

### 1. Contexte de l'intervention

---

#### Contexte légale et de certification

L'amélioration continue des bonnes pratiques de gestion et d'exploitation forestière en Afrique Centrale passe par une bonne **planification des opérations d'exploitation**, un **suivi post-exploitation**, mais également une bonne **surveillance** des différentes zones qui composent les Unités Forestières d'Aménagement. Ces bonnes pratiques sont en partie assurées par le cadre légal des pays du Bassin du Congo qui demandent par exemple :

- un Plan Annuel d'Opération, qui doit détailler la planification des opérations d'exploitation au sein de l'Assiette Annuelle de Coupe (AAC) à exploiter ;
- un Rapport Annuel d'Intervention (ou rapport quinquennal de suivi-évaluation des activités prévues par le Plan de Gestion quinquennal,) qui doit reprendre en fin d'exploitation les interventions forestières menées.

Les entreprises forestières qui s'engagent dans la certification d'origine et de légalité (ex : OLB, FLV) doivent documenter les actions réalisées dans les étapes de planification, d'exploitation et de suivi post-exploitation afin de garantir la traçabilité et la légalité des bois exploités. Les référentiels d'écocertification telle que FSC demandent également d'étayer finement ces étapes au travers du Principe 6 et 8 de ce référentiel qui portent respectivement sur « *les impacts environnementaux* » et sur le « *suivi et évaluation* ». De plus, au travers du principe 9 : *Maintien des forêts à haute valeur de conservation*, ce référentiel demande de garantir le maintien des forêts HVC (Haute Valeur de Conservation) dont les HVC type 2 qui comprennent les « Paysages Forestiers Intactes » (Intact Forest Landscape - IFL). Les IFL se caractérisant par le fait qu'elles représentent de grands massifs forestiers continus (supérieurs à 500 km<sup>2</sup>), de largeur supérieure à 10 km, et dans lesquelles les perturbations humaines sont minimales (FSC 2016). Au niveau des concessions forestières, une importante partie de ces IFL ne pourront pas faire l'objet d'exploitation industrielle.

En réponse à ces exigences, les entreprises forestières mettent en place de nombreuses actions, dont nous citerons de manière non exhaustive quelques exemples, qui peuvent être optimisées grâce à l'utilisation d'outils de télédétection telle que l'imagerie drone.

Tout d'abord, la planification des opérations d'exploitation (dont le choix du déploiement du réseau routier par exemple) nécessite un inventaire d'exploitation recensant le diamètre, la qualité, la géolocalisation et l'identification des essences commerciales présentes dans l'assiette annuelle de coupe (AAC). D'autres éléments, tels que la pente du terrain, les escarpements rocheux, les rivières, les salins ou encore les marais, sont également relevés. La cartographie au bureau de cet inventaire reste cependant sujette à une imprécision liée à divers facteurs tels que la précision des points GPS, la rectitude des layons, etc. La valorisation des importants moyens mis en place pour cet inventaire serait nettement améliorée grâce à des couches cartographiques dérivées d'images aériennes de haute résolution provenant de drones.

Dans le cadre du suivi post-exploitation, les entreprises évaluent les surfaces affectées par l'exploitation forestière en parcourant et en recensant les routes, pistes de débardages et trouées d'exploitation. Ce suivi permet, d'une part, de vérifier que les superficies des dégâts restent inférieures aux normes du pays et, d'autre part, d'améliorer les opérations d'exploitation en contrôlant que le réseau de pistes de débardage a été respecté. Une cartographie fine de ces perturbations serait facilitée grâce à de l'imagerie drone à très haute résolution et aux données 3D dérivée de cette imagerie qui font ressortir les ouvertures au sein de la canopée.

Une surveillance des parties de la concession susceptibles de subir des perturbations anthropiques du couvert forestier (ex : culture sur brulis, exploitation illégale de bois et de minerais) est nécessaire, et plus particulièrement au niveau des HVC ou des séries de conservation/protection par exemple. Cependant, les importantes superficies à surveiller ne permettent pas un patrouillage fréquent de toutes les zones susceptibles d'être dégradées. Une surveillance aérienne telle qu'offrent les drones faciliterait ce suivi.

Finalement, notons que l'ensemble des couches cartographiques dérivées de l'imagerie drone peuvent servir d'archives objectives qui seront consultables lors du contrôle qualité de l'entreprise ou lors d'audits de certification.

#### **Apport de l'imagerie drone dans le suivi des forêts**

L'utilisation de la télédétection dans le suivi de la forêt offre de nombreuses possibilités : cartographie de différents types de peuplements forestiers et des routes forestières, détection de changements au niveau de la canopée (exploitation d'arbres, développement de maladies, ...), détermination des espèces et caractérisation dendrométrique des peuplements (biomasse, volume sur pied, ...).

Cependant, la présence quasi continue d'une couverture nuageuse sur le Bassin du Congo limite fortement l'usage d'images satellites qui sont le produit de télédétection classique. De plus, l'utilisation de ces images satellites est limitée en raison de leur résolution spatiale faible (généralement 10-30 m), et de leur relativement faible fréquence de passage sur une zone donnée (figure 1).

