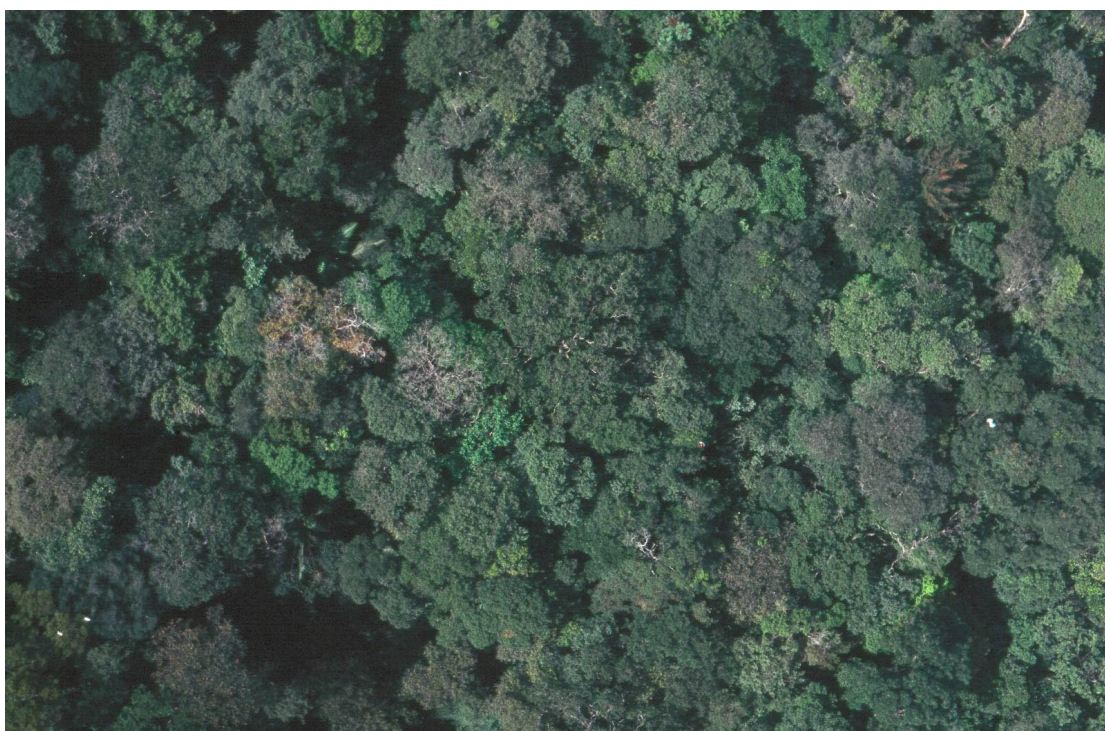




Module FTH 2002

Identification d'essences guyanaises par photographie aérienne



Encadrante : Valérie Trichon

Sandrine Galletti
Julie Meudec
Isabelle Sendrané

octobre 2002

Remerciements

Nous tenions à remercier Valérie pour nous avoir fait découvrir son univers tropicalisé de la photo aérienne, ainsi qu'Eric pour les réveils musicaux, Bruno pour le pain frais, Meriem et toute l'équipe de Kourou pour l'organisation de choc du module.

Et les mygales, les moustiques, les taons, les poux d'agouti et tous leurs amis, ainsi que les géniaux inventeurs du baygon et de l'éléol.....

Et pour finir une petite pensée pour tous les occupants du centre de Paracou, qui ont rendu agréable notre découverte de la forêt guyanaise.

Introduction	5
1. Contexte de l'étude.....	6
1.1. Site de paracou	6
1.2. Travaux précédents.	6
1.2.1. Acquisition des photographies	6
1.2.2. Vocabulaire facilitant la compréhension de ce travail	8
1.2.3. Travail de terrain et de photo-interprétation	8
2. Objectifs et déroulement de notre projet.	12
2.1. Objectifs du projet.	12
2.2. Matériel et méthodes.	12
3. Analyse des résultats sur les arbres jugés.....	14
3.1. Analyse des taux de succès.	14
3.1.1. Taux de succès à 500m.....	14
3.1.2. Taux de succès à 200 m.....	15
3.1.3. Taux de succès à 100m.....	16
3.1.4. Conclusion.....	16
3.2. Comparaison avec les résultats sur la P16.	17
3.2.1. Comparaison des peuplements sur les deux parcelles.....	17
3.2.2. Comparaison des résultats d'interprétation entre les parcelles 11 et 16, discussion des critères	19
4. Analyse des interprétations en tenant compte des « arbres oubliés »	23
5. Discussion Générale	24
Conclusion.....	25
Annexe 1: Définition des critères et description standard des couronnes des essences les plus abondantes sur la parcelle 11. D'après Trichon, 2001	26
Annexe2 : proportion des « gros » arbres arrivant en canopée.	29
Bibliographie	30

Table des illustrations

Tableau 1 : Démarche globale des études menées par V. Trichon	9
Tableau 2 : Bilan des jugements des 12 essences cibles sur la P16 (d'après Trichon et Julien, soumis).	11
Tableau 3 : Taux de succès des interprétations certaines et quasi certaines à 500m	14
Tableau 4 : Taux de succès des interprétations certaines et quasi certaines à 200 m.	15
Tableau 5 : Taux de succès des interprétations certaines et quasi certaines à 100 m.	16
Tableau 6 : Comparaison quantitative des deux peuplements grâce aux données de la base CIRAD	17
Tableau 7 : Comparaison qualitative des deux peuplements grâce aux données de la base CIRAD	18
Tableau 8: Comparaison des résultats des photo-interprétations dans les parcelles 11 et 16 ..	20
Tableau 9 : Rendement des interprétations de la parcelle 11 en tenant compte des arbres oubliés	23

Introduction

L'inaccessibilité de la canopée rend parfois très difficile l'identification et l'étude des arbres des forêts tropicales humides. Depuis une trentaine d'années, quelques programmes de recherche tentent de palier ce problème par l'utilisation de photographies aériennes à plus ou moins grande échelle, ce qui aurait à moyen terme des applications intéressantes :

- en recherche : pour étudier le fonctionnement de la canopée (floraison, fructification, sénescence des arbres, relations entre espèces, ...),
- en gestion et exploitation :
 - pour établir des stations de recherche et/ou conservation grâce à des espèces indicatrices de milieu,
 - pour réaliser rapidement un inventaire des sites exploitables.

Le présent travail s'inscrit dans la démarche de Valérie Trichon, enseignant_chercheur à l'université Paul Sabatier (Toulouse) qui vise à étudier la possibilité d'identifier quelques essences guyanaises sur photographies aériennes à grande échelle. Ce travail fait partie d'un projet financé par les groupements d'intérêts scientifiques Silvolab et Ecofor Guyane, intitulé « Analyse multi-échelles des couverts forestiers ».

1. Contexte de l'étude

1.1. Site de paracou

L'étude présentée ici a eu pour cadre le site expérimental du Cirad-Forêt situé à Paracou, implanté en 1984 à proximité de la ville de Sinnamary (Guyane française). Notre étude s'est déroulée sur la parcelle 11 de ce site, qui est une parcelle témoin sur laquelle aucun traitement n'a été effectué, tout comme la parcelle 16.

Le peuplement forestier y est de type « forêt humide de plaine sur sol ferralitique » (Favrichon, 1994). Tous les arbres dont le diamètre à hauteur de poitrine (dbh) est supérieur à 10 cm font l'objet d'un suivi régulier, après avoir été inventoriés et numérotés. Leur position, leur diamètre et leur nom d'essence sont intégrés dans la base de données de Paracou gérée par le Cirad-forêt.

Le climat du site est de type équatorial, avec des précipitations annuelles de l'ordre de 3000 mm. Deux pics de précipitations ont lieu d'avril à juin et de décembre à janvier, séparés par un petit « été de mars » et une longue saison sèche d'août à novembre. La température moyenne est de 26°C.

1.2. Travaux précédents.

1.2.1. *Acquisition des photographies*

Au cours de la mission « Opération Guyane 96 » (Trichon et al., 1998), une première série de diapositives couleurs a été prise en octobre 1996 sur la parcelle 16 de Paracou, à l'aide d'un ballon dirigeable, à une centaine de mètres au dessus des arbres (entre 100 et 130m d'altitude). On évalue l'échelle correspondante des diapositives à 1/3000. La couverture photographique concerne 15 des 25 ha qui constituent la parcelle 16.

