Numéro 55
Janvier- Juin 2021

AMAP Infos

Lettre d'informations de l'Umr AMAP

Abeilles domestiques, Apis mellifera, ou sentinelles de l'environnement. Ce sont les insectes pour lesquels les déclins de masse ont été détectés en premier et ont alerté les apiculteurs. © Laurence Gaume

SOMMAIRE

À la Une

Des forêts d'Afrique central particulièrement vulnérables aux changements globaux

Vie scientifique

Des doctorants sous les tropiques

Démêler les effets de la déforestation et des changements climatiques sur les réseaux écologiques et la multifonctionnalité des écosystèmes d'eau douce néotropicaux

Suivi des forêts tropiques humides sur la période 1990-2019

Zoom sur ...

Le déclin des insectes et la montée d'un biodiversité-scepticisme

Dans les médias

Brèves

Ça bouge

Vie de l'Unité

Multimédia

Soutenances

AMAP

Édito

Ce premier semestre 2021 reste marqué par une situation sanitaire qui a fortement impacté les activités de recherche, en particulier sur nos chantiers Sud, mais plus encore les interactions sociales indispensables dans la vie d'un collectif et sur le plan individuel.

Nous avons une pensée toute particulière pour les jeunes, stagiaires et doctorants, qui ont choisi courageusement d'emprunter ce long chemin vers une carrière de chercheur dans ce contexte difficile. Mais l'actualité dans toutes ses dimensions permet de mesurer la pertinence et l'importance de ce choix pour la société et la planète. Dans cette période, nous avons essayé d'accompagner au mieux leurs projets, soutenus par nos tutelles toujours à l'écoute et compréhensives des mesures parfois dérogatoires qui ont pu être prises. Nous les remercions vivement pour cela.

Même en fonctionnement « dégradé », le programme de recherche de ce nouveau mandat d'UMR s'est mis en place et les activités de recherche se sont poursuivies. Ce 55ième numéro d'AMAP Infos met l'accent sur des productions récentes à fort impact, au cœur de nos problématiques scientifiques sur la vulnérabilité des forêts tropicales et de la biodiversité aux changements globaux. Il présente également les activités qui se sont poursuivies sur le terrain en Guyane française, impliquant pour la plupart des doctorants d'AMAP et soutenues en grande partie par le Labex CEBA (Centre d'étude de la biodiversité amazonienne), l'I-Site MUSE et l'Union Européenne.

Cette lettre d'info est aussi l'occasion de présenter le Service Expérimentation, qui s'est largement renforcé ces derniers mois avec les arrivées de Chantal et Quentin, ainsi que le nouveau site internet de l'UMR orné du nouveau logo AMAP.

Je vous souhaite une excellente lecture…

Thierry Fourcaud

A la Une

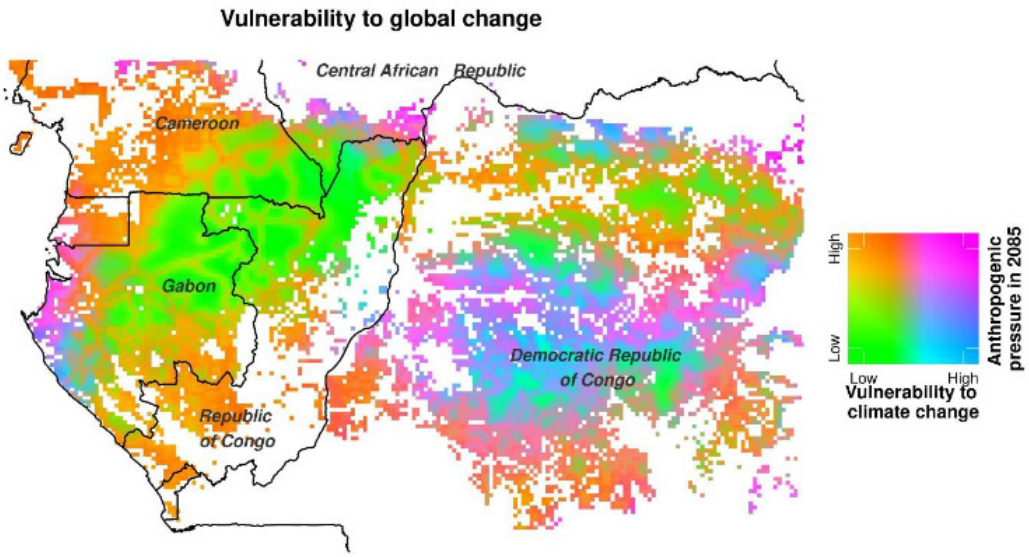
Des forêts d'Afrique Centrale particulièrement vulnérables aux changements globaux

L'Afrique va connaître un changement climatique rapide et une forte croissance démographique au cours du 21ème siècle. La gestion durable des forêts africaines nécessite ainsi une meilleure compréhension des facteurs responsables de leur hétérogénéité afin de prédire leur vulnérabilité aux changements en cours. En utilisant un jeu de données de 6 millions d'arbres dans plus de 180000 parcelles, nous avons modélisé l'abondance des taxons d'arbres dominants en Afrique centrale. Nous proposons ainsi les premières cartes de la composition floristique et fonctionnelle des forêts d'Afrique centrale. La combinaison de ces prédictions avec des scénarios de changements climatique et anthropique suggère une forte vulnérabilité des marges forestières nord et sud, des forêts atlantiques et de la plupart des forêts de la République démocratique du Congo, où les menaces climatiques et anthropiques devraient augmenter fortement d'ici 2085. Ces résultats constituent des références clés pour les scientifiques et les décideurs politiques afin de construire des stratégies transnationales de conservation et de gestion qui visent à assurer un avenir aux forêts d'Afrique centrale.

Contact : Maxime Réjou-Méchain (maxime.rejou@ird.fr)

Référence :

Réjou-Méchain M., Mortier F., **Bastin J.-F.**, Cornu G., **Barbier N.**, Bayol N., Bénédet F., Bry X., **Dauby G.**, Deblauwe V., Doucet J.-L., Doumenge C., Fayolle A., Garcia C., Kibambe Lubamba J.-P., Loumeto J.-J., Ngomanda A., **Ploton P.**, Sonké B., Trottier C., Vimal R., Yongo O., **Pélissier R.**, Gourlet-Fleury S. 2021. Unveiling African rainforest composition and vulnerability to global change. *Nature*: https://doi.org/10.1038/s41586-021-03483-6



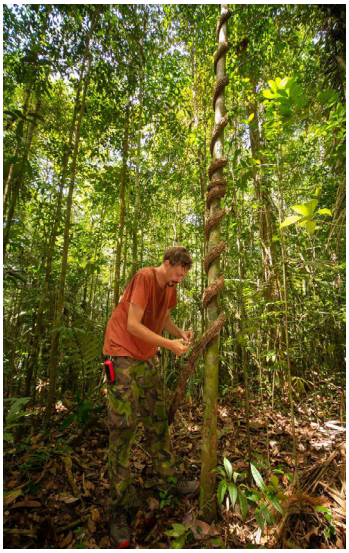
Gradient de vulnérabilité des forêts d'Afrique centrale au changement climatique et à l'augmentation de la pression humaine à l'horizon 2085. Les zones en magenta sont les plus vulnérables au changement climatique et à la pression humaine ; les zones vertes les moins vulnérables aux deux phénomènes ; les zones bleues sont très vulnérables au changement climatique et peu vulnérables aux pressions humaines, et inversement pour les zones oranges. © Maxime Réjou-Mechain et al., Nature.

