
**QUEL FUTUR POUR LES FORÊTS DE PRODUCTION EN AMAZONIE ?
DU BILAN CARBONE DE L'EXPLOITATION FORESTIÈRE À LA RECHERCHE DE
COMPROMIS ENTRE SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES
(BOIS D'OEUVRE, BIODIVERSITÉ - ET CARBONE)**

Thèse de Camille **PIPONIOT**¹

Analysée par Meriem **FOURNIER**²

Directeur de thèse : Bruno HÉRAULT, chercheur CIRAD

Co-directeur de thèse : Plinio SIST, chercheur CIRAD

La thèse est délivrée par l'Université de Guyane, réalisée dans l'UMR ECOFOG de Kourou, financée par le LABEX CEBA et le CIRAD. Camille Piponiot est ingénieure AgroParisTech (diplômée en 2015 issue des classes préparatoires), avec une expérience internationale déjà bien affirmée vers l'Amérique du Sud. Elle a préparé sa thèse en Guyane mais elle avait effectué un semestre d'études au Brésil et elle maîtrise à un haut niveau quatre langues - français, portugais, espagnol, anglais -. Elle démontre une productivité scientifique exceptionnelle pour une si jeune chercheuse.

Le contexte est parfaitement présenté dans l'introduction de la thèse. Les forêts amazoniennes ont une grande valeur environnementale. Elles couvrent six millions de km², soit 50% des forêts tropicales du monde. Elles poussent sur des sols très pauvres en minéraux, mais sont aussi parmi les écosystèmes qui stockent le plus de carbone (contenu dans la biomasse aérienne), pour un stock total de 86 milliards de tonnes de C (20% du stock de la biosphère). Elles ont un rôle majeur dans d'autres cycles biogéochimiques, comme le cycle de l'eau. L'Amazonie est enfin bien connue comme un réservoir exceptionnel de biodiversité, diversité des espèces (10 à 15% des espèces connues sur Terre, avec un fort taux d'endémisme) et diversité des écosystèmes avec des forêts de terre ferme, des forêts de sable blancs, des várzeas, des mangroves, des savanes plus ou moins arborées, des tepuis et autres écosystèmes sur les reliefs des montagnes tabulaires, des inselbergs, des collines granitiques. Cette diversité est structurée par cinq grandes zones biogéographiques, dont le plateau des Guyanes au nord, aux sols plus anciens et plus pauvres en nutriments.

L'Amazonie se caractérise aussi par une grande complexité géopolitique. Contrairement à ce que laisse penser sa composition dominée par les « forêts primaires » (au sens de la FAO), ses forêts sont fortement influencées par l'homme. Occupée depuis 10000 ans par une population amérindienne estimée entre six à dix millions de personnes avant l'arrivée des colons occidentaux (qui l'ont pratiquement exterminée), ses forêts actuelles sont le résultat d'une reconquête forestière depuis 500 ans. Au XIX^{ième} siècle, l'extractivisme notamment du latex d'Hévéa, a fortement impacté ces forêts. Plus récemment, dans la seconde moitié du XX^{ième} siècle, les programmes de développement agricole au Brésil ont accéléré la

¹ Thèse de doctorat de l'Université de Guyane, Ecole doctorale et spécialité : Diversité, santé et développement en Amazonie, Unité de recherche : UMR Ecologie des Forêts de Guyane.

² Mériem Fournier, Professeur, Directrice du Centre AgroParisTech de Nancy, membre correspondant de l'Académie d'agriculture de France, section 2, « Forêts et Filière bois ».

déforestation à partir de fronts pionniers. Aujourd'hui dix-huit millions d'habitants vivent en Amazonie. Les impacts les plus connus des activités humaines sur les forêts amazoniennes sont la déforestation pour des usages agricoles, qui se traduit par la fragmentation. Mais l'exploitation sélective du bois, c'est-à-dire la cueillette d'arbres d'intérêt pour le bois d'œuvre, est d'une part un service important pour les économies nationales (2% du produit intérieur brut des pays de la région, un million d'emplois), d'autre part une activité qui modifie profondément la composition, la structure et la biomasse des forêts même lorsque l'usage du sol n'est pas affecté et que la forêt se reforme rapidement deux à quatre ans après exploitation. La prise de conscience d'une nécessité de gestion durable des ressources forestières amazoniennes a commencé au XIX^{ème} siècle et s'est accentuée à la fin du XX^{ème} siècle, avec un dense réseau d'aires protégées (néanmoins difficile à maintenir sur le long terme dans des contextes sociopolitiques souvent instables) et des forêts de production de divers statuts où l'exploitation est encadrée à la fois par des lois nationales, au demeurant difficiles à faire respecter, et par les certifications FSC ou PEFC qui peinent à s'imposer, vu leur coût élevé. L'exploitation illégale reste prédominante mais même dans les cadres légaux, il est actuellement impossible d'évaluer scientifiquement si l'exploitation est ou non durable, vu la complexité des dynamiques écosystémiques.