Une deuxième série de diapositives a été prise en juillet 1997 sur l'ensemble de la parcelle 11 (6,25 ha) à l'aide d'un hélicoptère, à trois altitudes différentes : 100m, 200m, et 500m (Chareyre, 1998). Cela correspond à des échelles respectives de 1/2000, 1/4000, et 1/10000. (Cf. photos pages suivantes).

A noter que par commodité de lecture, nous parlerons désormais en terme d'altitude, bien que la discussion soit théoriquement plus correcte en terme d'échelle.

Toutes ces photos ont été acquises de sorte à pouvoir être exploitées en stéréoscopie.

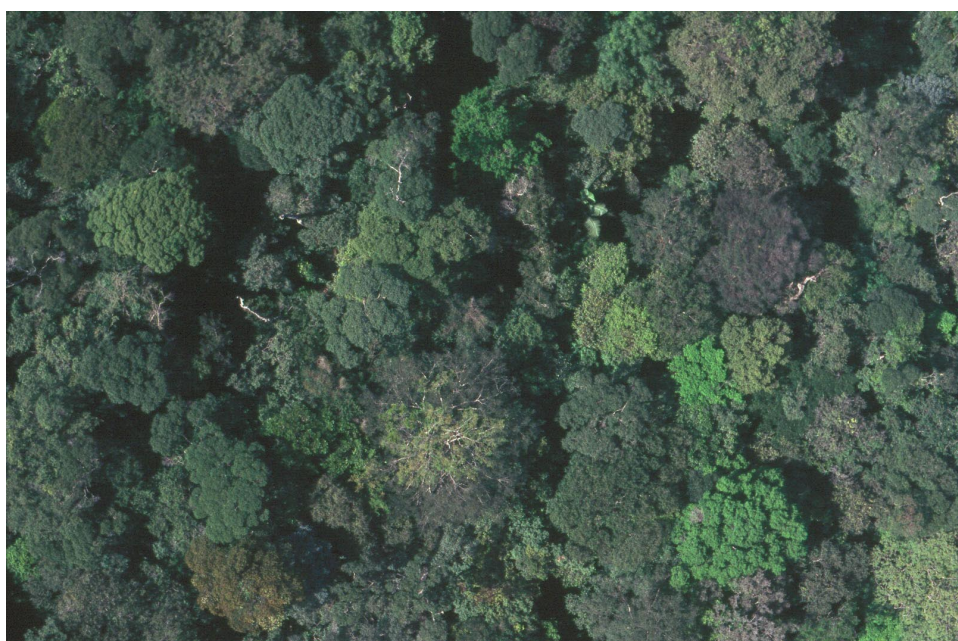
En pratique, ces deux séries de photos n'ont pas été prises à la même saison (milieu de saison sèche versus fin de saison des pluies), ni à la même heure.

- La mission aéroportée de 1997 a débuté à 9h20 du matin pour le vol à 100 m et s'est poursuivie durant la matinée à 200 m puis à 500 m. On remarque sur les photos une augmentation nette de la luminosité à partir des photos prises à 200 m.
- Pour la mission de 1996, les photos ont été prises tôt le matin, entre 7 et 8 heures.

Exemples de photos prises à trois altitudes différentes.

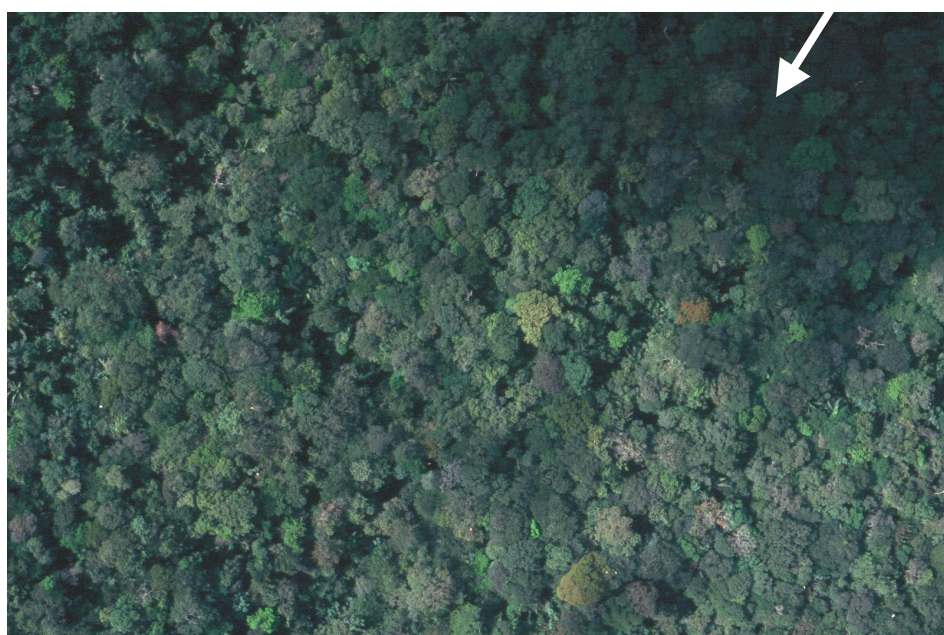


100m



200m

Zone
assombrie
par un nuage



500m

1.2.2. Vocabulaire facilitant la compréhension de ce travail

- **Jugé** : un arbre jugé est un arbre ayant fait l'objet d'une photo-interprétation, que l'interprétation soit juste ou fausse.
- **Reconnu** : un arbre reconnu est un arbre qui a été bien jugé
- **Non reconnu** : un arbre non reconnu est un arbre qui a été mal jugé ou qui n'a pas été jugé du tout.
- **Localisé** : un arbre localisé est un arbre pour lequel on a délimité la couronne sur la photographie et localisé le tronc sur le terrain.
- **Oublié** : un arbre oublié est arbre dont la couronne atteint la canopée (donc théoriquement visible sur les photos) mais qui n'a pas été reconnu lors des photo-interprétations.
- **Taux de succès** : on appelle taux de succès le rapport : nombre d'arbres reconnus / nombre d'arbres jugés, pour une essence donnée.
- **Rendement** : c'est le nombre d'arbres reconnus / nombre total des arbres localisés (théoriquement visibles sur les photographies) pour une essence donnée.

1.2.3. Travail de terrain et de photo-interprétation

Nous présentons ci-après le tableau 1 récapitulant la démarche globale des travaux menés par Valérie Trichon. Une description détaillée en est faite juste après.

	Caractéristiques des photos aériennes	Labo	Terrain
Parcelle 16	Période : fin Octobre 96 Altitude de vol : 100 à 130 m (variable) Aéronef : Ballon dirigeable Echelle des diapositives couleur: 1/3000	« Zone d'entraînement », 5ha	
			Mise en correspondance d'un maximum de couronnes avec leurs troncs et donc leur nom d'essence (base de données de l'inventaire CIRAD)
		=> <i>extraction des 12 essences localisées plus de 5 fois et établissement de critères caractéristiques</i>	
		« Zone test », 10ha, conditions de prise de vue identiques	
		Photo-interprétation séparément par 2 interprètes: recherche des 12 essences	Validation grâce à la correspondance tronc/couronne et à la base de données
		=> <i>test de la validité de la méthode sur les 12 essences: 85 à 90 % d'arbres reconnus</i>	
Parcelle 11	Période : mi-Juillet 97 Altitudes de vol : 100, 200 et 500m Aéronef : Hélicoptère Echelles des diapositives couleur : 1/2000, 1/4000 et 1/10000	« Zone test », 6,25ha, conditions de prise de vue différentes	
		Photo-interprétation : recherche des 12 essences	Mise en correspondance d'un maximum de couronnes avec leurs troncs, validation des photo-interprétations
		=> <i>comparaison avec les résultats sur la P16</i> => <i>analyse des « oublis » dans les 12 essences, ...</i>	

Tableau 1 : Démarche globale des études menées par V. Trichon

1.2.3.1 Etape d'entraînement sur 5 ha de la parcelle 16

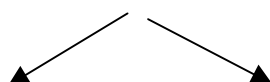
La première phase du travail, réalisée en 1998, était de rechercher tous les troncs d'arbres dont les couronnes étaient visibles sur les photographies, puis, sur le terrain, de relever le numéro de l'arbre. Ceci permet de rechercher son diamètre et son essence dans l'inventaire des arbres de Paracou de 1996. Cette opération a donné les résultats suivants :

Arbres reconnus depuis le sol :

281

Soit nombre d'essences :

80



Essences repérées moins de 5 fois :

65

Essences repérées plus de 5 fois :

15

et présentant une faible variabilité de
couronnes (**essences cibles**): 12

Parallèlement, il a été mis en place une terminologie de description des couronnes à partir d'éléments bibliographiques. Sept critères ont été retenus :

- la taille de la couronne,
- le statut : position de la couronne par rapport au niveau moyen de la canopée,
- le contour : forme de la projection verticale de la couronne,
- l'architecture : forme de la surface de la couronne, agencement et profondeur du feuillage,
- la caractéristique du feuillage : estimation du recouvrement et du degré d'homogénéité,
- la texture du feuillage : présence éventuelle d'un motif textural,
- la couleur : critère très sensible aux conditions de prise de vue et de développement du film, mais qui s'avère souvent utile.

