement de l'inventaire.

Enfin, la qualité de l'approche sera évaluée par comparaison avec des modèles existants sur étagère (par exemple [AGBD](#)). Une veille technologique sera également menée sur la mission Biomass dont les données pourraient, à terme, être intégrées comme source d'entrée complémentaire.

B.6 AUTRES TRAVAUX IA / BIOMASSE / LIDAR

Suite à la revue bibliographique sur les opportunités d'intégration de la télédétection et de l'IA dans les IFN (Partie IV et V des rapports de bibliographie), ONFI a conduit une phase exploratoire visant à évaluer la faisabilité technique et méthodologique de l'estimation de la biomasse aérienne des

forêts tropicales des DROMs à partir de données LiDAR et d'inventaires forestiers. L'objectif final serait d'entraîner des **modèles IA capables d'estimer avec plus de précision la biomasse aérienne (AGB) et les paramètres dendrométriques des placettes échantillonnées par LiDAR aérien**, c'est-à-dire d'augmenter le nombre de placettes échantillonnées pour l'estimateur biomasse sans collecte de données terrain supplémentaire.

Afin de pouvoir aboutir à ce modèle, il est nécessaire de valider les éléments suivants :

- 1) Calculer une biomasse aérienne de référence à partir de données terrain et LiDAR
- 2) Pouvoir extraire (=segmenter) des paramètres dendrométriques à partir de données LiDAR ou optiques
- 3) Fusionner les étapes précédentes et entraîner un modèle IA capable de prédire l'AGB et autres paramètres dendrométriques à partir de nuages de points LiDAR
- 4) Appliquer le modèle IA entraîné sur des placettes survolées par LiDAR uniquement

Cette étude s'inscrit dans une logique de **R&D**, avec pour finalité d'**identifier les outils pertinents, leurs limites, et les conditions nécessaires** à un passage à l'échelle opérationnel. Des données LiDAR à très haute densité (1300 points par m²) ont été utilisées.

Ces tests ont été menés en deux temps de janvier à mars 2026 : une revue bibliographique complémentaire sur les outils de segmentation disponibles, suivie d'une série de tests portant sur 1) les techniques de segmentation de couronnes d'arbres en 2D et en 3D (avec des algorithmes de Deep Learning et des méthodes géométriques non supervisées appliquées au nuage de points LiDAR) et 2) le calcul de biomasse de référence couplé à la modélisation statistique.

Les premiers résultats sont intéressants : pour la Guyane, les outils testés pour calculer la biomasse de référence donnent des résultats cohérents. Les algorithmes de segmentation géométrique sur nuages de points et sur Modèle Numérique de Canopée (2D, issus des données LiDAR) ont un fort potentiel, mais nécessite des tests supplémentaires car ne parviennent à segmenter que les arbres dominants ou co-dominants. Le protocole de calcul est opérationnel en Guyane grâce aux allométries locales du modèle *Canopy Constructor*. Il est cependant non transposable en l'état à La Réunion, où il sera nécessaire d'acquérir de nouvelles allométries locales pour paramétrer le modèle.

L'approche de modélisation prédictive de l'AGB (Above-Ground Biomass, soit la biomasse aérienne), de la densité de tiges et du DBH (Diameter at Breast Height, soit le diamètre à hauteur de poitrine) par *Random Forest* présente un fort potentiel, à 2 conditions non encore réunies : 1) que la pipeline de préparation des données soit fonctionnelle, 2) que les verrous statistiques (augmenter l'échantillon) et structurels soient levés (le nuage de points ne capture que 97 tiges par ha sur les 400+ que compte une forêt guyanaise fermée).

Ces résultats doivent prendre en compte les **limites identifiées de l'étude** :

- Les **contraintes de temps** ont impliqué de prioriser des tests et des méthodes.
- Les **contraintes d'optimisation de la collecte** de la donnée terrain ont impacté le nombre de placettes exploitables pour ces tests : sur 10 placettes survolées en Lidar, seules 4 ont pu être exploitées avec des arbres géoréférencés à la suite du changement de protocole terrain.
- Cet **échantillon restreint** a permis d'effectuer des tests d'application, mais n'a pas permis d'entraîner les modèles.
-

Pour un passage à l'échelle opérationnel, il faudrait donc en priorité :

- **Augmenter l'échantillon** pour calibrer le modèle prédictif de biomasse : **40 à 60 placettes de 0,5 à 1 hectare, avec un inventaire exhaustif des arbres et un survol LiDAR.**
- **Tester des outils de segmentation plus avancés** : Compute Tree – ONF par exemple.

Se référer au document : [Phase5_TestsIA_Biomasse_v1](#)

Il reste maintenant à poursuivre ces tests et/ou les convertir en travaux de recherche en particulier

pour produire un dispositif statistique complètement intégré répondant aux contraintes du plan de sondage.

B.7 PREPARATION DES SCENARIOS D'INVENTAIRE

Plusieurs ateliers ont été menés afin d'aboutir à la proposition des scénarios d'inventaire chiffrés :

- 1 atelier de cadrage IGN / ONF / ONFI – le 6 février 2026
- 2 ateliers ONFI et partenaires scientifiques :
 - o Cirad, Cesbio, IRD – le 12 février 2026
 - o Cirad, Téréa – le 2 mars 2026
- 2 ateliers IGN / ONF / ONFI : les 18 février et 5 mars 2026

Des analyses complémentaires ont été effectuées par les partenaires :

- ONFI : Evaluation des avantages et inconvénient des tailles / formes et types de placettes envisagées (voir 1.4)
- IGN (voir 1.5) Stratification par accessibilité et seuils proposés

Les travaux précédemment cités ont permis l'élaboration des scénarios présentés dans la partie suivante.

