



Projet GFCLim “ Gestion Forestière et Changements Climatiques en Guyane Française ”

Olivier Brunaux, Géraldine Derroire, Suzanne Pons, Aline Aurias

► To cite this version:

Olivier Brunaux, Géraldine Derroire, Suzanne Pons, Aline Aurias. Projet GFCLim “ Gestion Forestière et Changements Climatiques en Guyane Française ”. Les cahiers de l'adaptation aux changements climatiques sur le plateau des Guyanes, n°1, pp.58, 2022. hal-04361636

HAL Id: hal-04361636

<https://univ-guyane.hal.science/hal-04361636v1>

Submitted on 27 Dec 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Copyright

n°1

Juin 2022

LES CAHIERS de l'adaptation

aux changements climatiques sur le plateau des Guyanes

© Aurélie_Dourdain

Projet GFClim « Gestion Forestière et Changements Climatiques en Guyane Française »



E-magazine de la Fondation de l'Université de Guyane et de l'Agence de la transition écologique selon convention ADEME/UG 20GYC0082

Université de Guyane - Établissement public à caractère scientifique, culturel et professionnel, situé sur le Campus de Troubiran, BP 20792, 97337 Cayenne Cedex

Comité éditorial : Olivier BRUNAUX, responsable du pôle recherche, développement et innovation de Cayenne, ONF Guyane / Géraldine DERROIRE, chercheure à l'UMR Ecofog - Cirad Responsable scientifique de la station de recherche forestière de Paracou / Suzanne Pons, préfiguratrice de La Fondation UG.

Conception & réalisation de la maquette : Amandine BAGOLE, wichiwichi.fr

Rédactrice en chef : Aline AURIAS

Rédactrice : Aline AURIAS

Photographies : les copyrights figurent sur les photos.

Réf N°1/2022

ISSN (en ligne) : en attente

Source : **Gestion Forestière et Changements Climatiques en Guyane Française**

Projet GFclim, FEDER 2014 2020, Convention GY0006894

Sous la direction de Bruno Hérault et avec la participation de Sabrina Coste, Géraldine Derroire, Laurent Descroix, Maguy Dulormne, Loïc Louison, Camille Piponiot-Laroche et Stéphane Traissac - Les autres sources sont citées dans le texte



En application de la réglementation en vigueur, vous disposez d'un droit d'accès, de rectification ou d'effacement, de limitation du traitement de vos données, d'un droit d'opposition, d'un droit à la portabilité de vos données ainsi que du droit de définir des directives relatives au sort de vos données après votre décès qui s'exercent par courrier électronique à cette adresse dpo@univ-guyane.fr

Vous disposez enfin du droit d'introduire une réclamation auprès de la Commission Nationale de l'Informatique et des libertés (CNIL), autorité de contrôle du respect des obligations en matière de données à caractère personnel. Pour consulter la Politique de protection des données de la Fondation universitaire, cliquez ici.

Si vous souhaitez vous désinscrire, veuillez cliquer ici / If you do not want to receive any other message from us, please follow this link.

EDITORIAL

Les conditions climatiques sont en train d'évoluer sur le plateau des Guyanes. Attendons-nous à une augmentation des températures et à des variations extrêmes de pluviométrie dans nos contrées, du surplus au déficit, des pluies diluviennes à l'intensification des épisodes secs. Plus intenses et plus fréquents, ces événements dépassent les moyennes historiques ainsi que la variabilité naturelle du climat.

Que va devenir la forêt tropicale humide dans ces conditions ? Car l'augmentation des températures et la sécheresse affectent sérieusement la productivité des forêts et impactent à la baisse leur capacité de production de bois. Et ce, alors même que la demande locale en bois d'œuvre et en bois énergie n'a jamais été aussi importante et ne fera qu'augmenter pour répondre aux besoins d'une population toujours grandissante.

Face à cette situation, pour anticiper l'évolution du dérèglement climatique, **s'adapter** est le maître-mot. Pour la filière du bois, cela signifie modifier et ajuster ses pratiques d'exploitation. Ce qui requiert des investissements pour la pratique de techniques à faibles impacts, des changements de modèles d'affaire, mais également une transformation des aspects sociaux de la filière, comme l'organisation du travail et les besoins de formation et de recrutement. Ainsi, les trajectoires de développement de l'industrie forestière dépendent de choix politiques et de la future demande sociétale en services écosystémiques.

Dans ce contexte, ce numéro vous présente les résultats du projet Gestion forestière et changements climatiques en Guyane française (GFclim), qui propose différents scénarios futurs pour la gestion forestière,

à partir d'un modèle de bilan carbone s'appuyant sur une analyse multicritère de la filière bois guyanaise. Très complet, le travail présenté ici intègre également les aspects de vulnérabilité des essences commerciales aux changements climatiques. Sa conclusion est sans appel : il n'y a pas de pratique de gestion qui permettrait d'optimiser à la fois la production de bois et le stockage de carbone. Un compromis et des arbitrages seront donc à trouver entre ces différents services écosystémiques, notamment via la substitution partielle d'un modèle de production en forêt naturelle par des plantations forestières.

Le comité éditorial

© Olivier_Brunaux - ONF Guyane



© Quentin_Martinez

SOMMAIRE



© Olivier_Brunaux - ONF Guyane

CHIFFRES-CLÉS – Les filières bois sur le Plateau des Guyanes, un visage contrasté
Quel avenir pour la filière bois ?
Réduire les impacts de l’exploitation forestière, une voie d’avenir
Des outils essentiels : les dispositifs de suivi forestier

p. 6 - 9
p. 10 - 13
p. 14 - 16
p. 18 - 19

Atténuer la contribution de la Guyane aux CC

Quel bilan carbone pour l’exploitation forestière ?
Gestion durable : une affaire de compromis...
PORTRAIT d’acteur : Camille Piponiot

p. 22 - 25
p. 26 - 29
p. 30 - 33

Adapter la production de bois aux CC

Regards croisés sur l’adaptation des forêts de production
FOCUS : changements climatiques, un risque pour la durabilité
3 questions à Olivier Brunaux

p. 36 - 42
p. 44 - 46
p. 48 - 50

Perspectives et messages clés

Des résultats pour penser le futur

p. 54 - 59



La superficie mondiale de forêt en 2020 est estimée à 4,06 milliards d'hectares, dont 45% sont des forêts tropicales. Le Brésil a lui seul, loin de se cantonner à sa part du plateau des Guyanes, porte 12% des forêts mondiales. A noter qu'il se place à la 1ère place mondiale quant à la perte de surface forestière sur la période 2015-2020 avec - 1 695 700 ha par an. Le Suriname (97%), la Guyane française (97%) et le Guyana (94%) sont quant à eux les 3 territoires à l'échelle mondiale ayant le plus fort pourcentage de superficie forestière par rapport à la superficie totale des terres émergées, ce qui leurs confèrent une forte responsabilité quant à la gestion durable de leurs forêts. Tour d'horizon des caractéristiques de leurs filières bois.

Données issues du rapport Global Forest Ressources Assessment 2020 de la FAO

	Guyane	Surinam	Guyana	Brésil
Superficie terres émergées (ha)	8 220 000	15 600 000	19 685 000	835 814 000
Superficie des forêts (ha)	8 002 850	15 196 290	18 415 340	496 619 600
Dont superficie de plantation (ha)	800	14 150	0	11 223 600
Changement net de la superficie forestière entre 2015-2020 (ha/an)	-3 430	-11 080	-9 200	-1 453 040
Reboisement annuel entre 2015-2020 (ha/an)	0	0	0	257 130
Superficie en forêt de production (ha)	894 020	4 135 738	12 249 000	40 041 090
Superficie en conservation de la biodiversité (ha)	3 544 670	1 764 200	1 091 000	39 177 550
Superficie forestière soumise à un plan de gestion forestière à long-terme (ha)	2 426 780	4 527 040	15 587 000	45 164 880
Superficie de la forêt publique (ha)	7 941 300	15 164 670	15 909 000	281 102 410
Superficie de la forêt privée (ha)	78 700	87 000	2 552 360	222 782 390
Superficie gérée par l'administration publique (ha)	7 271 880	12 463 860	9 285 540	281 102 410
Superficie gérée par collectivités locales, tribales et indigènes (ha)	669 420	776 100	0	0
Superficie gérée par des entreprises et institutions commerciales privées (ha)	0	1 586 510	4 643 350	0
Production de bois (m³/an)*	85 000	1 184 000	359 000	30 000 000

*Selon les statistiques d'exploitation des services forestiers des différents pays
Concernant le Brésil, les chiffres de l'exploitation forestière sont à l'échelle du pays et non du seul Etat de l'Amapa (inclus lui dans le plateau des Guyanes)

Comme le met en lumière le tableau de la page précédente, et l'infographie p. 13, la notion d'exploitation forestière recouvre des réalités différentes dans les différents pays du Plateau des Guyanes. Au-delà des intensités d'exploitation ou de la durée entre deux cycles de coupe, les différences sont présentes dans la façon même dont y sont gérées les forêts publiques et privées.

Un élément clé de gestion, le domaine forestier permanent (DFP)

Celui-ci se définit comme des terres, publiques ou privées, protégées par la loi et conservées comme couvert forestier permanent. Il comprend des terres dédiées à la production de bois et d'autres produits forestiers, à la protection du sol et des réserves en eau et à la conservation de la diversité biologique. Certaines zones forestières identifiées qui ne sont pas classées dans le DFP peuvent être converties à d'autres usages (agriculture, urbanisation...) alors que celles qui y sont incluses sont limitées à une vocation forestière stricte. Si le Brésil et la Guyane Française ont défini un DFP, ce n'est pas le cas de leurs deux voisins.

Au Suriname, les zones de récoltes sont attribuées en vertu de documents juridiques explicites, qui détaillent leurs limites ainsi que les directives régissant leur gestion et leur usage. Ces dernières s'appuient sur le Code de pratiques nationales pour la gestion durable des forêts, un document non contraignant.



© Gaëlle_Fornet

Inégalité de présence des opérateurs privés dans la forêt publique

Là où la forêt publique est essentiellement (en Guyane Française), voire exclusivement (au Brésil) gérée par l'administration publique, Suriname et Guyana présentent plus d'un quart de leur surface de forêt de production gérée par des entreprises privées.

C'est la Commission forestière du Guyana (GFC) qui contrôle la gestion forestière des 12,2 millions d'ha considérés comme forêt domaniale dans le pays. Un peu plus d'un tiers de celle-ci a été attribué sous forme de concessions forestières à long terme, court terme, ou pour des permis exploratoires. D'autre part, 2,3 millions de terres domaniales sont également identifiées comme forêts. Là aussi, c'est la GFC qui peut autoriser les détenteurs d'un bail (agricole), d'une licence ou d'un permis d'exploitation miniers à récupérer du bois dans les limites de ces zones. Ils sont alors considérés comme Opérateurs du secteur forestier (Forest Sector Operators, FSO).

Parce que les situations forestières et les politiques de gestions existantes varient fortement d'un pays à l'autre sur le plateau des Guyanes, les résultats de GFClim ne sauraient être appliqués tels quels à un autre pays. Mais ils peuvent ouvrir la voie à des collaborations pour faire progresser les pratiques d'exploitation forestière et améliorer leur durabilité à l'échelle de cette zone de l'Amazonie.

ALLER + LOIN



<https://www.timbertradeportal.com/fr>

Quel avenir pour la filière bois ?

Les changements climatiques menacent les forêts de Guyane française et, avec elles, l'ensemble des services écosystémiques qu'elles rendent, de la production de bois d'œuvre à la préservation de la biodiversité, en passant par la régulation de la pluviométrie locale et au stockage de carbone. Comment l'exploitation forestière actuelle doit-elle évoluer pour améliorer sa contribution en termes de flux de carbone et s'adapter aux climats futurs ? Ce sont les questions auxquelles l'étude GFCLim s'est consacrée de 2017 à 2020.

FILIÈRE BOIS
=
2^e ACTIVITÉ ÉCONOMIQUE



**97%
FORÊTS**

dont 1/3 d'exploitation
forestière sélective

filière construction

La Guyane, deuxième région française par la superficie, est **recouverte à plus de 97% de forêts tropicales humides** parmi les plus préservées et les plus riches en espèces du monde. Environ un tiers de cette forêt, le domaine forestier permanent, est soumis à une **exploitation forestière sélective**, essentiellement pour la **production de bois d'œuvre**. Cette filière bois représente la **deuxième ac-**

tivité économique de la région, tant par le chiffre d'affaires qu'en termes d'emploi. Majoritairement **utilisé localement** ou dans les Antilles, le bois part pour la plus grande partie dans la **filière construction**. La production devra d'ailleurs augmenter significativement d'ici à 2030, pour répondre aux besoins en logements d'une population qui croît à un rythme soutenu.