L'objectif de la thèse est donc de proposer des outils de modélisation et de prospective pour l'aide à la décision en matière de gestion des forêts amazoniennes sources de services multiples. L'ambition et l'originalité sont d'aborder le problème à l'échelle régionale pour comprendre les différences dans les dynamiques de réponse à l'exploitation. La thèse propose aussi d'analyser les compromis et synergies entre plusieurs services écosystémiques parmi lesquels celui de production de bois d'œuvre.

Le positionnement de la thèse est le suivant :

- La récolte de bois est un service majeur - la demande de bois est prévue de presque doubler dans les cinquante ans à venir - qui ne peut pas être éliminé par le paiement d'autres services (carbone et biodiversité) sans risquer de laisser la place à la déforestation au profit d'autres usages du sol. L'Amazonie doit donc définir une stratégie durable pour la gestion des forêts de production.
- Il n'est pas évident que cette exploitation puisse réellement être viable et durable et il faut des outils complexes d'analyse, basés sur des démarches scientifiques, pour aider les décisions politiques. Cette posture est très intéressante car la plupart des doctorats français en écologie des forêts tropicales ne vont pas jusqu'à l'appui aux politiques de gestion et de conservation des forêts. Ils restent sur le parti pris – scientifiquement plus confortable – de laisser le politique ou la R&D de la gestion forestière s'emparer de leurs résultats sans s'engager plus, au risque que les outils de transfert ne soient jamais développés. Camille Piponiot développe à la fin sa posture et sa réflexion dans la discussion générale, encourageant le scientifique à s'adapter aux demandes politiques et sociétales. Comme le dit l'un des rapporteurs : « la thèse répond à une demande de plus en plus pressante d'aide à la décision sur des bases scientifiques, ce qui est un positionnement à la fois courageux et remarquable pour une première expérience de recherche autonome, et on ne serait pas surpris que certaines figures présentées dans cette thèse se retrouvent un jour dans un rapport du GIEC ou de l'IPBES ».
- Ces outils d'analyse doivent donc répondre aux interrogations actuelles du secteur forestier, sur les conditions de la durabilité de l'exploitation à long échéance en termes de rendement soutenu, mais aussi sur l'impact de l'exploitation sur d'autres services comme le carbone ou la biodiversité. Le cadre des services écosystémiques et du

« land sharing vs land sparing » est ainsi mobilisé. Est-ce qu'une exploitation extensive et diffuse sur de grandes surfaces (land sharing) est préférable à une intensification localisée sur de petites surfaces qui laisse la majorité des surfaces pour d'autres services et usages (land sparing) ? Jusqu'ici le « land sharing » a été préféré mais peut facilement être très contesté.

Du point de vue de la discipline écologie, la thèse se place dans le cadre des théories de la dynamique des forêts après perturbations. Elle développe des modélisations dans un cadre statistique bayésien, spatialisées, basées sur différentes technologies de modèles. Elle tire parti du dispositif de Paracou et plus généralement d'un réseau de quinze sites expérimentaux (répartis dans toute l'Amazonie) où des forêts ont été suivies avant, pendant et après l'exploitation. La quantification et l'historique précis des perturbations dans les parcelles d'études, rare dans les dispositifs tropicaux, a permis des résultats nouveaux à grande échelle et fiabilisés en termes d'incertitudes. La thèse va jusqu'à développer des scénarios prospectifs, avec des outils d'analyse multicritères. Selon les deux rapporteurs experts en écologie et modélisation des systèmes, Camille Piponiot a une grande maîtrise des outils de modélisation écologique et d'analyse bayésienne. Elle a accompli un travail considérable de modélisation et de programmation informatique.

La thèse est remarquable sur le plan de la production scientifique avec pas moins de six articles déjà publiés dans des journaux scientifiques internationaux de très haut niveau. Elle a produit de l'expertise avec la rédaction de « policy briefs » pour le CIRAD. De plus, tous les jeux de données utilisés et les codes de calcul développés sont référencés, ce qui permet de reproduire les analyses, d'assimiler de nouvelles données, et de transposer les modèles à d'autres jeux de données. On n'en attend certes pas moins s'agissant d'un travail pionnier qui souhaite se positionner dans la science d'excellence pour la décision internationale sur l'Amazonie, mais peu de doctorants ont cette maturité et cette productivité pendant et juste après leur thèse.