C SCÉNARIOS GUYANE

C.1 APPROCHE GÉNÉRALE

- Nous partons du postulat suivant :
 - o La **surface totale de la Guyane est à inventorier** avec des **difficultés d'accès**.
 - o Le **manque de données à l'échelle de la Guyane** ne permet **pas** de proposer un **plan de sondage et une approche** définitive à l'heure actuelle. Les données disponibles sont limitées à la bande côtière et au DFP ; pas ou peu nombreuses ailleurs.
 - o Cela souligne le besoin d'une **approche itérative (amélioration dans le temps de la méthode)**.
- Ci-dessous les principaux éléments :
 - o Une approche qui **optimise l'effort d'échantillonnage au maximum, via une stratification par l'accessibilité**
 - o **Un effort d'échantillonnage dimensionné sur le budget annuel alloué (Etat MASA)**
 - o A date, l'utilisation de la télédétection n'est pas encore complètement évaluée. Un volet recherche est à intégrer durant le premier cycle de l'inventaire (2026 – 2030), en particulier sur la poursuite des études pour **l'intégration de la télédétection et de l'intelligence artificielle doivent être poursuivies, la valorisation de données acquises lors de la campagne 2025 (MLS), le lancement de travaux sur les allométries ainsi que sur la méthode mangrove par télédétection.**

C.2 SCÉNARIOS ENVISAGÉS POUR LA GUYANE

Nous avons présenté les différents scénarios envisageables par tableau, qui est à lire par ligne. Lorsque sur une même ligne, il y a plusieurs colonnes, cela représente plusieurs options de sous-scénarios. L'option recommandée est indiquée en gras.

Les budgets précisés sont ceux du premier cycle d'inventaire : 2026 – 2030.

2.1 Choix méthodologiques

TABLEAU 1: BASE METHODOLOGIQUE COMMUNE

Catégories	Approche commune			Points de discussions ouverts
Approche	Evolution à pas de temps régulier. Lancement de l'IFN sur les objectifs prioritaires avec possibilité d'ajuster le design de l'IFN dans le temps. En 2026, le lancement ne porte que sur la Guyane.			
Objectifs principaux	- Evaluer la ressource en bois particulièrement les essences commerciales - Evaluer la biomasse et le carbone - Evaluer l'état d'altération et la mortalité			
Objectifs à intégrer à part, ou dans un 2 ^e temps	Dépérissement localisé : inventaire spécifique et méthode à construire	Biodiversité (impact coût de l'identification botanique)		
Territoire couvert	Guyane entière			Les mangroves feront l'objet d'un inventaire spécifique par télédétection, à mettre en place avec les acteurs sur place (IRD) si l'Etat le décide. Pas de prise en compte des Autres terres boisées à date dans le premier cycle.
Précision souhaitée	15 à 20%	10%	5%	Plus la précision est grande, plus il sera possible de capter les évolutions/flux. Nous proposons de fixer un objectif de précision ambitieux. A discuter en fonction du budget et de la durée du cycle d'inventaire.
Equivalent nombre de points d'inventaire	100 par cycle	300 par cycle	1 000 par cycle	Des cycles de 5 ans sont les plus adaptés pour un alignement avec les échéances de rapportage internationaux.

			Avec 2 équipes en Guyane, un cycle pourrait être couvert en 5 à 10 ans. Avec 3 équipes, ce cycle pourra être couvert en 5 ans environ.	Plus le nombre de points par cycle augmente, plus le nombre d'équipe terrain augmente. On considère qu'une équipe de terrain de 3 personnes peut faire 67 points par an sur 12 mois. En 2026, 2 équipes prévues pour couvrir 80 points car mise en place au mieux au 1^{er} juin. Pour la suite des estimations de coûts, nous partirons sur 200 points par an, donc 3 équipes d'inventaire.
Stratification	Oui			
Type de stratification	Dans un premier temps (cycle 1) : • Pré-stratification sur l'accessibilité : faciliter la faisabilité, réduire la non-réponse • Post-stratification sur des strates diverses, dont les habitats, la biomasse : augmenter la précision En fonction des résultats d'un premier cycle d'inventaire, utilisation ou pas d'une pré-stratification la plus adaptée à la faisabilité et à la précision (par exemple sur la carte des Habitats forestiers) lors de la phase 2.			Nécessité de finaliser la carte d'accessibilité.
Méthode de tirage	Tirage par maille			
Collecte de données	Approche hybride terrain / télédétection.			• Etude sur l'utilisation du LiDAR (ALS, MLS) à poursuivre • Evolution du protocole terrain afin de prendre en compte les besoins de la télédétection après le premier échantillon acquis et analysé
Avantages	• Lancement de l'IFN immédiat • Optimisation du budget opérationnel via la stratification par accessibilité • Priorisation des indicateurs clés • Tout en laissant la place à l'amélioration et à la montée en compétence.			
Inconvénients	• Certains indicateurs sont dépriorisés pour ce premier cycle (biodiversité).			

Pré-requis	- Finalisation de la carte d'accessibilité - Validation des options de précisions et du budget total par le MASA	
-------------------	---	--

TABLEAU 2: CARACTERISTIQUES ET OPTIONS POUR DES PLACETTES « LAYON »

Catégories	Placette « Layon »	Points de discussions ouverts
Type de placettes	Dans un premier temps, collecter toutes les informations comme si les placettes étaient permanentes .	
Forme et taille de placettes	Layons de 240*20m	
Cluster ou UE simple	UE simple pour ce premier cycle	
Positionnement des arbres	Approche mixte afin d'optimiser le temps sur place et garder l'option de revenir pour suivre les flux : - Matérialisation du layon nécessaire - Positionnement de tous les arbres sur la première sous-unité de 20m*20m, puis sur le reste des sous-unités, positionnement aléatoire des gros arbres, sinon positionnement par sous-unités.	Permet d'évaluer les stocks et éventuellement les flux lors d'une 2e visite. Le positionnement des gros arbres permet de continuer les tests Lidar aérien, avec les arbres qui dépassent de la canopée, en évitant de multiplier par 2 le temps de collecte terrain. Tests à faire pour étudier la méthode la plus permanente de matérialisation du layon, essentielle pour retrouver la placette et donc les arbres Seuils de circonférence des gros arbres à positionner à déterminer.

Identification botanique	Au mieux des capacités actuelles : <i>a minima</i> sur une liste d'espèces prioritaires. Augmentation des compétences au fur-et-à-mesure.	Avec prise d'échantillon en cas de rencontre d'un certain nombre d'individus d'une espèce inconnue	Si option de prise d'échantillon : • Seuil de prise d'échantillons à déterminer • Modalités de fonctionnement avec l'Herbier de Guyane à valider (en attente de leur retour)
Durée du cycle d'inventaire pour 5% de précision	Environ 5 ans avec 3 équipes de terrain.		
Proposition d'opérationnalisation	Années 1, 2, 3 : couvrir les points d'inventaire dans le DFP.		
Avantages	- Obtention de résultats exploitables dès les premières années par strate finalisée. - Optimisation de la variabilité des points d'inventaire. - Possibilité de suivre stock et flux de biomasse. - Possibilité de continuer les tests d'extraction de données dendrométriques avec le Lidar aérien.		
Inconvénients	- Les placettes layons ne permettront pas de calibrer la télédétection pour les outils satellitaires (type satellite BIOMASS).		
Pré-requis	Le MASA doit valider l'enveloppe totale disponible et la précision souhaitée avant que le tirage du plan de sondage ne soit effectué.		