© Caroline_Bedeau - ONF Guyane

Une ressource menacée

La forêt tropicale humide est un écosystème complexe, et fragile. Elle est le produit d'un climat particulier, et ne peut s'épanouir que sous un régime de précipitations bien spécifique. A ce titre, **la forêt tropicale humide est considérée comme vulnérable aux changements climatiques. Et ce dès aujourd'hui**, et non dans un futur lointain. En effet, les projections du Groupement international d'experts sur le climat (GIEC) alertent sur l'apparition probable de conditions climatiques sans précédent dès la deuxième partie du XXI^e siècle. Il est notamment très probable que la variabilité des précipitations liée à l'oscillation australe d'El Niño subisse une amplification. Sous le pire scénario, le SSP5-8.5, aussi appelé « business-as-usual » car il

est simplement la continuation de notre tendance actuelle, la **diminution des précipitations sur l'Amazonie pourrait être de l'ordre de 20-30% à l'horizon 2100**. Quant au **réchauffement**, il **devrait atteindre les 2°C à la fin du siècle**, à moins que soient mis en œuvre le scénario dit « SSP1-1.9 », qui prévoit une réduction des émissions de gaz à effet de serre extrêmement ambitieuse, ce qui ne correspond pas aux engagements actuels des Etats. **La fréquence des événements extrêmes**, sécheresse, températures extrêmement chaudes et pluies diluviennes, **va donc continuer à augmenter**, alors que **leurs impacts sur la productivité des forêts auront des répercussions massives sur la société guyanaise**.

PROJECTIONS du GIEC horizon 2100



- 20/30 %



+ 2°C



© Gaëlle_Fornet

© Olivier_Brunaux - ONF Guyane



Quel avenir pour la filière bois ? (suite)

© ONF Guyane

Optimiser la filière bois dans le contexte des changements climatiques

Dans ce contexte, **quel avenir ont les forêts de production face aux changements climatiques ?** Comment adapter leur gestion pour **participer à la réduction des émissions de gaz à effet de serre, tout en produisant plus de bois**, pour répondre à la demande sociétale ? C'est à ces questions qu'a cherché à répondre le **projet GFCLim** (Gestion forestière et changements climatiques en Guyane française), un travail financé par le Fonds européen de développement régional (FEDER) sur la période 2017-2020.

Coordonné par le chercheur du CIRAD Bruno Hérault, et notamment alimenté par trois thèses de doctorat, le projet a été mené à bien par une équipe de scientifiques issus de l'unité mixte de recherche EcoFoG du Centre International de Recherche en Agronomie pour le Développement (CIRAD) et de l'ONF Guyane, des Universités de Guyane et des Antilles, de l'Inrae et d'Agro-ParisTech. Il a été organisé en **deux axes** : **Atténuer la contribution de la Guyane aux changements climatiques ; Adapter**

la production de bois à ces changements.

Son objectif : faire émerger des éléments chiffrés, objectifs, permettant aux décideurs de comparer différents scénarios d'évolution possible en fonction des orientations stratégiques de la filière, avec comme ambition finale d'aboutir à un plan d'action chiffré pour adapter la filière bois guyanaise aux changements climatiques.

PROJET GFCLim
€ FEDER

SCÉNARIOS
d'évolution

Atténuer la contribution de la Guyane
aux changements climatiques

Adapter la production de bois à ces changements

CHIFFRES

LA FILIÈRE BOIS GUYANAISE



TERRITOIRE = 8,22 millions d'hectares
(boisé à plus de 97%)

↳ **DOMAINE FORESTIER PERMANENT** = 2,4 millions d'ha

€ **CHIFFRE D'AFFAIRES**
> 100 millions d'euros / an
800 emplois



HORIZON 2030 210 000m³ de BOIS
Objectif de production fixé par le PRFB
(Programme Regional de la Foret et du Bois)

> 70 % DU VOLUME EXPLOITÉ = 3 espèces
Angélique (*Dicorynia guianensis*), Gonfolo Rose
(*Qualea rosea*) et Grignon franc (*Sextonia rubra*)



80 000m³ de BOIS
récolté / an



15 à 30 000m³ de BOIS D'ŒUVRE
utilisable après sciage

20 à 30m³ de BOIS D'ŒUVRE exploité / ha
DURÉE ENTRE DEUX COUPES = 65 ANS

Réduire les impacts de l'exploitation forestière, une voie d'avenir

L'objectif des techniques d'exploitation à faible impact (EFI) est simple : faire en sorte que l'exploitation forestière perturbe le moins possible l'écosystème forestier, et permettre une régénération de la forêt la plus rapide possible. Et pour l'atteindre, il faut faire en sorte de minimiser les impacts aux arbres restants sur pied et au sol forestier lors des phases de récolte.

Préparer et contrôler l'exploitation de la parcelle

Cela passe par une **planification minutieuse de l'exploitation**, grâce notamment à un **inventaire précis des arbres d'intérêt présents dans la zone qui sera parcourue par les engins de chantier**. Cet inventaire prend en compte aussi bien les sujets qui vont être récoltés durant cette rotation que ceux d'avenir dans les princi-

pales essences commerciales. Il va préciser l'essence, le diamètre, le nombre de tige et la position exacte de chaque arbre sur la parcelle, afin d'**implanter un réseau de desserte interne à la parcelle qui optimise l'accès aux arbres à récolter**.

INVENTAIRE

PLANIFICATION

ACCÈS AUX ARBRES À RÉCOLTER

Des outils numériques et forestiers mieux adaptés

La planification s'appuie sur la technologie de télédétection par LIDAR (pour « *laser imaging detection and ranging* »), qui produit des modèles numériques très précis du terrain et de la canopée permettant de déterminer les zones à éviter du fait de leur pente ou de leur faible intérêt pour la récolte. Grâce à ces modèles la préparation du schéma de desserte permet de **respecter les standards de certification PEFC qui restreignent la surface parcourue par les engins forestiers** (routes, pistes de débardage, aires de stockage) à **un maximum de 8% de la surface totale de la parcelle exploitée**. L'EFI intègre également des **évolutions techniques, comme le**

treuillage des grumes depuis leur lieu d'abattage jusqu'aux pistes grâce à des câbles synthétiques légers, voir leur débusquage via des bras préhensiles avec ou sans treuil. Ces avancées diminuent encore l'impact par rapport aux anciennes pratiques où les engins forestiers allaient jusqu'au pied de chaque souche pour récolter chaque arbre.

TÉLÉDÉTECTION LIDAR = *laser imaging detection and ranging*
 ↳ **MODÈLES TERRAIN & CANOPÉE**

SURFACE PARCOURUE
 par les engins forestiers = **8% max**



© Olivier_Brunaux - ONF Guyane

“ Les techniques d'EFI permettent une exploitation forestière planifiée et contrôlée, respectueuse de l'environnement ».

Une gestion gagnant-gagnant

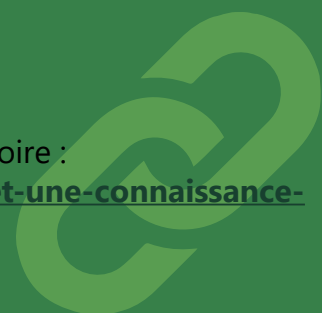
Les règles de l'EFI ne cessent d'évoluer à mesure que progresse la compréhension de la forêt tropicale. Mais **ce qui apparaît comme des contraintes a également un impact économique bénéfique pour l'exploitant forestier**. En effet, en organisant l'exploitation pour minimiser l'impact au peuplement, l'EFI diminue également les coûts, notamment de création de pistes. Olivier Brunaux, responsable du pôle recherche, développement et innovation de l'ONF en Guyane l'assure, « les techniques d'EFI permettent une exploitation

forestière respectueuse de l'environnement mais également une optimisation économique de ces différentes phases ». En participant à une récupération plus rapide des stocks de carbone et de bois, **l'EFI peut également être une clé importante dans la lutte contre les changements climatiques**. Sa mise en œuvre et sa généralisation sont d'ailleurs partie intégrante des scénarios GFClim les plus prometteurs pour l'avenir de la filière forêt/bois.

Charte de l'EFI en Guyane

En savoir plus sur l'utilisation du LIDAR en gestion forestière et aménagement du territoire :
<https://agriculture.gouv.fr/gestion-durable-des-forets-le-programme-lidar-permet-une-connaissance-fine-des-peuplements>
<https://www.guyane-sig.fr/?q=lidar> 2021

ALLER + LOIN



© Olivier_Brunaux - ONF Guyane

DÉBUSQUAGE

Des outils essentiels : les dispositifs de suivi forestier

© Aurélie_Dourtain

TmFO

TmFO, pour « Tropical managed Forests Observatory » ou « Observatoire des forêts tropicales aménagées » est un réseau d'une trentaine de sites expérimentaux de suivi de la dynamique forestière situés dans 12 pays de la zone intertropicale d'Amérique latine, d'Afrique et d'Asie du Sud-Est (seuls ceux d'Amérique latine ont été utilisés dans le cadre de GFClim). Il comporte à l'heure actuelle plus de 650 parcelles permanentes qui représentent à elles toutes près de 1 300 hectares suivis, soit plus de 6 millions d'arbres mesurés. Ce réseau a été mis en place pour comprendre les effets à long terme qu'a l'exploitation forestière sur les forêts tropicales en termes de dynamique de la biomasse, de récupération du volume de bois exploitable et de modification de la composition en espèces au fil du temps. Son objectif final : apporter

des preuves environnementales solides pour faire évoluer les pratiques d'exploitation forestière vers une durabilité des services écosystémiques et fonctions forestières, tout en garantissant la viabilité économique.

Coordonné par le Cirad, TmFO implique une cinquantaine de chercheurs issus de 25 institutions et est soutenu par le programme de recherche du Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale (**CGIAR**) : Forest, Tree and Agroforestry (**FTA**), par l'**ESA** (Agence spatiale européenne) et le Ministère français des Affaires étrangères en soutien à l'Alliance pour la préservation des forêts tropicales humides.

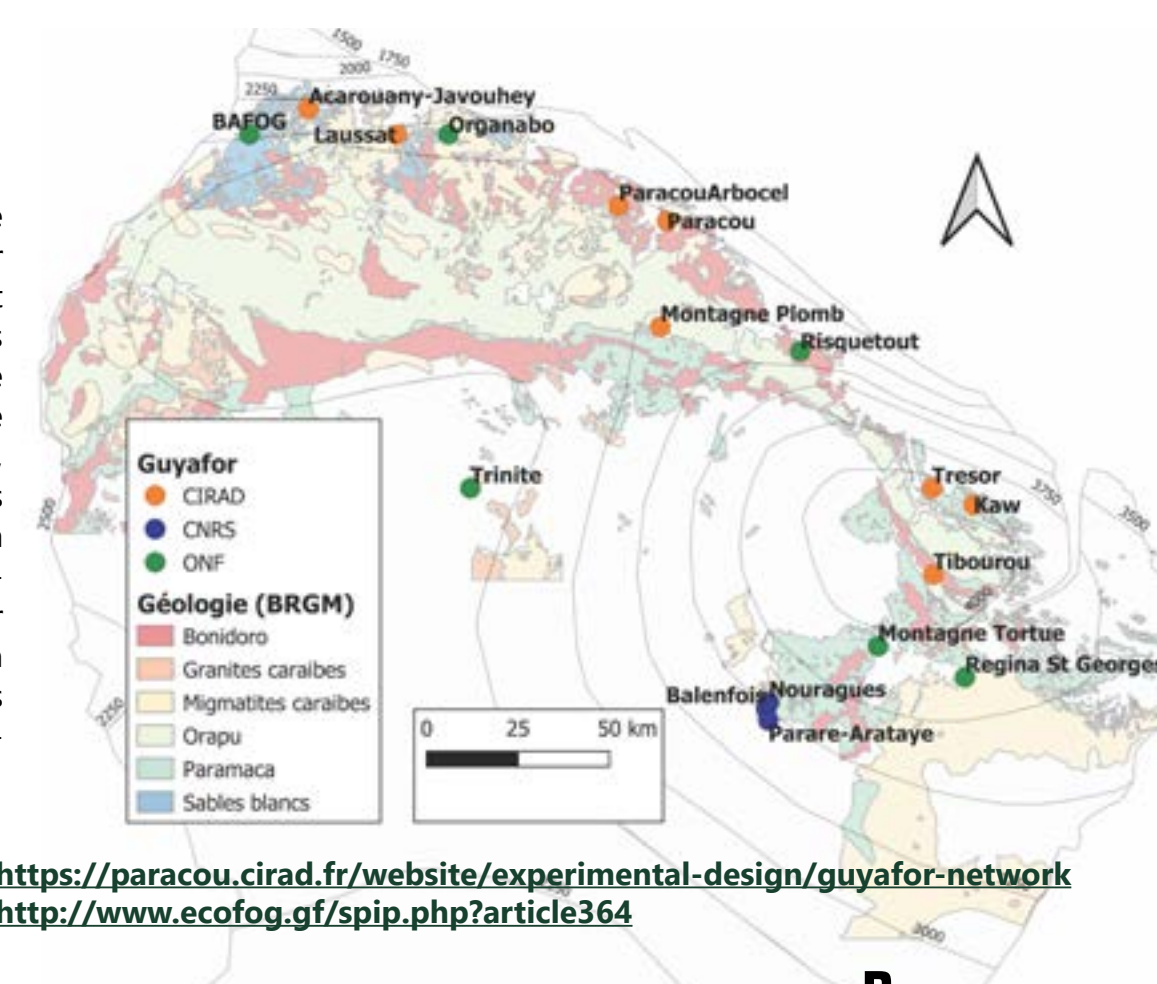
<https://alliance-preservation-forets.org/>
<https://tmfo.org/>