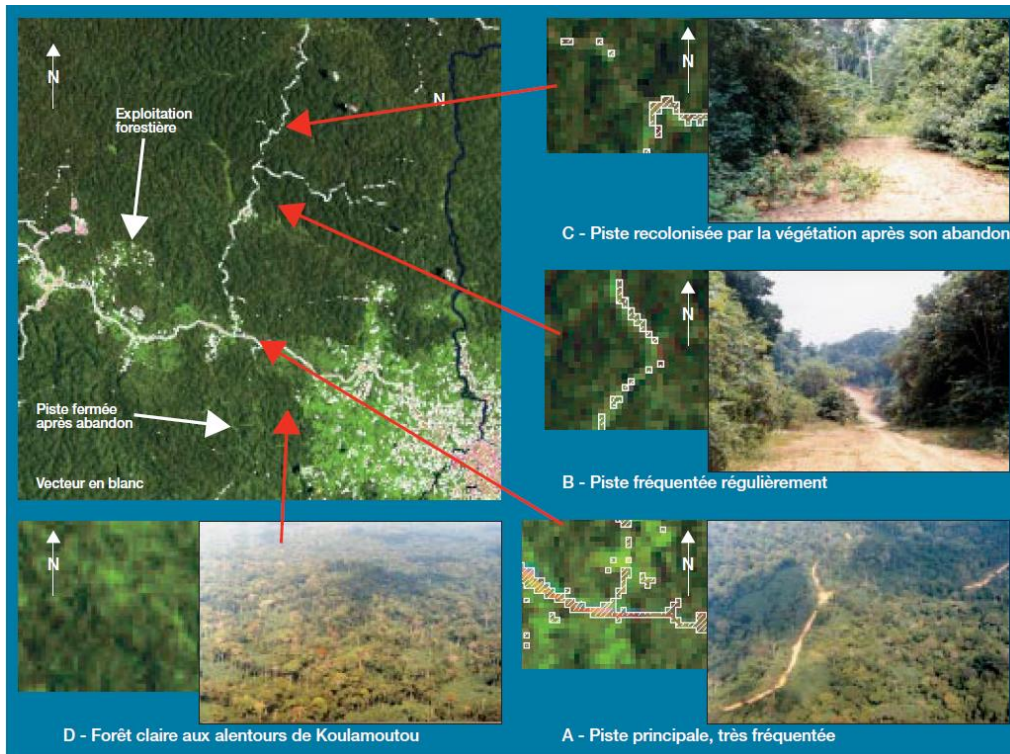


Figure 1 : Exemple de résolution (20 m) d'une image satellite SPOT en Guyane (Gond et al. 2003 du CIRAD).

L'usage du drone pour acquérir des images aériennes permet de pallier la plupart de ces limites et se place donc comme un outil intermédiaire entre les images satellites de très haute résolution (THR) et les informations collectées sur le terrain. En effet, les images drones présentent les avantages suivants :

- Une résolution spatiale inférieure à 25 cm (figure 2) ;
- Une acquisition d'images possible sous la couverture nuageuse ;
- Un déploiement relativement flexible permettant de cibler la zone à suivre à une fréquence souhaitée.

Le principal produit de l'imagerie drone est l'orthophoto (ou orthomosaïque) qui consiste en une mosaïque de petites images qui ont été corrigées de manière à ce qu'elles soient cohérentes avec d'autres couches cartographiques. En d'autres termes, une fois que ces images sont redressées, il est possible de mesurer des distances et des surfaces. Ces orthophotos peuvent être composées des trois bandes de couleur « visibles » (Rouge, Vert et Bleu) ou de bandes supplémentaires telles que l'Infrarouge. Dans ce dernier cas, on parle d'image multispectrale. De récents travaux menés par Gembloux Agro-Bio Tech (Université de Liège) montrent qu'avec des orthophotos drone il est possible de déterminer certaines essences (Lisein et al. 2015, Michez et al. 2016), de déceler des désordres physiologiques de certaines essences (Michez et al, 2016) ou encore de cartographier l'évolution spatiale des activités anthropiques villageoises (figure 3, Ngabinzeke et al. 2016).



Figure 2 : Exemple de résolution d'images aériennes de très haute résolution acquises au Nord de la République du Congo (Brown et al., 2005). A gauche, une image avec une piste d'exploitation et un parc à grumes, au milieu, une piste de débardage et à droite, une trouée d'exploitation.



Figure 3 : Suivi par drone de l'évolution d'un terroir villageois à l'est du Parc national de la Garamba en République Démocratique du Congo (Ngabinzeke et al. 2016, de Gembloux Agro-Bio Tech).

En plus des orthophotos, un produit 3D à partir des images drone peut être généré. Ce produit 3D peut se décliner sous la forme d'un **Modèle Numérique de Surface (MNS, figure 4)**. Un MNS est une image dont la valeur des pixels représente l'élévation. A partir de ce produit, il est ainsi possible de détecter des variations d'élévation et donc de déceler des perturbations fines telles que des trouées d'abattage, des pistes de débardage ou des routes (Brown et al. 2005, Lisein et al. 2013, Bonnet et al. 2015). La combinaison de données spectrales (orthophotos) et d'information 3D (MNS) permet également de localiser des arbres et d'estimer des paramètres dendrométriques tels que le volume de bois (Bonnet et al. 2017).

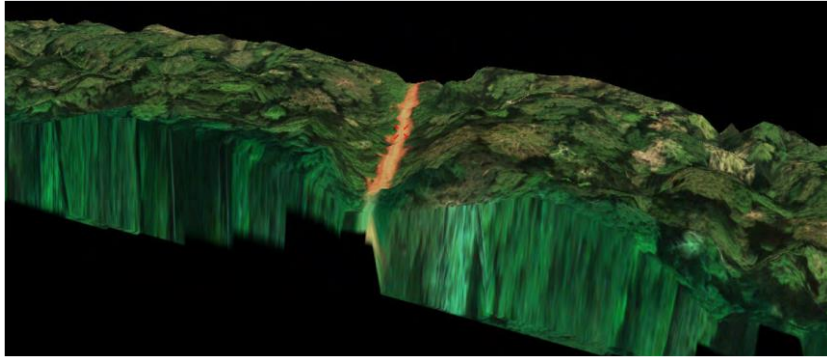


Figure 4 : Exemple d'une vue de profil d'un Modèle Numérique de Surface généré sur une ligne de vol au Nord de la République du Congo (Brown et al. 2005).

A travers ces quelques exemples, le drone se place comme un outil d'avenir dans les activités forestières d'inventaire, de planification et de suivi des opérations d'exploitation. La venue récente sur le marché de drones utilisant l'énergie solaire pour augmenter leur autonomie (tel que le propose Sunbirds) repousse encore les limites de leurs utilisations.

#### **La nécessité d'études techniques pilotes**

Afin d'évaluer le réel potentiel de l'imagerie drone pour répondre à certaines exigences légales et de certification du bassin du Congo, une étude pilote, qui **regroupe des acteurs opérationnels et de terrain**, est nécessaire.

Dans ce contexte, l'entreprise forestière **IFO / Interholco**, avec une concession forestière certifiée FSC de 1,16 million d'ha, souhaite évaluer le potentiel de la technologie drone dans l'aide à la planification par le repérage d'éléments paysagers, et dans le suivi des perturbations. Pour cette évaluation, elle s'est associée à des opérateurs pouvant mettre en œuvre concrètement ces services. Ces opérateurs sont, d'une part, la société **Sunbirds**, spécialisée dans des drones solaires de longues durées qui apportera son expertise technique et, d'autre part, l'association sans but lucratif (asbl) **Nature +** qui possède une expérience notable dans le domaine de la gestion durable des forêts tropicales et de l'imagerie drone.

Ces opérateurs seront secondés par des organismes de recherches qui apporteront leur savoir et leurs connaissances sur les dernières innovations techniques (**Gembloux Agro-Bio Tech**, **Commissariat à l'énergie atomique (CEA) Tech** et **CIRAD**).

