

RIEDER Camille (2021): Investigating novel Oxalate-Carbonate Pathways linked to Tropical Dry Evergreen Forest reforestation efforts in Tamil Nadu, India

RÉSUMÉ

Au vu du changement climatique et l'accumulation de CO₂ comme gaz à effet de serre, la promotion de son stockage en puits de carbone sera inévitable. Il est possible de le faire dans les sols sous forme de carbone inorganique (SIC), notamment via la Voie Oxalate-Carbonate (VOC). Les arbres oxalogènes stockent une partie de leur carbone sous forme d'oxalate de calcium (CaOx), qui relâché dans le sol, devient une source de carbone et d'énergie pour les bactéries oxalotrophes. Le métabolisme augmente alors le pH du sol, permettant au carbonate de calcium (CaCO₃) de précipiter. Ce phénomène, surtout visible en milieu tropical, est un argument à la reforestation. Dans le sud-est de l'Inde, la forêt tropicale sèche sempervirente (FTSS) a quasiment disparu. Ce travail vise à explorer la VOC dans le cadre d'un projet de revitalisation de cette forêt, à Sadhana Forest India (SFI). Pour ce faire, quatre individus de quatre espèces d'arbres ont été sélectionnés pour des analyses : *Lepisanthes tetraphylla*, *Sapindus emarginatus*, *Diospyros ebenum* et *Artocarpus heterophyllus*. Dans la végétation, le CaOx a été observé par microscopie électronique à balayage et quantifié par kit enzymatique. Des analyses CHN, isotopiques du C inorganique et total du sol et de la végétation ont été conduites. Le pH, le taux de carbonate, la CEC (capacité d'échange cationique), la minéralogie, la composition élémentaire et le taux de fer et d'aluminium ont été mesurés dans les sols adjacents aux arbres, dans des sols contrôles et dans certains sols à l'intérieur de troncs creux. Les bactéries oxalogènes ont été recherchées par Polymerase Chain Reaction (PCR) et par séquençage du gène *frc*. Pour établir une carte de la végétation et mesurer la diversité végétale, 46 relevés botaniques ont été effectués. A SFI, 218 espèces végétales ont été déterminées, dont 43 spécifiques à la FTSS et 41 oxalogènes. La végétation a été séparée en trois communautés de caractéristiques distinctes. Le CaOx a été observé dans tous les tissus des quatre espèces. Une augmentation de la CEC, du pH et du taux de carbonate était visible dans le sol du tronc creux de *L. tetraphylla*, *S. emarginatus* et *D. ebenum*, mais aucune différence significative n'était visible entre leur sol adjacent et leur sol contrôle. Des bactéries oxalotrophes, au total 54 genres, ont été détectées autour des trois mêmes arbres, y compris dans les sols contrôles. Il est supposé que l'absence de différences entre sols adjacents et contrôles est due à l'âge et la masse des arbres, aux conditions environnementales, et probablement à la mousson. Les éléments participant à une VOC active, et la présence de celle-ci à l'intérieur de troncs creux, indiquent que la pluie dissout les carbonates, les amenant jusqu'au Golfe du Bengale par percolation. Ce phénomène n'a pas pu être quantifié. Ces espèces sont donc utiles à la reforestation, y compris *A. heterophyllus*, malgré les informations réduites sur sa VOC uniquement aérienne jusqu'à preuve du contraire. Cette étude est la première qui met en avant la présence d'une VOC prenant place avec des espèces de la FTSS, confirmant l'importance de la reforestation de cette forêt pour la création de puits de carbone inorganique et organique.

Mots-clés : puits de carbone inorganique, VOC, forêt tropicale sèche sempervirente, reforestation, Inde, biominéralisation, bactéries oxalotrophes, communautés végétales, phytosociologie.

ABSTRACT

In view of climate change and the accumulation of CO₂ as a greenhouse gas, the promotion of its storage as a carbon sink will be inevitable. This can be done in soils in the form of inorganic carbon

(SIC), in particular via the Oxalate-Carbonate Pathway (OCP). Oxalogenic trees store their carbon in the form of calcium oxalate (CaOx), which released to the soil becomes a source of carbon and energy for oxalotrophic bacteria. The metabolism therefore increases the soil pH, allowing calcium-carbonate (CaCO₃) to precipitate. This phenomenon, especially prevalent in tropical environments, is an argument for reforestation. In south-eastern India, the tropical dry evergreen forest (TDEF) has almost disappeared. This work aims to explore the OCP in the context of a revitalisation project of this forest, Sadhana Forest India (SFI). For this purpose, four individuals of four tree species were selected for analyses: *Lepisanthes tetraphylla*, *Sapindus emarginatus*, *Diospyros ebenum* and *Artocarpus heterophyllus*. In the vegetation, calcium oxalate was observed by scanning electron microscopy and quantified by enzymatic kit. Inorganic and organic C isotopic analyses and CHN analyses of soil and vegetation were conducted. Carbonate content, pH, cation exchange capacity (CEC), mineralogy, elemental composition and iron and aluminium content were measured in soils adjacent to the trees, control samples away from the tree and some soils inside of hollow trunks. The presence of oxalotrophic bacteria was confirmed by Polymerase Chain Reaction (PCR) and by sequencing of the *frc* gene. To map the vegetation and measure plant diversity, 46 botanical surveys were conducted. At SFI, 218 plant species were determined, of which 43 were specific to TDEF and 41 oxalogenic. The vegetation was separated into three communities with distinct characteristics. Calcium oxalate was observed in all tissues of the four species. An increase in CEC, pH and carbonate levels was visible in the hollow trunk soil of *L. tetraphylla*, *S. emarginatus* and *D. ebenum*, but no significant differences were visible between the adjacent and control soils. Oxalotrophic bacteria, in total 54 genera, were detected around the same three trees, including in the control soil. It is hypothesised that the lack of differences between adjacent and control soils is due to tree age and mass, environmental conditions, and probably the monsoon. The elements involved in active OCP, and the presence of it within hollow trunks, indicate that rain dissolves carbonates, carrying them to the Bay of Bengal by percolation. This phenomenon could not be quantified. These species are therefore useful for reforestation, including *A. heterophyllus* despite the limited information on its only aerial OCP, until proven otherwise. This study is the first to show the presence of an OCP taking place with species from the TDEF, confirming the importance of reforestation of this forest for the creation of inorganic and organic carbon sinks.

Keywords: inorganic carbon sink, OCP, tropical dry evergreen forest, reforestation, India, biomineralisation, oxalotrophic bacteria, plant communities, phytosociology.