



Diagnostic des habitats forestiers du bourg de Saül

Guitet Stéphane et Brunaux Olivier
ONF Guyane

Résumé

*Un diagnostic des habitats forestiers a été réalisé par une équipe ONF-IGN-PAG sur le site de Saül en décembre 2019. Ce diagnostic est adapté de la méthodologie développée dans le cadre du projet HABITATS. Il intègre un inventaire forestier avec détermination de l'essence sur 18.6 ha, un échantillonnage de sols sur 16 sondages pédologiques de 1.20 m de profondeur, et la description de la physionomie forestière (structure, stature, ouverture...) sur 4 layons de 2.5 km, correspondant aux premiers kilomètres des layons IKA chassés autour du bourg de Saül. Le secteur est comparé aux deux autres sites Galbao et Limonade déjà documentés sur la commune de Saül. Le peuplement forestier se révèle spécifiquement moins diversifié que Galbao mais dans la moyenne haute à l'échelle régionale. Il présente un cortège arborescent caractéristique d'un peuplement de moyenne montagne avec cependant une abondance plus importante qu'attendu en Caesalpinioideae (Wapa et Angélique). La couverture pédologique est largement dominée par les geric ferralsols (sols très anciens) avec cependant une certaine hétérogénéité. Le réservoir de carbone forestier est au niveau attendu par les modèles autour de 300 t de MS/ha. Le site présente une forte population d'*Astrocaryum minus* de grande taille ainsi que des vestiges encore visibles d'occupations minières dont les impacts sur la forêt sont encore sensibles.*

Mots clés

Habitats forestiers, diversité spécifique, biomasse, services écosystémiques, perturbations, dominance.

Introduction

Localisation du site d'étude

Le bourg de Saül est situé en plein cœur de la Guyane à l'interface entre deux grandes régions : à l'ouest et au sud, le synclinorium Sud encore appelé « Chaîne Inini-Camopi », dominée ici par les *Monts Galbao* et constituée de roches volcaniques calco-alcalines et à l'est et au nord, le massif central ou domaine granito-gneissique représenté ici par la sous-région des *Monts La Fumée* s'étendant jusqu'au *Pic Matécho* et la *Montagne Continent* (Paget, 1999). Ces deux régions sont particulièrement accidentées et sont classées parmi les paysages montagneux « tout-en-pente » constitués d'imposantes collines et de petites montagnes (Guitet et al. 2013). Saül constitue aussi l'interface entre deux grands bassins hydrographiques : la crique Eau Claire au nord du village coulant vers la *Mana*, alors que les petites criques traversant le village s'écoulent au sud vers la crique Limonade débouchant sur le Grand Inini puis le *Maroni*.

Ce secteur se trouve à moins de 9 kms du site *Limonade* qui a précédemment fait l'objet d'un diagnostic similaire en Août 2013 dans le cadre du projet de recherche DIADEMA (Figure 1) et à 7,5 km du site *Galbao* situé plus à l'ouest et en altitude.



Vestige d'un ancien campement d'orpailleurs sur le layon C (proximité du layon des cascades)