TABLEAU 3: CARACTERISTIQUES ET OPTION DE LA MISE EN PLACE DE GRANDES PLACETTES PERMANENTES TYPE GUYAFOR

Catégories	Mise en place de grandes placettes permanentes dans les habitats non-connus		Points de discussions ouverts
Type de placettes	Permanententes		
Forme et taille de placettes	Carrée de 100m*100m		
Cluster ou UE simple	UE simple		
Positionnement des arbres	Positionnement individuel de tous les arbres		
Identification botanique	Au mieux des capacités actuelles : <i>a minima</i> sur une liste d'espèces prioritaires. Augmentation des compétences au fur-et-à-mesure.	Au mieux des capacités actuelles, avec prise d'échantillon en cas d'espèces inconnues.	Modalités à confirmer avec l'Herbier de Guyane.

Temps de collecte d'une UE	5 jours par équipe de 4	
Durée du cycle d'inventaire avec 2 équipes en Guyane et pour 5% de précision	1 à 2 placettes par an, en fonction de l'objectif souhaité et des équipes disponibles. Environ 5 à 10 ans pour couvrir les 10 grands types d'habitats forestiers non-couverts par Guyafor (ou durée plus courte si un nombre plus important de placettes permanentes est mise en place en amont).	
Proposition d'opérationnalisation	Années 1, 2, 3 : Installation d'au moins 1 placette par an.	
Avantages	• Possibilité de suivre stock et flux de biomasse. • Permet la calibration de la télédétection et l'élaboration de modèles d'extrapolation pour un suivi plus fréquent des évolutions de la biomasse guyanaise. Permet en particulier une meilleure calibration du satellite BIOMASS à la Guyane. • Extension du réseau Guyafor, nombreux co-bénéfices pour l'écosystème scientifique et de gestionnaires guyanais. En particulier, tous les partenaires scientifiques du projet (CNRS, Cirad, IRD, Cesbio) sont unanimes sur la nécessité et la valeur ajoutée inestimable de ce type de placettes.	
Inconvénients	• Intégrer ce type de placettes implique un nombre moins important de points de sondage layons levés par an. Pour 2 placettes de ce type, compter entre 4 à 6 placettes layons de moins par an, soit sur un cycle de 5 ans, 20 à 30 placettes layons en moins.	
Pré-requis	• Etudier comment les placettes permanentes de 1 ha peuvent être intégrées au mieux au dispositif de sondage • Le MASA doit valider l'enveloppe annuelle disponible et la précision souhaitée avant que le tirage du plan de sondage ne soit effectué.	

2.2 Scénarios d'inventaires et chiffrage

L'étude a donc identifié **6 scénarios d'inventaire possibles**, fonction de la précision souhaitée et de l'utilisation d'une stratification par accessibilité comprenant 4 strates de coûts d'accès.

TABEAU 4: SYNTHESE DES SCENARIOS PROPOSES

Nom du scénario	Nombre de points d'inventaire par cycle	Stratification accessibilité	par	Précision (Guyane)	globale	Précision par strate – surface terrière	Précision par strate - biomasse	Nombre d'équipes d'inventaire terrain
1000_0	1000	non		5%		8%	9%	3
1000_1	1000	oui		5%		De 5 à 12%	De 7 à 15%	3
500_0	500	non		7%		11%	13%	1,5
500_1	500	oui		7%		De 7 à 17%	De 9 à 21%	1,5
350_0	350	non		9%		13%	16%	1
350_1	350	oui		9%		De 10 à 17%	De 12 à 21%	1

A nombre de points d'inventaire égal, la stratification par accessibilité maintient la précision pour les strates les plus accessibles, et la dégrade pour les strates les moins accessibles.

L'impact de l'intégration des placettes type Guyafor étant minime par rapport aux ordres de grandeur budgétaire, nous ne le comptabiliserons pas dans les scénarios de chiffrage.

Les études sur les précisions en fonction des scénarios sont fournies en [annexe 2](#) de ce document.

Poste de coûts	Type	Hypothèses prises	Points d'attention
----------------	------	-------------------	--------------------

Socle			
0. Pilotage	Fixe	0,5 ETP ONF et 0,5 ETP IGN.	Pas de frais logistiques inclus.
1. Accès aux placettes	Variable	Coûts d'accès pour 3 personnes de collecte de terrain + des prestataires layonnage. Les coûts logistiques sont compris dans ces coûts.	Hypothèses d'accès qui pourront être optimisées une fois le plan d'échantillonnage tiré (mutualisation de coûts d'accès).
2. Collecte de données terrain Guyane	Variable	Basés sur les salaires ONF et sur le coût des prestations de layonnage. Pour 3 équipes, ajout d'1 remplaçant.	Pas de véhicules inclus. Si 3 équipes, il sera nécessaire d'acheter 2 véhicules supplémentaires.
3. Préparation, supervision et vérification de la qualité des données collectées	Fixe	Superviseur ONF : en charge du suivi des équipes, de leur formation, de la bonne application du protocole, de la qualité des données collectées sur le terrain, en lien permanent avec l'ingénieur protocole IGN Ingénieur protocole IGN : préparation du protocole, formation, outils de saisie des informations, contrôle des données, en lien permanent avec le superviseur ONF	Pas de frais logistiques inclus.
4. Traitement statistique des données	Fixe	Ingénieur statistique : gestion du plan de sondage et traitements statistiques, recommandations pour le protocole en fonction des analyses des données déjà collectées Ingénieur télédétection : production des données auxiliaires et des métriques nécessaires aux calculs de résultats combinant terrain et télédétection à partir des données existantes	Pas de frais logistiques inclus.
5. Identification botanique	Variable	Uniquement pour les placettes type Guyafor. 20 jours d'identification par placette.	Modalités à valider avec l'Herbier.
Approfondissement : niveau 1			