Guyafor

L'ONF, le CIRAD et le CNRS sont cogestionnaires du réseau Guyafor, un dispositif de suivi de placettes forestières permanentes qui inclue 54 parcelles, faisant généralement entre 4 et 6 ha, et distribuées sur 17 sites essentiellement localisés sur la bande littorale. Ce dispositif, initié à la fin des années 90, a été progressivement standardisé en termes d'inventaire forestier à partir de l'année 2000. Il recense à l'heure actuelle plus

de 260 000 arbres de plus de 10 cm de diamètre à hauteur de poitrine (diameter at breast height : dbh), qui sont mesurés tous les 1 à 5 ans. Chaque site inclut des parcelles de forêt naturelle, non exploitée, comme contrôle. Les autres parcelles ont été soumises à différentes modalités d'exploitation forestière et leur évolution après perturbation est suivie, ce qui procure des données uniques sur la régénération forestière.



<https://paracou.cirad.fr/website/experimental-design/guyafor-network>
<http://www.ecofog.gf/spip.php?article364>



<https://paracou.cirad.fr/website>

Mise en place par le Cirad en 1984, la station de recherche de Paracou est née de la volonté de suivre l'évolution forestière amazonienne après une expérience sylvicole à grande échelle. Le site choisi, couvrant 125 ha est principalement couvert de forêts des plaines côtières des terres hautes, qui présentent une très grande richesse biologique puisque plus de 750 espèces ligneuses y ont été recensées. Le dispositif comporte seize parcelles permanentes (quinze de 6,25 ha et une de 25 ha) dont neuf ont

été exploitées sous trois modalités d'intensité d'abattage et d'éclaircies en 1987-1988. L'ensemble des plus de 70 000 arbres ≥ 10 cm de diamètre à hauteur de poitrine a été spatialisé et est suivi depuis plus de 35 ans, faisant de Paracou l'une des forêts tropicales les mieux étudiées du monde. Le site accueille chaque année autour de 300 chercheurs et étudiants du monde entier, ce qui donne lieu à une cinquantaine de publications scientifiques annuelles.

Paracou

An aerial photograph of a vast, dense tropical forest. The canopy is a rich, textured green, with some lighter patches indicating different tree species or sunlight filtering through. A dark, winding river or stream cuts through the forest, visible on the left and right sides. The overall scene conveys a sense of a large, undisturbed natural space.

Atténuer la contribution de la Guyane aux changements climatiques

Quel bilan carbone pour l'exploitation forestière ?

© Florian_Jeanne

La forêt, et sa protection, sont des leviers majeurs dans les décisions politiques d'atténuation des changements climatiques. On estime en effet que la **déforestation compte pour 7 à 12% des émissions de gaz à effet de serre anthropiques**. Mais **qu'en est-il des émissions carbone de l'exploitation forestière ?** faire le même type de calcul est loin d'être facile. Cela nécessite de prendre en compte différentes modalités d'exploitation et les processus qui se mettent en place sur plusieurs décennies à la suite d'une récolte de bois (dégradation des bois morts, reconstitution des stocks de carbone dans les individus non prélevés...). Malgré les 400 millions d'hectares de forêts exploitées, **le rôle de la filière bois tropical dans le cycle global du carbone est jusqu'ici mal connu et peu étudié**. GFClim a permis d'améliorer la comptabilité carbone de la filière, pour mieux simuler sa nécessaire évolution.

Quantifier les émissions carbone de la production de bois...

Sous la responsabilité de Camille Piponiot Laroche et Géraldine Derroire, une équipe de scientifiques s'est attelée au développement d'un **modèle de bilan carbone pour la filière forestière Guyanaise**. Dynamique, ce modèle attribue les flux au moment où ils ont lieu, c'est-à-dire qu'il va notamment étaler sur plusieurs années les émissions de carbone liées à la décomposition des « **dégâts** », ou le stockage lié à la **récupération** et à la **régénération** de la forêt. Ce travail a permis de quantifier avec précisions les émissions liées aux activités passées pour **déterminer la contribution de l'exploitation forestière guyanaise aux émissions de carbone françaises, et donc aux dérèglements climatiques**. Pour ce faire, les chercheurs se sont attachés à **déterminer les contributions in-**

dividuelles des différentes opérations de la filière : récupération de la forêt ou décomposition des bois ; mais aussi à l'aval de la filière : devenir des bois, transport et fonctionnement des scieries et centrales biomasse... Ils ont ainsi notamment mis en évidence que, pour faire baisser les émissions de la filière, il est nécessaire d'**utiliser les connexes d'exploitation en bois énergie**, et de **généraliser les pratiques à faible impact**. En réduisant de presque 50 % les dégâts d'exploitation et donc les émissions liées à la dégradation des bois morts, les méthodes EFI permettent d'augmenter l'intensité d'exploitation de 20 à 30m3 de bois par hectare sans affecter le bilan carbone.

... pour mieux s'adapter demain

Le modèle développé a ensuite permis de simuler l'**évolution du bilan carbone de la filière selon huit scénarios prospectifs de développement**. L'objectif : apporter aux décideurs des éléments chiffrés pour définir les futures stratégies de gestion forestière, car la filière doit répondre à une **demande croissante en bois d'œuvre et bois énergie**. L'analyse des bilans carbonés respectifs de ces stratégies met en évidence que **quelles que soient les évolutions envisagées, elles améliorent le bilan carbone par rapport à la stratégie actuelle**, notée « historique ». Cependant, ce n'est le cas que si l'on considère les émissions évitées par l'utilisation du bois énergie plutôt que d'énergies fossiles, et la substitution du bois à un autre matériau de construction. Sans prise en compte de cet aspect, tous les scénarios sont moins bons que le scénario historique (voir figure).

Une solution qui ne va pas sans bémols

Cependant, sur un territoire boisé à plus de 97 % comme l'est la Guyane française, **trouver des terres non boisées pour établir des plantations peut représenter un réel défi**. Les terres naturelles non forestières telles que les savanes sont déjà soumises à de fortes pressions anthropiques malgré leur valeur écologique. D'autre part, la croissance rapide de la population humaine augmente le besoin de terres non forestières, notamment pour la production alimentaire. **Les plantations de bois d'œuvre sont donc en concurrence avec la demande agricole de terres** non forestières et avec la conservation des espaces naturels. De plus, la zone la plus appropriée pour la plantation car située près de la plupart des de la plupart des zones d'activité humaine, **le domaine forestier permanent bénéficie d'un statut de protection permettant l'exploitation forestière sélective mais interdisant la conversion des terres**. En raison de ce contexte spécifique, et bien que cette option cri-

C'est le scénario « **plantation en augmentation de la récolte** », qui **présente le meilleur bilan à l'horizon 2090**. Il voit le volume de bois récolté passer des 80 000 m³ actuels à 200 000 m³, la différence étant, à termes, entièrement produite par des plantations, et la valorisation des connexes en bois énergie. Dans ce scénario, **l'établissement d'environ 1 000 ha de plantation par an pendant 30 ans permettrait de couvrir la production de 200 000 m³ de bois d'œuvre annuels**. Un objectif qui ne serait atteint qu'en exploitant **une surface plus de dix fois plus grande en forêt naturelle**, sur deux cycles de rotation. Pour comparaison, la superficie de forêts naturelles nécessaire pour produire les 65 000 à 80 000 m³ de bois actuels par an à une intensité d'exploitation forestière de 20 m³ par hectare se situe entre 3 000 et 4 250 hectares.

tiquable puisse être interdite dans un futur non lointain, les chercheurs ont modélisé **le bilan carbone de scénarios pour lesquels des plantations sont établies sur des forêts naturelles**, ce qui représente une approche conservatrice du bilan C. Les plantations devront cependant se faire autant que possible sur des terres non forestées ou sur des forêts fortement dégradées. Parce qu'elle prend en compte la temporalité des flux de carbone, leur modélisation permet de mettre en perspective leur bon bilan à termes. Ces scénarios incluant la plantation sont en effet les plus émetteurs sur les premières décennies, du fait des émissions liées à la défriche des parcelles préalablement à leur plantation. Ce qui pose question : dans le contexte de la crise climatique, **pouvons-nous nous permettre une stratégie conduisant au meilleur stockage de carbone dans 70 ans mais avec des émissions beaucoup plus élevées dans les trois décennies à venir ?**

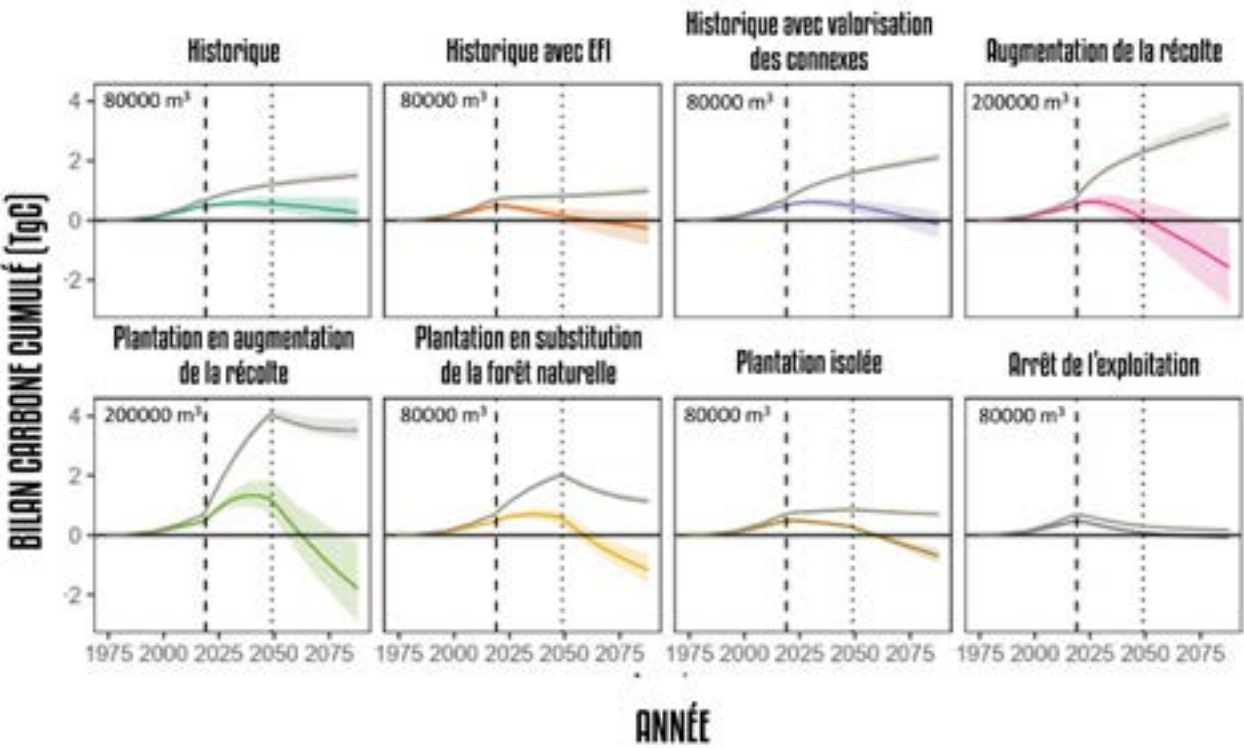
Diversifier pour limiter les risques

La planification sur le long terme est une stratégie risquée, compte tenu des incertitudes élevées concernant le changement climatique, l'évolution des paramètres socio-économiques et des politiques. Mais au-delà de ces considérations sur les stratégies d'usage des terres, **une approche mixte combinant la production de bois en forêts naturelles et en plantations** présente aussi des intérêts en termes d'usage.