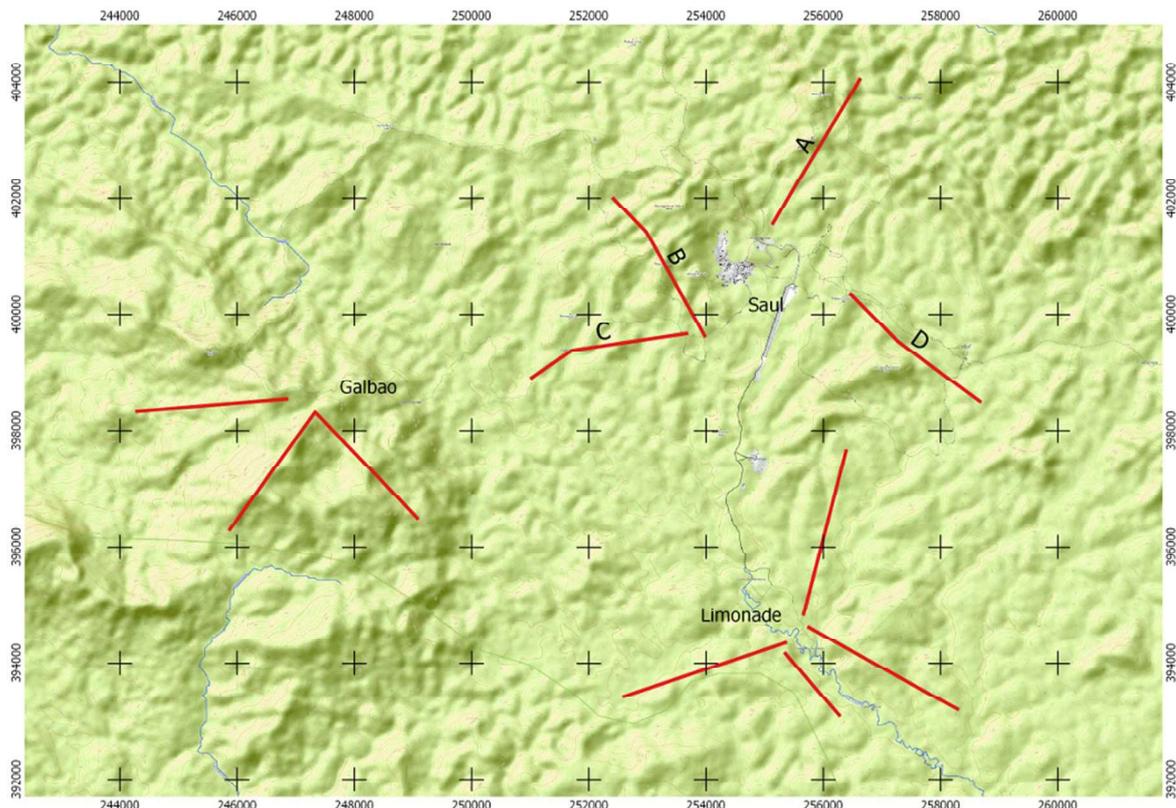


Figure 1 : carte de localisation des layons habitats sur la commune de Saül

Description générale du site d'étude

Le site de Saül est délimité par l'extension des principaux sentiers de randonnée qui s'étendent sur un rayon de 4 kms autour du bourg. Ce secteur est constitué d'une juxtaposition de reliefs bien marqués oscillant entre 180 et 450 m d'altitude aux formes et aux orientations très variées. Il constitue la zone de chasse habituelle des habitants du village et un parcours privilégié pour la récolte de bois, avant que celle-ci ne soit organisée par l'ONF et le PAG sur des périmètres évitant les sentiers de randonnées.

De par l'histoire relativement ancienne et chaotique de Saül, qui remonte au milieu du XIX^{ème} siècle avec l'implantation du premier village d'orpailleurs, le paysage est marqué par de nombreux indices d'activités humaines et une assez grande diversité de formations végétales particulières certainement issues de dégradations plus ou moins anciennes et visibles sur les photographies aériennes : (1) tout le réseau hydrographique montre les signes d'une exploitation aurifère révélée par des dépôts de galets quartzes, (2) de grandes cambrouses dominant l'ouest du bourg, (3) des forêts dégradées et claires bordent les secteurs actuellement occupés pour l'habitation ou les cultures, (4) d'anciennes traces d'occupation sont aussi décelables par la présence d'artefacts et d'essences végétales cultivées (Cacao) cachées au sein de la végétation forestière spontanée.

Méthode de diagnostic adoptée

Le protocole de caractérisation des habitats forestiers mis en œuvre sur le site Saül est basé sur une méthode définie dans le cadre du programme HABITATS (2006-2014). Cette méthode consiste habituellement en l'ouverture de layons prédéfinis sur carte, visant à parcourir le site dans toute sa diversité physique : diversité topographique, géomorphologique et géologique. Le protocole original prévoit la description et l'inventaire de 4 layons de 2,5 à 3 km préalablement ouverts, opération réalisable par une équipe de cinq personnes sur une période de 4 jours (hors installation et désinstallation du camp). Dans le cas présent, nous nous sommes appuyés sur 4 layons déjà ouverts depuis plusieurs années et utilisés par les équipes du PAG pour le suivi de la faune dans ce secteur chassé (IKA chasse, Fig.2). Ces 4 layons peuvent être considérés comme représentatifs du secteur avec :

- Le layon A sur la région du massif central monte vers le nord-est en direction des Monts La Fumée et atteint 450 m d'altitude.
- Le layon D sur la même région et orienté vers le sud-est reste à des altitudes ne dépassant pas 300 m entre les criques Cochon et Nouvelle France.
- Le layon B sur le synclinorium sud monte vers le nord-ouest en direction de Bœuf Mort et recoupe de nombreux reliefs entre 250 et 350 m d'altitude.
- Le layon C sur la même région file vers l'ouest en direction des Monts Galbao et reste à des altitudes inférieures à 300 m.