Les 12 essences ont été décrites selon ces critères à l'aide d'un lexique défini avec précision. Nous les nommerons les « essences cibles », pour plus de clarté. (Cf. annexe 1).

1.2.3.2 Photo-interprétation sur la parcelle 16

D'après l'expérience acquise sur la parcelle d'entraînement et à l'aide des critères d'identification définis, les deux photo-interprètes (Valérie Trichon et Marie Julien) ont tenté de reconnaître les 12 essences sur les photos des 10 ha restant de la parcelle 16.

Elles ont travaillé séparément, sans vision stéréoscopique tout d'abord puis avec, en précisant un niveau de certitude de leur interprétation compris entre 3 pour un jugement certain et 1 pour une suggestion sans certitude. Ce dernier niveau de jugement a pour but de discerner par la suite les raisons d'éventuelles confusions entre essence.

Les photo-interprètes se sont ensuite rendues sur le terrain en mars 2000 afin de valider leurs résultats . Les conclusions sont les suivantes :

- Sur les 10 ha, 268 jugements au total ont été donnés avec certitude ou quasi certitude, avec 87% de réussite en moyenne. Si on prend en compte les suggestions sans certitude, on obtient environ 84% de réussite en moyenne sur 309 jugements.
- Les résultats varient en fonction des essences :

Essence	Fréquence des reconnaissances	Certitude de jugement	Taux de Succès moyen des jugements	«Bilan »
Carapa, Gonfolo rose, Lebi koko, Wacapou	Au moins 10 fois par chaque interprète	Majorité de 2 et 3	Succès $\geq 80\%$	Essences bien reconnaissables par les 2 interprètes
Diaguidia, Gonfolo gris, Grignon, Symphonia, Kimboto	Entre 5 et 10 fois par chaque interprète	Majorité de 2 et 3	Succès variable, compris entre 60 et 75%	Succès variable selon l'interprète (Gonfolo gris, Grignon, Kimboto). Diaguidia et Symphonia néanmoins considérées après discussion comme bien reconnaissable
Angélique, Goupi, Mahot cigare,	Moins de 5 fois par chaque interprète	Beaucoup d'hésitations (1)	Variable : 50 à 70% en moyenne	Espèces rarement reconnues. Taux de succès à confirmer sur un plus grand échantillon

Tableau 2 : Bilan des jugements des 12 essences cibles sur la P16 (d'après Trichon et Julien, soumis).

- La concordance entre photo-interprètes est satisfaisante : sur les 309 interprétations totales, 78% ont été identiques (121 arbres). Dans 114 cas l'essence était effectivement reconnue.

1.2.3.3 Photo-interprétation sur la parcelle 11.

Après avoir analysé les résultats des interprétations de la parcelle 16, les deux interprètes ont tout d'abord essayé de comprendre les raisons de leurs « défauts de jugements » respectifs, afin d'améliorer leurs résultats futurs. Puis elles ont photo-interprété ensemble les clichés de la parcelle 11, sans stéréoscopie et sur projection des diapositives au lieu des observations sur tirages papier. La stéréoscopie a été ainsi écartée pour gagner en rapidité, son utilisation n'ayant pas amélioré de façon significative les résultats des photo-interprétations sur la P16 (Julien, 2000)

2. Objectifs et déroulement de notre projet.

2.1. Objectifs du projet.

Le premier objectif de notre projet de terrain était de compléter la localisation d'un maximum de couronnes sur la P11, c'est à dire leur mise en correspondance avec les troncs. Ce travail avait été commencé lors d'une mission de juillet 2002 par V.Trichon et une étudiante stagiaire, mais comprenait encore des lacunes et des incertitudes.

Cette étape permettait ensuite de valider l'interprétation des photographies aériennes sur la P11 et de, comparer les résultats à ceux obtenus sur la parcelle 16. On teste donc la robustesse de la méthode d'identification des essences en fonction des variations des conditions de prises de vue, détaillées plus haut.

On s'intéresse en particulier à l'influence, sur le taux de succès des identifications, de :

- l'échelle des photographies
- l'heure de prise de vue
- la saison d'acquisition et ses effets sur les stades phénologiques

2.2. Matériel et méthodes.

- La base de données du CIRAD-forêt sur Paracou, version 1997 (date des prises de vues)
- Les tirages sur papier des diapositives, pour des raisons de commodité sur le terrain,
- Le plan d'assemblage des prises de vue (Chareyre, 1998)
- Un stéréoscope,
- 8 bons yeux et 4 bonnes paires de jambes...

La première phase du travail sur le terrain destinée à compléter la localisation des arbres a occupé 2,5 jours de travail.

Il s'agissait de repérer les arbres de proche en proche, en identifiant les couronnes du dessous grâce à leurs positions respectives, à leurs formes, à leurs couleurs, à la présence de fourches, etc. Il était utile pour cela d'identifier de bons points de repères permettant de faire le lien entre les photos et le terrain : une couronne de palmier, une trouée, une grosse couronne de forme caractéristique, etc.

Dans certains cas, le stéréoscope a été utilisé, la vision en relief donnant parfois des indications précieuses. Sur les photos, on a parfois l'impression que tel arbre surplombe tel arbre alors que la stéréoscopie démontre le contraire. Cela permet un gain de temps précieux, en évitant de rechercher sur le terrain un agencement d'arbres qui n'existe pas.

Cependant, la stéréoscopie ne résout pas tout et les difficultés de terrain restent nombreuses, liées principalement au fait que si les couronnes sont parfois difficiles à délimiter sur les photos, cela n'est guère mieux quand on est au pied de l'arbre. On se pose ainsi souvent les questions suivantes :

- A quel tronc appartient cette couronne vue sur la photo?
- La couronne de cet arbre vu au sol atteint-elle la canopée ?
- Cet arbre était-il l'était-il au moment de la prise de vue ?

- Cette trouée existait-elle en 1997, Ou, au contraire
- La trouée sur la photo a-t-elle pu se refermer en partie par la croissance latérale des couronnes?

Il est clair que les années écoulées entre l'acquisition des images aériennes et la localisation des arbres sur le terrain a contribué à compliquer notre tâche.

Finalement, il n'y a pas de méthode miracle et la réussite tient surtout de l'expérience, de la persévérance, et des multiples vérifications qu'il ne faut pas rechigner à faire sur le terrain (en partant de points de départ différents, arrive-t-on de proche en proche au même tronc pour une même couronne ?). Des yeux habitués voient mieux dans la forêt ce qu'il peut se passer au niveau des couronnes qu'un néophyte. D'autre part, la reconnaissance des essences sur le terrain peut être une aide précieuse pour déterminer les relations entre les troncs et les couronnes, et pour y voir un peu plus clair dans le « fouillis » que constituent souvent les couronnes entremêlées de la canopée.

La seconde phase de notre travail était de rechercher les arbres "oubliés" lors des interprétations (cf. lexique), ce qui a occupé nos deux derniers jours de terrain.

Parmi les références bibliographiques (peu nombreuses) concernant l'identification d'essences forestières par photos aériennes, il n'en a pas été trouvé qui prenne en compte les arbres oubliés. C'est pourtant un paramètre intéressant à connaître, non négligeable pour l'évaluation d'un taux de succès d'identification. Nous avons cherché à le prendre en compte pour les 12 essences cibles, ce qui n'avait pu être fait, faute de temps, sur la P16.