6. Production de données auxiliaires	Fixe	Carte de biomasse.	Prévue en 2026
7. Approfondissement de la méthode	Fixe	Combinaison données terrain et télédétection au sens large, allométrie à partir de données collectées au sol	1 ETPT
Approfondissement : niveau 2			
8. Approfondissement de la méthode	Fixe	Innovations basées sur le Lidar HD - Innovations en allométrie basées sur télédétection et IA	Pas de frais logistiques inclus. 2ETPT
9. Acquisition des données de télédétection	Variable	Survol LiDAR des placettes layons ; survol LiDAR des grandes placettes type Guyafor.	Nombre de vols et budgets estimés. Les devis seront à revoir avec les zones exactes à survoler une fois les éléments statistiques déterminés pour ceux-ci.
10. Production de données auxiliaires	Fixe	Amélioration de la carte des habitats	

TABLEAU 5: CHIFFRAGE DES COÛTS D'ACCÈS SELON LES SCENARIOS (SOCLE+ APPROFONDISSEMENT 1 + APPROFONDISSEMENT 2)

Nom du scénario	Nombre de points	Stratification par accessibilité	1. Coûts d'accès (variable)
			variable
1000_0	1000	non	15 à 30
1000_1	1000	oui	8 à 16
500_0	500	non	8 à 16
500_1	500	oui	5 à 7,7
350_0	350	non	5 à 11
350_1	350	oui	4 à 7,7

L'estimation des coûts d'accès est un challenge : sans plan d'échantillonnage précis, nous ne pouvons pas donner de valeurs exactes. Afin d'estimer ce poste de coûts, nous avons croisé plusieurs hypothèses afin de pouvoir estimer des ordres de grandeurs minimum et maximum.

La stratification par accessibilité permet de diminuer les coûts totaux.

Le nombre de points d'inventaire, et donc la précision souhaitée impacte également les coûts.

Pour la suite du chiffrage, il n'est proposé que les scénarios avec une stratification par accessibilité en tenant compte d'une valeur basse pour l'accès et d'une valeur haute (cinq hypothèses différentes des coûts d'accès ont été étudiées).

TABLEAU 6: NOMBRE D'ETP ET COÛTS POUR DIFFERENTS SCENARIOS

Les tableaux proposent également une première estimation de la répartition des coûts et des ETPT nécessaires entre IGN et ONF.

Ensemble (sur cinq ans)	TOTAL ETP	TOTAL k€	ETP IGN	IGN k€	ETP ONF	ONF k€	ETP Autres	Autres k€
1000_1 - fourchette haute	18	31 000	5,5	6 010	11,5	23 230	1	1 760
1000_1 - fourchette basse	18	22 980	5,5	6 010	11,5	15 210	1	1 760
500_1 fourchette haute	12,5	19 750	5,5	6 010	6	11 980	1	1 760
500_1 - fourchette basse	12,5	15 930	5,5	6 010	6	8 160	1	1 760

350_1 - fourchette haute	11	18 200	5,5	6 010	4,5	10 430	1	1 760
350_1 - fourchette basse	11	14 620	5,5	6 010	4,5	6 850	1	1 760

Socle + Approfondissement 1 (sur cinq ans)	TOTAL ETP	TOTAL k€	ETP IGN	IGN k€	ETP ONF	ONF k€	ETP Autres	Autres k€
1000_1 - fourchette haute	16	28 150	4,5	4 920	11,5	23 230	0	0
1000_1 - fourchette basse	16	20 130	4,5	4 920	11,5	15 210	0	0
500_1 fourchette haute	10,5	16 900	4,5	4 920	6	11 980	0	0
500_1 - fourchette basse	10,5	13 080	4,5	4 920	6	8 160	0	0
350_1 - fourchette haute	9	15 350	4,5	4 920	4,5	10 430	0	0
350_1 - fourchette basse	9	11 770	4,5	4 920	4,5	6 850	0	0

Socle (sur cinq ans)	TOTAL ETP	TOTAL k€	ETP IGN	IGN k€	ETP ONF	ONF k€	ETP Autres	Autres k€
1000_1 - fourchette haute	15	26 890	3,5	3 660	11,5	23 230	0	0
1000_1 - fourchette basse	15	18 870	3,5	3 660	11,5	15 210	0	0
500_1 fourchette haute	9,5	15 640	3,5	3 660	6	11 980	0	0
500_1 - fourchette basse	9,5	11 820	3,5	3 660	6	8 160	0	0
350_1 - fourchette haute	8	14 090	3,5	3 660	4,5	10 430	0	0
350_1 - fourchette basse	8	10 510	3,5	3 660	4,5	6 850	0	0

ANNEXES

1. EVALUATION DES FORMATS ET TYPES DE PLACETTES D'INVENTAIRE TERRAIN (ONF)

Les **placettes en gras** sont celles retenues pour les scénarios proposés : layon de 20 m*240 m permanent avec positionnement mixte des arbres ; et placette carrée de 1 ha permanente avec positionnement individuel des arbres².

Caractérisation				Evaluation								
Forme placette	Taille de placette	Type de placette	Positionnement	Nombre de placettes par semaine par équipe	Nombre de personnes par équipe	Surface couverte par semaine par équipe (m²)	Suivi des stocks	Suivi des flux	Captation des gros diamètres (biomasse importante)	Facilité de retrouver les arbres (pour 2e levé ou contrôle qualité)	Possibilité d'extraire des paramètres dendrométriques par télédétection	Possibilité de calibrer satellite - télédétection
Circulaire	15 m de rayon	Temporaire	oui, distance azimut	6	2	4242	oui	non	non	oui	oui	non
Circulaire	15 m de rayon	Permanente	oui, distance azimut	6	2	4242	oui	oui	non	oui	oui	non
Layon	20 m*240 m	Temporaire	par SU de 20*20	3	3	14400	oui	non	oui	non	non	non
Layon	20 m*240 m	Permanente	par SU de 10*20 voire 10*10	3	3	14400	oui	Possible mais pas idéal	oui	En fonction du protocole (matérialisation du layon)	non	non
Layon	20 m*240 m	Permanente	Mixte : positionnement individuel sur SU1. Positionnement par SU pour le reste.	3	2	14400	oui	oui	oui	En fonction du protocole (matérialisation du layon)	Oui pour les arbres de canopée	non
Layon	20 m*240 m	Permanente	positionnement individuel des arbres	2	3	9600	oui	oui	oui	non	oui	non

² Note IGN : Il reste une incertitude sur la manière d'intégrer les grandes placettes au dispositif de sondage pour éviter tout biais statistique. De même l'IGN, ne cautionne pas tous les détails techniques précisés dans ce tableau (TRL encore faible pour certains points).