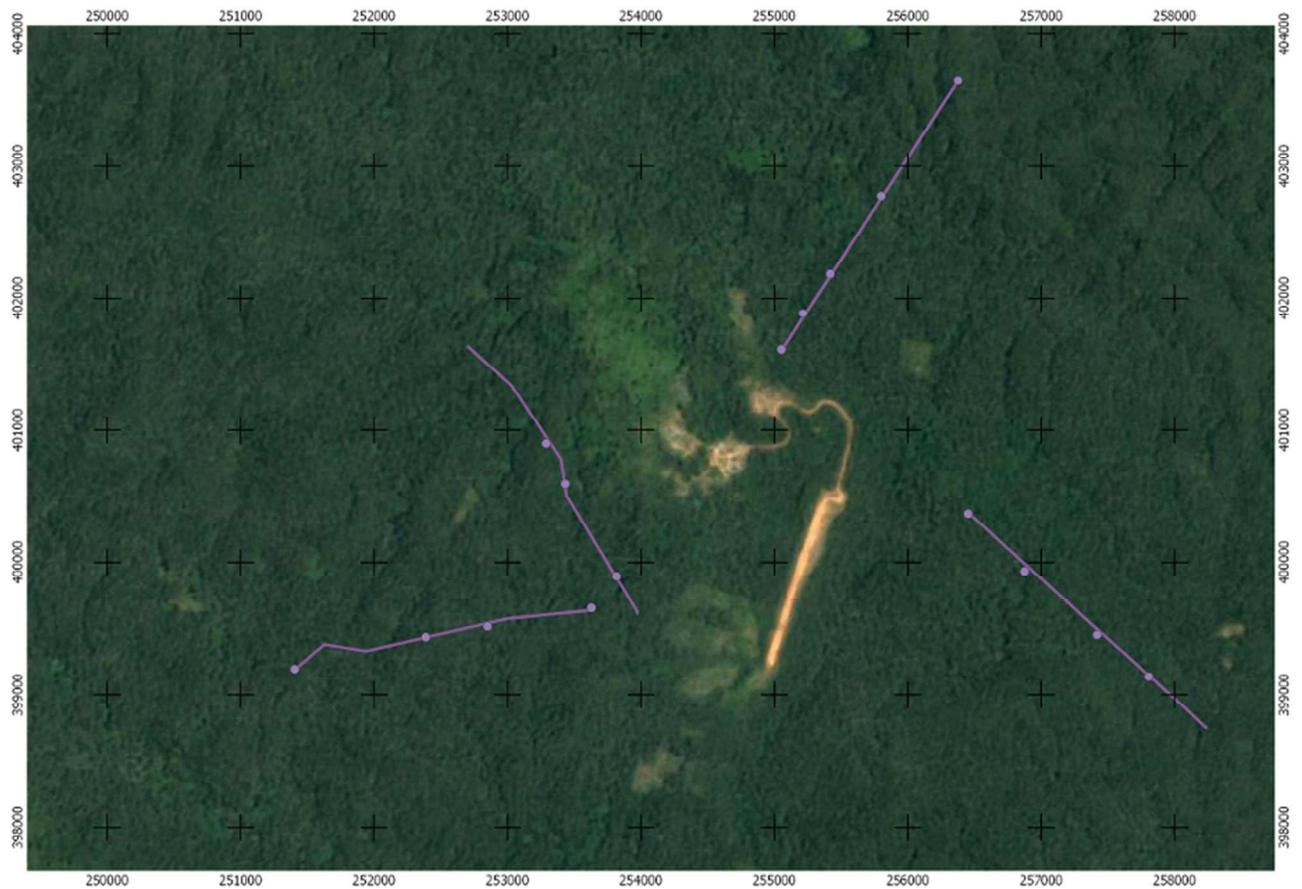


Figure 2 : carte d'implantation des layons (traits violet) sur fond Google Map et localisation des sondages pédologiques (points violet)

La complexité du fond géologique du secteur est ainsi bien échantillonnée par ces 4 layons qui atteignent les Monzogranites au nord et à l'est, traversent les substrats volcaniques calco-alcalins au sud-ouest et recourent l'inclusion du complexe basique à ultrabasique centré sur le bourg et remontant vers le Nord-Est.

Les inventaires forestiers, les relevés topographiques, la description des sols et des habitats ont été réalisés en une seule et même opération du 9 au 13 décembre 2019 par Caroline Bedeau, Olivier Brunaux et Richard Richnel (ONF) ainsi que Stéphane Guitet (IGN) accompagnés de François Bagadi (PAG). Les données collectées comprennent :

- des relevés topographiques complétés par 4 à 5 sondages pédologiques par layon dans des positions topographiques variées ;
- une description de la physionomie forestière par section de 100 m ;
- un inventaire avec détermination des essences des arbres de plus de 20 cm de diamètre à hauteur de poitrine ou au-dessus des contreforts, par section de 100 m.

Aucun prélèvement végétal n'a été réalisé à l'occasion de cette mission. Seuls les 2,5 premiers kms (sur 3 kms au total) ont été parcourus sur chacun des layons. La surface prospectée représente 18,6 ha au total pour ces quatre layons. Par expérience, cet effort est suffisant pour une bonne caractérisation du milieu forestier.