## 2. Objectifs

---

La présente intervention vise à développer une solution de télédétection drone qui permet :

- 1) une aide à la planification des opérations d'exploitation ;
- 2) un suivi des perturbations du couvert forestier (suivi post-exploitation et surveillance) ;
- 3) une communication ciblée (EFIR, IFL, etc.) sur l'apport de la technologie drone au sein des entreprises forestières.

Ces objectifs sont guidés par une demande émanant directement de certaines entreprises forestières qui souhaitent développer de nouveaux outils de planification-inventaire et de suivi performants, objectifs et de moindre coût.

### 2.1 Aide à la planification des opérations d'exploitation avec de l'imagerie drone

Le survol de grandes surfaces forestières prochainement exploitées par un drone permettra de déceler des éléments contraignants pour la planification du réseau routier tels que des escarpements rocheux, des fortes pentes, des salins, marraix et de larges rivières. De même, ces éléments pourront être exploités dans le cadre de l'identification des zones de forêt à Haute Valeur de Conservation (HVC).

La détermination et la géolocalisation de certaines essences commerciales phares serviront à enrichir les opérations d'inventaire déjà réalisées dans les entreprises forestières. L'avantage de la méthodologie développée dans cette intervention consiste à pouvoir réaliser cet inventaire sur de grandes surfaces de manière objective.

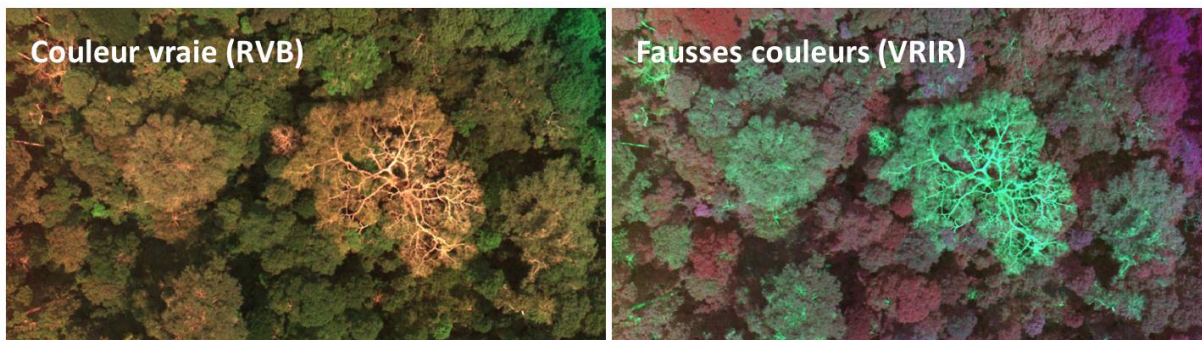


Figure 5 : Exemple d'image multispectrale de très haute résolution qui sera utilisée pour le repérage d'éléments paysagers et pour l'identification d'essences commerciales. A gauche, l'image est affichée avec les « vraies » couleurs, c'est-à-dire les bandes spectrales Rouge, Vert, et Bleu (RVB) et à droite, l'image est affichée en utilisant les bandes spectrales Vert, Rouge et Infrarouge (VRIR).

## 2.2 Suivi des perturbations du couvert forestier (suivi post-exploitation et surveillance)

Une meilleure connaissance des perturbations du couvert forestier suite aux opérations d'exploitation permet d'évaluer la qualité des interventions réalisées et, par conséquent, de les améliorer par la suite. Grâce à l'imagerie drone, les ouvertures dans la canopée peuvent être cartographiées finement et de manière semi-automatique (figure 6).

L'outil de détection des perturbations du couvert forestier pourra également servir à surveiller l'absence de perturbations du couvert en dehors des zones d'exploitation ou comme outil de suivi des « zones essentielles » (*core areas*) des IFL.

Une méthodologie sera standardisée afin de garantir sa répliquabilité dans différents contextes forestiers du Bassin du Congo. Les produits cartographiques standardisés qui seront générés pourront ainsi être utilisés dans le cadre d'audit d'écocertification.

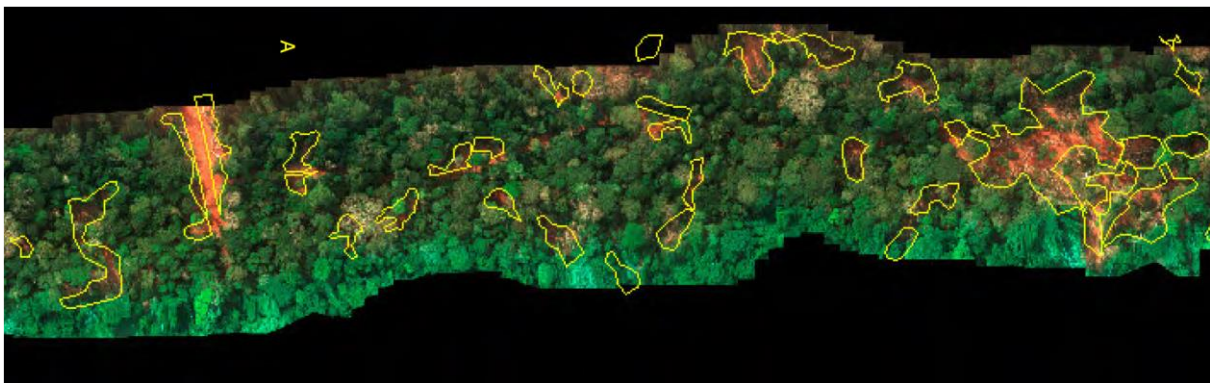


Figure 6 : Exemple de délimitations d'ouvertures de la canopée réalisé à partir d'un MNS sur une ligne de vol (Brown et al., 2005).

## 2.3 Communication sur l'apport de la technologie drone en gestion forestière tropicale

Les résultats concrets qui seront produits lors de cette intervention et leurs coûts seront communiqués aux entreprises forestières, aux auditeurs d'écocertification, ainsi qu'à des membres de l'administration forestière au travers de la participation à un atelier de restitution.

### 3. Degré d'insertion de l'intervention dans une démarche d'écocertification

---

En plus de l'aide à la planification et la gestion courante des entreprises forestières, l'intervention s'intègre pleinement dans la démarche d'écocertification puisqu'elle a pour objectif de fournir des informations standardisées qui seront directement utilisables pour l'évaluation de certains critères de certification FSC ou PAFC. Le déploiement rapide du drone permettra d'alimenter en informations certains indicateurs qui doivent être évalués fréquemment.

Le lien des activités menées dans le projet avec l'écocertification est plus détaillé dans la section 4 concernant le deuxième objectif de PPECF sur « *l'amélioration de la qualité de l'exploitation industrielle des forêts par le biais de formations et d'activités spécifiques liées à la certification* ».