Des doctorants sous les tropiques

Dans un contexte de travail perturbé par la pandémie, les doctorants s'adaptent tant bien que mal et poursuivent leurs recherches. **Camille Salmon**, qui étudie la signification adaptative de la monocarpie chez le genre d'arbre Cerberiopsis, est de retour en Nouvelle-Calédonie pour une dernière mission de terrain de longue durée. Elle mènera une étude architecturale comparative entre les trois espèces du genre ainsi qu'une étude dendrochronologique sur *C. candelabra* pour mieux comprendre les trajectoires de développement qui mènent à la floraison précédant la mort des individus. Sur un autre continent, **Tom Hattermann** continue d'explorer la diversité des stratégies de développement des lianes en Guyane française. Par l'étude de leur morphogenèse et de leurs propriétés biomécaniques, il dialogue avec des chercheurs en robotique pour développer des artefacts bioinspirés. Il travaille actuellement à capturer et modéliser en 3D les mouvements des pousses cherchant un support afin de quantifier les volumes qu'elles explorent et mieux comprendre les stratégies d'accrochage des espèces.

Contacts : Patrick Heuret (patrick.heuret@cirad.fr), Camille Salmon (camille.salmon@cirad.fr), Tom Hattermann (tom.hattermann@cirad.fr)

Camille Salmon, Sandrine Isnard et Frédéric Rigault tenant un jeune individu de Cerberiopsis candelabra en Nouvelle-Calédonie. © Patrick Heuret



Tom Hattermann mesurant une liane volubile dans un sous-bois de Guyane française. © Patrick Heuret

Démêler les effets de la déforestation et des changements climatiques sur les réseaux écologiques et la multifonctionnalité des écosystèmes d'eau douce néotropicaux

La destruction des habitats et le changement climatique sont deux des plus grandes menaces pour la biodiversité, et les deux phénomènes se renforcent mutuellement. Alors que les études se sont intéressées aux effets de la modification des habitats ou du changement climatique, très peu d'études prennent en compte les effets combinés. Toutefois, comprendre et prédire les effets interactifs de ces perturbations sur les systèmes écologiques est un défi scientifique et sociétal majeur. L'objectif général d'INTERACTIF (projet stratégique du LabEx CEBA, 2021-2024) est de mettre en évidence les effets purs et interactifs de la déforestation et du changement climatique sur les différents niveaux d'organisation biologique (organismes, réseaux écologiques, écosystèmes) dans les écosystèmes d'eau douce néotropicaux. Pour répondre à cet objectif nous allons tirer parti du micro-écosystème aquatique formée par les broméliacées à réservoir d'eau qui nous permettrons (i) de transplanter des broméliacées du milieu forestier vers le milieu ouvert afin de simuler une déforestation et d'utiliser des déflecteurs de pluie pour simuler une période de sécheresse correspondant aux prédictions de l'IPCC, (ii) d'échantillonner de manière exhaustive tout le système pour en étudier les macro- et micro-organismes aquatiques via les approches de séquençage haut-débit et (iii) de caractériser les réseaux écologiques et la multifonctionnalité des écosystèmes aux changements environnementaux.

Contact : Céline Leroy (celine.leroy@ird.fr)

Aechmea aquilega *sera le modèle d'étude privilégié car cette broméliacée à réservoir d'eau est présente naturellement en milieu forestier et en milieu ouvert ce qui permettra de réaliser des expérimentations de transplantation tout en ayant un nombre de réplicats suffisant statistiquement. © Céline Leroy*

Suivi des forêts tropiques humides sur la période 1990-2019

Une équipe associant des scientifiques du JRC, de l'UMR AMAP, du CIFOR et de l'INPE a publié en mars 2021 dans la revue Science Advances un article sur le suivi de l'évolution des forêts tropicales humides de 1990 à 2020 à l'échelle mondiale. L'étude s'appuie sur une analyse de l'ensemble des images satellites Landsat à 30m de résolution disponibles sur la période 1982-2019. Les cartes établies permettent, pour la première fois à cette échelle et à ce niveau de précision, de suivre la déforestation, la dégradation et la régénération des forêts sur un pas de temps annuel. Les résultats de cette étude estiment le rythme de déforestation actuel à environ 7 Mha/an (la surface de l'Irlande) et montrent que la déforestation a été jusqu'à présent largement sous-estimée sous les tropiques. De plus, l'étude met en avant l'ampleur de la dégradation des forêts tropicales : en 2020, 10 % des 1070 Mha de forêt tropicale humide sont dégradés et 50 % des forêts

dégradées sont à terme sûres d'être déforestées.

Contact : Ghislain Viellendent (ghislain.vieilledent@cirad.fr)

Référence :

Vancutsem C., Achard F., Pekel J.-F., **Vieilledent G.**, Carboni S., Simonetti D., Gallego J., Aragão L. E. O. C., Nasi R. 2021. Long-term (1990–2019) monitoring of forest cover changes in the humid tropics. *Science Advances*, **7** (10): eabe1603. https://doi.org/10.1126/sciadv.abe1603

Carte des forêts tropicales humides restantes en janvier 2020 (panneaux par continents), © 2021 The Authors, License CC-BY 4.0.

Dans les médias

Niamoto, le portail de la forêt de Nouvelle-Calédonie en Province Nord

Le site Niamoto (nâ mötö en paicî signifie la forêt) est dédié à la restitution des données collectées en forêt dans le cadre du partenariat établi depuis 10 ans entre l'UMR-AMAP et la province Nord de la Nouvelle-Calédonie. Il reflète l'état de notre connaissance des forêts humides de sorte qu'il est en perpétuelle évolution. Toutes ces données sont restituées sous la forme de graphiques illustrant les différentes composantes nécessaires pour appréhender la très grande hétérogénéité de ces forêts humides. La navigation par taxon, par parcelle ou selon les limites administratives reflète des propriétés qui couvrent une grande partie du domaine de l'écologie forestière. Au-delà de cet objectif de restitution, le site Niamoto apporte une dimension pédagogique en expliquant, au travers de questions-réponses, les méthodes et les questions qui se posent aux écologues qui souhaitent appréhender l'étude d'un écosystème aussi complexe.