Protocole mis en œuvre

Inventaire forestier

Tous les arbres de plus de 20 cm de diamètre à hauteur de poitrine (DHP) sont inventoriés sur une largeur de 10 m horizontale de part et d'autre des layons par sections de 100 m de long délimitées par des rubalises. L'essence forestière a été déterminée suivant la nomenclature vernaculaire adoptée par l'ONF, distinguant ici 150 espèces ou groupes d'espèces. Aucun prélèvement d'herbier n'a été réalisé sur les 3 311 individus recensés bien que 11 tiges n'aient pas pu être déterminées (0.3 % des tiges notés inconnus). Les positions des arbres en distance-limite ont été contrôlées à l'aide d'un télémètre en même temps que la saisie de l'inventaire a été effectuée sur un ordinateur de terrain. Parmi les palmiers 137 grands individus avec des stipes supérieurs à 10 cm de diamètre ont été dénombrés, accompagnés de 3287 pieds de plus de 2 m de haut mais ne présentant pas de stipe développé.

Relevés topographiques

Les profils topographiques des layons ont été relevés par section de 100 m afin de préciser les informations physiques du fond SCAN50 de l'IGN et du SRTM30 m de l'USGS utilisées pour le repérage. Les positions topographiques, les pentes en long, pentes maximales, et distances ont été mesurées à l'aide d'un télémètre et

d'un clisimètre par tronçon de 5 à 42 m suivant les ruptures de pentes, la visibilité et les changements d'habitats. Ces informations permettent notamment de calculer la surface exacte des placettes d'inventaire et d'estimer plus précisément les altitudes pour chaque placette. Les dimensions des chablis récents recoupant les layons sont aussi mesurées à l'aide du télémètre pour une estimation de leurs emprises sur les placettes et une estimation de la distribution des tailles de chablis aux alentours du transect afin de caractériser le régime de dynamique forestière.

Sondages pédologiques

Seize sondages pédologiques ont été effectués à la tarière jusqu'à une profondeur maximale de 1,20 m. Les seize sondages ont été décrits sur le terrain suivant une fiche type fournie. Six prélèvements ont été effectués par sondage (tous les 20 cm). De ces profils, 80 prélèvements ont été effectués et stockés en pédo-comparateur pour une analyse au bureau après séchage.

Description de la physionomie

Plusieurs paramètres descriptifs de la physionomie forestière ont été notés suivant le protocole HABITATS :

- Densité du sous-bois notée de 0 (dégagé) à 3 (encombré = visibilité < 5 m) ;
- Densité de palmier notée de 0 (absence) à 3 (très dense = gênant la progression) ;
- Densité de lianes notée de 0 (absence) à 3 (très dense = gênant la progression) ;
- Densité de chablis notée de 0 (absence de petits chablis récents ou anciens) à 3 (nombreux chablis récents de grande taille) ;
- Type de canopée notée de 0 (canopée fermée et régulière) à 3 (canopée très ouverte avec arbres en croissance libre).

La hauteur moyenne de la canopée est aussi estimée à 5 m près par des mesures répétées au télémètre sur les arbres dominants. Enfin, la présence de plantes du sous-bois indicatrices de conditions édaphiques particulières (milieux humides, affleurements...), d'une perturbation intense (balourou, bambous...) ou d'un habitat particulier est notée le cas échéant.

Analyse descriptive des relevés

Composition spécifique

La composition générale du peuplement forestier (Tab. I) est marquée sur l'ensemble du site par la dominance de deux Burseraceae qui représentent plus de 21% des tiges avec :

- Les Monis (*Protium spp.*) présents de façon homogène sur l'ensemble des layons ;
- Les Salis (*Tetragastris spp.*) très dominants sur les layons A et B les plus accidentés ;

Deux Caesalpinioideae, sont aussi particulièrement fréquentes notamment sur les layons les moins accidentés. L'Angélique (*Dicorynia guianensis*) avec 7% des tiges en moyenne mais qui atteint 14% des tiges sur le layon C ; le Wapa (*Eperua falcata*) qui dépasse 5% des tiges en moyenne et atteint 14% des tiges sur le layon D.

Tableau I : fréquence des principales essences forestières inventoriées par layons (en % de tiges)

Essence	Saul A	Saul B	Saul C	Saul D	Total
Sali	12,1%	17,9%	9,6%	7,6%	11,8%
Moni	9,0%	12,1%	10,5%	7,4%	9,7%
Angélique	2,5%	5,5%	14,3%	5,9%	7,0%
Wapa	3,8%	0,2%	2,3%	14,9%	5,3%
Wekos	4,2%	7,5%	5,3%	3,0%	5,0%
Niamboka	5,9%	1,2%	1,1%	3,0%	2,9%
Maho noir	2,0%	3,6%	3,3%	2,5%	2,8%
Diankoïmata	3,0%	4,0%	3,1%	1,2%	2,8%
Bofo paya	3,9%	2,2%	1,7%	2,8%	2,7%
Cèdres	3,0%	2,6%	2,2%	3,0%	2,7%
Maho cigare	2,4%	2,9%	3,1%	2,3%	2,7%
Samaati	1,5%	4,6%	2,7%	0,7%	2,4%
Pourouman	1,0%	2,2%	4,9%	1,2%	2,3%
Carapa	1,5%	1,2%	1,7%	2,8%	1,8%
Bouchi koussou	2,4%	1,4%	2,3%	0,7%	1,7%
Koko	3,1%	1,2%	0,1%	1,6%	1,5%
Niamichi oudou	0,7%	1,6%	2,2%	1,6%	1,5%