Il s'agissait, dans un premier temps, de rechercher à partir de la base de données, les arbres correspondant aux essences cibles de la parcelle 11, présents en 1997 et de diamètre supérieur à 25 cm. Cette limite de diamètre était en effet apparue sur la P16 comme la limite moyenne à partir de laquelle un arbre était visible en canopée.

Dans un deuxième temps, nous nous sommes sur le terrain munies des cartes de distribution des arbres extraites de la base de données, afin de vérifier si chaque arbre atteignait effectivement la canopée. Si tel était le cas, il convenait de repérer sa couronne sur les photos, dans la mesure du possible. Certains, bien que d'un diamètre supérieur à 25 cm, n'atteignaient pas la canopée, ce qui explique qu'ils n'aient pas été jugés.

Ce travail a permis de localiser un plus grand nombre d'arbres en comptabilisant ceux dont les couronnes n'avaient pas été localisées aux premiers passages. Il a permis aussi de comprendre pourquoi tel ou tel arbre n'avait pas été jugé, bien que de gros diamètre : couronne n'atteignant pas la canopée, co-dominante mais dans l'ombre d'une couronne plus haute, visible, mais pas assez nettement pour faire l'objet d'une interprétation, etc.

Voyons maintenant les analyses que nous pouvons tirer de notre travail sur le terrain.

3. Analyse des résultats sur les arbres jugés

3.1. Analyse des taux de succès.

3.1.1. Taux de succès à 500m

Interprétations à 500m						
	Jugements certains (3)			Jugements quasi certains (2)		
	Arbres reconnus	Nombre total d'arbres jugés	Taux de succès	Arbres reconnus	Nombre total d'arbres jugés	Taux de succès
Angélique	1	1	100%	0	1	0%
Carapa				2	2	100%
Grignon	0	1	0%	0	1	0%
Gonfolo rose	6	7	86%	3	4	75%
Gonfolo gris	0	1	0%			
Symphonia	1	1	100%	1	1	100%
TOTAL	8	11	73%	6	9	67%
Total pour jugements 2 et 3				14	20	70%

Tableau 3 : Taux de succès des interprétations certaines et quasi certaines à 500m

A 500 mètres d'altitude, peu d'arbres (20) ont été jugés, ce qui peut s'expliquer par diverses raisons. D'une part, une grande partie de la parcelle n'a pas été couverte par les photographies. D'autre part, sur les parties couvertes, une zone relativement importante est assombrie par un nuage, ce qui gêne évidemment l'interprétation. Enfin, les interprètes ont pu être troublées par le changement d'échelle.

De plus, peu d'essences différentes ont été jugées, dont seulement 4 ont été bien reconnues : le Gonfolo rose de façon satisfaisante (9 individus avec jugement de niveau 2 ou 3), le Carapa (2 individus), le Symphonia (2 individus), et l'Angélique (1 individu). A propos du Symphonia et du Carapa, on peut remarquer que ces arbres ont été bien reconnus malgré la petite taille de leurs couronnes, sans doute parce qu'elles sont de formes, architecture et couleurs caractéristiques (Cf. annexe 1).

Si l'on ne considère que les jugements certains ou quasi certains (niveaux de précision 2 et 3), on constate que le taux de succès est de 70%.

3.1.2. Taux de succès à 200 m.

Interprétations à 200 m						
	Jugements certains (3)			Jugements quasi certains (2)		
	Arbres reconnus	Nombre total d'arbres jugés	Taux de succès	Arbres reconnus	Nombre total d'arbres jugés	Taux de succès
Angélique	1	1	100%	2	4	50%
Carapa	7	7	100%	1	1	100%
Diaguidia				0	2	0%
Goupi				1	3	33%
Maho cigare				0	3	0%
Kimboto				3	3	100%
Gonfolo rose	30	34	88%	4	6	75%
Symphonia	4	5	80%	2	3	67%
Total	42	47	89%	13	25	52%
Total pour jugements 2 ou 3				55	72	76%

Tableau 4 : Taux de succès des interprétations certaines et quasi certaines à 200 m.

A 200 m, les résultats sont légèrement meilleurs : on obtient un taux de réussite de 76% pour les jugements certains ou quasi certains. Ceci s'explique en grande partie par la bonne reconnaissance des Gonfolos rose : 34 ont été reconnus sur un total de 40, soit 85% de succès. De même, le bon taux de succès du Carapa (100% sur 8 individus) contribue au bon résultat global.

Les essences reconnues à 500m se retrouvent toutes ici reconnues avec certitude, et dans le même ordre de fréquence des jugements (Gonfolo rose, puis Carapa, Symphonia, et Angélique).

En considérant les jugements quasi-certains, on ajoute 2 essences reconnues avec des taux de succès plus ou moins bon : le Kimboto (100% sur 3 jugements), et le Goupi (1 seul arbre reconnu sur 3 jugements). Le Diaguidia et le Maho cigare ont été quant à eux mal interprétés.

3.1.3. Taux de succès à 100m

Interprétations à 100 m						
	Jugements certains (3)			Jugements quasi certains (2)		
	Arbres reconnus	Nombre total d'arbres jugés	Taux de succès	Arbres reconnus	Nombre total d'arbres jugés	Taux de succès
Angélique				0	1	0%
Diaguidia				0	2	0%
Goupi				1	1	100%
Kimboto				1	1	100%
Gonfolo rose	5	6	83%	2	2	100%
Symphonia	1	2	50%			
Total	6	8	75%	4	7	57%
Total pour jugements 2 ou 3				10	15	67%

Tableau 5 : Taux de succès des interprétations certaines et quasi certaines à 100 m.

A 100 m, très peu arbres ont été jugés (15), dont 8 seulement ont été reconnus appartenant à 4 essences. De plus, le taux de succès moyen tenant compte des jugements certains et quasi-certains est plus bas qu'aux autres altitudes. Ces deux observations tendent à montrer que les interprètes ont été déstabilisées par le passage à la plus grande échelle (100m), plus que par celui aux plus petites échelle (200m et même 500m).

Ceci peut être expliqué de la façon suivante :

- Les grosses couronnes (Angélique, Gonfolo, Kimboto...): sont souvent partiellement visibles sur deux photos successives ce qui gêne leur vision d'ensemble. De même, il semble que cette échelle limite la vision des couronnes dans leur "contexte" (dominance, co-dominance, ou domination par rapport aux couronnes alentours), *a fortiori* pour les grosses couronnes.
- Les petites couronnes (en particulier des Symphonia et Carapa), qui à 200m et même à 500m, sont reconnaissables grâce à leur architecture typique, sont peut-être ici victimes des plus importants effets d'ombre et de parallaxe associés aux prises de vue à 100m, ce d'autant plus que leurs couronnes sont généralement co-dominantes voir dominées.

3.1.4. Conclusion

A 100 m, peu d'arbres et peu d'essences ont été jugés et reconnus et les résultats sont mitigés.

A 200 m, les résultats sont globalement assez satisfaisants, mais seulement 5 essences sont reconnues. Nous essaierons par la suite d'expliquer ce résultat, en particulier en considérant:

- l'abondance ou rareté des 12 essences cibles sur la parcelle 11.
- l'éventuel changement de couleur ou texture, en raison de la différence de date de prise de vue.

A 500 m, les résultats sont assez satisfaisants pour le niveau de précision 3, mais là encore se pose le problème du faible nombre d'interprétations .

3.2. Comparaison avec les résultats sur la P16.

3.2.1. Comparaison des peuplements sur les deux parcelles.

Tout d'abord, afin de comparer les résultats d'interprétations sur les deux parcelles, il convient d'avoir une idée des différences éventuelles entre les deux peuplements. Pour ce faire, nous avons comparé les données de la parcelle 11 à celles des carrés de la parcelle 16 qui ont fait l'objet des photo-interprétations, soit 13 carrés de 1 ha chacun. Il faut expliquer ici que, si la surface photo-interprétée de la parcelle 16 est de 10ha environ, elle ne correspond pas exactement à 10 carrés d'1ha, mais à 9 carrés plus une portion de 4 autres. Nous avons donc choisi, pour des commodités de calcul et de recherche dans la base de données, de comptabiliser les arbres sur les 13 carrés concernés au total par les photo-interprétations. La surface associée (13 ha) présente l'intérêt de correspondre à peu près au double de celle de la P11 (6,25ha), facilitant ainsi les comparaisons entre les 2 parcelles. On veillera donc, dans la comparaison, à tenir en compte de cette différence de superficie.