Les arbres issus de plantations et de forêts naturelles n'ont généralement pas les mêmes propriétés, et les espèces recommandées pour les plantations diffèrent de celles exploitées en forêt naturelle. Bien que **les arbres plantés** puissent avoir une durabilité inférieure,

des propriétés mécaniques et une valeur esthétique moindres, ainsi qu'une taille plus petite à la récolte que le bois issu de forêts naturelles, ils **conviendraient à de nombreuses utilisations locales** (telles que la construction, la fabrication de meubles et d'autres utilisations intérieures), et leur légèreté serait même un avantage pour le bâtiment. En outre, malgré **la faible quantité de données sur ces sujets, il est raisonnable de penser que la faible diversité d'arbres des plantations les rend probablement moins résilientes à des perturbations** telles que le changement climatique ou l'attaque de pathogènes. **Diversifier les espèces et diversifier les sources de bois** semble donc être la stratégie la plus sûre.

Coconstruits avec les acteurs de la filière, les scénarios explorés ne sont pas exhaustifs, mais ils permettent de **déterminer les variables clés** à prendre en compte et combiner pour élaborer la **gestion forestière de demain**.



Bilans carbone cumulés sur la période 1974-2088.

Les bilans et intervalles de confiance à 59% sont représentés par les courbes et aplats colorés. La courbe grise représente la modalité ou les émissions évitées ne sont pas prises en compte. Ligne verticale tirets : début de la période prospective ; ligne verticale pointillée : début de récolte des plantations (2049) © G. DERROIRE

GLOSSAIRE



dégâts : bois abîmés lors de l'exploitation (ouverture de pistes et abattage), ce qui peut mener à leur mort.

connexes d'exploitation : part des arbres exploités non valorisés pour le bois d'œuvre (branches) et par des dégâts qui peuvent être valorisés en bois énergie.

récupération : récupération du stock de carbone après exploitation en forêt naturelle, du à croissance des arbres non exploités sur la parcelle et à l'installation naturelle de nouveaux arbres

régénération : pousse de nouveaux arbres sur les zones défrichées pour les pistes principales et les aires de stockage.

ALLER + LOIN



Derroire, G. *et al.* Prospective carbon balance of the wood sector in a tropical forest territory using a temporally-explicit model. *For. Ecol. Manage.* **497**, 119532 (2021).

Piponiot, C. *et al.* A methodological framework to assess the carbon balance of tropical managed forests. *Carbon Balance Manag.* **11**, 15 (2016).

Piponiot, C. *et al.* Carbon recovery dynamics following disturbance by selective logging in amazonian forests. *Elife* **5**, (2016).

Piponiot, C. *et al.* Assessing timber volume recovery after disturbance in tropical forests – A new modelling framework. *Ecol. Modell.* **384**, 353–369 (2018).

Morel, H., *et al.* 2017. Qualité et usages du bois de cinq espèces forestières adaptées à la plantation à vocation de bois d'œuvre et testées en Guyane française. *Bois et Forêts des Tropiques* **4**, 61–74 (2017).

<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119532>.

<https://cbmjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13021-016-0056-7>

<https://elifesciences.org/articles/21394>

<https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2018.05.023>

<https://doi.org/10.19182/bft2017.334.a31492>.

Gestion durable : une affaire de compromis et de choix stratégiques

La gestion des forêts de production est soumise à **des impératifs qui peuvent sembler contradictoires**. Elle doit permettre la production de bois d'œuvre, tout en préservant les autres services rendus par la forêt, notamment en termes d'atténuation des changements climatiques et de conservation de la biodiversité.

Un petit groupe de scientifiques emmené par Camille Piponiot-Laroche et Bruno Hérault a développé **un cadre méthodologique pour identifier les scénarios prospectifs offrant les meilleurs compromis entre ces services écosystémiques**.

Analyser l'exploitation forestière selon plusieurs critères

Pour ce faire, les chercheurs ont considéré **trois services écosystémiques rendus par la forêt, qu'ils ont cherché à optimiser** dans leurs modélisations : le changement net du stock de carbone (différence entre la récupération post-exploitation du carbone stocké dans les arbres et les émissions liées à l'exploitation); la récupération des stocks de bois d'œuvre post-exploitation; la conservation de la biodiversité post-exploitation. Cette analyse s'est appuyée sur le modèle d'émissions carbone développé par ailleurs dans le projet GFCLim (voir article précédent). Elle a également demandé **la production d'un modèle spécifique de récupération du bois d'œuvre**, calibré à partir des données de l'expérimentation grandeur

nature du site de Paracou⁽¹⁾. Celui-ci a ensuite été étendu à l'échelle de l'Amazonie grâce aux données du réseau TmFO-Amazonie⁽²⁾. D'autre part, pour **rendre compte de l'impact de l'exploitation forestière sur la biodiversité**, des cartes de richesse en mammifères et amphibiens ont été utilisées pour paramétrer l'état de la biodiversité pré-exploitation. Ces deux groupes ont en effet **une grande importance dans le fonctionnement des écosystèmes**. Les pertes qu'ils ont subies à la suite de l'exploitation forestière ont pu être quantifiées à partir des résultats d'un travail de recherche précédent, une méta-analyse à l'échelle pantropicale⁽³⁾.

Pas de stratégie optimale, mais des choix à faire

En utilisant un logiciel appelé Marxan⁽⁴⁾ **les chercheurs ont modélisé l'ensemble des forêts définies comme forêt de production** en Amazonie sous la forme d'une grille dont chaque cellule peut se voir attribuer une intensité d'exploitation forestière et une durée de cycle de rotation. Ils ont ensuite cherché à obtenir **une configuration spatiale et des caractéristiques d'exploitation** (en terme de volume exploité et de temps entre deux passages en coupe) **pour atteindre l'objectif de production**, 30 Mm³ de bois annuellement, **tout en maximisant les services écosystémiques** considérés. Cette cartographie a ensuite été développée pour **huit stratégies d'optimisation différentes**, selon que la volonté était de maximiser la production de bois, le stockage de carbone, la protection de la

biodiversité, de choisir un scénario équilibré entre ces services ou encore d'augmenter l'accessibilité de certaines zones. Les résultats sont décrits dans la publication⁽²⁾ et résumés par la figure ci-contre. Au regard de cette analyse, **le principal compromis doit se faire entre l'approvisionnement à long terme et la conservation du stock de carbone et de biodiversité**. Ce résultat, prévisible, s'inscrit dans le débat actuel sur le **choix entre une stratégie de partage des terres**, où toutes les zones sont exploitées à faible intensité, **ou une approche de sanctuarisation de certaines zones**, qui entraîne l'intensification de l'exploitation du reste de la forêt. Meilleure pour la biodiversité et le stockage de carbone, cette dernière stratégie entraîne cependant une plus faible récupération de bois d'œuvre.

a) maximisation de la récupération de bois d'œuvre



f) contrainte de récupération complète du stock de bois d'œuvre initial



b) maximisation du stockage de carbone



g) augmentation de l'accès à des zones de production potentielles en forêt non protégée



c) maximisation de la biodiversité



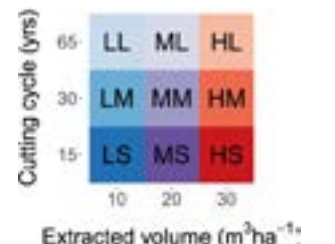
h) addition des deux précédentes stratégies



d) stratégie équilibrée entre les trois services



e) cycles de coupes fixés à trente ans



Area available for logging (Mha) • 0.2 • 0.4 • 0.6

Résultats de l'optimisation spatiale

Les zones vertes ne sont pas exploitées, les zones blanches ne sont pas des forêts de production potentielle. La taille de chaque point est proportionnelle à la superficie de la zone de production.

La couleur (bleu-violet-rouge) représente l'intensité de l'exploitation (légère : 10, moyenne : 20 et élevée : 30m³ ha⁻¹). Sa transparence représente la durée du cycle de coupe (Court : 15, Moyen : 30, Long : 65 ans) : les couleurs claires correspondent à des cycles plus longs.

Par exemple, dans la stratégie équilibrée (d), et encore plus pour les stratégies b et c, la plupart des zones ne sont pas exploitées (vert), à l'exception de certaines zones en marge du bassin qui sont exploitées de manière intensive (rouge ; 30m³ ha⁻¹ tous les 15 ans) dans l'est et le sud-ouest de l'Amazonie, et exploitées de manière extensive (bleu clair ; 10m³ ha⁻¹ tous les 65 ans) au sud et nord-ouest de l'Amazonie.

Une certitude, les pratiques doivent changer

Les exploitations forestières actuelles sont le produit de **régle-mentations basées sur ce qui semblait être un bon compromis** entre une production de bois économiquement satisfaisante et la garantie de la durabilité de cette exploitation. Mais plusieurs études ont démontré que, dans les faits, **ces pratiques ne permettent pas à la forêt de récupérer ses caractéristiques d'avant l'abattage**. Le modèle d'optimisation des services écosystémiques développé ici a vocation à être affiné, et à intégrer d'autres services ainsi que les coûts financiers de l'exploitation ou l'apport des plantations. Un développement intéressant serait également de pouvoir le calibrer sur plusieurs cycles de coupe, ce qui n'est pas possible à l'heure actuelle faute de données. Cependant, même en l'état, les résultats qu'il obtient viennent montrer que **ces réglementations mènent en fait à une gestion sous optimale qui augmente la perte de tous les services écosystémiques**.

Souvent préconisée, la stratégie de maintien de stocks de bois

qui consiste à modifier les réglementations pour allonger la durée entre les cycles de coupe et diminuer l'intensité de prélèvement peut mener à **une augmentation significative des surfaces exploitées** pour atteindre les objectifs de production annuels. La rentabilité économique et le coût environnemental de cette stratégie n'ont pas été explorés ici. En revanche, **si les objectifs de stockage de carbone et de conservation de la biodiversité sont priorisés**, alors la conservation des forêts intactes devra être couplée à une exploitation intensive des zones déjà exploitées. Cette dernière sera cependant insuffisante pour répondre aux besoins et **d'autres sources d'approvisionnement devront être envisagées, par exemple la production en plantation**. En l'absence de stratégie optimale, c'est la demande sociétale en services écosystémiques, et les politiques mises en œuvre pour y répondre, qui détermineront le futur des forêts de production amazoniennes.

NOT
ALLER + LOIN



⁽¹⁾ Camille Piloniot *et al.* (2018) Assessing timber volume recovery after disturbance in tropical forests—a new modelling framework. *Ecological Modelling*, 384 :353–369

⁽²⁾ Camille Piloniot *et al.* (2019) Optimal strategies for ecosystem services provision in amazonian production forests. *Environmental Research Letters*, 14(12) :124090

⁽³⁾ Clinton N Jenkins *et al.* (2013) Global patterns of terrestrial vertebrate diversity and conservation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(28) :E2602–E2610

⁽⁴⁾ Ian R Ball, Hugh P Possingham, and Matthew Watts (2009) *Marxan and relatives : software for spatial conservation prioritisation*. *Spatial conservation prioritisation : Quantitative methods and computational tools*, pages 185–195.

PORTRAIT d'acteur :

Camille Piponiot

© A. Gabon



Quelques dates clés...

1992

Naissance en Argentine

JUILLET 2015

Diplôme d'ingénieur agronome (AgroParisTech)

DÉCEMBRE 2018

Thèse de doctorat

Post doctorat au Panama pour le Smithsonian Tropical Research Institute, (réseau ForestGEO)

23 SEPTEMBRE 2020

Une récompense prestigieuse



La **médaille d'Argent Dufrenoy de l'Académie** est un prix d'excellence qui distingue une thèse de grande qualité soutenue dans chacune des dix sections de l'Académie d'agriculture de France. Le 23 Septembre 2020, Camille Piponiot a reçu cette récompense dans la section "Forêts et filière bois" pour sa **thèse** effectuant le bilan carbone de l'exploitation forestière en Amazonie, dans une optique de recherche de compromis entre les services écosystémiques rendus par la forêt (production de bois d'œuvre, biodiversité et stockage de carbone).