Page d'accueil du site Niamoto

Contact : Philippe Birnbaum (philippe.birnbaum@cirad.fr)

Site : https://niamoto.nc/

Le déclin des insectes et la montée d'un biodiversité-scepticisme

Le déclin de la biodiversité est un fait avéré par les experts[1]. Il en est de même pour les insectes[2] dont les services écosystémiques sont primordiaux, même si pour ces derniers une évaluation globale n'est pas simple[1]. Cependant, en 2020 deux grandes revues scientifiques, Science[3] et Nature Ecology & Evolution[4], publient les résultats de méta-analyses relativisant le déclin des insectes et dédouanant l'agriculture comme cause de leur déclin. Des consortiums pluridisciplinaires incluant des chercheurs de l'INRAE, du CNRS et de l'université de Rennes 2 publient dans ces mêmes revues des commentaires critiques[5,6] pointant de nombreux biais dans la sélection des données et la méthodologie employée qui sont de nature à remettre en cause leurs conclusions[7].

Déjà le titre de la première méta-analyse, publiée par van Klink et coauteurs début 2020[3], opposant l'augmentation présumée du nombre d'insectes d'eau douce à la diminution d'insectes terrestres, induit le lecteur en erreur. Il laisse penser à tort que l'augmentation des uns contre balance la diminution des autres. Or l'eau douce totalise seulement 2,5 % de la surface terrestre du globe, ce qui signifie que les insectes d'eau douce ne représentent qu'une faible part des insectes dans leur globalité. De plus, cette tendance à la hausse des insectes aquatiques reposait sur 14 études 'outliers' qui se sont avérées problématiques, et sur la prise en compte, dans près de la moitié des études, de l'ensemble des invertébrés incluant de façon majoritaire des vers, crustacés et mollusques qui ne sont pas des insectes. La part des insectes dans les assemblages totaux était petite et variable au cours du temps, rendant impossible toute inférence de leur tendance à partir de celles des invertébrés totaux.

Par ailleurs, un tiers des séries temporelles visaient à évaluer les effets de facteurs expérimentaux non pris en compte dans la méta-analyse alors qu'ils impactaient pourtant les communautés d'insectes. Nombre d'entre elles observaient le repeuplement d'insectes dans une zone initialement modifiée par l'homme (incendie, dépollution, désalinisation de l'eau,…). En intégrant les données telles quelles dans leur étude, les auteurs enregistrent des chiffres en croissance alors qu'il s'agit de situations particulières qui ne peuvent être extrapolées.

Ce problème de non-représentativité des données s'appliquaient aussi au choix des groupes taxonomiques étudiés qui favorisait les espèces invasives ou tolérantes au stress comme respectivement les moustiques et certains chironomes par rapport à ceux sensibles aux changements environnementaux comme les abeilles.

Nombre d'autres erreurs ont été recensées comme des séries avec des biais temporels d'échantillonnage, d'autres avec des sites démultipliés qui leur donnaient un poids surnuméraire, une autre encore avec un code erreur '101' qui signifiait absence d'échantillonnage et qui a été interprété et décompté comme 101 spécimens.

Quant à la méta-analyse de Crossley *et al.* sur les tendances d'abondance et de diversité des insectes aux Etats-Unis publiée en avril 2021[4], elle reposait sur une analyse statistique bancale. Elle ne s'appuyait pas sur un modèle global hiérarchisé mais sur plusieurs modèles dont les tendances portant chacune sur une espèce d'un site ont été moyennées en violant les conditions d'indépendance et de distribution identique des tendances dans chaque sous-jeux de données. De plus, la moitié des séries chronologiques ne contenait que quatre à neuf données (une par an), ce qui était trop peu pour estimer de manière fiable les quatre paramètres inconnus des modèles associés à chaque série. Par ailleurs, les modèles ne prenaient pas en compte la surabondance de zéros dans les données (50% des données). De plus, ils ne tenaient pas compte de la détection imparfaite des insectes, un problème qui concernait un quart des séries. Ainsi, une série concernant une espèce de puceron dans le Midwest, sans insecte les neuf premières années et avec un seul insecte la dernière année, a été modélisée à tort comme ayant la plus forte augmentation d'abondance de toutes les séries chronologiques, alors qu'elle pouvait simplement refléter la rareté de l'espèce ou sa mauvaise détection. Enfin, 40% des séries temporelles provenaient d'un jeu de données portant exclusivement sur des pucerons nuisibles pour les cultures. Or son inclusion constituait un biais susceptible de minimiser les dommages de l'agriculture intensive sur l'entomofaune, car les pucerons bénéficient de l'agriculture intensive, contrairement à la plupart des insectes.

Ces biais participent ainsi à la non mise en cause de l'agriculture dans le déclin des insectes[8]. Les auteurs de la première méta-analyse penchaient même vers un conclusion inverse : ils trouvaient une corrélation positive entre les tendances des abondances d'insectes et les surfaces cultivées. Or leur analyse se basait sur une méthodologie utilisant une base de données extérieure sur l'utilisation des terres, créée à partir d'images satellites pas assez résolutives, et sujette à de nombreuses erreurs de classification, notamment parce que les terres cultivées et les prairies avaient souvent des signatures spectrales similaires. Ainsi, les auteurs du commentaire constataient, en se basant sur les descriptions des études publiées ou sur des données satellites plus résolutives, que la couverture des terres cultivées avait été mal évaluée dans deux tiers des études terrestres incluant des zones de cultures !

Nous alertons dans ces commentaires sur la nécessité d'une méthodologie rigoureuse dans les analyses scientifiques des tendances de la biodiversité[9,10]. Ces études alimentent un doute non fondé sur le déclin de la biodiversité et posent la question de l'émergence d'un biodiversité-scepticisme au sein même de la communauté scientifique[11,12]. Or pour mettre en place une protection adaptée, les décideurs publics ont besoin d'un diagnostic éclairé et non brouillé par des études biaisées, qui ralentissent la prise de décision.

Mots clés : Déclin des insectes, biodiversité, changements globaux, méta-analyse, biais méthodologique, biodiversité-scepticisme

Contact : Laurence Gaume (laurence.gaume@cirad.fr)

Références

1 - Rapport de l'évaluation mondiale de la biodiversité et des services écosystémiques. Plateforme intergouvernementale sur la biodiversité et les services écosystémique (*IPBES)* - ***IPBES*** (2019).
https://ipbes.net/sites/default/files/2020-02/ipbes_global_assessment_report_summary_for_policymakers_fr.pdf

2- - Rapport de l'évaluation sur les pollinisateurs, la pollinisation et la sécurité alimentaire. Plateforme intergouvernementale sur la biodiversité et les services écosystémique (*IPBES)* - ***IPBES*** (2016).
https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/rapport_evaluation_pollinisateurs-IPBES.pdf

3 - van Klink *et al.*, Meta-analysis reveals declines in terrestrial but increases in freshwater insect abundances. ***Science*** 368, 417-420 (2020), https://dx.doi.org/ 10.1126/science.aax9931

4 - Crossley *et al.*, No net insect abundance and diversity declines across US Long Term Ecological Research sites. ***Nature Ecology & Evolution*** 4, 1368-1376 (2020), https://10.1038/s41559-020-1269-4

5 - Desquilbet* M., Gaume* L., Grippa M., Céréghino R., Humbert J.-F., Bonmatin J.-M., Cornillon P.-A., Maes D., Van Dyck H. & Goulson D., 2020. Comment on "Meta-analysis reveals declines in terrestrial but increases in freshwater insect abundances". - ***Science*** (2020), https://dx.doi.org/10.1126/science.abd8947 (* Both authors contribute equally to the article.).