Viennent ensuite les Wekos (*Inga spp.*) avec 5% des tiges suivis d'une douzaine d'essences de familles variées et d'abondance équivalente comprise entre 100 et 50 tiges (soit 1,5 à 3% en fréquence relative) dont les principales essences dominantes sur le site de Galbao : Diankoïmata (*Guarea spp.*), les Niamboka (*Pouteria spp.*), les Cèdres (*Lauraceae indet.*) et les Pourouman (*Pourouma spp.*).

Malgré la forte dominance des cinq premières essences, le cortège arborescent reste relativement diversifié avec 150 essences répertoriées, et surtout très variable entre les layons, plus de la moitié de ces essences n'étant représentées que par un seul individu sur un seul layon. Ces variations de composition entre layons semblent répondre préférentiellement à des changements d'altitude et de reliefs plutôt qu'à des changements de substrat géologique puisque les layons A et B aux caractères montagneux les plus marqués sont plus riches en Burseraceae, Wekos et Niambokas (*Pouteria spp.*) et se rapprochent en cela des relevés de Galbao alors que les layons C et D situés en piedmonts à proximité des principales crêtes sont plus riches en Caesalpinioideae et en diverses héliophiles. Sur le layon C s'approchant de Galbao on note une abondance en espèces pionnières de genre *Pourouma sp.* alors, que le layon D abrite de grosses populations de Carapa (*Carapa spp.*), de Kobe



(*Sterculia spp.*) et Mongui oudou (*Elizabetha princeps*). A l'inverse le layon A est riche en Koko (*Chrysobalanaceae*), essences d'ombres à bois dur et croissance lente par excellence.

D'un point de vue diversité, les 4 layons montrent des richesses apparemment assez proches entre 90 et 110 essences recensées. Parmi les palmiers, on note une très forte dominance de l'Awara-Monpé (*Socratea exorrhiza*) accompagné par le Comou (*Oenocarpus bacaba*) mais surtout la présence d'*Astrocaryum minus* avec 9 individus de très grande taille sur le layon B secteur Bœuf Mort (Fig. 3). Peu d'autres *Astrocaryum* sont recensés dans la canopée parmi les grands palmiers malgré une forte présence en sous-bois.

La comparaison des compositions spécifiques des layons au regard de ceux des autres sites étudiés sur Saül confirme une grande similarité entre les layons A et B, alors que la composition du layon C se rapproche plutôt de ceux des layons B et C de Limonade plus en aval, le layon D étant quant à lui le plus original du secteur (Fig. 4).

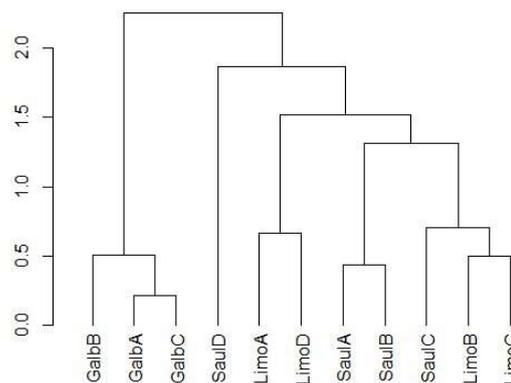


Figure 4 : classification des layons de Saül par analyse factorielle de la composition en abondance et regroupement des relevés en fonction de la distance euclidienne selon la méthode de Ward2 [package ade 4]



Figure 3 : *Astrocaryum minus* identifiés à 300 m, 400 m, 1000 m et 2200 m sur le layon Bœuf Mort.

Structure et physionomie forestière

Avec 55% de petit bois (20-30 cm), 30% de bois moyen (35-50 cm), 12% de gros bois (55-75 cm) et près de 5% de très gros bois (≥ 80 cm de diamètre) pour une densité moyenne de 180 tiges/ha, la structure du peuplement est relativement équilibrée (Tab. II). Les gros bois sont un peu plus concentrés sur le layon C (24 tiges/ha) que sur le layon B (18 tiges/ha). La

densité de tiges est plutôt faible ainsi que la surface terrière de l'ordre de 21,9 m²/ha – en cela le peuplement du bourg de Saül est assez comparable à ce qui a été observé sur Galbao.