Carré	1 ha	Temporaire	positionnement individuel des arbres	1	4	10000	oui	non	oui	non	oui	oui
Carré	1 ha	Permanente	positionnement individuel des arbres	1	4	10000	oui	oui	oui	oui	oui	oui

Caractérisation				Terrain		Télédétection	
Forme placette	Taille de placette	Type de placette	Positionnement	Avantages	Inconvénients	Avantages	Inconvénients
Circulaire	15 m de rayon	Temporaire	oui, distance azimuth	Positionnement facile, placette aisée à lever à 2 Retour sur placette facile.	Petite surface couverte. (700 m2 par parcelle) Impossible d'envisager de plus grandes surfaces en milieu tropical. Risque de rater l'information sur les "gros" arbres.	Géoréférencement de la placette et positionnement individuel de chaque arbre : possibilité d'extraire des paramètres dendrométriques — hauteur totale, hauteur de fût, surface de houppier — à 2 échelles complémentaires : à l'arbre individuel par superposition avec le CHM LiDAR, et à l'échelle de la placette via des métriques statistiques du nuage de points (hauteur dominante, percentiles de hauteur, densité de retours). Le LiDAR aérien est ici l'outil principal ; l'imagerie optique à haute résolution peut apporter un complément pour la délimitation des houppiers et l'estimation de paramètres liés à la structure du couvert.	Surface trop faible pour calibrer les données satellitaires. L'absence de permanence empêche la validation des modèles LiDAR par re-mesure et interdit tout suivi temporel des paramètres dendrométriques.
Circulaire	15m de rayon	Permanente	oui, distance azimuth			Géoréférencement de la placette et positionnement individuel de chaque arbre : possibilité d'extraire des paramètres dendrométriques — hauteur totale, hauteur de fût, surface de houppier — à 2 échelles complémentaires : à l'arbre individuel par superposition avec le CHM LiDAR, et à l'échelle de la placette via des métriques statistiques du nuage de points (hauteur dominante, percentiles de hauteur, densité de retours).	Surface toujours insuffisante pour la calibration des données satellitaires. Le coût d'entretien de la permanence au regard de l'usage en télédétection est difficilement justifiable.

						La permanence de la placette renforce cette capacité en permettant de suivre l'évolution de ces paramètres dans le temps et de valider les modèles LiDAR par re-mesure. Le LiDAR aérien reste l'outil principal ; l'imagerie optique à haute résolution apporte un complément pour la délimitation des houppiers et la caractérisation du couvert.	
Layon	20 m*240 m	Temporaire	par SU de 20m*20m			La forme en layon est bien adaptée aux transects LiDAR et permet de couvrir un gradient spatial linéaire utile pour capturer la variabilité horizontale du couvert. La subdivision en SU 20x20 offre une résolution spatiale compatible avec les métriques LiDAR à l'échelle du peuplement	La forme allongée génère un ratio périmètre/surface défavorable, augmentant les effets de bordure lors du croisement avec le CHM. La temporalité empêche toute validation par re-mesure. Surface insuffisante pour calibrer les données satellitaires. Le positionnement par SU sans localisation individuelle des arbres limite l'extraction de paramètres dendrométriques à l'arbre et interdit l'application de la méthode Huertas.
Layon	20 m*240 m	Permanente	Mixte : positionnement individuel sur la première SU, puis uniquement grands arbres. Positionnement par SU pour le reste	Grande surface couverte (4 800 m2 par placette) Possibilité d'augmenter significativement le nombre de placette par jour et donc la surface parcourue par an.	Méthode de marquage du layon en vue d'une remesure non testé. Enjeu de retrouver le layon.	La permanence permet un suivi temporel des métriques LiDAR et une validation des modèles par re-mesure. La subdivision en SU 20x20 reste compatible avec les métriques LiDAR à l'échelle du peuplement (hauteur moyenne ou hauteur dominante). Géoréférencement de la placette et positionnement individuel de chaque arbre : possibilité d'extraire des paramètres dendrométriques — hauteur totale, hauteur de fût, surface de houppier — à 2 échelles complémentaires : à l'arbre individuel par superposition avec le CHM LiDAR, et à l'échelle de la placette via des métriques statistiques du nuage de points (hauteur dominante, percentiles de hauteur, densité de retours).	La forme allongée génère un ratio périmètre/surface défavorable, augmentant les effets de bordure lors du croisement avec le CHM. La temporalité empêche toute validation par re-mesure. Surface insuffisante pour calibrer les données satellitaires
Layon	20 m*240 m	Permanente	par SU de 10 m*20 m voire de 10 m*10 m		Méthode de marquage du layon en vue d'une remesure non testé. Enjeu de retrouver le layon.	La permanence permet un suivi temporel des métriques LiDAR et une validation des modèles par re-mesure. La subdivision en SU 20x20 reste compatible avec les métriques LiDAR à l'échelle du peuplement (hauteur moyenne ou hauteur dominante).	Mêmes limites de forme que le cas temporaire : ratio périmètre/surface défavorable et effets de bordure importants. Surface insuffisante pour la calibration satellitaire. L'absence de positionnement individuel des arbres empêche l'application de la méthode