L'indicateur d'abondance choisi ici est le nombre d'arbres dont le dbh est supérieur à 25 cm. Cependant, on doit manipuler cette donnée avec précaution car elle ne correspond pas exactement au nombre d'arbres arrivant en canopée et donc a priori visible sur les photographies.

Parcelle 16 13 ha			Parcelle 11 6,25 ha	
	Dbh ≥ 10 cm	Dbh ≥ 25 cm	Dbh ≥ 10 cm	Dbh ≥ 25 cm
Nombre total d'arbres (par ha)	7180 (552,6)	1830 (140)	4114 (658)	1108 (177)
Soit nombre d'essences :	169	135	144	102

Tableau 6 : Comparaison quantitative des deux peuplements grâce aux données de la base CIRAD

Tout d'abord, d'un point de vue quantitatif, on peut remarquer que la parcelle 11 est plus dense en arbres de gros diamètre. Sur la parcelle 16, 25 cm correspondait (en moyenne pour les différentes essences cibles) au diamètre minimum pour qu'un arbre soit visible en canopée.

Il est difficile de commenter la différence du nombre d'essences sur des parcelles de taille aussi inégale, une moyenne de ce nombre par hectare n'ayant aucun sens.

Essence	Nombre d'individus > 25 cm	
	Parcelle 16 13 ha **	Parcelle 11 6,25 ha (x 2)
Lebi koko	107	9(18)
Gonfolo rose	90	74(148)
Wacapou	57	5(10)
Grignon franc	44	7(14)
Diaguidia	42	8(16)
Symphonia	31	22(44)
Carapa	28	15(30)
Gonfolo gris	22	3(6)
Angélique	20	24(48)
Goupi	20	10(20)
Kimboto	20	37(74)
Maho cigare	20	15(30)

Tableau 7 : Comparaison qualitative des deux peuplements grâce aux données de la base CIRAD

D'un point de vue qualitatif, l'abondance des 12 essences cibles est très différente dans les deux peuplements – même en tenant compte de la différence de superficie des deux zones en multipliant par deux le nombre d'individus de la parcelle 11, ce qui est évidemment une simplification. On peut noter :

- Les essences presque aussi abondantes ou plus en absolu (et beaucoup plus abondantes à surface comparable) dans la parcelle 11 que dans la 16 : Kimboto, Angélique, Gonfolo rose, Symphonia.
- Les essences au contraire beaucoup moins représentées en absolu (et encore moins en relatif) dans la parcelle 11 que dans la 16 : Lebi koko surtout, mais aussi Wacapou, Gonfolo gris, Grignon franc, Diaguidia.
- Seuls les Carapa et Goupi sont en abondance comparable à surface égale des parcelles.

3.2.2. Comparaison des résultats d'interprétation entre les parcelles 11 et 16, discussion des critères

Les éléments de comparaison figurent dans le tableau 8 , qui a été réalisé avec les données suivantes:

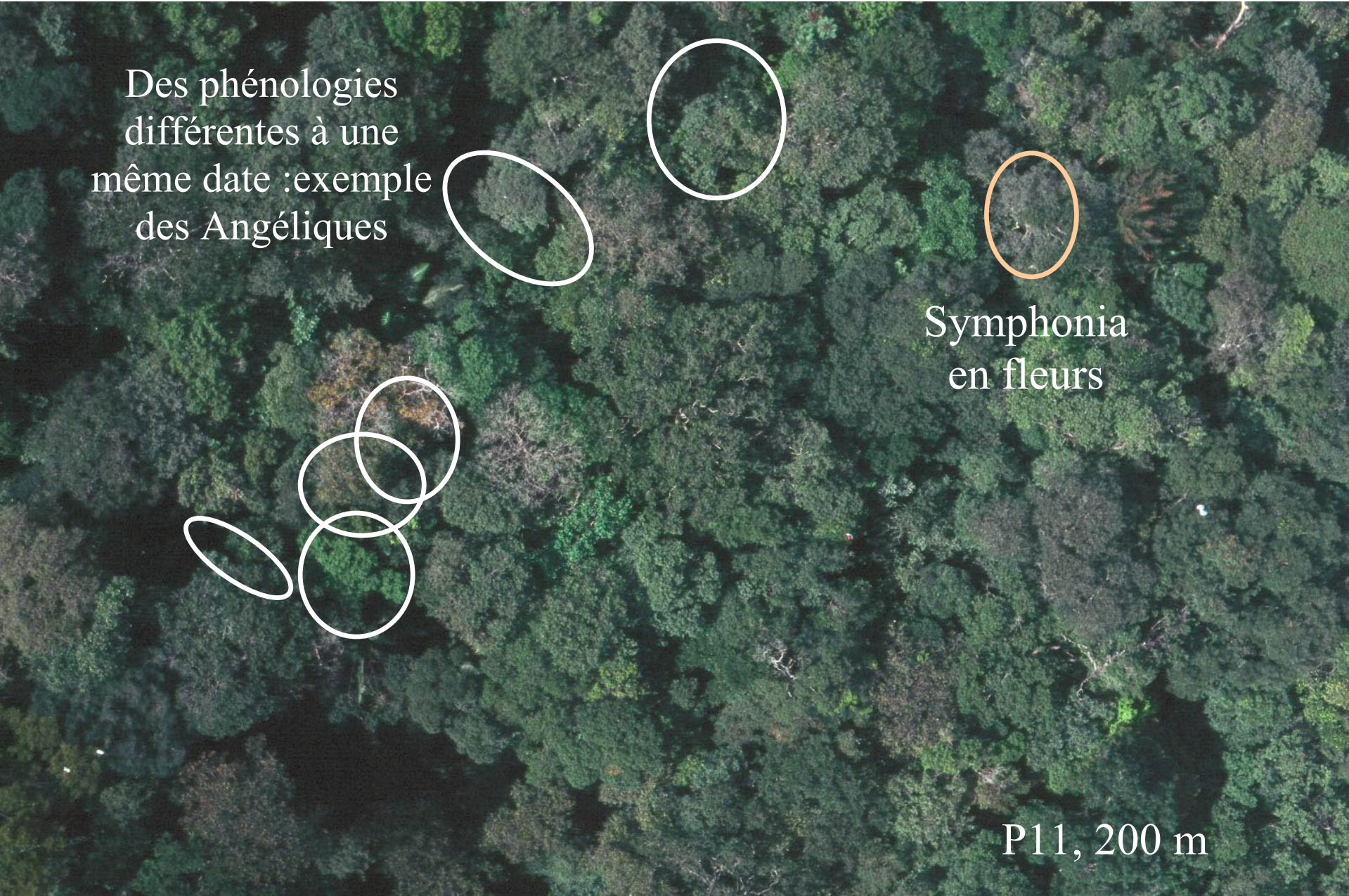
- les jugements considérés sont ceux certains ou quasi-certains,
- pour la parcelle 16, le résultat est le meilleur des 2 interprétations pour chaque essence.
- Pour la P11, comme précédemment, le nombre d'individus figurant entre guillemets dans le tableau correspond au double du nombre réel sur les 6,25 ha, de façon à prendre en compte grossièrement la différence de superficie entre les deux zones.
- Compte tenu des résultats qui figurent en annexe 2, on considère que le nombre d'arbres dont le dbh est supérieur à 25 cm est un bon indicateur du nombre d'arbres arrivant en canopée. Nous verrons qu'il faudra cependant nuancer cette affirmation selon les essences.
- Lorsqu' aucun critère d'altitude n'est précisée relativement au taux de succès ou au nombre de jugements sur la parcelle 11, c'est qu'ils ont été calculés pour les trois altitudes à la fois.