12 OCTOBRE 2020

Recrutement au CIRAD en tant que chercheuse en écologie forestière, modélisatrice spécialiste des changements d'échelle.

À la rencontre d'une chercheuse

Ingénieur agronome de formation, et férue de mathématiques appliquées, Camille Piponiot s'intéresse à la compréhension des systèmes et des environnements complexes. Et surtout à un type d'environnement complexe en particulier, les forêts tropicales. Doctorante à l'époque du projet GFClim, elle a co-dirigé deux des groupes de travail du projet. Rencontre.

Le réseau est mauvais, mais l'enthousiasme de Camille Piponiot traverse les grésillements de la ligne. La jeune chercheuse en écologie des forêts tropicales est manifestement à sa place dans l'unité Forêts et sociétés du CIRAD, qu'elle a rejoint en octobre 2020. Il faut dire que son parcours la mène là où elle rêvait d'aller.



© DR

Une fascination qui remonte à l'enfance 1992 - 2015

Née en Argentine de parents qui ont choisi la mobilité géographique comme mode de vie, Camille Piponiot passe par le Chili, vit au Panama de ses 5 à ses 12 ans, puis au Brésil. Une tranche de son enfance qui la marque et forge un profond attachement aux environnements tropicaux. Ensuite, ce sera l'Arabie Saoudite. Le contraste souligne combien elle aime les écosystèmes luxuriants, et se sent chez elle en forêt tropicale. Intéressée par l'agronomie, elle

entre à AgroParistech en 2012, et s'y spécialise progressivement en gestion de l'environnement. Une orientation évidente, qui « *mêle les questions environnementales sur lesquelles j'avais envie de travailler avec ce qui me plaît le plus dans les mathématiques appliquées : la modélisation des systèmes complexes* » détaille celle qui a été recrutée comme modélisatrice spécialiste des changements d'échelle.

Au bon endroit, sur les bons sujets 2016 - 2017

Pour son année de spécialisation, Camille Piponiot rejoint logiquement le campus de Kourou pour un Master 2 Écologie des Forêts Tropicales. Avec un autre étudiant, elle y réalise, dans le cadre de son projet tutoré de premier semestre, le **Bilan Carbone de l'exploitation forestière sur le domaine forestier permanent de Guyane française**. Sous la direction de Bruno Hérault, chercheur

au CIRAD et fondateur de son master, ce travail préfigure GFCLim, qui ne commencera que deux ans plus tard. Suite à ce stage, son enseignant lui propose de continuer, en passant cette fois à l'échelle de l'Amazonie, via le réseau TmFO et la station de Paracou. Ce sera le sujet de son stage de master 2.

Prendre du champ pour faire apparaître les différences régionales 2018

Puis de sa thèse, qui cherche à comprendre comment les forêts amazoniennes réagissent à l'exploitation. En effet, « *une grande partie de la forêt amazonienne et guyanaise sont exploitées de façon sélective pour le bois d'œuvre, mais il y a peu de suivi après exploitation, donc très peu de données sur la régénération forestière* » précise la jeune femme. Or la dynamique de récupération du carbone, celle du bois, de la biodiversité sont des caractéristiques essentielles pour savoir au bout de combien de temps il est possible de réexploiter une

même parcelle. Son travail va dresser une cartographie des modèles de récupération de ces services à l'échelle du bassin amazonien. Une première, car le plus souvent les études sont à l'échelle locale, sur quelques sites suivis après exploitation, sans cette prise de recul qui permet la comparaison, à l'échelle régionale, des différentes dynamiques de récupération en fonction du climat et des politiques locales.

Des responsabilités dans GFCLim

Le projet GFCLim est accepté durant la première année de doctorat de Camille Piponiot. Forte de ses travaux précédents en master, et des données qu'elle a commencé à collecter, la jeune thésarde se voit chargée de la co-direction des deux groupes de travail qui s'intéressent à la quantification de l'impact de l'exploitation forestière en termes de carbone, avec une ouverture sur la recherche de compromis avec les autres services écosystémiques rendus par la forêt. Si leurs modèles montrent que le carbone est récupéré relativement rapidement, « *la durée de rotation entre deux exploitations n'est pas toujours suffisante pour permettre la régénération de la ressource en bois, du fait du peu d'espèces exploitées commercialement* » précise la jeune

écologue. Il faudra donc trouver des compromis entre le stockage de carbone, la préservation de la biodiversité et la fourniture de bois.

Ces résultats, Camille Piponiot en est convaincue, ont participé à alimenter la réflexion au sein de la filière bois guyanaise. « *Durant le cours de ma thèse, il y a eu de nombreuses discussions autour d'une vision plus globale de la filière, incluant par exemple des plantations, pour permettre une exploitation plus concentrée, moins impactante pour les écosystèmes* ». Une stratégie dite de « land sparing », qui a aussi l'intérêt d'être plus optimisée du point de vue de la rentabilité et des changements climatiques.

ALLER + LOIN



Piponiot, C. 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'œuvre, biodiversité et carbone). (Université de Guyane, 2018).

Piponiot, C. *et al.* Assessing timber volume recovery after disturbance in tropical forests – A new modelling framework. *Ecol. Modell.* **384**, 353–369 (2018).

Piponiot, C. *et al.* Can timber provision from Amazonian production forests be sustainable? *Environ. Res. Lett.* **14**, 064014 (2019).

Piponiot, C. *et al.* Optimal strategies for ecosystem services provision in Amazonian production forests. *Environ. Res. Lett.* **14**, 124090 (2019).

Derroire, G. *et al.* Prospective carbon balance of the wood sector in a tropical forest territory using a temporally-explicit model. *For. Ecol. Manage.* **497**, 119532 (2021) doi:



<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01996990>

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304380018301960?casa_token=IcI3eM5s55AAAAA:tmGuzlwGZL-hfjOCsG7q-RrnluwvHOQms1hy34t3pNgtX-her6RqXoqoO3sobCgYyZ2SjlU93d

<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ab195e/meta>

<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ab5eb1/meta>

[10.1016/j.foreco.2021.119532](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119532)



Adapter la production de bois aux changements climatiques



© Daniela_Krebbber

Regards croisés sur l'adaptation des forêts de production

L'augmentation des températures et la modification du régime de pluies qui sont déjà à l'œuvre devraient s'intensifier à mesure des changements climatiques. Ces modifications climatiques ne sont pas sans conséquences sur les forêts tropicales humides. La diminution des précipitations va provoquer un stress hydrique important, dont il est nécessaire de connaître l'impact, notamment sur les espèces d'intérêt commercial qui y poussent. Les chercheurs de GFCLim se sont penchés sur la vulnérabilité au stress hydrique de ces arbres en croisant deux approches issues de disciplines scientifiques différentes : celle de la perspective démographique, et celle de l'écophysiologie.

Changements climatiques et évolution des populations d'arbres

Une diminution de précipitations va provoquer des périodes de stress hydriques intenses, avec comme conséquence une possible remise en cause de la capacité de certaines espèces végétales à maintenir leurs populations d'individus. C'est la **vulnérabilité démographique**. Celle-ci peut avoir différentes causes, allant d'un **déficit de croissance qui rend l'arbre moins compétitif jusqu'à**

une surmortalité massive. Stéphane Traissac, Loïc Louison et leurs collègues se sont intéressés à l'impact du stress hydrique sur ces deux processus dans les forêts exploitées, pour aboutir à une **classification des 16 espèces commerciales prioritaires selon leur degré de vulnérabilité démographique**.

De l'importance des données de suivi dans le temps

Si cette étude a pu être menée, c'est **grâce à la profondeur historique des jeux de données disponibles sur la Guyane**. En effet, les chercheurs ont regardé les données de suivi de dynamique forestière (en forêt naturelle et post-exploitation) acquises depuis près de 40 ans et les ont couplées aux données météorologiques de MétéoFrance sur la même période. Une première analyse avait été

engagée en 2014-2015 sur le seul site de Paracou^[1]. GFCLim l'actualise et l'étend à 21 parcelles, de 12 autres sites du réseau Guyafor, dont 7 parcelles qui ont été réinventoriées pour déterminer les espèces présentes, la densité de leur bois, le Diamètre à Hauteur de Poitrine (DBH) des sujets... En tout, c'est environ **1,8 millions de mesures qui ont été réalisées**.

Modéliser croissance et mortalité en fonction du stress hydrique

Ces données ont servi d'entrées dans un **modèle joint de croissance et de mortalité**, couvrant les 12 sites d'étude et adressant les 16 espèces d'intérêt. Pour créer ce modèle statistique, un important travail d'homogénéisation a été nécessaire du fait de la grande disparité des données démographiques relevées et des fréquences

d'inventaire. D'autre part, à partir des données de pluviométrie de chaque site, et des caractéristiques physique et de fonctionnement hydrique des sols des différentes parcelles, il a été possible de **calculer la disponibilité journalière en eau dans le sol pour les arbres**, et donc d'élaborer un **indice de stress hydrique**.



GLOSSAIRE

vulnérabilité démographique : incapacité d'une espèce donnée à assurer le maintien de sa population.



Des effets délétères attendus

Les résultats montrent, sans surprise, que, pour toutes espèces confondues, **la croissance diminue lorsque le stress hydrique augmente**^[2]. Cependant, ce même stress hydrique semble faire diminuer la mortalité. Ce résultat contre-intuitif s'explique par le fait que le manque de précipitation réduit l'engorgement des sols, ce qui provoque une baisse massive de la mortalité par déracinement (aussi dit « **chablis** »). Si on écarte cette cause, le nombre de spécimens morts « sur pied » augmente bien avec le stress hydrique. La mortalité par chablis étant prédominante, la résultante reste

cependant une diminution de la mortalité les années sèches. Ces résultats varient peu d'une espèce à l'autre, même si la combinaison des deux processus démographiques met en lumière des espèces plus tolérantes (le Gonfolo gris - *Qualea albiflora** et le Wapa - *Eperua falcata*), ou plus sensible, notamment sur le plan de la croissance (la Bagasse - *Bagassa guianensis*, le Goupi - *Goupia glabra* et le Carapa - *Carapa surinamensis*). L'Angélique - *Dicorynia guianensis* et les deux autres espèces commerciales majoritaires sont, elles, dans la moyenne.

Impact croisé de différents stress

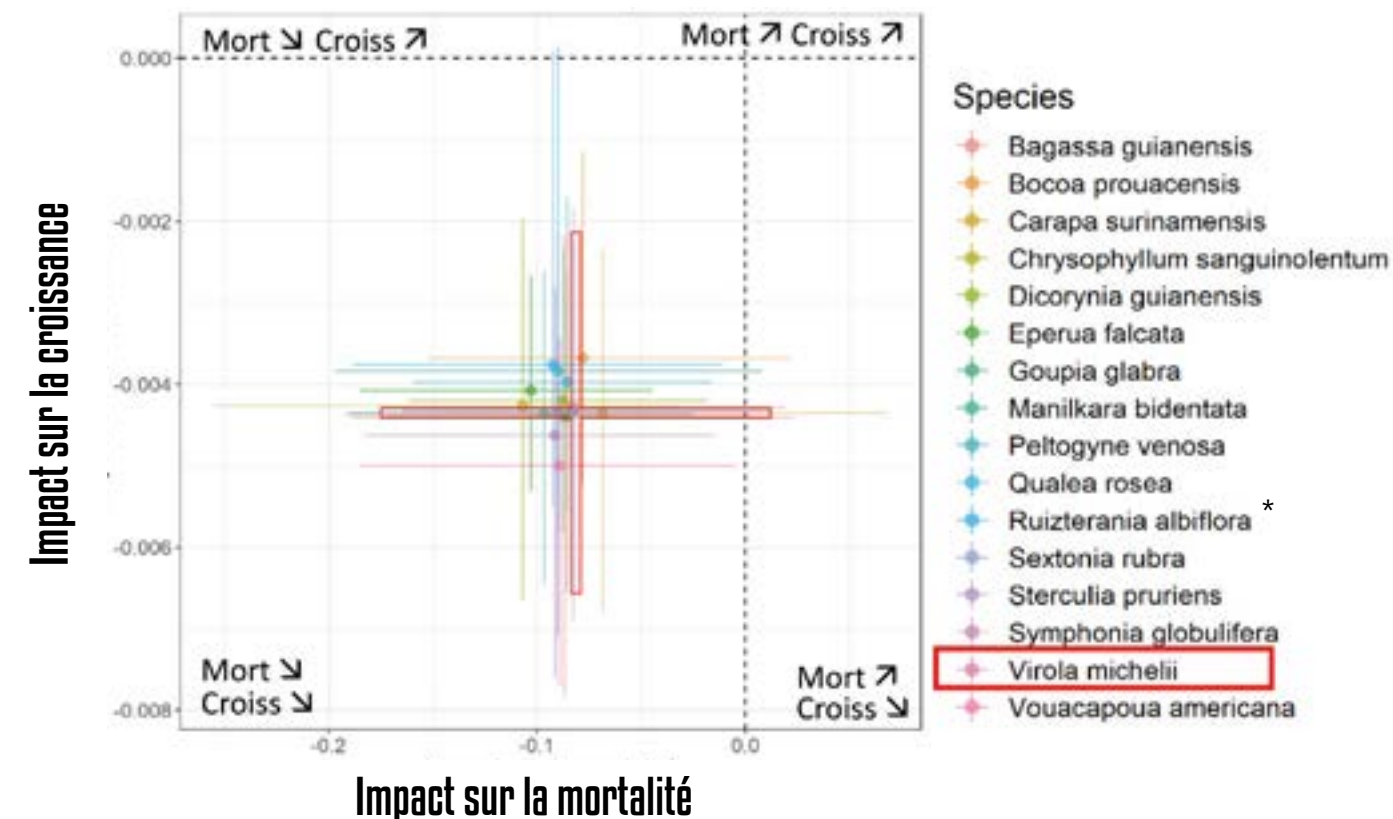
Pour aller plus loin, les scientifiques ont également étudié la vulnérabilité de ces 16 espèces à l'exploitation forestière, et l'interaction entre ce stress et celui causé par un déficit hydrique. Du côté de la mortalité, les résultats ne montrent pas d'effet significatif sur la probabilité de mortalité, voire une légère baisse. Côté croissance, l'exploitation forestière a globalement un impact significativement positif. La combinaison des deux stress ne donne pas de résultats significatifs sur la probabilité moyenne de mortalité, même si différents patrons se dessinent suivant les espèces. En revanche, du point de vue de la croissance, l'ensemble des espèces suit un même