Ces paramètres s'expliquent par des peuplements relativement peu denses à la fois sur les pentes fortes et reliefs accidentés, que sur les zones planes qui ont souvent fait l'objet de perturbations par les activités

d'orpaillage ou par une exploitation forestière plus ou moins ancienne. L'indice de canopée moyen est de 2,03 et l'indice des lianes de 1,28 (Tab. III) ce qui décrit une forêt légèrement ouverte avec assez peu de lianes, les perturbations subit par les peuplements étant déjà anciennes. Les chablis récents sont peu fréquents, avec seulement 7 chablis au km excepté sur le layon A où la densité atteint 11 unités au km. Ils sont de petite taille ne dépassant pas 180 m² excepté sur le layon B plus accidenté où les ouvertures dépassent 240 m² en moyenne.

Tableau II: indices descriptifs de la structure des peuplements forestiers par layons

Variabiles structurales	Layon A	Layon B	Layon C	Layon D
N arbres (tiges/ha)	197	171	180	176
N palmiers (tiges/ha)	14	18	13	12
G arbres (m ² /ha)	23,5	20,0	22,1	22,1
% Petits Bois (≤30cm)	57,3	57,9	54,4	51,9
% Gros Bois (55-75 cm)	10,4	10,6	13,7	11,9
% Très Gros (≥ 80cm)	3,7	5,2	4,7	5,1

Tableau III: indices descriptifs de la physionomie des peuplements forestiers par layons

Indices physionomie	Layon A	Layon B	Layon C	Layon D
indice lianes	1,21	1,60	1,00	1,28
indice canopée	1,79	2,12	2,08	2,12
indice chablis	1,20	0,96	0,92	1,0
indice sous-bois	1,63	2,00	1,88	1,84
Densité de petit palmiers (/ha)	131	128	175	284
hauteur moyenne (m)	36,5	34,6	34,2	35,8

Le sous-bois est moyennement encombré (avec un indice de 1,8 sur une échelle de 0 à 3) mais les palmiers bien implantés occupent un volume important avec plus de 180 palmiers de plus de 2 m par hectare et même plus de 280 tiges/ha sur le layon D. La stature des forêts est plutôt haute avec plus de 35m en moyenne et ce sur les 4 layons.

Formations particulières

Les formations particulières sont assez rares sur le périmètre (Fig. 4). Seules quelques cambrouses ont été croisées sur les layons A et B. Les forêts marécageuses occupent une faible surface du fait de l'encaissement et de l'étroitesse des cours d'eau.

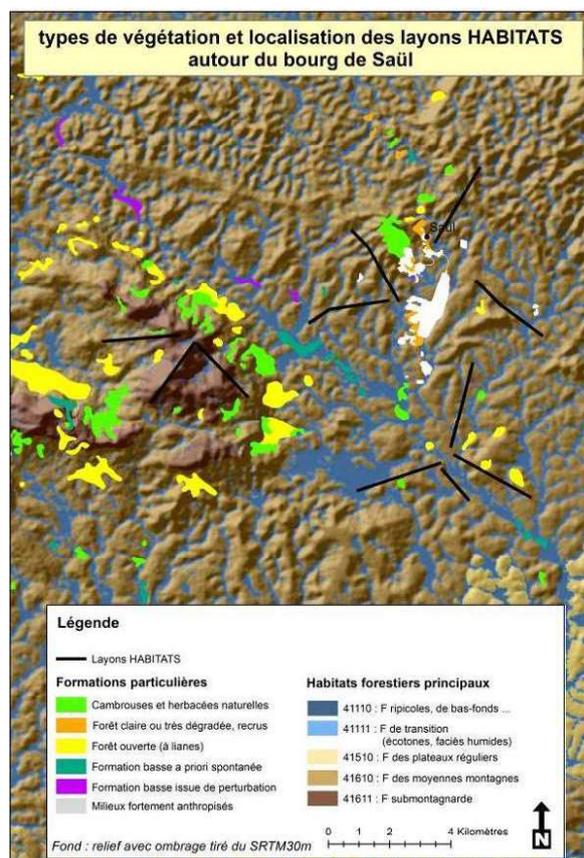


Figure 4 : Carte des habitats forestiers des trois zones Bourg de Saül - Galbao - Limonade

Nature et qualité des sols

Les sondages pédologiques du Bourg de Saül sont plus hétérogènes que ceux de Galbao. La complexité géologique du secteur explique probablement ce phénomène. Cependant, les sols restent largement dominés par les geric ferralsole, sols très anciens au drainage parfois ralenti alors que ceux de Galbao majoritairement de type haplic ferralsole sont mieux structurés (Fig. 5). La comparaison avec le site de Limonade fait apparaître une plus grande hétérogénéité avec la présence de quelques sols rajeunis et moins bien drainés.