6 - Desquilbet, M., Cornillon, P.-A., Gaume, L. & Bonmatin, J.-M., 2021. Adequate statistical modelling and data selection are essential when analysing abundance and diversity trends. – ***Nature Ecology & Evolution*** (2021), https://dx.doi.org/10.1038/s41559-021-01427-x

7 - ***Communication CNRS (INEE)***, Une analyse approfondie remet en cause des résultats récents relativisant le déclin des insectes, le 8 février 2021, https://inee.cnrs.fr/fr/cnrsinfo/une-analyse-approfondie-remet-en-cause-des-resultats-recents-relativisant-le-declin-des

8 - ***Communication INRAE***, Les liens entre agriculture et biodiversité sont encore sujets à controverse scientifique : de l'importance des méthodes d'analyse, Pascale Mollier, le 23 avril 2021, https://www.inrae.fr/actualites/liens-entre-agriculture-biodiversite-sont-encore-sujets-controverse-scientifique-limportance-methodes-danalyse

9 - ***Libération***, « Déclin des populations d'insectes : Publier à tort des études rassurantes peut démobiliser», Coralie Schaub, le 21 décembre 2020, https://www.liberation.fr/auteur/12330-coralieschaub

10 - ***Le Monde***, «Vive controverse autour du déclin des insectes », Stéphane Foucart, le 20 janvier 2021, rubrique *Science et Médecine*, p. 26, https://www.lemonde.fr/sciences/article/2021/01/18/vive-controverse-autour-du-declin-des-insectes_6066693_1650684.html

11 - ***Ouest France***, «Imbroglio sur le rythme de disparition des insectes», Baptiste Cessieux, le 17 juin 2021, rubrique Science, p.29, https://www.ouest-france.fr/environnement/biodiversite/biodiversite-un-imbroglio-sur-le-rythme-de-disparition-des-insectes-a8c56cac-cde5-11eb-baa9-ef1451863c79

12 - ***Le Monde***, « L'aube du Biodiversité-scepticisme », Stéphane Foucart, le 23 mai 2021, chronique rubrique Planète, p. 34. https://www.lemonde.fr/idees/article/2021/05/24/le-biodiversite-scepticisme-plus-discret-que-celui-contre-le-dereglement-climatique-est-en-un-sens-bien-plus-inquietant_6081238_3232.html

Bourdon, Bombus terrestris *(Apidae) se nourrissant du nectar d'une fleur d'*Asphodelus cerasiferus *(Xanthorrhoeaceae) dans la garrigue montpelliéraine. Les bourdons sont des pollinisateurs particulièrement sensibles à l'agriculture intensive et notamment à l'utilisation de pesticides. © Jérémie Pratviel/AMAP/CNRS Photothèque*

Libellule, Neurothemis terminata *(Libellulidae) dans la forêt tourbeuse marécageuse de Bornéo (Brunei Darrussalam). Les libellules passent leur stade larvaire en milieu aquatique et, parmi elles, selon les données de l'UICN, beaucoup d'espèces sont menacées par les changements environnementaux au profit de quelques espèces généralistes. © Laurence Gaume-Vial/AMAP/CNRS Photothèque.*

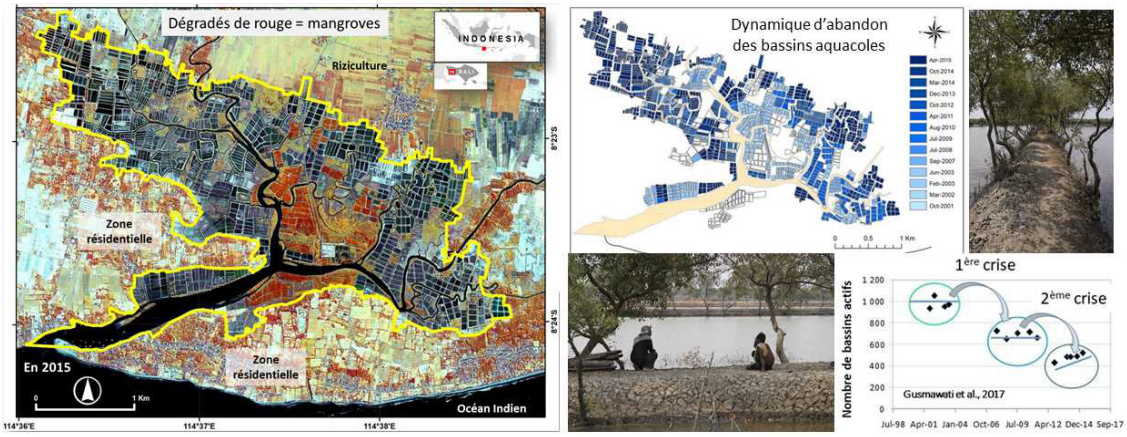
Brèves

Expertise

• **Aquaculture et mangroves : un avenir partagé**

A la demande du Comité consultatif commun d'éthique INRAe, Cirad, Ifremer, IRD (C3E4, https://www.inrae.fr/comite-dethique) Christophe Proisy (IRD-UMR AMAP) et Hugues Lemonnier (IFREMER-UMR ENTROPIE) ont partagé leur expérience de recherche sur les mangroves et les pratiques aquacoles. Cette expérience acquise dans différentes régions du Monde (Nouvelle Calédonie, Indonésie, Inde, Guyane, Brésil) a été illustrée au travers des études du fonctionnement à différentes échelles spatiales et temporelles des environnements côtiers tropicaux. *« La complexité de fonctionnement et le manque de connaissances sur l'imbrication des processus en jeu ne nous semblent pas un frein au développement d'une aquaculture durable et de qualité. Comme les pratiques raisonnées d'aquaculture côtière dépendent étroitement de la capacité de résilience des mangroves et du maintien des nombreux services associés à l'écosystème, des approches concertées, associant populations locales et gestion partagée du territoire côtier, expériences scientifiques, suivis rigoureux des paramètres environnementaux sont à mettre en œuvre et à encadrer par de nouvelles politiques environnementales et économiques plus durables et transnationales ».*