patron : l'accroissement sera maximal pour un stress hydrique faible et une exploitation maximale, et minimale dans le cas inverse. Malheureusement, aucun groupe d'espèces ne se détache comme étant à la fois bien adapté au stress hydrique et à l'exploitation forestière. D'autre part, les années d'événements pluvieux extrêmes, risquent d'accroître la mortalité par chablis. Que ce soit la sécheresse ou les épisodes pluvieux, l'augmentation des événements climatiques extrêmes s'accompagnera donc nécessairement d'un accroissement de la mortalité forestière.



chablis : arbre déraciné sous l'action de différents agents naturels (vent, foudre, orage, pluie, neige, chute d'un autre arbre) ou pour des raisons qui lui sont propres (vieillesse, pourriture, mauvais enracinement), avec ou sans intervention de l'homme.

Effet du Stress Hydrique



* La classification a changé : *Ruizterania albiflora* est devenu *Qualea albiflora*.

Vulnérabilité démographique des 16 espèces étudiées

Traits pointillés : axes d'impact nul ;
Points : médiane du paramètre pour chaque espèce ;
Traits : amplitude des paramètres entre les percentiles à 2.5 et 97.5 % ;
Partie A, B, C, et D, zones du graphe délimitées par les deux axes d'impact nul, Partie A : espèces insensibles au stress hydrique pour les deux processus, Partie B : espèces sensibles pour la mortalité, Partie C : espèces sensibles pour les deux processus, Partie D : espèces sensibles uniquement pour la croissance.
©S. TRAISSAC

ALLER + LOIN



^[1] Fabien Wagner *et al.* (2011). Modeling water availability for trees in tropical forests. *Agricultural and Forest Meteorology*, 151(9) :1202–1213.

^[2] Testing vulnerability of commercial Tree Species to water stress in forests of the Guiana Shield

Quelle résistance des arbres au stress hydrique ?

Améliorer la prévision des impacts des changements climatiques sur la diversité forestière passe aussi par la compréhension des mécanismes de résistance à la sécheresse (capacité de survivre à des périodes de faible disponibilité en eau tout en minimisant la réduction de croissance). L'objectif du groupe de travail coordonné par Sabrina Coste et Maguy Dulormne était de tester la

vulnérabilité écophysiological de certaines des principales essences commerciales. Celle-ci ne correspondant pas à une caractéristique directement mesurable, il s'agissait pour cette équipe d'**identifier des indicateurs simples qui soient de bons prédicteurs de la résistance à la sécheresse** des arbres étudiés.

Une meilleure compréhension des mécanismes locaux en jeu

Sous l'effet du manque de disponibilité en eau, des bulles d'air peuvent se créer dans les vaisseaux du xylème, l'organe qui conduit la sève brute. Ces bulles bloquent la circulation de l'eau. C'est l'embolie. Ces embolies induites par la sécheresse sont considérées comme l'un des principaux facteurs de mortalité des plantes ligneuses dans le monde. Pour creuser la question des mécanismes impliqués dans cette **vulnérabilité hydraulique** chez les arbres

tropicaux, les scientifiques ont mesuré **différents traits physiologiques, morphologiques et anatomiques des feuilles et tiges** pour un ensemble d'espèces d'arbres locaux, dont **9 présentaient un intérêt commercial**. Ces travaux leur ont permis de **classer les espèces guyanaises étudiées en fonction de la vulnérabilité des tiges et feuilles à l'embolie et de la tendance de leurs feuilles à la dessiccation** ^[1-4].

Les sites pilotes au cœur de la recherche

Réalisées au cours de saisons sèches et saisons des pluies en 2017 et 2018, **les mesures qui ont permis l'acquisition de ces connaissances ont été faites sur deux sites pilotes de Guyane, Paracou et Bafog**. Le choix de ces sites a été guidé par le fait qu'ils possèdent des parcelles forestières naturelles (ils appartiennent au réseau

Guyafor – voir pages X-X) et présentent un fort gradient de précipitation entre période sèche et humide. Ces sites sont également équipés de micro-stations météorologiques in situ, dont des **sondes enregistrant en continu l'humidité du sol jusqu'à 220 cm de profondeur** (réseau issu du projet ClimFor).

Dessiccation : fait de se dessécher à un stade poussé.

Vulnérabilité hydraulique : vulnérabilité des plantes ligneuses à l'embolie des vaisseaux conducteurs de sève.

Une vigilance sur les espèces majoritairement exploitées ?

Au-delà des avancées théoriques, les résultats obtenus dans le cadre de GFCLim permettent un **premier classement des espèces commerciales en fonction de leur capacité de résistance à la sécheresse**. D'après ces résultats, **certaines espèces ne devraient pas être contraintes par une accentuation des saisons sèches** (le Balata franc - *Manilkara bidentata* et le Boco - *Bocoa prouacensis*), tandis que **d'autres présentent une plus faible marge de sécurité**. C'est notamment le cas du Manil marécage (*Symphonia globulifera*) et du Gonfolo rose (*Quelea rosea*), mais également de l'**Angélique** (*Dicorynia guianensis*). L'analyse postérieure des autres traits mesurés n'a pas confirmé cette vulnérabilité et

plutôt conclu à une bonne résistance générale à la défaillance hydraulique pour les arbres de canopées néotropicales étudiés^[5]. Ces travaux de Ziegler *et al.* soutiennent l'idée qu'au cours des prochaines décennies, **l'impact des changements climatiques attendus sur la disponibilité de l'eau n'affectera pas directement ou sévèrement la survie de la majeure partie de ces espèces, au stade adulte**, dans les forêts de terra-firme du bouclier guyanais. Cependant, du fait de la grande variabilité de résistance d'une espèce à l'autre, les arbres avec les plus faibles marges de sécurité restent potentiellement plus à risque si l'augmentation des saisons sèches est drastique.

Modéliser croissance et mortalité en fonction du stress hydrique

Ces données ont servi d'entrées dans un **modèle joint de croissance et de mortalité**, couvrant les 12 sites d'étude et adressant les 16 espèces d'intérêt. Pour créer ce modèle statistique, un important travail d'homogénéisation a été nécessaire du fait de la grande disparité des données démographiques relevées et des fréquences

d'inventaire. D'autre part, à partir des données de pluviométrie de chaque site, et des caractéristiques physique et de fonctionnement hydrique des sols des différentes parcelles, il a été possible de **calculer la disponibilité journalière en eau dans le sol pour les arbres**, et donc d'élaborer un **indice de stress hydrique**.

ALLER + LOIN

^[1] Levionnois, S. *et al.* (2020) Vulnerability and hydraulic segmentations at the stem-leaf transition: Coordination across Neotropical trees. *New Phytol.* nph.16723 <https://doi.org/10.1111/nph.16723>

^[2] Levionnois, S. *et al.* (2020) Linking drought-induced xylem embolism resistance to wood anatomical traits in Neotropical trees. *New Phytol.* nph.16942. <https://doi.org/10.1111/nph.16942>

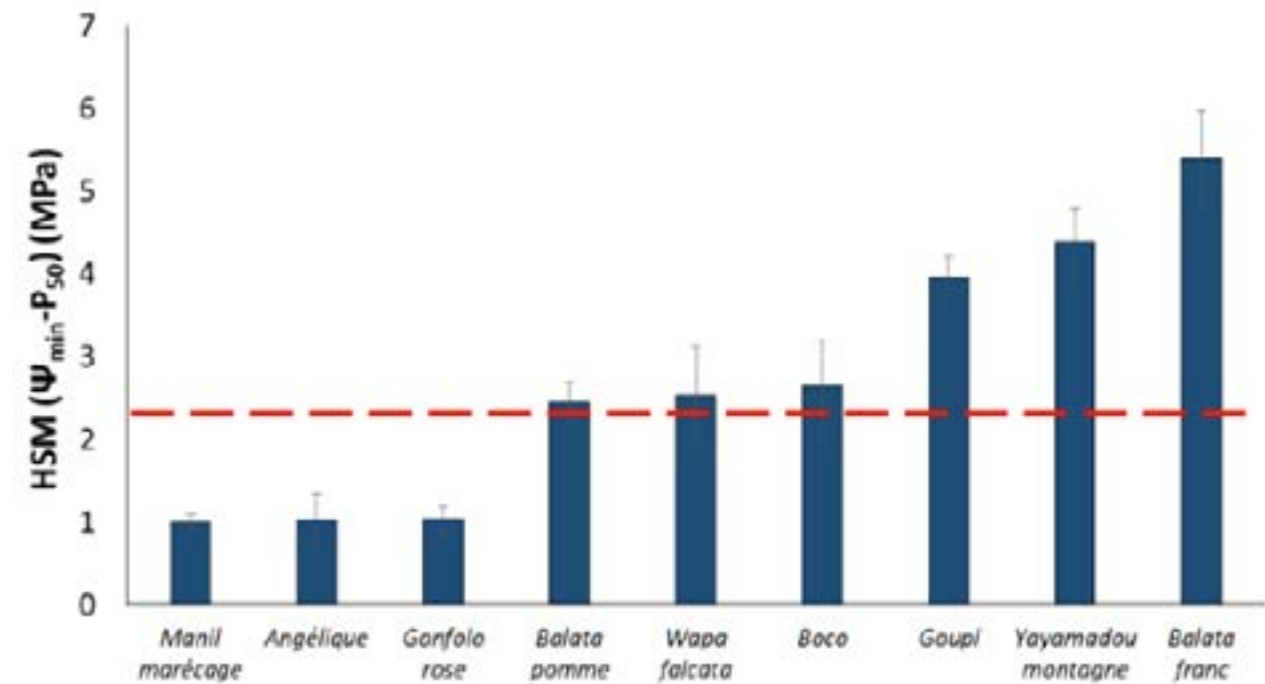
^[3] Levionnois, S., Ziegler, C., Heuret, P. *et al.* (2021) Is vulnerability segmentation at the leaf-stem transition a drought resistance mechanism? A theoretical test with a trait-based model for Neotropical canopy tree species. *Annals of Forest Science* **78**, 87. <https://doi.org/10.1007/s13595-021-01094-9>

^[4] Levionnois S. *et al.* (2022) Pit characters determine drought-induced embolism resistance of leaf xylem across 18 Neotropical tree species, *Plant Physiology*, kiac223, <https://doi.org/10.1093/plphys/kiac223>

^[5] Ziegler, C., Coste, S., Stahl, C. *et al.* (2019) Large hydraulic safety margins protect Neotropical canopy rainforest tree species against hydraulic failure during drought. *Annals of Forest Science* **76**, 115. <https://doi.org/10.1007/s13595-019-0905-0>

Climfor, un réseau de mesure des impacts des CC

Le projet ClimFor (Modélisation des impacts des changements climatiques sur la biodiversité de la forêt tropicale de Guyane française) a eu lieu de 2011 à 2014. Il avait pour objectif d'étudier les conséquences du changement climatique sur quatre services écosystémiques rendus par la forêt guyanaise : les diversités végétale et fonctionnelle, le stockage de carbone et la ressource en bois. Il a conduit à l'implantation sur certaines parcelles de Guyafor d'un réseau de stations météorologiques couplées à des capteurs d'hygrométrie du sol et des instruments de mesures de la hauteur des troncs, les dendromètres : <http://www.ecofog.gf/spip.php?article113>



Marges de sécurité hydraulique des essences d'intérêt commercial

Moyenne des marges de sécurité hydraulique. Une marge faible signifie que l'espèce est à risque d'embolie, et donc de mortalité. Les barres d'erreur représentent l'erreur standard. En rouge la moyenne sur l'ensemble des espèces étudiées © C. ZIEGLER





© Aurélie_Dourdam

FOCUS : changements climatiques, un risque pour la durabilité de l'exploitation forestière

Les approches de simulation par modèle de dynamique de végétation apportent un éclairage complémentaire aux modèles statistiques en permettant de simuler la dynamique forestière sur des centaines d'années et ainsi d'explorer les effets conjoints de l'exploitation forestière et des changements climatiques sur le fonctionnement de la forêt.