### 4. Intégration de l'intervention dans les objectifs généraux du PPECF

---

Les objectifs du projet s'intègre plus particulièrement dans le deuxième objectif du programme PPECF, à savoir "*l'amélioration de la qualité de l'exploitation industrielle des forêts en renforçant les entreprises par le biais de formations et d'activités spécifiques liées à la certification*". Cette intégration est présentée de manière plus détaillée dans les paragraphes qui suivent, en spécifiant plus particulièrement le lien avec l'écocertification FSC.

La mise en correspondance des données de l'inventaire d'exploitation avec des informations cartographiques dérivées de l'imagerie drone (orthophotos, fortes pentes, salins, ...) **améliorera la planification des opérations d'exploitation**. L'intégration en routine de ces informations sera en accord avec les exigences du principe 6 : « *les impacts environnementaux* », et du principe 8 : « *suivi et évaluation* » du référentiel FSC.

Les travaux de détermination et de géolocalisation de certaines essences commerciales phares contribueront à **enrichir les opérations d'inventaire** et garantir la traçabilité dans les entreprises forestières.

Comme mentionné dans les objectifs, l'usage du drone dans le cadre des opérations d'exploitation permettra **un meilleur suivi post-exploitation** au travers d'une cartographie fine des ouvertures. Cette cartographie offrira des informations objectives pour répondre au principe 6 sur l'évaluation de l'impact environnemental des activités d'exploitations (critère 6.1 par exemple) et au principe 8 sur le suivi de l'état de la forêt du référentiel FSC (critère 8.1 par exemple).

L'outil de détection des perturbations du couvert forestier pourra également servir à vérifier l'absence d'activités anthropiques (culture sur brulis, exploitation illégale). Par conséquent, l'outil pourra également procurer des informations qui seront directement utilisées pour répondre aux critères FSC liés au principe 9 sur **le suivi du maintien des sites HVC** et, plus particulièrement, aux critères 9.3 et 9.4.



## 5. Bénéficiaires et parties prenantes

---

### **La société Interholco (sa filiale IFO) au Congo (certifiée FSC) :**

Interholco est une entreprise forestière implantée depuis presque 50 ans en Afrique. Sa filiale IFO (Industrie Forestière de Ouesso) s'est vue attribuer une concession forestière, « l'UFA Ngombé », par l'administration Congolaise en décembre 1999. La concession, avec une surface de 1,16 millions d'ha, est actuellement certifiée FSC. Soucieuse d'utiliser les pratiques de gestion et d'exploitation les plus modernes, Interholco a fait appel aux partenaires ci-dessous pour intégrer la technologie drone comme outil de planification et de suivi de son exploitation. Elle sera donc le site d'étude et le bénéficiaire principal de ce projet.

### **Nature +**

L'Association sans but lucratif (asbl) Nature + a développé de nombreux partenariats avec les entreprises forestières dans le bassin du Congo. Elle met en œuvre des projets de recherche et de développement intégrant différents aspects scientifiques et techniques nécessaires à la gestion durable des forêts tropicales. Nature + a réalisé des plans d'aménagement pour plusieurs sociétés forestières et a mené de nombreuses études sur la dynamique des peuplements forestiers, et les forêts HVC. Ses travaux au sein des entreprises sont toujours en accord avec les référentiels d'écocertification tel que FSC. En outre, elle accompagne les entreprises forestières dans les processus de certification (*coaching*). Etant convaincue par l'apport de la technologie drone dans la gestion durable des forêts tropicales, elle s'engage actuellement dans des études pilotes intégrant cette technologie. Elle sera partenaire direct du projet.

### **Sunbirds**

Sunbirds est la première société à concevoir des drones civils professionnels utilisant l'énergie solaire pour la cartographie de grands territoires. Par l'utilisation de l'énergie photovoltaïque, le SB4 Phoenix est capable de voler dix fois plus longtemps qu'un drone standard. Cette endurance hors du commun lui permet de surveiller et de cartographier de grande zones pour optimiser leur gestion durable et diminuer leurs coûts d'exploitation.

Créée en 2015, Sunbirds a collaboré avec CEA Tech afin de mettre au point son aile solaire unique au monde. La société se développe principalement à l'international, notamment en Afrique Centrale, en Asie du Sud-Est et en Australie. Les applications visées sont l'exploitation forestière, l'agriculture et l'élevage. Elle sera un partenaire direct du projet.

### **GxABT : Gembloux Agro-Bio Tech (Université de Liège)**

L'Unité de Gestion des Ressources Forestières du département BIOSE collabore régulièrement avec Nature + afin de faire bénéficier les gestionnaires forestiers des dernières recherches qui contribuent à la gestion durable des écosystèmes forestiers. Outre ses compétences dans le domaine de la gestion forestière, elle a une expertise reconnue et validée internationalement (voir les références de publications citées) dans le domaine du suivi de la forêt par drone. Elle sera en appui sur le projet.

## Projet iDROC :

Intégration de l'imagerie **drone** dans la certification forestière des écosystèmes tropicaux

### CIRAD

Le Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement, implique ici des équipes de son département « Environnements et Sociétés » qui est basé dans les locaux du CIRAD à Montpellier. Ces équipes apporteront ici leur expertise en botanique et en télédétection sur des massifs forestiers tropicaux. Elles seront en appui du projet.

### CEA Tech

Le Commissariat à l'Energie Atomique et aux énergies alternatives implique ici les équipes de l'antenne CEA Tech basée à Toulouse. Ces équipes apporteront ici leur expertise dans la chaîne algorithmique embarquée et optimisée pour permettre le développement de solutions sur la base d'images prises par drone. Elles seront en appui sur le projet.

### La société Pallisco au Cameroun (certifiée FSC)

Cette entreprise forestière implantée au Sud du Cameroun est certifiée OLB et FSC depuis 2008. Elle collabore avec GxABT et Nature + depuis plus de 10 ans dans l'objectif de mener des pratiques de gestion et d'exploitation forestière les plus durables. Elle est actuellement déjà impliquée avec ces partenaires dans des initiatives impliquant des drones. Elle sera un site secondaire permettant de tester la répliquabilité de la méthodologie développée dans cette intervention PPEFC.

