

HERBAXYLAREDD

Interdisciplinary exploitation of the federal Herbarium and Xylarium for tropical forest management

Contract - BR/143/A3/HERBAXYLAREDD

RESUME

Afin de renouveler, compléter et renforcer la valeur de référence de l'Herbier (Jardin botanique de Meise) et du Xylarium (Musée royal de l'Afrique centrale, Tervuren), le projet HERBAXYLAREDD visait, par le biais d'une analyse multidisciplinaire et intégrative des caractéristiques des spécimens et des métadonnées, à générer des connaissances sur l'écologie et la gestion des forêts d'Afrique centrale ainsi que sur les produits forestiers, spécialement le bois. L'étude des caractéristiques des plantes, de l'anatomie et de la technologie du bois, des affinités moléculaires et génétiques des échantillons de plantes et de bois a permis d'explorer la distribution des espèces et les stratégies fonctionnelles, les performances de croissance des arbres et la technologie des essences de bois moins utilisées, avec des implications pour les estimations des stocks de carbone des forêts d'Afrique centrale, le potentiel énergétique des essences ligneuses et les mesures de lutte contre le commerce illégal du bois.

Les bases de données du Xylarium (Tw) et de l'herbier (BR) sont caractérisées par une organisation spécifique et un arrangement de base de données. Afin de faire correspondre les deux collections uniques, la collection d'herbiers africains contenant plus de 850000 spécimens séchés a été examinée pour trouver les correspondances avec la collection du Xylarium (Tw). Au total, plus de 5000 spécimens correspondants ont été trouvés entre les deux bases de données, ce qui nous a permis de relier diverses métadonnées sur la morphologie, la phénologie et l'anatomie du bois. Parmi ces espèces, un sous-ensemble a été génétiquement identifié par empreintes digitales pour créer une base de données de référence des espèces d'arbres africains dans laquelle les spécimens sont liés aux gènes de code-barres ADN *matK* et *rbcl*. Les séquences *rbcl* et *matK* nouvellement générées à partir de pièces d'herbiers conservés au Jardin Botanique de Meise ont été appliquées dans une méthodologie d'évidence totale dans laquelle les séquences de codes-barres nouvellement générées ont été ajoutées à une grande phylogénie de taxons ligneux des forêts tropicales d'Afrique intégrés dans un cadre évolutif d'angiospermes. Cette phylogénie basée sur *matK* et *rbcl* de plus de 36000 espèces différentes d'angiospermes fournit des informations intéressantes sur l'évolution des plantes au niveau de l'espèce ou plus, et elle est utilisée comme outil pour des études écologiques et évolutives générales sur les angiospermes ainsi que sur les taxons africains. Un autre élément de la recherche botanique qui a été étudié dans le présent projet est l'impact des spécimens mal identifiés sur d'autres analyses écologiques et évolutives. A cet effet, les identifications botaniques de 756 plantes ligneuses de parcelles suivies en permanence dans la Réserve de Biosphère de Yangambi ont été vérifiées. Ici, nous avons montré qu'au niveau des espèces, seulement 56% des individus semblaient être correctement identifiés. Environ 78% des individus ont été correctement identifiés au niveau du genre, tandis que l'identification de la famille était correcte pour environ 90% des individus. Ces résultats montrent clairement que la prudence s'est imposée lors de l'utilisation

d'échantillons dont l'identité botanique n'a pas été validée après l'identification initiale sur le terrain. En dépit du grand nombre d'espèces mal identifiées, toutes les analyses complémentaires n'ont pas souffert de ces erreurs d'identification. Alors que les études évolutives et écologiques (par exemple la biogéographie, l'évolution des caractères) sont par exemple fortement impactées par une mauvaise identification, les études d'évaluation de la biodiversité ne sont pas significativement affectées.

Afin d'obtenir des réseaux phylogénétiques bien résolus, la SSR classique ainsi que des techniques de séquençage à haut débit modernes telles que la capture ciblée du génome et l'écrémage du génome par le *shotgun sequencing* (séquençage aléatoire) ont été appliquées. Au sein des Meliaceae, les genres *Entandrophragma* et *Khaya* (communément appelés les acajous d'Afrique) ont été étudiés, tandis qu'au sein des Myristicaceae, le genre *Staudtia* a été étudié. Pour les Leguminosae, les genres *Scorodophleus* et *Prioria* ont été évalués. Les résultats de ces analyses génétiques de population approfondies ont été utilisés pour prévenir l'érosion génétique, pour effectuer des évaluations appropriées pour la gestion de la conservation et pour vérifier l'origine géographique des grumes commercialisées. De plus, ces nouvelles méthodes peuvent être utilisées pour l'identification rapide des espèces et de leurs provenances afin de lutter plus efficacement contre les activités d'abattage illégal des arbres.