							Huertas et limite l'extraction de paramètres dendrométriques à l'arbre individuel.
Layon	20 m*240 m	Permanente	positionnement individuel des arbres		Méthode de marquage du layon en vue d'une remesure non testé. Enjeu de retrouver le layon et les arbres positionnées. Temps de positionnement supplémentaire des arbres et multiplication d'un facteur 2 du temps de mesure par placette.	Le positionnement individuel des arbres combiné à la permanence permet d'extraire des paramètres dendrométriques à l'arbre individuel par croisement avec le CHM LiDAR et d'en suivre l'évolution temporelle. La méthode Huertas est applicable, bien que la faible largeur du layon introduise quelques imprécisions sur les arbres de bordure.	La forme en layon génère un ratio périmètre/surface défavorable : les houppiers des arbres de bordure débordent partiellement hors placette, biaisant l'extraction des métriques LiDAR. La largeur de 20m limite le nombre d'arbres dominants individualisables par SU, ce qui rend l'application de Huertas sensible aux effets de bordure et réduit la robustesse statistique de la calibration. Surface insuffisante pour la calibration des données satellitaires.
Carré	1 ha	Temporaire	positionnement individuel des arbres	Positionnement précis des arbres (azimut distance dans des sous carrés de 10m x 10m). Maîtrise du protocole du fait de l'expérience sur Guyafor	Temps d'implémentation conséquent (20 jours-hommes par placette), non rentabilisé par l'aspect temporaire de la placette.	Surface et positionnement individuel des arbres optimaux pour calibrer des modèles d'estimation de biomasse aériens (LiDAR) et satellitaires, et pour appliquer la méthode Huertas. Le positionnement individuel permet d'extraire des paramètres dendrométriques (diamètre, hauteur) à l'arbre individuel par croisement avec le CHM LiDAR, et à l'échelle du peuplement via les métriques statistiques du nuage de points. Possibilité de produire des estimations sur l'emprise complète LiDAR et des cartes à l'échelle territoriale si le modèle est suffisamment représentatif.	L'approche satellitaire, même calibrée, reste moins précise que la combinaison placettes + LiDAR. La temporalité empêche la validation des modèles par re-mesure et le suivi temporel des paramètres LiDAR. Le modèle entraîné sur les placettes peut être fiable localement mais non représentatif du territoire tant que le nombre de placettes reste insuffisant.
Carré	1 ha	Permanente	positionnement individuel des arbres	Positionnement précis des arbres (azimut distance dans des sous carrés de 10m x 10m). Maîtrise du protocole du fait de l'expérience sur Guyafor	Temps d'implémentation conséquent (20 jours-hommes par placette), non rentabilisé par l'aspect temporaire de la placette.	Surface et positionnement individuel des arbres optimaux pour calibrer des modèles d'estimation de biomasse aériens et satellitaires, et pour appliquer pleinement la méthode Huertas. Le positionnement individuel permet d'extraire des paramètres dendrométriques (diamètre, hauteur) à l'arbre individuel par croisement avec le CHM LiDAR, et à l'échelle du peuplement via les métriques statistiques du nuage de points ; la permanence ajoute la capacité de suivre l'évolution temporelle de ces paramètres et d'affiner les modèles par re-mesure.	L'approche satellitaire, même calibrée sur des placettes 1ha, reste moins précise que la combinaison placettes + LiDAR pour l'estimation de la biomasse. Par ailleurs, le faible nombre de placettes permanentes installables — du fait de leur coût et de leur temps d'installation élevés — limite la représentativité spatiale des modèles et leur capacité à extrapoler de façon fiable à l'ensemble du territoire.

					Possibilité de produire des estimations de stocks et de flux, ainsi que des cartes à l'échelle territoriale si le modèle est suffisamment représentatif.	
--	--	--	--	--	--	--

2. STRATIFICATION PAR ACCESSIBILITÉ ET SEUILS PROPOSÉS – IGN

Les prix donnés incluent une partie terrain (frais de déplacement) variable selon le nombre de placettes et la stratification choisie, ainsi que des coûts fixes liés à la gestion du projet de 2,68 millions d'euros par an (13,4 millions total).

Partie terrain stricte

Les strates sont triées par coût de déplacement : S1 est la moins chère, S4/S5 sont les plus chères. Les strates couvrent toutes la même surface géographique. Elles sont établies soit à partir de la carte d'accessibilité V1 de ONFi (déplacement de 6 personnes – coût de la carte pour un aller), soit à partir de la carte d'accessibilité V2 de ONFi (déplacement de 3 personnes – coût de la carte pour un aller).

Remarque :

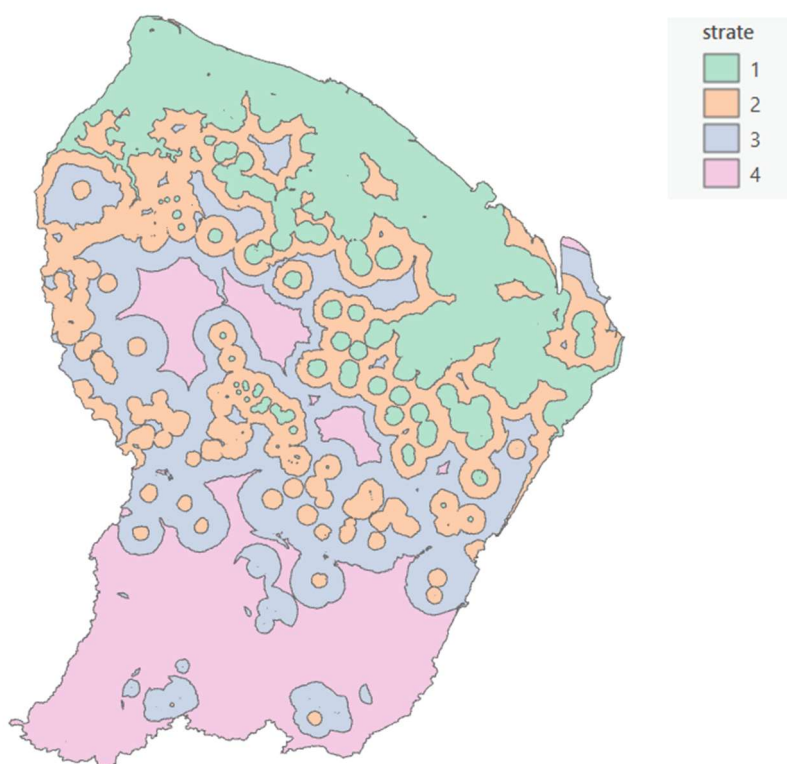
La manière dont sera faite le layonnage entraîne des différences de coûts très importants. Celui-ci sera donc à adapter selon la situation géographique des points. De même, il s'agit de coût qui peuvent être maximum car ils se basent sur un retour systématique à Cayenne. Vu l'impact budgétaire de cet aspect, une fois les points tirés au sort, une étude très précise de la logistique sera à mener par les équipes locales.

4 Strates, 1000 points

Les coûts de déplacement des deux strates les moins chères ont été divisés par deux. Ces strates étant favorisées et proches l'une de l'autre, l'hypothèse de deux placettes par aller/retour est acceptable et on ne compte donc qu'un déplacement aller-retour pour deux points sur ces zones.