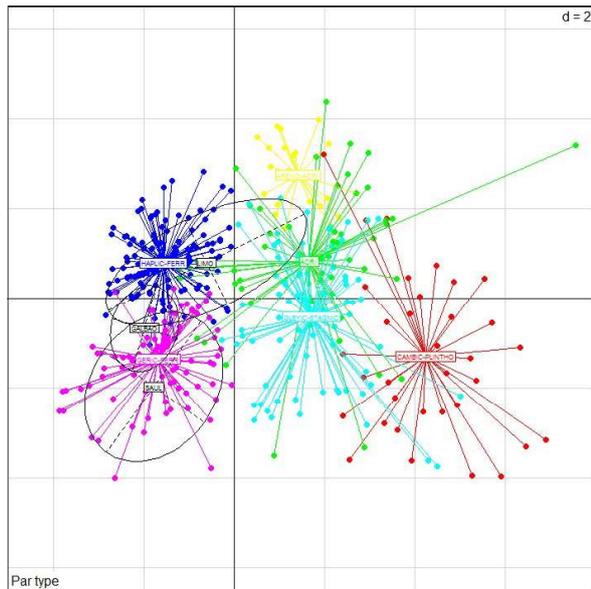


Figure 5 : Distribution des types de sols des trois zones Bourg de Saül – Galbao – Limonade par projection sur une analyse multivariée représentant la diversité pédologique régionale des sols forestiers

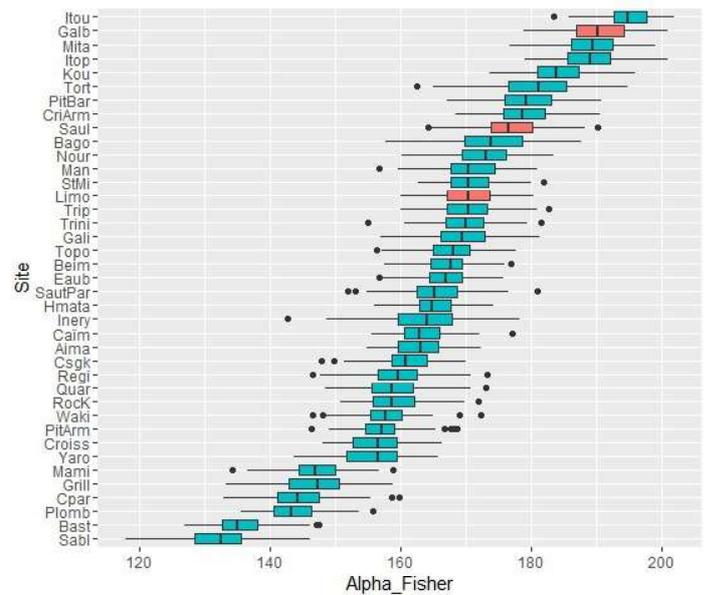


Figure 6 : Estimation de la diversité alpha et comparaison avec les autres sites documentés en Guyane (sites de Saul en rouge)

Evaluation des services écosystémiques

Estimation de la richesse spécifique

La richesse spécifique est un indicateur de biodiversité, support de nombreux services écosystémiques. L'estimation de la richesse spécifique est réalisée en s'appuyant sur l'indice Alpha de Fisher suivant la méthode décrite dans Guitet et al, 2014).

Les formations forestières guyanaises abritent une diversité d'espèces d'arbre plus ou moins importante pouvant varier d'un facteur 2 d'un site à un autre. La diversité spécifique des peuplements d'arbres est fortement corrélée à la diversité de la flore du sous-bois (Guitet et al. 2018).

L'indice alpha de Fisher estimé pour ce site est de l'ordre de 175 ± 5 ce qui place Saül bien après le site de Galbao mais dans les dix premiers sites les plus diversifiés de Guyane (en rouge sur la figure 6).

Le site de Saul est donc dans la moyenne haute en termes de diversité. Il est aussi significativement plus diversifié que le site de Limonade (167 ± 6) situé plus au sud.

Estimation du stock de biomasse forestière

L'estimation du stock de biomasse forestière suit la méthode décrite dans Guitet et al, 2015.

Trente-neuf placettes de 0.342 à 0.422 ha ont été constituées à partir de couples de placettes adjacentes et homogènes afin d'estimer la biomasse sur des échantillons suffisamment conséquents. Les forêts secondaires ont été exclues de l'échantillon. A l'échelle de ces placettes, les estimations varient fortement de 74 à 452 t MS/ha.

La précision des estimations à l'échelle des placettes est de l'ordre de ± 22 à 100 t MS au seuil de 5%. Le stock de biomasse pour le site est estimé à 308 ± 35 t MS/ha (Fig. 7). Les estimations fournies sur la même zone à partir des cartes de distribution de biomasse à résolution de 1 km sont du même ordre de grandeur pour les deux modèles de référence avec une valeur de 329 tMS/ha pour Guitet et al. (2015) et 294 tMS/ha pour Fayad et al. (2016), les deux estimations étant dans la fourchette d'incertitude des données terrain. Cette valeur de biomasse est très proche de celle de Limonade mais plus variable certainement du fait des perturbations anciennes autour du bourg. Ce stock est sensiblement plus important que celui de Galbao.