Environ 50% des forêts du domaine forestier permanent sont considérées comme des forêts de production. Mais **maintenir la fourniture de bois sur le long terme demande une gestion durable**, qui doit s'adapter à des conditions climatiques changeantes.

Une meilleure compréhension de la dynamique forestière

Les modèles de dynamique de végétation (en anglais DVMs pour *Dynamic Vegetation Models*) permettent de **modéliser les processus à l'œuvre dans l'exploitation forestière et les changements climatiques pour identifier leur impact à très long terme** (plusieurs centaines d'années) sur la forêt et pour plusieurs exploitations successives. C'est ce à quoi se sont attachés plusieurs groupes de chercheurs (voir auteurs des articles cités en bibliographie).

Sur la base des données collectées sur le site de **Paracou**, ils ont regardé respectivement :

- **La résilience à long terme d'une communauté forestière tropicale sous quatre scénarios climatiques différents** (simulateur **SELVA**). Ce travail a permis l'identification des processus écosystémiques sensibles aux changements climatiques, des variables climatiques qui seront probablement responsables des changements de structure et de dynamique forestière, et des conséquences de celles-ci. Le scénario le plus pessimiste présente **un ralentissement de la dynamique forestière et une diminution de la croissance de 40%, du fait de l'augmentation de température**. La structure de la forêt est impactée, et présente **peu de grands arbres et plus de petits sujets à croissance lente**.



dynamique forestière : forces physiques et biologiques sous-jacentes qui façonnent et modifient un écosystème forestier.

biodiversité fonctionnelle : diversité des caractéristiques des organismes qui influencent leur fonctionnement et celui de l'écosystème (les traits fonctionnels).

Réponses conjointes aux changements climatiques et à l'exploitation forestière

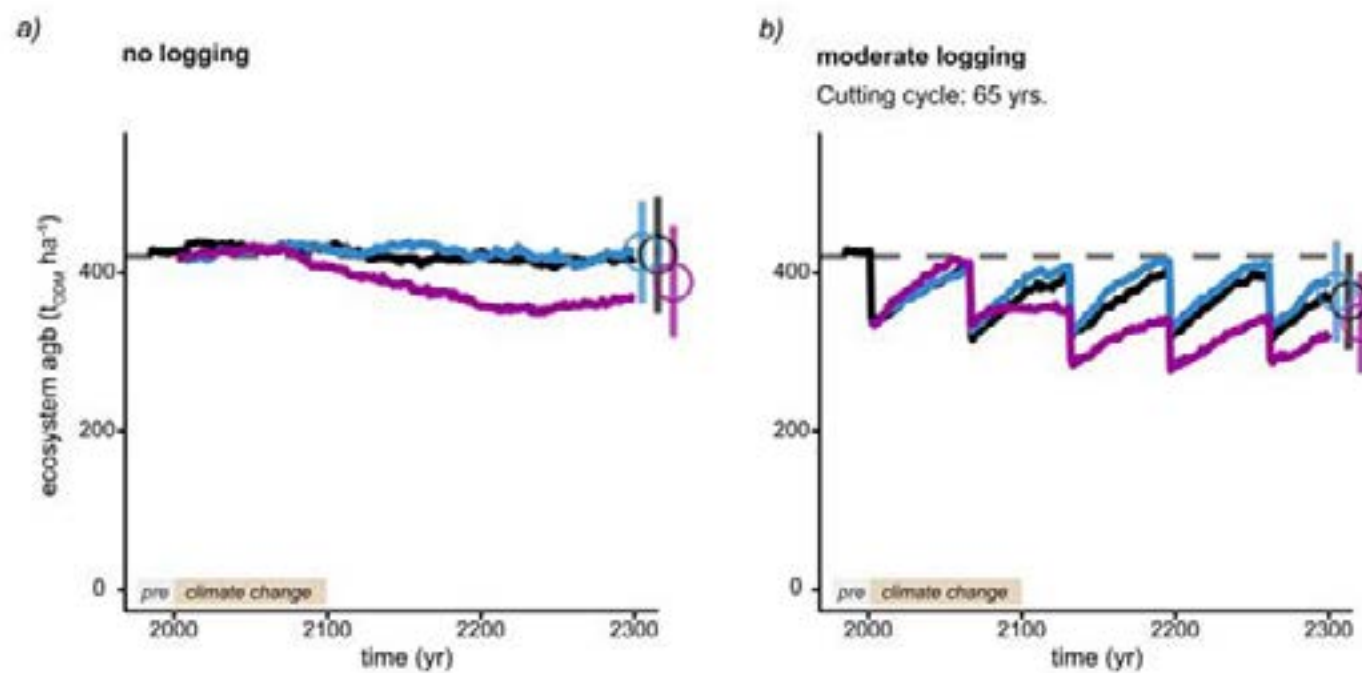
Un troisième simulateur, **FORMIND**, a été utilisé pour **analyser la dynamique forestière long terme à Paracou sous les stress conjoints de l'exploitation forestière sélective et des changements climatiques** (avec leurs impacts sur la température et la disponibilité en eau du sol). Les résultats sont ici sans appel : l'exploitation forestière impacte peu la forêt sous des changements climatiques modérés. Mais **si le réchauffement s'intensifie, la forêt perd progressivement sa capacité de récupération** (voir graphique page suivante). Dans le scénario le plus pessimiste d'évolution du climat, même des cycles de rotation très longs, de 100 ans, ne permettront pas de reconstituer le volume de bois initial. Au contraire, **le volume de bois récolté sera en moyenne inférieur de 40% en cas des**

changements climatiques graves. Si une limitation drastique de l'intensité d'exploitation contribue à une amélioration de la récupération de la forêt dans le cas de changements climatiques de faible intensité, ce n'est pas le cas dans les scénarios plus prononcés. Une option pourrait néanmoins être d'aller vers un mode de gestion forestière alternative : **diversifier les espèces récoltées, lors d'un cycle mais également d'une rotation à l'autre**, pour réduire d'autant la pression sur les espèces commerciales. Une donnée doit cependant être gardée en tête : ces simulations nous emmènent en terrain inconnu, car, à l'heure actuelle, **il n'existe pas de forêt dans des zones où la température moyenne est de 31 degrés**.



^[1] Maréchaux, I. & Chave, J. (2017) An individual-based forest model to jointly simulate carbon and tree diversity in Amazonia: description and applications. *Ecol. Monogr.* **87**, 632–664

^[2] Hiltner Ulrike *et al.* (2021) Climate change alters the ability of neotropical forests to provide timber and sequester carbon. *Forest Ecology and Management*, **492** :119166, 11 p. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119166>
Camille Piponiot *et al.* (2016) Carbon recovery dynamics following disturbance by selective logging in Amazonian forests. *eLife*, **5** :e21394



Comparaison du développement de la biomasse de (a) la forêt non exploitée avec (b) une exploitation de 10 arbres/ha sur un cycle de 65ans pour différents scénarios climatiques (RCP 0.0, RCP 2.6, RCP 8.5) après une phase de pré-exploitation de 50 ans reflétant une référence^[2].

Le cycle de coupe de 65 ans représente le cycle officiel de la Guyane française. Les lignes pointillées indiquent la biomasse moyenne de référence ; les traits représentent la biomasse moyenne ; et les barres représentent les écarts types (moyenne sur 2100 + 200 ans). Les sorties du modèle sont présentées pour une parcelle de forêt de 16 ha.



3 QUESTIONS À

Olivier Brunaux

Responsable du pôle recherche, développement et innovation de Cayenne, ONF Guyane

© Caroline_Bedeau - ONF Guyane

1 Quelles particularités présente la gestion de la forêt Guyanaise ?

En Guyane, l'ONF est gestionnaire de près de 6 millions d'hectares qui sont quasi totalement couverts de forêt. La gestion que nous y réalisons pour le compte de l'Etat français s'apparente donc pleinement à un aménagement du territoire, avec plusieurs axes majeurs. Garants de la gestion foncière, **nous traitons toute demande d'occupation des sols**. Par exemple, dans le secteur touristique, l'ONF traite avec les opérateurs privés qui souhaitent obtenir des concessions de campements en forêt. Nous **accompagnons aussi les populations tirant traditionnellement leur subsistance de la forêt**. Cela passe évidemment par la prise en compte de leurs usages dans l'aménagement forestier, et s'étend à la mise en place de zones dédiées, appelées Zones de Droit d'Usages Collectifs. Nous avons également un avis consultatif sur la conversion du foncier forestier vers d'autres vocations, agricole ou à visée d'urbanisation.

C'est particulièrement le cas dans la bande littorale et les abords des fleuves, où se concentre la majeure partie de la population. Dans cette partie du territoire **une de nos missions est d'accompagner le développement afin qu'il se fasse de façon harmonieuse**, en prenant en compte les écosystèmes très particuliers dans lequel il prend place, et les enjeux de biodiversité spécifiques à la Guyane. A ce titre, **nous avons aussi une mission de surveillance des atteintes à la forêt**, qui s'étend aux activités minières, aurifères principalement, qu'elles soient légales ou illégales. Enfin, **notre activité inclut l'aménagement forestier et l'approvisionnement de la filière bois**, sur les 2,4 millions d'hectares du domaine forestier permanent. Sur ce territoire, certifié **PEFC** depuis 2012, le code forestier impose des règles de gestion durable de la ressource en bois et des autres services écosystémiques rendus par la forêt.

2 Quel a été votre rôle dans GfClim ?

L'ONF Guyane a une importante activité de recherche, en partenariat avec les instituts de recherche installés en Guyane. Celle-ci est rendue nécessaire par le fait qu'on est sur une forêt très particulière, hotspot de biodiversité et donc très diversifiée. On parle de « la forêt guyanaise », mais elle est en fait composée de plusieurs types forestiers, des forêts tropicales humides qui diffèrent par leur composition, leur dynamique... **Dans le cadre de GfClim, nous avons apporté notre connaissance du territoire**. L'ONF est en effet

implantée ici depuis les années 60. Du fait de cette ancienneté, et de notre position de gestionnaire unique, **nous avons une formidable base d'inventaires forestiers et de statistiques d'exploitation**. Ces données sont venues alimenter le modèle de bilan carbone de la filière depuis les années 70. Nos compétences nous ont également permis de **nous impliquer dans le choix et la définition des différents scénarios d'évolution de l'exploitation forestière**.

“

En Guyane l'ONF participe pleinement à l'aménagement global du territoire, notamment via une gestion et une vision globale intégrant l'ensemble des services écosystémiques que peut rendre la forêt. »

3 Quels sont pour vous les résultats majeurs du projet et les perspectives pour la suite ?

Les modélisations de GFCLim autour du renouvellement du stock de carbone, du stock de bois, et du respect des autres services écosystémiques rendus par la forêt nous aident à **envisager l'évolution de la forêt selon les scénarios d'exploitation**. Maintenant, il nous faut affiner ce travail et **adapter nos pratiques de gestion aux types de peuplement présents dans la forêt guyanaise**. L'autre point majeur, c'est la mise en évidence que **nos trois princi-**

pales essences commerciales sont sensibles au stress hydrique. Or, à elles trois, l'Angélique, le Gonfolo Rose et le Grignon Franc constituent 70% du volume de bois prélevé annuellement en Guyane. **L'augmentation des phénomènes climatiques extrêmes va donc impacter de façon importante la filière bois Guyanaise**. Il y a une nécessité absolue de réfléchir dès maintenant à l'adaptation des règles de gestion et à la **diversification des espèces exploitées**.