Contact : Christophe Proisy (christophe.proisy@ird.fr)



L'estuaire à mangroves du Perancak, Bali, Indonésie a été largement converti en bassins aquacoles dans les années 80. La mangrove s'étend de nouveau (dégradés de rouge à l'intérieur de la délimitation en jaune) suite à une expansion naturelle mais également à des pratiques de plantations très discutables. Depuis les années 2000, le nombre de bassins en activité diminue au gré des crises dues au virus 'white spot'. Les conditions environnementales se sont dégradées (baisse des flux d'eau douce, forte salinité) et le retour de la mangrove pourrait apporter une meilleure durabilité d'activités socio-économiques si la gestion de l'estuaire est régulée à l'échelle des bassins versants (incluant rizicultures et urbanisation). © Christophe Proisy

Prix

• **Alessandro Fraccica** a obtenu, à l'unanimité, le premier prix Antonio Soriano de la meilleure thèse, décerné par la Spanish Society of Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, années 2019-2020, en geotechnical engineering. La thèse d'Alessandro intitulée « Experimental study and numerical modelling of soi l-roots hydro-mecanical interactions » a été soutenue le 9 décembre 2019 à l'Universidad Politécnica de Cataluña. La thèse était co-encadré par Enrique Romero et **Thierry Fourcaud** (UMR AMAP).

Site : https://semsig.org/resultados-primer-premio-antonio-soriano/

Contact : Thierry Fourcaud (thierry.fourcaud@cirad.fr)

Ça bouge

Arrivées

• **Erica Rievrs-Borges,** lauréate de l'appel post-doc MOPGA (Make Our Planet Great Again) a rejoint AMAP le 1er Mars pour une année. Elle est rattachée à l'axe de recherche « Biodiversité », thème « Dynamique et Assemblage des Forêts Tropicales » et travaillera avec **Raphaël Pélissier** et **Maxime Réjou-Méchain** sur la relation entre biomasse et biodiversité dans les forêts tropicales. Plus précisément, la diversité est supposée avoir un effet positif sur la biomasse et sa vitesse de production à travers un effet de complémentarité de niches ou en augmentant les chances de sélectionner des espèces plus productives et stockant plus de biomasse (effet de sélection). Cependant, l'importance relative de ces deux effets a rarement été évaluée dans les études empiriques, notamment en forêt tropicale. Aussi, la relation entre diversité et biomasse est susceptible de changer en présence de perturbations. L'étude vise donc à comprendre comment les différents historiques de perturbations des forêts du site de M'Baiki en République centrafricaine affectent l'interaction entre la diversité et la biomasse / productivité forestière. Pour rendre compte du rôle de la diversité, nous allons considérer des métriques de diversité phylogénétique comme proxy d'un trait intégrateur (i.e. la phylogénie rend potentiellement compte de toutes les différences possibles entre les espèces).

• **Kasia Zieminska,** lauréate d'une bourse de post-doc Marie Curie, a rejoint l'UMR AMAP le 15 Avril pour deux ans. Elle est rattachée à l'axe de recherche « Biodiversité », thème « Dynamique et Assemblage des Forêts Tropicales » et travaillera avec **Raphaël Pélissier** et **Claire Fortunel** sur la relation entre architecture et anatomie du bois chez les grands arbres forestiers d'Afrique centrale. Le projet treeMAAP, étudiera les caractéristiques architecturales, anatomiques et physiologiques des arbres afin d'évaluer comment elles régissent trois fonctions majeures, le transport de l'eau, la stabilité mécanique

et la respiration, en utilisant 15 espèces d'arbres tropicaux d'Afrique centrale comme modèles. Les nouvelles connaissances feront progresser notre compréhension de la diversité structurelle des arbres forestiers et de ses implications en termes de stratégies écologiques et de fonctionnement des forêts tropicales.

• **Jeanne Clément** a commencé son doctorat CNRS en janvier 2021, encadrée par **Pierre Couteron** et **Ghislain Vieilledent** sur le sujet « Prédire la vulnérabilité des espèces d'arbres au changement climatique en forêt guyanaise via l'utilisation de modèles joints de distribution des espèces (JSDMs)». Ce projet de thèse vise à mieux comprendre la distribution des espèces en prenant en compte, en plus des variables environnementales classiques, les interactions biotiques, les traits fonctionnels et la phylogénie. Cette thèse est financée par le labex CEBA, et s'inscrit dans le cadre du projet stratégique METRADICA qui vise à étudier la vulnérabilité des espèces aux changements climatiques en Guyane. Jeanne a initié le développement du package R JSDM. pour optimiser l'ajustement des JSDMs. Jeanne a précédemment effectué son stage de Master 2 biostatistique au sein d'AMAP puis elle a travaillé un an sur le développement de packages R intégrant des fonctions en C++. Elle est rattachée à l'axe de recherche « Biodiversité », thème « Dynamique et Assemblage des Forêts Tropicales ».

• **Felix Lim** nous a rejoints le 15 Mars 2021 pour un post-doctorat visant à étudier la dynamique spatio-temporelle des forêts à Marantacées dans le Nord Congo (projet ANR DESSFOR). Felix, qui est Singapourien, a réalisé une licence et un master en Australie puis sa thèse à l'Université de Sheffield (Angleterre) sur les déterminants économiques des changements d'utilisation des terres dans les tropiques et sur leurs conséquences en matière de conservation. Avant de venir à AMAP il a réalisé un post-doctorat sur les services écosystémiques associés aux espaces naturels de Singapore. Felix est rattaché à l'axe Biomasse, thème « Télédétection des végétations tropicales » et travaillera avec **Maxime Réjou-Méchain.**

Vie de l'Unité

Le service « Expérimentations » AMAP

Le Service Expérimentations mobilise une équipe de 5 personnes autour d'un dispositif d'ateliers : Anatomie, Biomécanique, Mesures plantes/sols, Paléobotanique, labo frelons ainsi que sur des opérations en milieux naturels méditerranéen, montagnard et tropical pour des mesures biométriques, collectes d'échantillons végétaux/sols, et l'instrumentation de sites.

Il fournit un appui opérationnel sur les phases expérimentales, logistiques et observationnelles à l'échelle de l'unité en prenant en charge la réalisation de chantiers techniques au sein des projets de recherches conduits par les équipes scientifiques de l'UMR AMAP.

Confection et prétraitements de coupes anatomiques et paléobotaniques, relevés de capteurs, tests comportementaux sur le frelon asiatique, confection et suivi de dispositifs d'observation de la croissance racinaire (rhizotrons), installation de sondes tensiométriques en milieu montagnard, carottage de bois en forêt tropicale, suivi de hauteur de nappe sur un dispositif d'agroforesterie, étude de dendrochronologie du bois, acquisition et traitement d'images LIDAR, grimpe d'arbres etc.