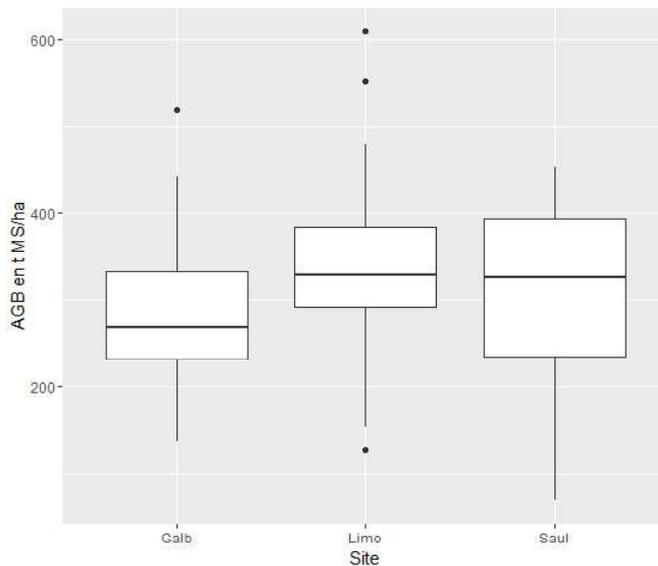


Figure 7 : Estimation de la biomasse forestière et comparaison avec les autres sites de Saül

Conclusions

Le diagnostic des habitats forestiers du site du bourg de Saül brosse les traits d'un massif forestier très diversifié, à forte biomasse, sur ferralsols anciens, bien caractéristique des forêts de moyenne montagne, mais d'une composition légèrement différente des prévisions attendues pour sa strate dominante, les Caesalpionioideae étant plus abondantes que les Mimosoideae en accompagnement des Burseraceae. De fait, le peuplement de Saül est relativement riche en Angélique et Wapa. Son sous-bois est cependant conforme aux attentes avec une forte présence de Diankoïmata, Niamboka et Maho cigare. La valeur patrimoniale de cet ensemble est réhaussée par la présence d'une population d'*Astrocaryum minus* et de vestiges archéologiques encore visibles de la première vague minière. La cartographie des habitats menée à l'échelle de la commune fait état dans la zone documentée au cours de l'ABC d'une relative diversité de formations végétales riche en cambrouses et en forêts de lianes. D'autres types de formation peuvent être rencontrés sur la commune en dehors de cette zone comme des falaises, inselbergs et forêts claires, notamment dans la zone de Montagne Continent et des Monts Barruols, ou bien des végétations basses et savanes-roches sur le secteur de Grand Inini. Ces trois autres sections de la commune de Saül pourraient révéler des peuplements forestiers encore différents de ceux diagnostiqués au cours de cette étude.

Bibliographie

- E. CHERRINGTON 2016. *Towards ecologically consistent remote sensing mapping of tree communities in French Guiana : Are forest types identifiable from spatio-temporal canopy reflectance patterns?* . Thèse de doctorat. Montpellier: AgroParisTech. 124 p.
- FAYAD I., et al. 2016. Aboveground biomass mapping in French Guiana by combining remote sensing, forest inventories and environmental data. *International journal of applied earth observation and geoinformation* 52: 502-514
- GUITET S. et al. 2013. Landforms and landscapes mapping of French Guiana (South America). *Journal of maps*. n° 9:3 pp. 325-335.
- GUITET S. et al. 2015. *Catalogue des habitats forestiers de Guyane*. DEAL Guyane. 120pp.
- GUITET S. et al. 2015. *Spatial structure of above-ground biomass limits accuracy of carbon mapping in rainforest but large scale forest inventories can help to overcome*. PLoS one 10:e0138456
- GUITET S., HÉRAULT B., MOLTO Q., BRUNAUX O., COUTERON P., 2015. *Spatial structure of above-ground biomass limits accuracy of carbon mapping in rainforest but large scale forest inventories can help to overcome*. PLoS ONE 10(9): e0138456. doi:10.1371/journal.pone.0138456
- GUITET S., SABATIER D., BRUNAUX O., HÉRAULT B., AUBRY-KIENTZ M., MOLINO JF., BARALOTO C., 2014. Estimating tropical tree diversity indices from forestry surveys: a method to integrate taxonomic uncertainty. *Forest Ecology and Management*, n°328 pp. 270-281.
- PAGET D., 1999. *Etude de la diversité spatiale des écosystèmes forestiers guyanais : réflexion méthodologique et application*. ENGREF-Nancy. 155pp.
- PERBET P., KARASIAK N. et JOUBERT P., 2018 - Cartographie des formations végétales particulières observables via télédétection. *Les Cahiers scientifiques du Parc amazonien de Guyane*. N°5(1) : p. 105-128