Essence	Résultats sur la P16		Résultats sur la P11		Commentaires
Gonfolo rose	Individus nombreux Jugements nombreux Très bon taux de succès	90 46 96%	Individus nombreux Jugements nombreux Bon taux de succès	(74), "148" 40 à 200m 85% à 200m	Essence abondante, bien reconnaissable.
Carapa	Individus assez nombreux Jugements assez nombreux Très bon taux de succès	28 16 100%	Individus assez peu nombreux Jugements plus rares Très bon taux de succès	(15), "30" 8 à 200m 100% à 200m	Essence relativement courante, bien reconnaissable grâce à son architecture et malgré sa petite couronne.
Symphonia	Individus assez nombreux Jugements peu nombreux Bon taux de succès	31 8 87%	Individus assez peu nombreux Jugements peu nombreux Bon taux de succès	(22), "44" 8 75%	Architecture en étoile assez facile à reconnaître, bien que partagée avec d'autres Clusiacées ou Myristicacées
Kimboto	Assez peu d'individus Peu de jugements Taux de succès moyen	20 6 67%	Individus assez nombreux Très peu de jugements Très bon taux de succès	(37), "74" 4 100%	Beaucoup d'oublis, et aucun arbre jugé avec certitude. Les arbres semblent globalement plus défeuillés que lors de leur observation sur la P16
Angélique	Assez peu d'individus Très peu d'interprétations Bon taux de succès	20 5 80%	Individus assez nombreux Très peu d'interprétations Taux de succès très variable	(24), "48" 7 alt.	Dû à des stades phénologiques différents (arbres défeuillés, à feuillage semi-dense ou dense, feuilles jeunes ou mures de couleurs variables). Cf. photo p 22.
Goupi	Assez peu d'individus Très peu d'interprétations Taux de succès moyen	20 5 60%	Peu d'individus Très peu d'interprétations Taux de succès moyen	(10), "20" 3 à 200 m 67%	Les critères ne semblent pas assez fiables par rapport à la variabilité de l'espèce : essence "à revoir", ayant déjà posé problème sur la P16.
Diaguidia	Individus assez nombreux Interprétations assez nombreuses Bon taux de succès	42 10 70%	Peu d'individus Peu d'interprétations Taux de succès nul	(8), "16" 4 0	Sur P16, reconnu essentiellement grâce à sa couleur jaunâtre : peut être non reconnu sur P11 à cause d'un changement de luminosité lors de la prise de vue, ou de couleur de la couronne ?
Grignon	Individus assez nombreux Interprétations peu nombreuses Bon taux de succès	44 9 78%	Peu d'individus Interprétations très peu nombreuses Taux de succès nul	(7), "14" 2 à 500 m 0	Peu abondants sur P11, ce qui explique en partie le faible nombre de jugements. De plus, sur P16 était reconnu à sa couleur vert vif : toujours le cas sur P11 ?
Gonfolo gris	Individus peu nombreux Interprétations peu nombreuses Très bon taux de succès	22 5 100%	Très peu d'individus Interprétations très peu nombreuses	(3), "6" 1	Le faible nombre d'individus présents sur la parcelle 11 explique en partie l'absence de jugement de ces 3 essences, ayant pourtant obtenues de bons taux de succès sur la P16. On ne peut conclure sur la fiabilité des critères.
Wacapou	Beaucoup d'individus	57	Très Peu d'individus Aucun jugement	(5), "10" 0	
Lebi koko	Beaucoup d'individus	107	Peu d'individus Aucun jugement	(9), "18" 0	
Maho cigare	Peu d'individus Peu de jugements	20 2	Individus assez peu nombreux Peu de jugements	(15), "30" 3	Trop peu d'individus pour pouvoir se prononcer. Essence "à problèmes" car regroupant plusieurs espèces aux couronnes très différentes

Tableau 8: Comparaison des résultats des photo-interprétations dans les parcelles 11 et 16

On retiendra les conclusions suivantes :

- 3 essences s'avèrent bien reconnaissables sur les deux jeux de photographies (P16 et P11) en nombre jugé significatif : le Gonfolo rose, le Carapa, le Symphonia. Ces couronnes ont été reconnues sur la P11 à toutes les échelles, excepté pour le Carapa sur les photos à 100m.
- 7 essences sont trop peu présentes sur la P 11 pour avoir pu être repérées un nombre suffisant de fois: Goupi, Diaguidia, Grignon, Gonfolo gris, Wacapou, Lebi koko, Maho cigare. On ne peut donc pas se prononcer sur la fiabilité des critères établis sur la P16 pour ces essences.
- Pour les 2 autres essences, Kimboto et Angélique, la relative abondance d'individus sur la P11 n'a pas suffi pour permettre un nombre important de jugements. Ceci peut être expliqué par un changement de stade phénologique de ces essences entre les deux dates (hypothèse retenue pour le Kimboto), ou par une variabilité intra-spécifique (ou inter-individuelle) importante (hypothèse retenue pour l'Angélique, ce problème ayant déjà été décelé sur la P16). On peut ainsi voir sur la page suivante une photo montrant le différents stades phénologiques observables à une même date pour une même essence, l'angélique, rendant difficile la mise en place de critères d'identification généralisables.



Des phénologies
différentes à une
même date : exemple
des Angéliques

Symphonia
en fleurs

P11, 200 m

4. Analyse des interprétations en tenant compte des « arbres oubliés »

Nous renvoyons ici le lecteur au lexique défini plus haut (Cf. partie 1.2.2).

Sur la parcelle 11, seules certaines essences parmi les 12 essences cibles ont été reconnues. Le tableau suivant présente le rendement des interprétations de ces quelques essences, suivant l'altitude à laquelle les photos ont été prises.

	Nbre arbres Reconnus			Nbre d'arbres différents reconnus	Total arbres localisés	Rendement en %			Rendement total en %
	à 500 m	à 200 m	à 100 m			à 500 m	à 200 m	à 100 m	
Angélique	2	3		3	18	11,11	16,67		16,67
Carapa	3	9		9	14	21,43	64,29		64,29
Gonfolo rose	27	35	7	40	72	37,50	48,61	9,72	55,56
Goupi		2	1	2	8		25,00	12,50	25,00
Kimboto	3	4	1	5	31	9,68	12,90	3,23	16,13
Maho cigare	1			1	13	7,69			7,69
Symphonia	6	7	2	10	17	35,29	41,18	11,76	58,82

Tableau 9 : Rendement des interprétations de la parcelle 11 en tenant compte des arbres oubliés

Il est important de noter que les mêmes arbres ont pu être reconnus à des altitudes différentes, ce qui explique que le total des arbres différents reconnus aux 3 altitudes ne corresponde pas à la somme totale des arbres reconnus à chaque altitude.

C'est à 200 m que les essences sont les mieux reconnues, mais tous les individus n'ayant pas été reconnus à la même altitude, l'ensemble des interprétations (aux 3 altitudes) donne de meilleurs résultats.

Le rendement final obtenu pour les essences de Carapa, et Gonfolo rose et de Symphonia sont remarquables : sur des photos aériennes, plus de la moitié des arbres correspondant à ces essences ont été repérés. Ces résultats confirment ceux énoncés précédemment : les Carapa et Symphonia ont des couronnes très caractéristiques, car malgré leur faible nombre d'individus sur la parcelle 11, plus de la moitié ont été reconnus.

Il est difficile de commenter les résultats des autres essences, par manque de référence dans le domaine, et de par le faible nombre d'individus présents sur la parcelle étudiée. On peut cependant tenter d'analyser les faibles rendements de ces essences.

5. Discussion Générale

Pour l'ensemble des arbres non reconnus, un travail complémentaire d'observation des photos a été entamé. Il s'agit de repérer grâce au stéréoscope si leur couronne est effectivement bien visible, ou peu visible (arbres trop bas, dans des trouées, à l'ombre sur les photos, etc.). Par la suite, on pourrait dans le calcul du rendement retirer les individus dont les couronnes sont peu visibles sur les photos. Les rendements obtenus seraient supérieurs à ceux présentés ci-dessus.

D'autre part, il convient de souligner que, parmi les arbres reconnus, certains (peu nombreux) avaient un diamètre inférieur à 25 cm et ont été comptabilisés ; cela ne concerne que deux essences : les Carapa et les Symphonia. Pour être rigoureux, il aurait fallu lister tous les arbres de ces essences (en fixant un diamètre minimal de 10 cm par exemple) et vérifier sur le terrain si ils arrivent en canopée.

Parmi les arbres qui n'ont pas été reconnus, certains ont été interprétés faux et d'autres non pas été interprétés du tout.