L'équipe :
Stéphane Fournier, responsable du service
Chantal Geniez , Sophie Nourrissier-Mountou, Merlin Ramel et Quentin Le Blaye

Contact : Stéphane Fourtier (stephane.fourtier@cirad.fr)

L'équipe Expérimentation sur le terrain. © Stéphane Fourtier

Publications

Voir portail HAL : https://hal.umontpellier.fr/AMAP

Multimédia

Notre site Internet fait peau neuve

Nous avons le plaisir de vous informer de la mise en ligne du nouveau site Internet de notre unité, accessible à l'adresse suivante : http://amap.cirad.fr
Plus qu'un simple « relooking », il s'agit d'une refonte en profondeur de l'ensemble du site. Plus moderne, plus optimisé, plus informatif, et plus intuitif, ce nouveau site propose une nouvelle organisation des rubriques qui offre aux visiteurs une meilleure accessibilité aux données et informations sur le projet scientifique et sur l'organisation de l'unité. Les actualités de l'unité ont également gagné en visibilité à travers le fil Twitter du compte AMAP.

Nous espérons que cette nouvelle version du site vous plaira, et n'hésitez pas à nous faire part de vos remarques et suggestions.
Bonne navigation.

Site : http://amap.cirad.fr/
Contact : Hatem Krit (hatem.krit@cirad.fr)

Soutenances de Thèses

Le 15 décembre 2020, **Dimitri Justeau-Allaire** a soutenu avec succès à l'Ecole Doctorale I2S de l'Université de Montpellier, sa thèse intitulée « Planification systématique de la conservation basée sur les contraintes, une approche générique et expressive. Application à l'aide à la décision pour la conservation des forêts de Nouvelle-Calédonie »

Résumé : A l'ère de la crise mondiale de la biodiversité, les activités humaines sont la principale cause de dégradation, de fragmentation et de destruction des habitats naturels. À l'échelle mondiale, le taux d'extinction des espèces a atteint un niveau sans précédent, et environ un million d'espèces sont aujourd'hui menacées d'extinction (selon le dernier rapport de la plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques - IPBES). La biologie de la conservation est un domaine de recherche multidisciplinaire qui tente de relever les défis de cette crise. Le développement d'approches pratiques promouvant la conservation tout en réduisant le fossé entre la recherche et l'implémentation est l'un de ses objectifs. Ces dernières décennies, la planification systématique de la conservation (PSC) a émergé dans cette direction comme un cadre reposant sur l'optimisation et l'informatique. Son principal objectif est de fournir une aide à la décision dans la planification des actions de conservation en intégrant les objectifs écologiques avec les contraintes des gestionnaires.
Dans cette thèse de doctorat, nous avons introduit une approche formelle pour modéliser et résoudre des problèmes de PSC basée sur la programmation par contraintes, une méthode issue de l'intelligence artificielle et basée sur le raisonnement automatique. La motivation principale de cette approche était d'apporter plus d'expressivité à la PSC (i.e. d'accroître l'étendue et la variété des problèmes qui peuvent être représentés et résolus), notamment par l'intégration de contraintes spatiales avancées et d'indices du paysage. Les approches formelles sont souvent plus exigeantes à implémenter et à transposer à large échelle que les approches heu-

ristiques. Cependant, elles fournissent des garanties de satisfaction et d'optimalité sur les solutions produites qui peuvent améliorer considérablement la qualité de l'aide à la décision.
Nous avons évalué les méthodes développées dans cette thèse sur des données réelles issues des forêts de Nouvelle-Calédonie. Point chaud de la biodiversité, la Nouvelle-Calédonie doit faire face à de nombreux défis pour la conservation de sa biodiversité. De plus, le contexte développé, insulaire et peu peuplé de cet archipel permet une grande proximité entre les différents acteurs de la conservation, ce qui en fait un terrain d'étude approprié pour expérimenter de nouvelles approches. Nous avons illustré cette particularité à travers un cas d'étude menée en étroite collaboration avec les gestionnaires du parc provincial de la «Côte Oubliée - Woen Vùù - Pwa Pereeù». Dans cette étude, nous avons fourni une aide à la décision dans un projet de reforestation, en mettant l'accent sur la réduction de la fragmentation et l'amélioration de la connectivité structurelle. Dans l'ensemble, nous avons démontré le caractère générique, la flexibilité et l'expressivité de l'approche basée sur les contraintes appliquées à la PSC. Nos résultats ont également ouvert de nouvelles perspectives pour l'aide à la décision en Nouvelle-Calédonie, la PSC, et la programmation par contraintes.

Composition du jury :
Philippe BIRNBAUM - Cirad - Directeur de thèse
François MUNOZ - Université Grenoble-Alpes - Rapporteur
Christine SOLNON - NSA Lyon - Rapporteure
Xavier LORCA - IMT Mines Albi - Co-directeur de thèse
Ana RODRIGUES - CNRS - Examinatrice
Jean-Jérôme CASSAN - CSA Sce impact env & conservation DDEE - PROVINCE NORD - Examinateur
Morgan MANGEAS - IRD - Invité

Le 4 mars 2021, **Anthony Laybros** a soutenu avec succès à l'Ecole Doctorale GAIA de l'Université de Montpellier sa thèse intitulée « Reconnaissance spécifique et cartographie des arbres de la canopée en forêt tropicale en Guyane française par fusion de données lidar et hyperspectrales appliquées aux besoins de la gestion forestière».