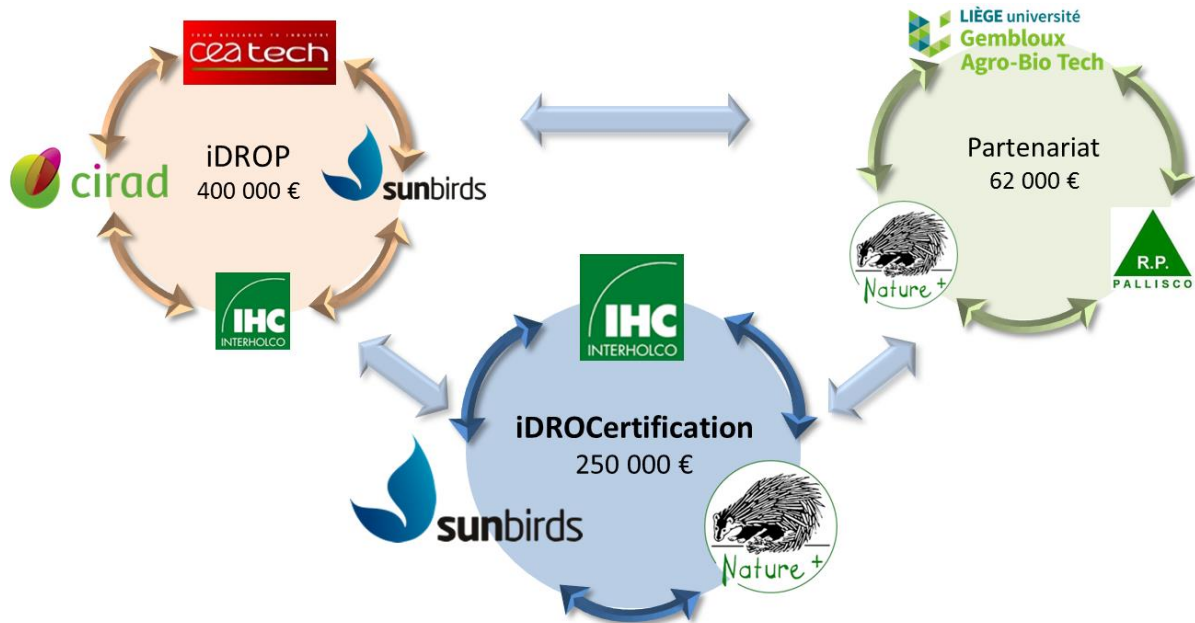


Figure 7 : Synergie du projet iDROC Certification avec les autres projets impliquant les partenaires.

## 6. Méthodologie

La réalisation du projet se déroulera au travers des cinq volets suivants :

- 1 Etablissement d'un protocole "modèle" d'acquisition d'images drone transposable dans différentes entreprises forestières (V1) ;
- 2 Développement d'un outil informatique de prétraitement des données drones (V2) ;
- 3 Développement d'outils d'aide à la planification avec de l'imagerie drone (V3) ;
- 4 Développement d'un système standardisé de suivi des perturbations de la canopée (V4) ;
- 5 Communication sur l'apport de technologie drone en gestion forestière tropicale (V5).

Les travaux seront réalisés sur deux sites pilotes. Le principal site se situera dans la concession forestière d'**Interholco** au Nord de la République du Congo et le site secondaire se trouvera au sein de la concession forestière de **Pallisco** au Sud du Cameroun. Le second site permettra de tester la répliquabilité de la méthodologie du volet 4 initialement développée chez Interholco. La figure 8 ci-dessous présente les principales étapes techniques contenues dans ce projet.

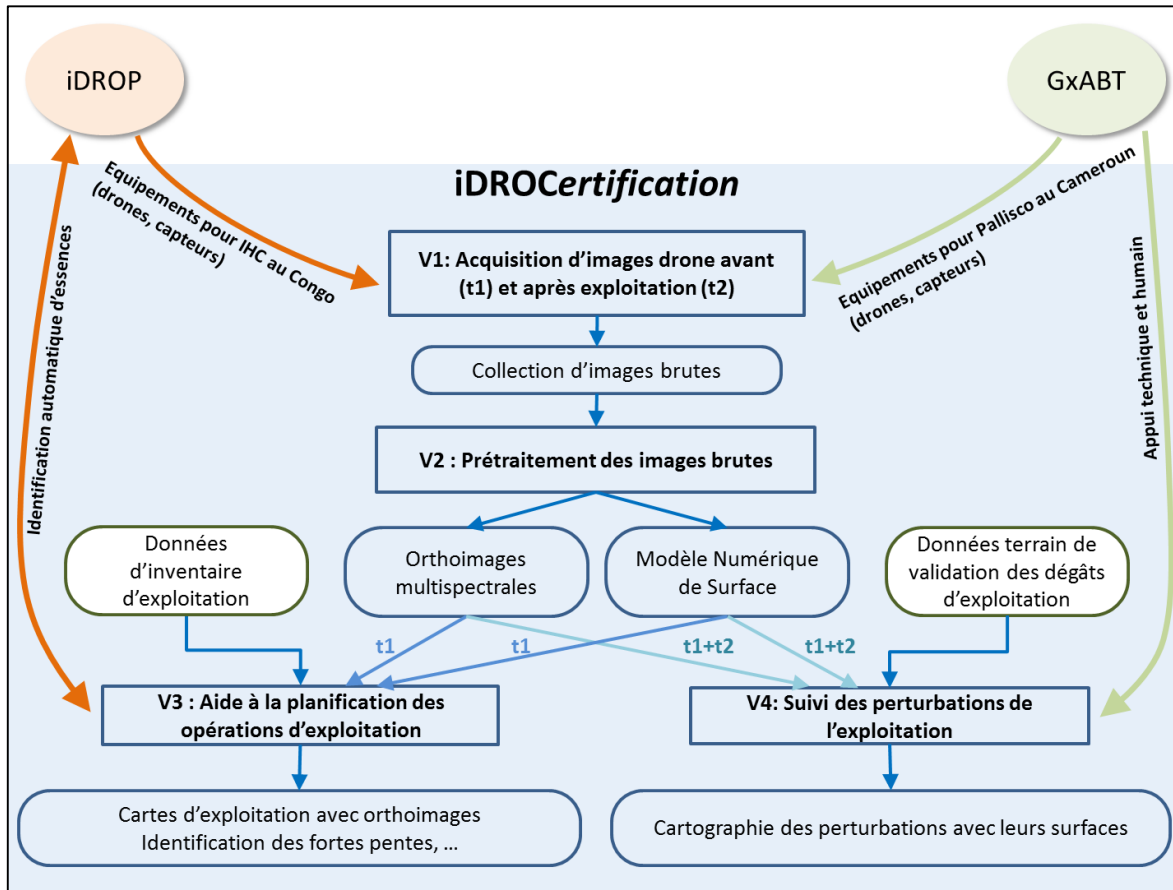


Figure 8 : Déroulement technique de iDROCertification. iDROC est un projet financé par la Région Occitane et GxABT est la faculté Gembloux Agro-Bio Tech (Université de Liège) qui mène des recherches drone dont certaines à Pallisco au Cameroun.