Pour résumer les principaux résultats utiles dans le contexte de la gestion des forêts et des territoires amazoniens, la thèse a produit :

- Un modèle de bilan carbone de l'exploitation forestière sélective. Ce modèle prend en compte l'ensemble des sources d'incertitudes, la temporalité des émissions (décomposition progressive) et la récupération du carbone après la coupe. Il est parcimonieux en données et paramètres, rigoureusement calibré et analysé (sensibilité). Appliqué au bilan carbone de la forêt aménagée de Guyane entre 1974 et 2012, il montre un puit de carbone net, évalué entre 0,12 et 1,33 Tg C.
- Un modèle de récupération du stock de carbone aérien après exploitation sélective, basé sur des processus démographiques (croissance, recrutement, mortalité). Ce modèle est appliqué aux deux millions d'ha de forêt amazonienne exploités chaque année, paramétré en fonction des situations de sol, de climat et de biomasse initiale. La récupération nette après dix ans est plus grande au Nord (plateau des Guyanes) et à l'Ouest (21 ± 3 Mg C / ha) qu'au Sud (12 ± 3 Mg C / ha) où les contraintes du milieu sont fortes. Une carte spatialisant les potentialités de récupération en Amazonie est ainsi produite. Il est également analysé plus finement dans le contexte du dispositif de Paracou en Guyane, pour montrer que de fortes perturbations dégradent considérablement le potentiel de récupération, et que dans le contexte actuel d'accroissement des sécheresses et d'autres sources de perturbations anthropiques, la gestion doit absolument adopter et maîtriser les techniques d'exploitation à faible impact.

- Un nouveau modèle simple de la dynamique des volumes forestiers basé sur un système d'équations différentielle, qui peut être calibré avec des données d'inventaires classiques (nationaux ou d'aménagement), issues du terrain ou de la télédétection et très parcimonieux en paramètres. Ce modèle a aussi l'avantage de prendre en compte tous les types de perturbation, naturelles ou d'origine anthropique. Calibré à l'échelle de l'Amazonie avec l'ensemble des données du « Tropical managed Forest Observatory » (TmFO), le modèle conclut que la récolte de bois d'œuvre actuelle en Amazonie n'est pas durable : il faudrait rallonger les cycles et diminuer l'intensité d'exploitation. Mais dans ce cas, la surface des forêts de production n'est pas suffisante. Il faut donc envisager de nouveaux modes de production de bois que l'exploitation sélective, issues d'une diversité de systèmes de restauration des écosystèmes dégradés : plantations en plein, enrichissement, agroforesterie et sylvopastoralisme.
- Une analyse finale des compromis entre services de production de bois, de stockage du carbone et de la biodiversité utilisant les modèles précédents, dans une approche spatialisée où l'on peut faire varier l'intensité et la durée du cycle de l'exploitation. La modélisation de la biodiversité peu abordée jusqu'ici reste perfectible. Les résultats montrent des compromis à arbitrer : pour récupérer le volume de bois, la meilleure stratégie est une exploitation extensive, avec de faibles intensités sur l'ensemble des forêts de production (ce qui va avec l'ouverture de nouvelles infrastructures d'accès, mais aussi un contrôle accru de l'exploitation) ; mais pour optimiser le carbone et la conservation, la meilleure stratégie est d'exploiter à de fortes intensités les zones les plus externes de l'Amazonie en diminuant les surfaces exploitées ; il faut alors se préparer à une disparition rapide de la ressource sur ces surfaces, à restaurer avec des systèmes fondés sur la plantation. Poser le problème des compromis entre « land sharing » et « land sparing », entre régénération naturelle et plantation, n'a rien d'original mais il est rare qu'on puisse ainsi affirmer, de façon scientifiquement fondée et à l'échelle d'un immense massif comme l'Amazonie, que la récupération du bois d'œuvre est beaucoup trop lente (par rapport à la demande) pour justifier de maintenir une politique d'exploitation extensive (land sharing) et de régénération naturelle.

Au final, le travail de Camille Piponiot répond exactement aux critères d'une thèse méritant la présentation à l'Académie d'agriculture : il s'agit d'un travail de thèse rigoureux (voire aride, la comptabilité du carbone et des volumes forestiers comme la manipulation des équations différentielles et des statistiques bayésiennes amènent des tâches ingrates), reconnu par la communauté scientifique, et utile à l'expertise en matière d'aide à la décision en matière de politiques et de gestion forestières. Concernant son intérêt pour les politiques forestières françaises, il semble évident, après avoir lu la thèse, que la Guyane Française, seule grande forêt tropicale gérée par un pays développé du Nord et partie prenante de l'Amazonie, doit montrer l'exemple en mettant en place une politique de compromis exemplaire pour l'Amazonie – maîtriser les savoir-faire pour développer des plantations d'espèces natives ou exotiques, des systèmes agroforestiers, simultanément à la mise en place d'aires protégées et à l'aménagement de massifs forestiers exploités et naturellement renouvelés –, même si la demande en bois peut être satisfaite en Guyane par les forêts naturelles aménagées ou par l'importation.

L'important travail scientifique de cette thèse justifie que cette analyse figure sur le site de l'Académie d'agriculture de France, à titre de valorisation.