Résumé : L'Office National des Forêts (ONF) est chargé de la conservation et de la gestion de 6 millions d'hectares de forêts privées en Guyane française. La possibilité de cartographier les espèces dans la canopée par télédétection est d'un intérêt évident, tant appliquées que scientifique. Les inventaires spatialisés à l'échelle du paysage contribueraient à faire progresser les connaissances fondamentales de ce biome complexe et menacé et aideraient à sa gestion durable. Les cartes de distribution d'espèces peuvent être croisées avec les facteurs environnementaux et fournir ainsi des clés d'interprétation des schémas d'organisation des peuplements forestiers. Du point de vue de la gestion, les cartes de distribution des espèces peuvent permettre une rationalisation de l'exploitation forestière. La cartographie des espèces commerciales pourrait favoriser des pratiques forestières minimisant l'impact environnemental de l'exploitation. L'identification des espèces permettrait de prioriser les zones particulièrement riches en espèces commerciales, tout en évitant d'ouvrir des pistes d'exploitation dans les zones à faible niveau de ressources exploitables. La télédétection offre également la possibilité de surveiller l'extension des espèces proliférantes, telles que les lianes. Des capteurs hyperspectraux et LiDAR ont été utilisés à bord d'un avion pour identifier les espèces dans les forêts tropicales guyanaises. Une large gamme spectrale issue des capteurs hyperspectraux (400–2500 nm) est mesurée permettant d'avoir de nombreux descripteurs. Le LiDAR embarqué offre une description fine de la structure du couvert, facilitant la segmentation des houppiers. La fusion de ces deux informations améliore la caractérisation de la ressource. Afin de tirer le meilleur parti des données hyperspectrales, différents prétraitements radiométriques ont été évalués. Le lissage spatial et le filtrage des ombres sont les principaux facteurs qui améliorent la discrimination des espèces. L'utilisation de la gamme spectrale complète est également bénéfique. Ces résultats de classification ont été obtenus sur un groupe 20 espèces abondantes. L'identification de ces mêmes espèces en mélange au sein d'un peuplement hyperdiverse a constitué la deuxième étape de ce travail. Nous avons évalué le niveau d'information nécessaire et le degré de confusion tolérable dans les données d'apprentissage afin de retrouver une espèce cible dans une canopée hyperdiverse. Une méthode de classification spécifique a été mise en œuvre pour être insensible à la contamination entre classes focales/non focales. Même dans le cas où la classe non focale contient jusqu'à 5% de pixels de la classe focale (espèce à identifier), les classifieurs se sont révélés efficaces. La troisième étape aborde le problème de la transposabilité des classifieurs d'une acquisition à une autre. La caractérisation des conditions d'acquisition et la prise en compte de leurs effets sont nécessaires pour convertir les données de radiance en réflectance de surface. Cependant cette opération de standardisation reste une étape extrêmement délicate au vue des nombreuses sources de variabilité : état de l'atmosphère, géométrie soleil-capteur et conditions d'éclairement. Nous évaluons en comparant des vols répétés sur le même site, la contribution des diverses caractéristiques d'acquisition à la divergence spectrale entre dates. Ce travail vise à proposer des pistes pour développer des méthodes de reconnaissance d'espèces qui soient plus robustes aux variations des caractéristiques d'acquisition.

Composition du jury :
Grégoire VINCENT, Chargé de Recherche UMR AMAP, Directeur de thèse
Nesrine CHEHATA, Maître de Conférence INP Bordeaux, Rapporteure
Audrey MINGHELLI, Maître de Conférence Université de Toulon, Rapporteure
Jean-Phillipe GASTELLU-ETCHEGORRY, Prof. Université de Toulouse III, Examinateur
Jocelyn CHANUSSOT, Professeur INP Grenoble, Examinateur
Raphaël PELISSIER, Directeur de Recherche UMR AMAP, Examinateur
Xavier BRIOTTET, Directeur de Recherche ONERA, Invité
Olivier BRUNAUX, Ingénieur ONF, Invité

Le 30 mars 2021, **John Katembo** a soutenu avec succès à l'Université de Kisangani (RDC) sa thèse intitulée « Déterminants de la composition floristique et estimations des stocks de carbone des peuplements forestiers matures de Uma (Tshopo, RDC) ».

Résumé : Les études des déterminants des groupements végétaux ont pris un nouvel élan avec la nécessité de quantifier avec précision les stocks de carbone à partir des données satellitaires de résolution métrique, tout en limitant l'érosion de la biodiversité et en promouvant une gestion durable des forêts. La présente étude se déroule dans la forêt de Uma, située à l'Est de Kisangani, en République Démocratique du Congo, entre les points kilométriques 65 et 90 sur la route nationale numéro 4. L'objectif de cette étude était (i) d'identifier les déterminants (sol, topographie, structure et / ou succession) des groupements végétaux qui dominent dans la forêt de Uma et (ii) estimer leurs stocks de carbone. Les données étaient collectées dans 30 parcelles de 1 ha chacune, dans lesquelles tous les arbres ≥ 10 cm de diamètre ont été mesurés et identifiés. Les échantillons de sol ont été analysés pour les variables pédologiques standard (macronutriments, classes de texture, pH) et un modèle numérique de terrain a été utilisé pour déduire les caractéristiques topographiques (altitude et hydromorphie). Deux images GeoEye – 50 cm aux géométries d'acquisition (angles soleil-capteur) très semblables, ont servi dans un modèle d'estimation de la biomasse des arbres sur 260 km² de superficie sur base de 30 parcelles de 1 ha chacune. Les résultats obtenus indiquent que, trois groupements végétaux dominent dans la forêt de Uma. Les espèces dominantes de chacun de ces groupements sont : Petersianthus macrocarpus (P. BEAUV.) LIBEN, Gilbertiodendron dewevrei (De Wild.) J. Léonard et Julbernardia seretii (DE WILD.) TROUPIN, respectivement une espèce non pionnière, exigeante en lumière et deux espèces tardives dans la succession forestière, tolérantes à l'ombrage. Ces groupements végétaux ne sont liés à aucune variable de l'environnement. La succession des espèces dominantes est au point mort. Ce résultat est évocateur soit, d'un modèle émergent, soit de multiples états stables induits par des rétroactions biologiques. La bonne relation entre la biomasse des parcelles et celle prédite sur les images de texture, a permis de produire la carte de biomasse de la forêt de Uma. A l'échelle de la parcelle, l'erreur quadratique moyenne est de 27,24 T/ha hors validation croisée (R^2=0,82) et remonte à 46,68 T/ha (R^2=0,61), après validation croisée pour une moyenne de 450 T/ha. Ce résultat démontre le potentiel des estimateurs de texture des images métriques dans la généralisation des biomasses de forêt sur les espaces non couverts par les données de terrain dans les forêts denses où la plupart des autres signaux de télédétection saturent.

Composition du jury :
Kahindo MUHONGYA (UNIKIS), président
Boyemba Bosela, directeur de thèse
Nicolas Barbier, co-directeur de thèse
Ewango Ekokinya (UNIKIS),
Nshima Seya Wa Malale (UNIKIS), member
K. Gatate (UNIKIS), suppléant
M. Tohulu (IFA - Yangambi), suppléant

Le 15 avril 2021, **Nidhi Jha** a soutenu avec succès à l'Asian Institute of Technology - School of Engineering and Technology sa thèse intitulée « Estimation and upscaling of above-ground biomass in tropical forest landscape using field, airborne lidar and multiresolution satellite data »,