Les caractères des feuilles et des graines ont été déterminés à l'aide de spécimens d'Herbier. En revanche, les mesures des caractères du bois ont été obtenues à partir d'échantillons de bois conservés dans le Xylarium (collection Tw). Le Xylarium a été sélectionné pour les caractéristiques technologiques du bois, à savoir la stabilité dimensionnelle (résistance au gonflement ou au retrait) et la durabilité naturelle (résistance à la pourriture fongique) à la recherche d'essences de bois moins utilisées ou alternatives. Les méthodologies développées permettent de déterminer ces traits, et le Xylarium peut désormais être utilisé pour la recherche de ces bois. La différence de comportement de plusieurs espèces en termes de stabilité dimensionnelle et de densité du bois a été expliquée par des différences anatomiques du bois. Plus de 2000 spectres DART TOFMS (> 900 spécimens, 55 espèces) ont été collectés à partir de spécimens de la collection *Tervuren Wood*, dont une partie a été ajoutée à la base de données ForeST© (*U.S. Fish and Wildlife Forensic Service Laboratory*). Comme l'identification du bois par la méthode DART-TOFMS ne nécessite que le prélèvement d'une petite tranche de bois pour obtenir l'empreinte chimique qui est la base de l'identification, les spécimens de Xylarium sont en effet le matériau de référence idéal. Un protocole automatisé est proposé pour déterminer les paramètres de prétraitement conduisant à la plus grande précision de classification et plusieurs espèces de groupes similaires sont analysées. Nous donnons également la première indication vers l'utilisation des empreintes chimiques des cernes de croissance d'arbres tropicaux pour déterminer la provenance géographique.

Le pouvoir calorifique et la teneur en cendres des branches, de la tige, de la repousse (recrû) et de la souche restante ont été déterminés pour plusieurs espèces du bassin du Congo. Les traits fonctionnels au stade de semis et les traits architecturaux sur les grands arbres ont été mesurés sur le terrain. Pour le genre *Erythrophleum*, le cadre intégré a été appliqué, combinant les caractéristiques du bois et des feuilles et les mesures écophysiologicals sur les branches. Des collections géoréférencées ont été utilisées pour délimiter la répartition des espèces et examiner l'évolution des niches. Les résultats ont montré que la spéciation écologique à travers le climat a joué un rôle clé dans l'évolution des espèces d'*Erythrophleum*. La distribution différentielle et la niche

climatique de l'espèce indiquent une divergence adaptative le long des gradients de pluie, qui a probablement été stimulée par les fluctuations climatiques passées. Aussi, la distribution des biomes de la forêt et de la savane à travers l'Afrique a été étudiée et modélisée à l'aide d'informations floristiques. Deux gradients environnementaux majeurs ont été identifiés à travers l'Afrique, avec un fort chevauchement entre forêts et savanes sur le gradient de précipitation / aridité, et une forte partition des savanes du nord et du sud sur le gradient de température / élévation. Bien que certains genres d'arbres transcendent les deux biomes, la répartition des genres ou espèces « spécialistes » (caractéristiques) et « généralistes » des forêts et des savanes a par ailleurs confirmé la spécificité floristique des biomes des forêts et des savanes et démontré pour la première fois la composition du mélange de la zone de bistabilité, avec seulement quelques espèces généralistes.

Par ailleurs, des échantillons d'herbier géoréférencés ont été utilisés pour dériver des données phénologiques et examiner les variations à grande échelle de la floraison. La phénologie dérivée des herbiers a d'abord été validée à l'aide des observations disponibles sur le terrain pour les essences de bois, surveillées dans plusieurs sites à travers l'Afrique centrale, principalement dans les concessions forestières, mais aussi à partir de collections historiques, par exemple, de la Réserve de Biosphère de Luki, en République démocratique du Congo. De vastes collections, des données scientifiques archivées et des travaux de terrain bien dirigés ont permis une analyse informative de 150 espèces de forêt tropicale, y compris leur accroissement évalué par différents moyens. En plus, un arbre phylogénétique daté à grande échelle d'angiospermes a été construit. Un tel cadre est utilisé pour évaluer les relations évolutives entre les espèces, mais il fournit également un outil utile pour optimiser l'évolution de traits morphologiques, anatomiques ou physiologiques spécifiques (par exemple, la taille des vaisseaux du bois), résoudre des questions éco-évolutives ou prédire des caractéristiques des traits reconnus basées sur la position d'une espèce dans une certaine lignée ou un certain groupe (approche par ancêtre commun la plus récente).

Le Xylarium de Tervuren et l'Herbier de Meise sont le résultat de plus d'un siècle d'échantillonnage intense en Afrique centrale. Ce sont désormais de loin les deux plus importantes collections botaniques de référence au monde pour l'Afrique tropicale. Les collections ont joué un rôle crucial lors de l'exploration de l'Afrique et ont constitué la base de la botanique, de l'agronomie et de la foresterie d'Afrique centrale. Au cours des dernières décennies, ces deux collections ont connu un intérêt international considérablement renforcé en raison de leur pertinence reconnue pour la recherche sur le changement climatique, le développement économique et l'application des lois et règlements relatifs à la conservation de la nature. A ce propos, et compte tenu de leur immensité, de l'étendue spatiale qu'elles couvrent et de la diversité taxonomique qu'elles contiennent, ces collections représentent des sources de données uniques. Dans le contexte actuel d'énormes difficultés logistiques liées à la collecte de nouveau matériel d'étude en Afrique, leur valeur continue de croître et demeure pertinente pour notamment les deux grands enjeux politiques: le changement climatique et le trafic d'animaux sauvages et de la flore où le bois représente la marchandise avec plus du volume.

Bien que les collections soient physiquement séparées et conservées dans deux institutions différentes, elles sont naturellement regroupées à travers le partage de milliers de spécimens constitués du bois dans le Xylarium de Tervuren ainsi que des feuilles, des fleurs et des fruits dans l'Herbier de Meise. Le projet HERBAXYLAREDD a montré que le contenu de l'information est très complémentaire et que le lien entre les deux collections renforce considérablement leur valeur

scientifique respective dans un contexte actuel de besoin urgent de disposer des données sur l'évolution des forêts d'Afrique centrale.

KEYWORDS

Xylarium, Herbar, écologie des forêts tropicales, gestion des forêts tropicales, technologie du bois, patrimoine scientifique