- Certaines hypothèses expliquant les erreurs d'interprétations ont été avancées précédemment, dans le tableau 8. Une étude approfondie des couronnes de ces essences au stéréoscope permettra ultérieurement d'affiner ces hypothèses, ce que nous n'avons pu faire ici étant donné le temps qui nous était imparti.
- On peut supposer que l'observation des diapositives projetées sur écran, par rapport à l'observation sur tirage photos, a joué dans les résultats des interprétations sur la P11, ne permettant pas une aussi bonne concentration des interprètes. Avec le recul, on peut penser aussi que l'observation stéréoscopique aurait pu améliorer considérablement les résultats, au contraire des conclusions tirées du travail sur la P16. Ceci dans la mesure où les critères qui avaient suffi sur la P16 (couleur, texture...) pour reconnaître les essences, semblent ne plus suffire dans les nouvelles conditions de prise de vue (luminosité, altitude, phénologie différente en fin de saison des pluies).... La vision du volume des couronnes, critère a priori peu sensible aux variations des conditions d'acquisition des photos, aurait alors peut-être été plus pertinente..

Pour affiner ces résultats, il reste donc, du travail... Il faudrait notamment pouvoir réaliser le comptage des individus « oubliés » de la parcelle 16, pour compléter la comparaison entre les deux parcelles.

Conclusion

Ce projet a permis d'une part, de mettre en évidence le fait que certaines essences de la forêt guyanaise (Gonfolo rose principalement, puis Symphonia et Carapa,) sont bien reconnaissables par photos aériennes à grande échelle, quelles que soient les conditions de prises de vue des photos que nous avons étudiées (luminosité, altitude, saison...).

D'autre part, si plusieurs essences étaient relativement reconnaissables sur la parcelle 16 du site expérimental de Paracou en juillet 96, certaines n'ont pas été bien interprétées sur la parcelle 11 en octobre 97 (autre parcelle ne présentant pas les mêmes caractéristiques de peuplement). La variabilité intraspécifique des essences ainsi que des différences de stades phénologiques aux deux dates de prises de vues peuvent être mises en cause. Ces hypothèses demanderont un travail complémentaire d'observation des couronnes sur les photographies pour être affinées.

Enfin, on s'aperçoit que le choix des 12 essences cibles en référence à la parcelle 16 n'est plus très pertinent avec la nature du peuplement présent sur la parcelle 11. En effet, certaines essences cibles de la parcelle 16 très peu présentes sur la parcelle 11 ne pouvaient faire l'objet que d'un faible nombre d'interprétations. A ce sujet, il serait intéressant d'analyser les confusions entre les essences cibles peu présentes sur la parcelle 11, et les essences abondantes sur cette parcelle. Y-a-t-il des erreurs récurrentes entre certaines essences ?

A l'heure actuelle, les photographies aériennes à aussi grande échelle sont très peu (voir pas) utilisées en foresterie, bien que peu coûteuses. Malgré un certain nombre de questions toujours en suspens, l'observation de photos aériennes à grande échelle (1/3000 à 1/10000) semble un outil prometteur pour repérer un grand nombre d'arbres, correspondant à des essences aux couronnes caractéristiques. C'est le cas du Gonfolo rose, du Symphonia et du Carapa pour lesquels plus de la moitié des individus atteignant la canopée ont été reconnus dans différentes conditions de prises de vue. On peut donc penser qu'à terme, d'autres essences pourront être reconnues avec de bons taux de succès, en améliorant les critères d'identification de l'essence recherchée (recherche de critères stables, identification des saisons adéquates, des échelles idéales...). Si l'identification de toutes les essences de la canopée n'est bien sûr pas envisageable, elle l'est pour les essences les plus stables et les plus caractéristiques, et c'est plutôt vers l'identification d'essences clés que dans un but d'inventaires forestiers exhaustifs qu'il convient de diriger la suite de ces travaux. les applications de ces recherches seront très intéressantes.(Courage, Valérie !)

Annexe 1: Définition des critères et description standard des couronnes des essences les plus abondantes sur la parcelle 11. D'après Trichon, 2001

Taille de la couronne

- *petite* : $L < 10m$
- *moyenne* : $10 m \leq L \leq 15m$ (L est la plus grande longueur de couronne)
- *grande* : $L > 15m$

Statut de la couronne

- *émergent* : au dessus du niveau moyen de la canopée, la couronne reçoit pleinement la lumière.
- *co-dominant* : au niveau de la canopée, couronne entourée par d'autres couronnes, peu de lumière latérale.
- *dominé* : sous le niveau de la canopée, arbre plus petit que ses voisins, pas du tout de lumière latérale.

Contour (forme de la projection verticale de la couronne)

- contour rond, ovale, ou allongé.
- contour régulier, lobé ou irrégulier avec de profondes invaginations.

Architecture de la couronne

- *plate* : surface plus ou moins horizontale.
- *bombée* : point le plus haut bien centré sur la couronne.
- *étoilée* : branches ou grandes feuilles composées, disposées en spirale ou verticille en forme d'étoile.
- *houleuse* : surfaces ondulant à l'image d'un cumulus.
- *en touffe* : couronne constituée de branches dressées vers le ciel (angle $> 45^\circ$) sans jonction du feuillage entre elles. La surface alterne entre points bas et hauts (creux et reliefs).
- *étagée* : le feuillage distribué par paliers dans la profondeur.
- *segmentée* : couronne présentant des cimettes. Feuillage groupé par paquets plus ou moins individualisés et espacés de vide.
- *non segmentée*
- *multiple* : deux ou plus de deux grandes divisions dans la couronne, chaque partie ressemblant à une couronne individuelle
- *unique* : couronne possédant un centre bien défini, même lorsqu'elles sont ouvertes à feuillage discontinu
- *superficielle* : le feuillage est concentré vers le sommet de l'arbre
- *profonde* : le feuillage est réparti verticalement, approximativement du sommet au tiers de la hauteur totale

Caractéristiques du feuillage

- *opaque* : on ne voit rien à travers.
- *léger* : on devine les branches ou les étages inférieurs sous le feuillage.
- *continu* : répartition régulière du feuillage sur l'ensemble de la couronne.
- *discontinu* : le feuillage est concentré à certains endroits, les branches sont visibles à d'autres.

Texture du feuillage

- * on ne distingue pas de motif textural à cette échelle d'observation
- texture *lisse* : feuillage opaque et compact à petites feuilles serrées.
- texture *floue* : feuillage opaque ou léger mais peu compact.
- * on distingue un motif textural à cette échelle d'observation
- texture *granuleuse* : répétition dans le feuillage d'un motif de type grain pouvant correspondre à une feuille individuelle.
- texture *grumeleuse* : répétition dans le feuillage d'un motif plus grossier de type grumeau pouvant correspondre à un rassemblement de feuilles.
- texture *grumeleuse lâche* : le motif est répété de façon lâche, non compact.
- texture *pointillée* : feuillage léger dont on distingue les feuilles individuelles séparées les unes des autres.

Couleur

Vert, jaune, bleu, gris, rouge

clair et sombre

Critères phénologiques

Ont été considérées la *défeuillaison*, la présence de *jeune feuillage*, de *fleurs*, de *fruits*, ainsi que le *synchronisme* ou le *désynchronisme intra et inter individuel* de ces comportements