Résumé : Tropical forests store half of all the carbon stored in the world's forests and thus play critical role in the global carbon cycle. Accurate estimations of forests carbon stock and its recovery are thus extremely important, especially to meet the guidelines of international programs aimed at reducing greenhouse gas emissions in tropical areas, such as the United Nations Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation (REDD+). The study is concentrated to a forest landscape of area of ca. 6,400 ha, which is part of Khao Yai National Park in central Thailand (latitude: 14° 25' 20.4'' N, longitude: 101° 22' 36). Khao Yai is the first national park in Thailand, established in 1962 that is home to numerous endangered plant and animal species. Combining recent field and concomitant airborne LiDAR system (ALS) derived data, a high-resolution AGB map was built over 64 km2 of the forest landscape. Random forest (RF) algorithm and Landsat time-series (LTS) data was used to classify landscape patches as non-forested versus forested on an almost annual basis from 1972 to 2017. ALS-AGB model predicted AGB with an error of 14% at 0.5-ha resolution (RMSE = 45 Mg ha−1) using the mean top-of-canopy height as a single predictor. The mean AGB over the landscape was of 291 Mg ha−1 showing a high level of carbon storage despite past disturbance history. The result shows that the AGB recovery of the landscape varies non-linearly in the first 42 years of the succession, with an increasing rate of accumulation through time. The predicted mean AGB recovery rate is 6.9 Mg ha−1yr−1, with a mean AGB gain of 143 and 273 Mg ha−1 after 20 and 40 years, respectively. The derived AGB rate (20 year) estimates are similar to the prescribed IPCC 2006 rates for young secondary tropical rainforest (≤ 20years) in Asian ecozone which is about 50% larger than the new 2019 refinement to the 2006 IPCC guidelines. The estimated results are within the range of those reported for the well-studied Latin American secondary forests under similar climatic conditions. For estimating the uncertainties in AGB map, AGB errors were propagated from tree level measurements to the LiDAR landscape estimate using the Monte Carlo scheme. With this method, the errors are propagated at different spatial scales, range from 0.1 to 2 ha and with a constant number of calibration plot (n=15). The result shows that at a 0.5-ha spatial resolution, the overall error was of 15% and 23% considering the "site-independent" and "site-dependent" biases respectively.

Also with the increase in plot size from 0.1 to 2 ha, the decrease in error is almost 37% to 20% in scenario of "site-dependent biases" while in the scenario of "siteindependent" case the decrease in error is almost 33% to 9% showing the phenomenon of averaging out of error more rapidly in later case. The result showed the incongruity with many studies that underestimated the effect field estimate errors in the final AGB map.

Using the high-resolution AGB maps obtained through LiDAR

data, the assessment of the extent of different satellite products, such as Landsat 8 (L8;30-m resolution), Sentinel 2 (S2; 10-m) and Worldview 3 (WV3; ca 2-m) to predict AGB was done and test if these products are complementary or not. RF algorithm was used along with forward step selection of variables with a cross-validation framework to assess model accuracy independently. The approach provided information on the saturation point of passive optic products, i.e. the AGB value above which the products fail to capture AGB variation and provide a recommendation on the best products to be used. The result show that the predictive power of Sentinel-2 is as good as Landsat 8 and is less accurate than that of Worldview 3. Overall, the predicted AGB saturated at ~190 Mg ha−1 for Landsat 8 image and Sentinel 2 and at 247 ha−1 for Worldview 3 images. Here, using a robust and blind automatized procedure, we show that four to five variables in each sensor were retained from a set of 20-28 variables. The selected predictors strongly varied from one sensor to another one. The best predictor of AGB was Green band from Landsat 8, SWIR band from Sentinel 2, and NDRE variable from the Worldview 3. Only the green band and the CVI metrics were commonly retained for two different sensors. When predictors were selected according to their inter-sensor potential the three best predictors were the raw Green, Blue and Red bands. The prediction of AGB for full Khao Yai using the predictors from the selected sensors shows that the AGB in the landscape ranged from 17-489 Mg ha−1 with a mean of the landscape of 249 Mg ha−1.

Overall, the study illustrates the potential of ALS data not only for scaling up field AGB measurements but also for predicting AGB recovery dynamics when combined with long-term satellite data. The potential use of LIDAR derived AGB estimates for upscaling biomass estimates using several passive optical remote sensing data was demonstrated in the study. The result illustrates that tropical forest landscapes that were disturbed in the past are of utmost importance for the regional carbon budget and thus for implementing international programs such as REDD+.

Composition du jury :
Nitin Kumar Tripathi (Chairperson)
Salvatore G.P. Virdis
Nophea Sasaki
Maxime Réjou-Méchain (External Expert)
Vinay Kumar Dadhwal, Director, Indian Institute of Space Science and Technology, Thiruvananthapuram, Kerala, India

Le 27 mai 2021, **Laura Azandi** a soutenu avec succès à l'Université Libre de Bruxelles sa thèse intitulée « Délimitation taxonomique et étude de la biologie de la reproduction du genre africain *Cyrtorchis* Schltr. (Orchidaceae)».

Résumé : Laura Azandi Ngnintedem s'est intéressée à la taxonomie, la phylogénie, la pollinisation et la reproduction d'un genre d'orchidées endémiques d'Afrique. A cette fin elle a mis en œuvre un large éventail de méthodes, aussi bien sur le terrain (collectes botaniques, observations des pollinisateurs à l'aide de pièges photographiques, suivis phénologiques, réalisation de pollinisations contrôlées) qu'au laboratoire (caractérisation morphologique d'échantillons d'herbier, séquençage de gènes, tests de viabilité de graines), qui l'ont également conduit à maitriser des outils d'analyse de données (analyses multivariées, analyses de séquences ADN, analyses phylogénétiques, analyses de séquences vidéo). Ses travaux ont notamment permis d'affiner la délimitation des espèces et la systématique du genre Cytorchis, de démontrer le rôle des papillons de la famille des Sphingidae dans leur pollinisation grâce à des caméras développées dans le cadre de cette étude, d'établir le rôle potentiel de la phénologie dans l'isolement reproducteur de certaines espèces, ou encore d'identifier des modalités techniques pour l'obtention de graines viables, notamment en vue de la conservation des espèces.

Composition du jury :
Patrick Mardulyn (ULB, Président),
Pierre Meerts (ULB, Secrétaire),
Louis Zapfack (UYI),
Timothée Le Péchon (Meise Botanic Garden),
Bonaventure Sonké (UYI, Promoteur),
Olivier Hardy (ULB, Promoteur),
Vincent Droissart (Institut de Recherche pour le Développement, Co-promoteur),
Tariq Stévart (Jardin Botanique du Missouri, Co-promoteur).

AMAP Infos

Directeur de publication : Thierry Fourcaud
Coordination : Hatem Krit
Comité de rédaction :
Thierry Fourcaud, Raphaël Pélissier, Hatem Krit, Yannick Brohard, Sylvie Beauclair
Maquette : Marie-Hélène Lafond

Ont collaboré à ce numéro :
Philippe Birnbaum, Thierry Fourcaud, Stéphane Fourtier, Laurence Gaume, Tom Hattermann, Patrick Heuret, Hatem Krit, Céline Leroy, Maxime Réjou-Méchain, Camille Salmon, Ghislain Vieilledent

UMR botAnique et Modélisation de l'Archtecture des Plantes et des végétations
TA A-51/PS2 - 34398 Montpellier, France
Tel : 33 (0)4 67 61 71 87 - Fax : 33 (0)4 67 61 56 68
E-mail : contact.amap@cirad.fr - Site web : http://amap.cirad.fr/