*La bonne nouvelle, c'est que sur près de 1 700 espèces d'arbres recensées sur le territoire, **près d'une centaine, grâce aux propriétés de leur bois, ont démontré un intérêt commercial**. Une large part pourraient être utilisées en charpente, mais pour cela elles doivent d'abord être **normalisées par les organismes compétents**.*

Le site de l'ONF Guyane : <https://www.onf.fr/onf/+/73::onf-en-guyane.html>

Le Programme Régional de la Forêt et du Bois, document d'orientation stratégique de la filière Forêt bois guyanaise : <https://daaf.guyane.agriculture.gouv.fr/Programme-regional-de-la-foret-et>

Des informations sur les zones de droits d'usage : <https://la1ere.francetvinfo.fr/guyane/zones-droit-usage-amerindiens-comprendre-attributions-du-foncier-mieux-gerer-770565.html> et Atlas cartographique des Zones de droits d'usage collectifs en Guyane : http://www1.onf.fr/guyane/++oid++4666/@@display_media.html





Perspectives et messages clés



Des résultats pour penser le futur de l'exploitation forestière

Multidisciplinaire, le projet de recherche GFCLim a utilisé plusieurs approches de modélisation pour identifier les bonnes pratiques de gestion forestière permettant de faire face à la demande croissante en bois, tout en maintenant la capacité de récupération de la forêt et de divers services écosystémiques. Les résultats donnés par ces modèles, et les différents scénarios et stratégies étudiés ont permis la mise en évidence de plusieurs éléments cruciaux pour réfléchir à l'avenir de la filière bois guyanaise. Ceux-ci ont vocation à alimenter les réflexions stratégiques des décideurs, via l'élaboration des recommandations détaillées ci-dessous.

Les modélisations sont catégoriques, **l'augmentation des températures** liée aux changements climatiques **entraînera une diminution de la production de bois** et du stockage de carbone dans la biomasse, **ce qui signifie que le potentiel productif de la forêt guyanaise va diminuer** durant les années sèches. En cas de changements climatiques sévères, **le volume de bois récolté sera en moyenne inférieur de 40% à ce qu'il est à l'heure actuelle**. De plus, **certaines des espèces commerciales majeures se sont révélées plus sensibles que la moyenne** aux modifications de régimes pluviométriques, en termes de perte de croissance et de

vulnérabilité physiologique. Bien que déjà long en Guyane française par rapport au reste de l'Amazonie, **les cycles de rotation de 65 ans ne se révèlent pas suffisants pour permettre la régénération de la structure forestière**.

Les stratégies d'exploitation actuelles ne sont donc pas adaptées au double défi de la mitigation et de l'adaptation aux changements climatiques. Plusieurs pistes d'évolution ont cependant pu être identifiées.

Diminuer les dégâts et valoriser les connexes

L'analyse comparée des empreintes carbone et socio-économiques des différents scénarios a fait émerger **plusieurs évolutions essentielles** pour améliorer le bilan carbone de l'exploitation forestière guyanaise, et participer à la mitigation des changements climatiques tout en répondant à l'accroissement de la demande en bois d'œuvre. Pour répondre à ces défis, la **mise en œuvre et l'investissement dans l'amélioration des stratégies d'exploitation à faible impact** (EFI) s'affirme comme une condition sine qua non. En plus d'améliorer la qualité et l'intérêt du personnel pour le travail, ces pratiques améliorent significativement l'empreinte carbone de l'exploitation forestière sélective, sans impacter significativement l'économie. Du point de vue carbone, il est préférable de réduire d'abord les dégâts d'exploitation, puis de **valoriser en bois énergie une proportion des connexes restants. Cette stratégie permet d'augmenter le volume de production et le CA par ETP**. L'impact du transport sur le coût total du bois énergie risquant de

freiner la valorisation des connexes d'exploitation, une solution pourrait être **la transformation in situ des connexes en plaquette et/ou le rapprochement des centrales électriques à biomasse** de la ressource. D'autre part, **une partie des connexes et des bois de défriche pourrait également être valorisée en usages à plus forte valeur ajoutée** que le bois énergie. C'est typiquement le cas des bois de petits diamètres pouvant être utilisés en bois rond, pour des poteaux par exemple. Diminuer l'impact carbone de la filière tout en maintenant sa viabilité économique va demander de tirer le meilleur profit économique de ce qui est exploitable. Ce projet a en effet montré que **la valorisation des connexes d'exploitation en bois énergie et en bois matériaux permet une substitution à des énergies et matériaux à moins bon bilan carbone**. Grâce à ces émissions évitées, il est possible d'accroître la production de bois tout en améliorant le bilan carbone de la filière.

GFCLim, un projet à la démarche remarquable

La recherche menée au sein de ce projet propose une **approche originale de la question de la gestion forestière** des forêts tropicales dans un contexte de changements climatiques. Et ce sur au moins deux aspects :

- 1 L'analyse des trajectoires de développement de la filière étudiée suivant une **approche multicritère, qui correspond aux multiples enjeux auxquels doit répondre la prise de décision**. Ces approches multicritères dans l'espace et dans le temps ont été développées récemment, pour répondre aux enjeux de gestion des écosystèmes, mais **encore très peu appliquées aux écosystèmes tropicaux**.
- 2 L'étude de la **vulnérabilité des essences commerciales de Guyane française aux changements climatiques à la fois dans une perspective démographique** (évolution des populations d'arbres dans le temps) **et écophysologique** (capacité d'une essence donnée à supporter biologiquement un stress hydrique). Ces deux perspectives impliquent des disciplines scientifiques différentes et sont donc très rarement intégrées dans un schéma d'analyse cohérent.



Sous l'effet des changements climatiques et selon les choix de gestion qui seront faits, le volume de bois récolté pourrait être inférieur.



Diversifier les espèces et les sources d'approvisionnement de bois d'œuvre

Pour répondre à la tension que le stress hydrique va faire peser sur le renouvellement des stocks de bois commercialement exploitables, **l'avenir est dans la diversification**, à la fois des espèces exploitées et des façons de les produire. En effet, **augmenter le pool d'espèces d'intérêt commercial et n'en exploiter que quelques-unes par cycle de coupe** permettrait de **laisser aux stocks des différentes espèces le temps de se régénérer**, malgré la contrainte d'une pousse rendue sous-optimale du fait des changements climatiques.

D'autre part, pour pallier la demande croissante de bois d'œuvre, la **substitution partielle de l'exploitation de la forêt naturelle par des plantations** est envisagée. Il serait d'ailleurs **souhaitable que ces deux sources de bois soient utilisées pour des usages différents**. Aux bois nobles extraits de forêt naturelle, les usages en ébénisterie, tandis que les bois de plantation pourraient être dévolus à la charpente. **Ces plantations devront être diversifiées**, en cohérence avec les résultats d'un nombre croissant de recherches montrant que **la biodiversité fonctionnelle est un facteur de résilience face aux changements climatiques**.

Ce type de stratégie pourrait être efficiente à la fois pour le climat et pour l'emploi, **si les six conditions suivantes sont remplies** :

1

Les plantations se font uniquement sur des parcelles ayant déjà été exploitées dans le passé et avec un réseau de pistes existant, même en mauvais état.

2

Le **bois de la défriche** est **valorisé en bois d'œuvre pour les arbres qui s'y prêtent, et en bois-énergie**.



3

La production de l'électricité à partir de bois-énergie vient **se substituer à la production d'électricité à partir d'énergies fossiles**.



4

Les parcelles défrichées sont utilisées à des fins de **plantations sylvicoles sur plusieurs cycles**.

5

L'exploitation de la plantation sylvicole est gérée dans le respect de l'environnement, notamment en ce qui concerne la **maîtrise des impacts pendant la défriche et l'exploitation**

6

Les risques liés aux plantations sont peu maîtrisés aujourd'hui, en l'absence de recul sur les plantations en cours et dans un contexte de changements climatiques. Il est donc important de définir des pratiques de plantations permettant de prendre en compte ces risques, par exemple en privilégiant les plantations en mélange d'espèces natives, et de mener une gestion adaptative permettant de réagir aux aléas.



© Gaëlle_Fornet

Une démarche de filière, à mener de façon réfléchie et planifiée

Les résultats du projet GFCLim viennent alimenter les discussions actuelles sur les arbitrages entre les stratégies dites de « landsharing » ou « landsparing ». Si les premières privilégient la fourniture de bois sur les autres services rendus par la forêt, **elles doivent être validées par des études d'optimisation de rentabilité économique**. En effet, exploiter la forêt de façon extensive, à faible intensité, nécessite la construction de routes et le transport des grumes sur de plus longues distances. A l'inverse, **privilégier le stockage de carbone et la biodiversité** engage sur des voies différentes de ce qui est actuellement pratiqué, avec une **intensification de l'exploitation dans certaines zones et la sanctuarisation d'autres zones**. Ce type d'exploitation forestière intensive entraînera une forte diminution des ressources en bois dans les zones surexploitées. Cette stratégie devra donc nécessairement s'accompagner **d'autres sources d'approvisionnement de bois d'œuvre, telles que la production en plantation**. Sous réserve de la validité des hypothèses de calcul choisies, **plusieurs scénarii modélisés dans cette étude peuvent constituer une marche à suivre pour l'évolution de la filière. A moyen terme, il serait envisageable de doubler la production actuelle**, avec à terme une **substitution plus ou moins partielle d'un modèle de production forêt naturelle par un modèle forêt de plantation**. L'implantation du réseau de parcelles de plantations doit cependant se faire dans le cadre d'une réflexion globale sur l'utilisation du foncier sous forêt, notamment vis-à-vis de l'agriculture, et en suivant un strict cahier des charges.

Un bémol est cependant à garder en tête : **les stratégies avec plantations** entraînent des émissions fortes dans les premières années, et **vont donc à l'encontre des besoins immédiats de réduction des émissions de carbone**. Elles **rendent la filière stockeuse nette au bout de 40 ans**, ce qui peut sembler un **terme tardif** pour influencer sur les changements climatiques. De plus, si le stockage de carbone est un élément majeur pour réfléchir le développement de la filière bois, les autres services écosystémiques rendus par la forêt ne sauraient être ignorés. A ce titre, il est important de rappeler que **les stratégies qui maximisent ce stockage sont sensiblement les mêmes que celles qui maximisent la biodiversité**, avec les conséquences positives que l'on sait sur la résilience des écosystèmes.

Enfin, au-delà des décisions politiques, **l'accroissement souhaitable de la filière bois est conditionné par des investissements importants**. Au vu de la faible trésorerie de la filière, **des mesures incitatives seront vraisemblablement à envisager**. Amélioration des techniques d'EFI et de la connaissance des espèces locales, recherche de nouvelles espèces d'intérêt commercial ou sur la productivité à attendre des plantations, mise en place du bois énergie... **les aspects du défi demandant des financements sont en effet nombreux**. Ils sont également le substrat de **très nombreux travaux de recherche**, en cours ou à venir, **qui doivent s'établir à une échelle plus vaste que celle de la Guyane française**, en collaboration avec les pays du Plateau des Guyanes, et de toute l'Amazonie.



© Claude_Delhaye

ALLER + LOIN



Bilan du projet ForestTreeCulture - Etude du développement et des propriétés du bois de plantation d'espèces forestières guyanaises :

<https://antilles-guyane.cirad.fr/content/download/6261/45224/version/1/file/ForesTreeCulture.pdf>

Présentation de ForestTreeCulture 2 - Plantations forestières industrielles en Guyane française :

<https://antilles-guyane.cirad.fr/recherche-en-partenariat/projets-finances-par-l-europe/forestree-culture-2>



E-MAGAZINE

de la **Fondation de l'Université de Guyane**
et de l'**Agence de la transition écologique**
selon convention **ADEME/UG 20GYC0082**

Université de Guyane
Campus de Troubiran, BP 20792
97337 Cayenne Cedex



ADEME Guyane
La Fabrique Amazonienne
14, esplanade de l'éco-cité d'affaires
97351 Matoury

CONTACT