Essences (nb de représentants) Espèce(s) Famille	Taille et statut de la couronne	Contour et architecture de la couronne	Feuillage et texture	Couleur et phénologie	Données clés et conclusion
Angélique (7) <i>Dicorynia guianensis</i> Caesalpiniaceae	- Grande - Co-dominant à émergent	- projection ovale, régulière à lobée - couronnes uniques profondes, légèrement étagées, bombées ; un arbre segmenté	- feuillage plus ou moins opaque - texture granuleuse excepté pour un arbre (texture grumeleuse due à la structure segmentée)	- vert assez sombre plus ou moins grisâtre - défeuillaison généralement observée avec un désynchronisme intra-spécifique	- Le niveau élevé de désynchronisme intra-spécifique de défeuillaison peut gêner à l'identification de tous les arbres de cette espèce à une date donnée. De plus, les caractéristiques de la couronne sont difficiles à définir
Carapa (5) <i>Carapa guianensis</i> <i>Carapa procera</i> Meliaceae	- Petit arbre de canopée souvent isolé dans une trouée	- contour allongé et irrégulier - couronnes multiples en touffe chaque branche orthotropique jouant une cimette en forme d'étoile	- feuillage opaque	- vert légèrement bleuté	- Les branches en touffes et en forme d'étoiles des couronnes du carapa sont faciles à détecter dans la canopée
Diaguidia (12) <i>Tachigali melinonii</i> Caesalpiniaceae	- moyenne - co- dominant	- projection ronde et régulière - couronnes uniques, profondes, étagées et segmentées ; les cimettes rondes sont réparties à différentes hauteurs de la canopée	- feuillage opaque et continu - texture granuleuse	- vert-jaune clair - quelques couronnes défeuillées au bout des rameaux	Tous les Diaguidia observés partagent des caractéristiques stables (couronne étagée avec une texture granuleuse), permettant à priori l'identification de cette espèce de dessus
Gonfolo rose (18) <i>Qualea rosea</i> Vochysiaceae	- grande - co-dominant à émergent	- couronne unique avec un contour rond et régulier - couronnes multiples à contour ovale et irrégulier - couronnes rondes segmentées	- feuillage opaque et continu - texture finement granuleuse	- vert foncé - coloration pâle des fleurs, abondantes discrètes ou absentes en fonction de l'arbre. Quelque cas montrent un désynchronisme intra-couronne de la floraison	Malgré la variabilité des couronnes, uniques à multiples, la structure de base du Gonfolo rose est stable : cimettes rondes et régulières opaques donnant une forme de « chou-fleur ». Il fait parti des espèces les plus faciles à identifier
Gonfolo gris (6) <i>Ruizterania albiflora</i> Vochysiaceae	- grande - émergent	- projection ronde à ovale, régulière à irrégulière - couronnes rondes, segmentées en petites cimettes, couronnes uniques avec de larges espaces vides	- feuillage opaque et continu - texture grumuleuse due à la répétition des cimettes	- vert clair, légèrement jaunâtre - Un cas de désynchronisme intra-couronne de la floraison	Le Gonfolo gris partage des caractéristique avec le Gonfolo rose : couronnes rondes, segmentés et opaques. Mais la texture et la couleur diffère, permettant à priori de différencier les deux essences.
Goupi (5) <i>Goupia glabra</i> Celastraceae	- grande - co-dominant ou partiellement isolé en bordure de trouée	- projection ovale à assez irrégulière - couronnes uniques et profondes, en touffes de branches dressées puis retombantes au sommet	- feuillage plus ou moins opaque et discontinu, une partie des branches ou rameaux sont visibles - texture floue	- vert-bleuté tirant sur le gris	La couleur et la forme en touffe des couronnes semblent être des caractéristiques stables et peuvent être suffisantes pour identifier le Goupi

Grignon (6) <i>Sextonia rubra</i> Lauraceae	- grande - co-dominant à émergent	- projection allongée et lobée, à irrégulière - couronnes uniques et profondes, houleuses	- feuillage opaque et discontinu, groupé en amas irréguliers - texture grumeleuse lâche	- vert vif assez clair	La couleur vert vif et l'aspect très irrégulier des couronnes permettront de reconnaître les Grignon âgés
Kimbotó (10) <i>Pradosia cochlearia</i> <i>Pradosia pychandra</i> Sapotaceae	- grande - émergent	- projection régulière, ovale (petites couronnes) à ronde (couronnes plus grandes) - couronnes uniques, étagées, à deux étages ou plus. L'étage supérieur est ramassé, bombé, et centré sur le tronc. L'étage inférieur est déjeté par rapport au précédent.	- feuillage opaque à léger - feuillage discontinu, concentré en bout de branche, des portions blanches de branches sont visibles. - texture floue	- couleur très variable, dépendant des arbres allant du vert bronze clair au roux en passant par le jaune	Il fait probablement parti des couronnes les plus faciles à reconnaître dans la canopée, grâce à sa grosse taille, à sa position émergente et à la couleur spécifique toujours remarquable malgré sa variabilité.
Lebi koko (7) <i>Licania alba</i> Chrysobalanaceae	- petite - dominé	- projection ronde et régulière - couronnes bombées et uniques	- feuillage léger et discontinu - texture granuleuse due au mélange feuilles-rameaux	- couleur mixte : verte et orange (due au tomentum de la face inférieure des feuilles, ou de la présence des feuilles ?)	Facile à identifier quand il n'est pas dominé, grâce à la couleur cuivrée particulière.
Mahot cigare (7) <i>Couratari multiflora</i> Lecythidaceae	- moyenne - émergent	- projection ronde et régulière à ovale et lobée - couronnes bombées et uniques	- feuillage léger et discontinu, les branches sont visibles dans les parties ouvertes - texture pointillée	- vert clair plus ou moins jaune - un cas de désynchronisme intra-couronne dans la floraison	Cette espèce est caractérisée par une petite couronne comparée à sa hauteur, et sa texture pointillée.
Symphonia (8) <i>Symphonia globulifera</i> Clusiaceae	- petite - dominé à émergent	- projection ronde et irrégulière - couronnes en forme d'étoile et uniques	- feuillage plus ou moins opaque et discontinu, avec les feuilles concentrées au bout des rameaux latéraux - texture floue	- vert bleuté (arbres dominés) à vert clair (arbres plus grands), branches et rameaux apparents pâles - désynchronisme intra-spécifique de la floraison, les arbres en fleurs présentent une couronne ponctuée de rouge	Le Symphonia est facile à identifier grâce à sa couronne particulière en forme d'étoile.
Wouacapoua (10) <i>Vouacapoua americana</i> Cesalpiniaceae	- moyenne - co-dominant à dominé	- projection ronde et régulière - couronnes profondes uniques et bombées, plus ou moins segmentées, constituées de quelques grosses cimettes	- feuillage opaque et continu - texture grumeleuse due au regroupement des feuilles au sein des cimettes	- couleur bleu verte typique	Malgré sa petite taille et sa position dominée, le Wacapou semble facile à identifier de dessus, grâce aux caractéristiques stables de sa couronne (forme bombée, texture grumeleuse) et sa couleur typique.

Annexe2 : proportion des « gros » arbres arrivant en canopée.

Proportion des arbres de dbh≥25cm arrivant en canopée Parcelle 11			
Essence	Nombre d'arbres dont dbh > 25cm	Nombre d'arbres visibles en canopée sur les photos à 200m *	Soit %
Angélique	24	18	75
Carapa	15	14	93
Diaguidia	8	8	100
Gonfolo gris	3	3	100
Gonfolo rose	74	72	97
Goupi	10	8	80
Grignon franc	7	4	57
Kimboto	37	31	84
Lebi koko	9	6	67
Maho cigare	15	13	87
Symphonia	22	17	77
Wacapou	5	1	20
Total des 12 essences cibles	229	195	85

* dont certains dont le dbh<25cm, mais qui ont été facilement localisés..

Par exemple, le pourcentage varie fortement selon les essences. Le cas extrême est le Wacapou : seulement un « gros arbre » sur 5 arrive en canopée. Pour le Grignon franc et le Lebi koko, les pourcentages de représentativité sont moyens. Heureusement, ces trois essences représentent un nombre réduit d'individus

En fait, si l'on voulait vraiment être précis et rechercher de manière plus juste l'ensemble des arbres susceptibles d'atteindre la canopée, il faudrait ajuster les diamètre inférieurs de recherche à l'essence. Ainsi, le diamètre inférieur d'un wacapou serait supérieur à 25 cm et ce pourrait être l'inverse pour d'autres essences comme le Carapa, qui peuvent parfois atteindre la canopée avec des diamètres inférieurs à 25 cm.

On ne peut pas réellement comparer ces résultats à ceux de la parcelle 16, car ce travail de recherche exhaustive des arbres de plus de 25 cm n'a pas été fait sur la P16, faute de temps (la surface est grande) .

Bibliographie

- **Chareyre P.**, 1998. Etude de la structure tridimensionnelle de la canopée, possibilités d'application de l'imagerie aérienne à basse altitude en milieu forestier tropical. Rapport final, Silvolab.
- **Favrichon**, 94.
- **Julien M-P.**, 2000. Identification d'essences forestières guyanaises par photographies aériennes: Bilan et discussion, mémoire de DESU- Université Toulouse III.
- **Trichon V., Guillemyn D., Fromard F.**, 1998. Cartographie d'une canopée de forêt tropicale par photographies aériennes numériques et analogiques. In : Hallé F. (ed), Biologie d'une canopée de forêt équatoriale III. Pro-Natura International & Opération Canopée.
- **Trichon V., Julien M-P.**, *Soumis*. Tree identification on large-scale aerial photographs in a French Guiana forest.
- **Trichon V.**, 2001. Crown typology and the identification of rain forest trees on large-scale aerial photographs, Plant Ecology.