## **6.1 Etablissement d'un protocole "modèle" d'acquisition d'images drone transposable dans différentes entreprises**

Ce premier volet sera mené conjointement par Sunbirds et Nature + avec l'appui de Gembloux Agro-Bio Tech, CEA Tech, CIRAD, IHC et Pallisco.

Trois missions d'acquisition d'images sont prévues au Congo (missions menées par 2 experts de Sunbirds dont 1 pilote, et avec l'appui d'un expert drone-imagerie Nature + pour la première mission) et deux missions au Cameroun (menées par un expert drone-imagerie de Nature +). Ces missions permettront de collecter des données drones avant et après exploitation sur les deux sites.

### **1. Les démarches et l'acheminement du drone dans l'entreprise**

Interholco et Sunbirds se chargeront de l'acheminement des deux convois de drones vers la concession d'Interholco (préparation des colis en France, passage de la douane au Congo et livraison dans la concession). Le premier convoi de drones portera sur des drones de petites envergures qui seront facile à acheminer et qui permettront les premiers essais de paramétrage drone-capteur par rapport aux conditions du site. Le second convoi sera constitué du drone SB4 Phoenix qui se distingue par son alimentation énergétique solaire unique sur le marché.

Nature + et Pallisco se chargeront de l'acheminement du drone à voilure fixe de Gembloux Agro-Bio Tech vers Pallisco au Cameroun.

### **2. L'identification des sites pilotes d'étude**

L'identification des sites pilotes sera réalisée par l'ensemble des partenaires du projet (IHC, Sunbirds, Nature +, CEA Tech, CIRAD et Gembloux Agro-Bio Tech).

### **3. L'adaptation et la configuration des drones aux besoins de l'étude**

Le binôme d'experts de Sunbirds réalisera les adaptations et configurations pour les drones se trouvant chez Interholco et l'expert drone-imagerie de Nature + intégrera ces adaptations et configurations pour le drone se trouvant à Pallisco (Cameroun).

### **4. La définition de plans de vol sur base des informations cartographiques de l'entreprise forestière**

Interholco et Pallisco fourniront les données cartographiques disponibles pour les sites identifiés afin que Sunbirds et Natures + puissent prévoir les plans de vol de leur drone respectifs.

### **5. Premiers vols d'essais**

Le binôme d'experts de Sunbirds réalisera les premiers vols d'essais chez Interholco et sera suivi par les essais de l'expert Nature + chez Pallisco<sup>1</sup>.

### **6. Formation drone**

Une formation drone sera donnée pour piloter le drone SB4 Phoenix par le binôme d'experts Sunbirds.

---

<sup>1</sup> Afin d'attester la faisabilité de faire voler des drones en République du Congo, une autorisation de vol drone est annexé au document de projet.

## 7. Vols d'acquisition d'images sur d'importantes surfaces

L'ensemble des missions drone de ce volet auront pour objectif de couvrir l'entièreté de la superficie du site pilote. La superficie de ces sites pilotes sera de **3 000 ha à 5 000 ha** chacun. Dans l'optique d'un contrôle qualité, des points GPS au sol seront également collectés sur le terrain afin de vérifier la précision de géoréférencement des orthophotos et des MNS produits par la suite.

### Ressources PPECF nécessaires

Nature + réalisera un total de trois missions lors de ce volet (1 mission au Congo et 2 missions au Cameroun). Nature + consacrera 45 hommes-jours d'expertise drone-imagerie (tableau 1).

Sunbirds réalisera un total de trois missions lors de ce volet avec deux experts pour deux des trois missions. Sunbirds consacrera 85 hommes-jours d'expertise drone-imagerie pour réaliser l'ensemble des actions dont la formation drone (tableau 1).

CEA Tech consacrera 2 jours d'expertise scientifique pour appuyer Sunbirds dans la préparation du matériel drone, la formation et l'identification des sites d'étude. Le CIRAD consacrera 1/2 journée d'expertise scientifique pour l'identification du site d'étude (tableau 2).

*En co-financement, Les entreprises forestières prendront en charge les ressources humaines et matériels nécessaires pour la logistique d'acheminement du drone, le suivi de la formation drone et l'accueil des experts internationaux dans l'entreprises (déplacement, logement et restauration). Les partenaires de iDROP fourniront les drones destinés au Congo et le partenariat entre Nature + et Gembloux Agro-Bio Tech s'occupera de fournir un drone pour le Cameroun.*

**Tableau 1 : Répartition des ressources humaines nécessaires pour la réalisation des cinq missions de ce premier volet.**

Missions	Nbre de personnes	H.j	Total h.j
<b>Congo</b>			
<u>Mission 1: Création protocole d'acquisition, formation et acquisition</u>			
Sunbirds	2	27.5	55
Nature +	1	12	12
<u>Mission 2: Adaptation du protocole et acquisition</u>			
Sunbirds	2	10	20
<u>Mission 3: Acquisitions</u>			
Sunbirds	1	10	10
<b>Cameroun</b>			
<u>Mission 1: Intégration du protocole et acquisition</u>			
Nature +	1	22	22
<u>Mission 2 : Acquisitions</u>			
Nature +	1	11	11
<b>Total</b>			<b>130</b>
Sunbirds			85
Nature +			45

**Tableau 2 : Ressources PPECF nécessaires pour le volet 1**

V1	Unité	Nombre
Expert drone-imagerie	H.j	130
Expert scientifique	H.j	2.5
Billets d'avion	billet A/R	8

## 6.2 Développement d'un outil informatique de prétraitement des données drones

Ce second volet sera mené conjointement par Sunbirds et Nature + avec l'appui de Gembloux Agro-Bio Tech et CEA Tech. Les actions qui y seront réalisées porteront sur :

1. La définition des paramètres logiciels optimaux permettant de générer les produits de prétraitements que sont les orthophotos et les Modèles Numériques de Surface (MNS) ;
2. La production des orthophotos et des MNS des différents vols réalisés sur les deux sites pilotes.

La même méthodologie de traitement sera réalisée sur les deux sites d'étude.

### Ressources PPECF nécessaires

La génération des MNS sera prise en charge par Nature + (25 hommes.jours) et Sunbirds se concentrera sur la production des orthophotos (19 hommes.jours). Ces travaux seront réalisés au siège des partenaires, c'est-à-dire en Belgique pour Nature + et en France pour Sunbirds (tableau 3).