Carte par accessibilité V2 ventilée en 4 classes à surface équivalente :

4 classes : seuils = [4 909 – 9 424 – 15 932]



Tailles d'échantillon égales, équipes de 3

Taille par strate : 250 placettes (1000 au total)

Coût total en M€ : 19.58

Coût par an en M€ : 3.92

Précision sur les 4 strates avec 250 points :

- Surface Terrière : 8%,
- Biomasse : 9 %

Tailles d'échantillon optimisées, équipes de 3

Taille par strate :

- Strate 1 : 500 points
- Strate 2 : 300 points
- Strate 3 et 4 : 100 points

Coût total en M€ : 10.09

Coût par an en M€ : 2.02

Précision sur les 4 strates :

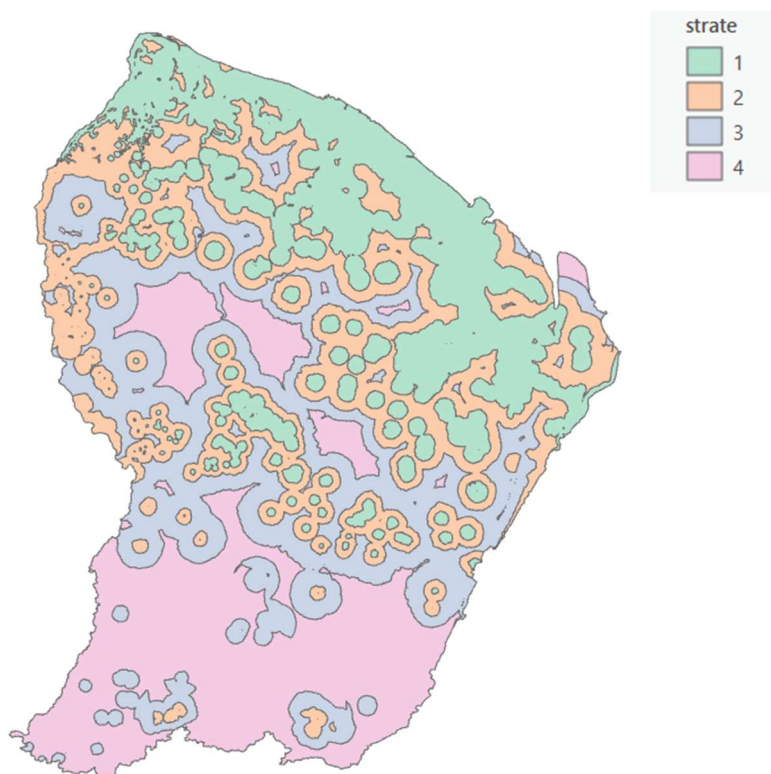
- Strate 1, 500 points : Surface Terrière : 5%, Biomasse : 7 %

- Strate 2, 300 points : Surface Terrière : 7%, Biomasse : 9 %
- Strate 3 et 4, 100 points : Surface Terrière : 12%, Biomasse : 15 %

Tailles d'échantillon optimisées, équipes de 6

Carte par accessibilité V1 ventilée en 4 classes à surface équivalente :

4 classes : seuils = [6 771 – 14 596 – 25 363]



Taille par strate :

- Strate 1 : 500 points
- Strate 2 : 300 points
- Strate 3 et 4 : 100 points

Coût total en M€ : 16.05

Coût par an en M€ : 3.21

Précision sur les 4 strates :

- Strate 1, 500 points : Surface Terrière : 5%, Biomasse : 7 %
- Strate 2, 300 points : Surface Terrière : 7%, Biomasse : 9 %
- Strate 3 et 4, 100 points : Surface Terrière : 12%, Biomasse : 15 %

Tailles d'échantillon égales, équipes de 6

Taille par strate : 250 placettes (1000 au total)

Coût total en M€ : 31.56

Coût par an en M€ : 6.31

Précision sur les 4 strates avec 250 points :

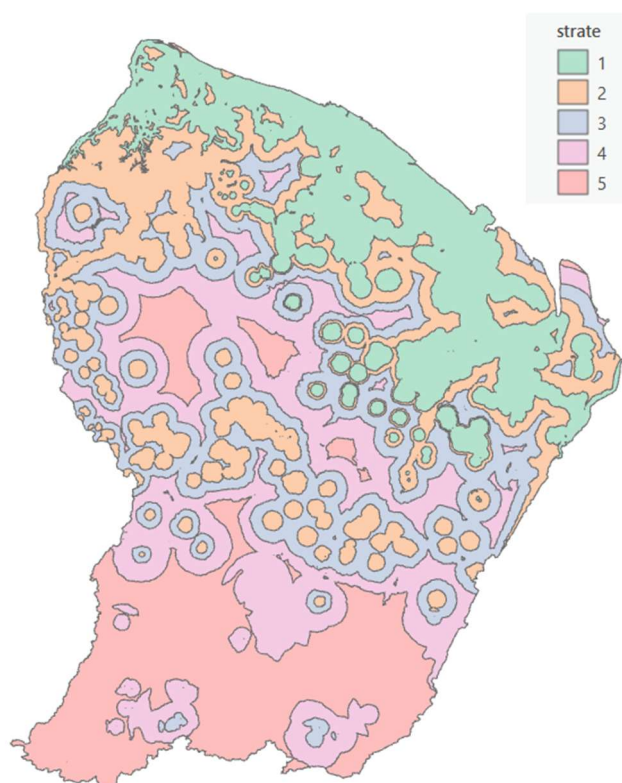
- Surface Terrière : 8%,

- Biomasse : 9 %

5 Strates, 1000 points

Les coûts de déplacement des deux strates les moins chères ont été divisés par deux. Ces strates étant favorisées et proches l'une de l'autre, l'hypothèse de deux placettes par aller/retour est acceptable et on ne compte donc qu'un déplacement pour deux points sur ces zones.

5 classes : seuils = [4 235 – 7 321 - 11 164 – 18 134]



Tailles d'échantillon égales, équipes de 3

Taille par strate : 200 placettes (1000 au total)

Coût total en M€ : 20.42

Coût par an en M€ : 4.08

Précision sur les 5 strates avec 200 points :

- Surface Terrière : 9%,
- Biomasse : 11 %

Tailles d'échantillon optimisées, équipes de 3

Taille par strate :

- Strate 1 : 400 points
- Strate 2 : 300 points
- Strate 3, 4 et 5 : 100 points

Coût total en M€ : 11.8

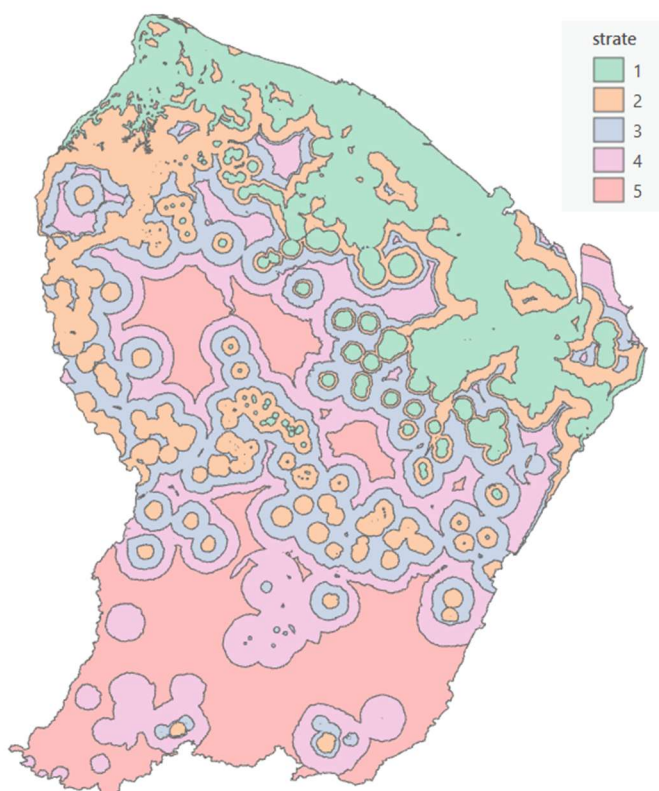
Coût par an en M€ : 2.36

Précision sur les 5 strates :

- Strate 1, 500 points : Surface Terrière : 6%, Biomasse : 7 %
- Strate 2, 300 points : Surface Terrière : 7%, Biomasse : 9 %
- Strate 3, 4 et 5, 100 points : Surface Terrière : 12%, Biomasse : 15 %

Tailles d'échantillon optimisées, équipes de 6

5 classes : seuils = [5 211 – 11 679 – 18 061 - 29 221]



Taille par strate :

- Strate 1 : 400 points
- Strate 2 : 300 points
- Strate 3, 4 et 5 : 100 points

Coût total en M€ : 18.85

Coût par an en M€ : 3.77

Précision sur les 5 strates :

- Strate 1, 500 points : Surface Terrière : 6%, Biomasse : 7 %
- Strate 2, 300 points : Surface Terrière : 7%, Biomasse : 9 %
- Strate 3, 4 et 5, 100 points : Surface Terrière : 12%, Biomasse : 15 %

4 Strates, 500 points

Les coûts de déplacement des deux strates les moins chères ont été divisés par deux. Ces strates étant favorisées et proches l'une de l'autre, l'hypothèse de deux placettes par aller/retour est acceptable et on ne compte donc qu'un déplacement pour deux points sur ces zones.

Tailles d'échantillon optimisées, équipes de 3

Taille par strate :

- Strate 1 : 300 points

- Strate 2 : 100 points
- Strate 3 et 4 : 50 points

Coût total en M€ : 4.8

Coût par an en M€ : 0.96

Précision sur les 4 strates :

- Strate 1, 300 points : Surface Terrière : 7%, Biomasse : 9 %
- Strate 2, 100 points : Surface Terrière : 12%, Biomasse : 15 %
- Strate 3 et 4, 50 points : Surface Terrière : 17%, Biomasse : 21 %

Tailles d'échantillon optimisées, équipes de 6

Taille par strate :

- Strate 1 : 300 points
- Strate 2 : 100 points
- Strate 3 et 4 : 50 points

Coût total en M€ : 7.64

Coût par an en M€ : 1.53

Précision sur les 4 strates :

- Strate 1, 300 points : Surface Terrière : 7%, Biomasse : 9 %
- Strate 2, 100 points : Surface Terrière : 12%, Biomasse : 15 %
- Strate 3 et 4, 50 points : Surface Terrière : 17%, Biomasse : 21 %

Tailles d'échantillon égales, équipes de 6

Taille par strate : 125 points

Coût total en M€ : 15.78

Coût par an en M€ : 3.16

Précision sur les 4 strates avec 125 points :

- Surface Terrière : 11%
- Biomasse : 13 %

4 Strates, 350 points

Les coûts de déplacement des deux strates les moins chères ont été divisés par deux. Ces strates étant favorisées et proches l'une de l'autre, l'hypothèse de deux placettes par aller/retour est acceptable et on ne compte donc qu'un déplacement pour deux points sur ces zones.

Tailles d'échantillon optimisées, équipes de 3

Taille par strate :

- Strate 1 : 150 points

- Strate 2 : 100 points
- Strate 3 et 4 : 50 points

Coût total en M€ : 4.48

Coût par an en M€ : 0.9

Précision sur les 4 strates :

- Strate 1, 300 points : Surface Terrière : 10%, Biomasse : 12 %
- Strate 2, 100 points : Surface Terrière : 12%, Biomasse : 15 %
- Strate 3 et 4, 50 points : Surface Terrière : 17%, Biomasse : 21 %

Tailles d'échantillon optimisées, équipes de 6

Taille par strate :

- Strate 1 : 150 points
- Strate 2 : 100 points
- Strate 3 et 4 : 50 points

Coût total en M€ : 7.17

Coût par an en M€ : 1.43

Précision sur les 4 strates :

- Strate 1, 150 points : Surface Terrière : 10%, Biomasse : 12 %
- Strate 2, 100 points : Surface Terrière : 12%, Biomasse : 15 %
- Strate 3 et 4, 50 points : Surface Terrière : 17%, Biomasse : 21 %

Tailles d'échantillon égales, équipes de 6

Taille par strate :

- Strate 1 et 2 : 88 points
- Strate 3 et 4 : 87 points

Coût total en M€ : 11

Coût par an en M€ : 2.2

Précision sur les 4 strates :

- Strate 1 et 2, 88 points : Surface Terrière : 13%, Biomasse : 16 %
- Strate 3 et 4, 87 points : Surface Terrière : 13%, Biomasse : 16 %