**Tableau 3 : Ressources nécessaires pour le volet 2**

V2	Unité	Nombre
Expert drone-imagerie	H.j	44

## 6.3 Développement d'outils d'aide à la planification avec de l'imagerie drone

Ce troisième volet sera mené conjointement par Nature + et Sunbirds avec l'appui de CEA Tech, du CIRAD, d'IHC et Pallisco. Ce volet comprend deux actions qui sont détaillés ci-dessous.

### 1. Constitution d'une base de données cartographique

Cette première action débute par la compilation de données cartographiques disponibles au sein de l'entreprise forestière comme les limites d'AAC, le réseau hydrographique, mais également les informations cartographiques directement liées à l'inventaire d'exploitation (position des arbres exploitables et des éléments contraignants pour l'exploitation, pente des layons, ...).

Des données complémentaires seront récoltées par un expert botanique du CIRAD pour enrichir cette base de données (ex : informations architecturales ou biométrique, orientation des pentes).

### 2. Production de supports cartographiques dérivés de l'imagerie drone

Les données cartographiques obtenues dans l'action 1, plus particulièrement les données d'exploitation, seront amendées (géoréférencement et digitalisation) afin qu'elles soient en parfaite concordance avec les orthophotos. Le travail sera réalisé par un membre du personnel de la cellule d'aménagement de chacune des entreprises forestières et supervisé par un expert de Nature +.

Les amendements apportés permettront aux équipes d'aménagement et d'exploitation d'identifier les améliorations à apporter à leurs pratiques en matière d'inventaire.

La parfaite concordance spatiale entre les orthophotos et les données cartographiques de terrain permettront de développer des algorithmes de détection automatique d'essences et d'autres éléments paysagers contraignants pour une meilleure planification de l'exploitation. CEA Tech sera en charge de la détection automatique d'essences tandis que Nature + se chargera de la détection des éléments paysagers contraignants.

#### Ressources PPECF nécessaires

Nature + consacrera 24 hommes-jours d'expertise drone-imagerie dans la réalisation de ce volet, CEA Tech consacrera 42 jours d'expertise en imagerie-drone, et le CIRAD réalisera une mission de 21 hommes-jours d'expertise botanique (tableau 4). L'ensemble de l'expertise botanique sera réalisée dans la concession forestière d'IFO/Interholco, tandis que l'expertise drone-imagerie sera réalisée au siège des deux partenaires, c'est-à-dire en Belgique et en France.

*En co-financement, Les entreprises forestières prendront en charge les ressources humaines nécessaires pour les traitements cartographiques. IFO/Interhoclo prendra en charge l'accueil de l'expert botaniste du CIRAD (déplacement, logement et restauration).*

**Tableau 4 : Ressources PPECF nécessaires pour le volet 3**

V3	Unité	Nombre
Expert drone-imagerie	H.j	66
Expert botanique	H.j	21
Billets d'avion	billet A/R	1

#### **6.4 Développement d'un système standardisé de suivi des perturbations de la canopée**

Ce quatrième volet sera mené par Nature + avec l'appui de Gembloux Agro-Bio Tech et Sunbirds. Les actions qui y seront réalisées porteront sur :

1. Le développement d'une chaîne de traitement suffisamment robuste pour :
  - i) détecter les perturbations récentes et plus anciennes (trouées d'exploitation, piste de débardage, parc et routes secondaires) et,
  - ii) être reproductible dans les deux sites d'étude.
2. La génération d'informations permettant d'évaluer objectivement certains critères d'écocertification.

L'utilisation conjointe d'orthophotos et de MNS avant et après exploitation seront utilisées pour détecter les ouvertures récentes de la canopée. Par exemple, la différence de MNS avant et après exploitation fera ressortir les ouvertures de canopées. Une validation de ces limites d'ouverture sera réalisé au travers de relevés terrains réalisés par Gembloux Agro-Bio Tech.

Ressources PPECF nécessaires

Nature + avec Gembloux Agro-Bio Tech réalisera l'ensemble des relevés de terrain et des traitements nécessaires à la délimitation des ouvertures de canopée et à leur validation. Les relevés terrains seront réalisés aux travers de deux missions de 10 hommes.jours chacune (une mission au Congo et une mission au Cameroun).

*En co-financement, les entreprises forestières prendront en charge l'accueil de l'expert Nature + / Gembloux Agro-Bio Tech dans l'entreprises (déplacement, logement et restauration) ainsi que les ressources humaines et le matériel nécessaires pour la réalisation des relevés terrain. Gembloux Agro-Bio Tech prendra en charge les ressources humaines nécessaires pour les traitements de délimitation des perturbations.*

**Tableau 5 : Ressources PPECF nécessaires pour le volet 3**

<b>V4</b>	<b>Unité</b>	<b>Nombre</b>
Expert drone-imagerie	H.j	20
Billets d'avion	billet A/R	2

**6.5 Communication sur l'apport de technologie drone en gestion forestière tropicale**

Ce cinquième et dernier volet sera mené conjointement par Nature + et Sunbirds. L'action qui y sera réalisée portera sur l'organisation d'un atelier de restitution dont le public cible sera les entreprises forestières, les auditeurs d'écocertification ou de légalité et du personnel de l'administration forestière. Sur base des résultats obtenus lors du projet, une présentation des différentes possibilités d'intégration de la technologie drone dans les activités des entreprises forestières sera réalisée. Cette présentation prendra notamment compte les faisabilités techniques et règlementaire, les compétences requises, les formations nécessaires ainsi que les coûts. Le groupement de l'association sans but lucratif, Nature +, et de la société commerciale, Sunbirds, permettra de garantir que ces propositions d'intégration soient en phase avec les réalités réglementaires, économiques et techniques des pays du Bassin du Congo.

Afin de minimiser les coûts, cet atelier sera associé à un autre atelier portant sur les matières forestière et organisé dans le bassin du Congo (ex : atelier P3FAC, ...).

Ressources PPECF nécessaires

Nature + et Sunbirds organiseront ensemble l'atelier. Un budget sera provisionné pour cette organisation. Un membre de chacun des deux partenaires participera à l'atelier (6 hommes.jours de mission pour chacun des partenaires).

<b>V5</b>	<b>Unité</b>	<b>Nombre</b>
Expert imagerie-Drone	H-J	12
Billets d'avion	billet A/R	2
Organisation atelier	forfait	1



## 7. Calendrier opérationnel

---

L'étude sera réalisée sur une durée de 30 mois et les activités se répartiront comme présentées dans le tableau 1.

Projet iDROC :

Intégration de l'imagerie **drone** dans la certification forestière des écosystèmes tropicaux

**Tableau 1.** Calendrier prévisionnel des activités de l'étude.

Actions		2018				2019								2020								2021											
		Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1																	
			S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J		
<b>Volet 1 : Protocole d'expérimentation sur site</b>																																	
1.1.	Acheminement des drones et capteurs multispectraux	2 sites																															
1.2.	Identification des sites pilotes d'étude	2 sites																															
1.3.	Adaptation et configuration du système drone-capteur aux conditions locales	2 sites																															
1.4.	Ajustement des paramètres de plan de vol	2 sites																															
1.5.	Vols d'essais et analyses	2 sites																															
1.6.	Formation	COG																															
1.7.	Vols de production (vols avant et après exploitation d'une AAC+1 vol correctif)+ relevés gps	COG																															
		CMR																															
<b>Volet 2 : Prétraitement des données drones</b>																																	
2.1.	Ajustement logiciel																																
2.2.	Production d'orthophotos multispectrales et de MNS																																
<b>Volet 3 : Aide à la planification des opérations d'exploitation</b>																																	
3.1.	Création d'une base de données géographique																																
3.2.	Production de supports cartographiques dérivés de l'imagerie drone																																
<b>Volet 4 : Suivi des perturbations forestières</b>																																	
4.1.	Relevés terrain pour validation des données drone	COG																															
		CMR																															
4.2.	Développement d'une chaîne de traitement																																
4.3.	Développement d'indices pour l'écocertification																																
<b>Volet 5 : Communication sur drone-gestion forestière</b>																																	
5.1.	Organisation d'un atelier																																

## 8. Résultats attendus et garanties de bonne exécution

### 8.1 Résultats attendus

Les résultats attendus par volet sont repris dans le tableau ci-dessous.

V1 - Protocole d'expérimentation sur site	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Réception des drones dans les entreprises forestières</li> <li>- Documents d'autorisation de vols</li> <li>- Drones opérationnels</li> <li>- Deux membres du personnel des entreprises forestières seront formés à piloter et à prétraiter les données drones</li> <li>- Survol de 3 000 ha à 5 000 ha de forêt par site</li> </ul>
V2 - Prétraitement des données drone	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Orthophotos et MNS avant et après exploitation des deux sites d'étude</li> <li>- Protocole de traitement</li> </ul>
V3 - Aide à la planification	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Une base de données géographique par site dont le géoréférencement est validé</li> <li>- Une base de données botanique des clés d'identification des essences forestières recherchées</li> <li>- Protocole d'intégration de l'imagerie drone dans le travail de planification de la cellule d'exploitation</li> <li>- Rapport sur les développements algorithmiques réalisés pour la détection automatique des essences et des autres éléments paysagers</li> <li>- Produits cartographiques générés de manière automatique (ex : carte des pentes)</li> </ul>
V4 – Suivi des perturbations forestières	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cartes des ouvertures de canopées sur 3 000 ha à 5 000 ha/sit</li> <li>- Document mettant en valeur les informations utilisables dans le cadre d'écocertification</li> <li>- Procédure de traitement des données</li> </ul>
V5 - Communication drone - gestion forestière tropicale	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Document mettant en valeur les informations drone utilisables dans le cadre d'écocertification et la manière d'intégrer cette technologie dans les entreprises forestières (coûts, réglementations nationales, connaissances techniques, ...)</li> </ul>

### 8.2 Garanties de bonne exécution

Afin de garantir la bonne exécution et le suivi du projet, des mémo-rapports d'activités trimestrielles seront rédigés.

## 9. Budget estimé

---

Le budget estimé pour la réalisation du projet est **de 817 195€**. Le **programme PPECF prend en charge 30 % de ce budget, soit 243 285 €**. Le projet bénéficiera de 70 % de cofinancement provenant :

- Du projet iDROP (subvention de la région Occitane), qui co-financera le matériel drone à destination de la République du Congo, une partie du volet 3 sur le développement d'un outil d'aide à la planification et une partie des conseils scientifiques de CEA Tech et CIRAD ;
- d'une large contribution des exploitants forestiers partenaires/bénéficiaires (personnel/matériel/engins internes, logistique, logement, restauration, locaux, etc...) ;
- d'une contribution de Gembloux Agro-Bio Tech, par la mise à disposition d'un drone à voilure fixe avec ses capteurs, ainsi les conseils et la supervision scientifique.

Le budget détaillé est repris dans l'annexe III.

## 10. Références citées

- BONNET, S., GAULTON, R., LEHAIRE, F. & LEJEUNE, P. 2015. Canopy Gap Mapping from Airborne Laser Scanning: An Assessment of the Positional and Geometrical Accuracy. *Remote Sensing* 7:11267–11294.
- BONNET, S., LISEIN, J. & LEJEUNE, P. 2017. Comparison of UAS photogrammetric products for tree detection and characterization of coniferous stands. *International Journal of Remote Sensing* 38:5310–5337.
- BROWN, S., PEARSON, T., MOORE, N., PARVEEN, A., AMBAGIS, S. & SHOCH, D. 2005. Impact of selective logging on the carbon stocks of tropical forests: Republic of Congo as a case study. *Winrock International, Virginia*:21.
- FSC. 2016. International Generic Indicators, FSC-STD-60-004 V1-0 EN.
- GOND, V., FÉAU, C. & PAIN-ORCET, M. 2003. Télédétection et aménagement forestier tropical: les pistes d'exploitation. *Bois et forêts des tropiques*:29–36.
- LISEIN, J., MICHEZ, A., CLAESSENS, H. & LEJEUNE, P. 2015. Discrimination of deciduous tree species from time series of unmanned aerial system imagery. *PLoS one* 10:e0141006.
- LISEIN, J., PIERROT-DESEILLIGNY, M., BONNET, S. & LEJEUNE, P. 2013. A photogrammetric workflow for the creation of a forest canopy height model from small unmanned aerial system imagery. *Forests* 4:922–944.
- MICHEZ, A., PIÉGAY, H., LISEIN, J., CLAESSENS, H. & LEJEUNE, P. 2016. Classification of riparian forest species and health condition using multi-temporal and hyperspatial imagery from unmanned aerial system. *Environmental monitoring and assessment* 188:146.
- NGABINZEKE, J. S., LINCHANT, J., QUEVAUVILLERS, S., KAHINDO MUHONGYA, J.-M., LEJEUNE, P. & VERMEULEN, C. 2016. Potentiel des véhicules aériens sans pilote dans la détection des activités humaines illégales dans les aires protégées en République Démocratique du Congo. *Journal of Unmanned Vehicle Systems* 4:151–159.