REFORESTER LES TROPIQUES SEMI-ARIDES ? ENJEUX, CONTRAINTES ET OPPORTUNITÉS CLIMATIQUES DANS LA PERSPECTIVE DU CHANGEMENT GLOBAL PAR AMÉLIE RAJAUD

Présentée par : Amélie RAJAUD Discipline : météorologie, océanographie physique de l'environnement Laboratoire : LSCE

Résumé :
De nombreux projets de protection et de reforestation sont mis en place à l'échelle internationale pour enrayer la déforestation croissante. L'objectif de ce travail de thèse est de mieux caractériser les contraintes et les opportunités de projets de reboisement, pour les régions tropicales semi-arides, particulièrement vulnérables, dans le contexte du changement climatique global. La revue de littérature (chapitre 1) confirme que les projets de reforestation ayant vocation à atténuer le réchauffement climatique ont plus de chances de réussite sous les latitudes tropicales, où les différents effets de la végétation sur le climat convergent dans ce sens. Entreprise pour satisfaire divers services écosystémiques, la reforestation dans les zones tropicales semi-arides est ainsi porteuse d'effets bénéfiques tant globalement que localement. Cependant, dans ce contexte très limité en eau, l'implantation d'un couvert arboré trop dense pourrait avoir des effets opposés à ceux recherchés à long terme. Dans le chapitre 2, une approche «bioclimatique » est appliquée à un ensemble multi-modèle de projections, pour suivre l'évolution du domaine tropical
semi-aride global sous l'effet de plusieurs scénarios (RCP) de changement climatique. Ce domaine se maintient en majeure partie dans les conditions futures. Une certaine proportion évolue toutefois vers des conditions soit plus arides (jusqu'à +25% du

domaine global) soit plus humides (jusqu'à 11%). Malgré cela, le domaine étudié s'accroît entre le
début et la fin du 21e siècle, jusqu'à 13% en moyenne (RCP 8.5). Ceci résulte d'un élargissement progressif en-dehors de la ceinture tropicale, corrélé avec le réchauffement global, et cohérent avec l'hypothèse d'un élargissement de la circulation de Hadley. La méthodologie proposée au chapitre 3 a pour objectif d'analyser les implications de cette
évolution sur le potentiel climatique de maintien d'un couvert arboré. L'utilisation d'un modèle global de végétation (ORCHIDEE, développé à l'IPSL) pour simuler ce potentiel permet de prendre en compte de manière mécaniste les facteurs climatiques de la croissance des plantes. Une typologie des profils de résultats délimite des sous-régions caractérisées chacune par une relation distincte du développement des arbres à la densité du couvert. Les cinq "régimes" de la typologie sont ainsi classés du plus défavorable (régime 1) au plus favorable (régime 5). L'expérience de référence est réalisée à partir de données d'observation (CRU). Le régime 1, caractérisé par l'absence de maintien
d'un couvert pour les plus hautes densités arborées, occupe près de la moitié du domaine étudié. Le second régime le plus représenté est le régime 4 (28% du domaine). Plus favorable, il est défini par un développement des arbres élevé, sans être maximal, pour toutes les densités arborées. Le potentiel arboré de chaque régime est caractérisé par son
optimum : fraction arborée réalisant le meilleur compromis entre productivité du peuplement et développement des arbres. L'application de cette méthodologie à des projections climatiques futures, pour le RCP 8.5, fait l'objet du chapitre 4. Le modèle ORCHIDEE est forcé avec des sorties de modèles de climat, pour le début et la fin du 21e siècle. A la fin du siècle, le régime 1 ne représente plus que 25% du domaine total, en moyenne, tandis que le régime 4 devient prépondérant (49% du domaine). La stabilité du potentiel arboré intrinsèque à chaque régime permet d'interpréter une évolution vers un régime plus ou moins favorable comme une augmentation ou une diminution de ce potentiel. Or celui ne subit pas la diminution générale que l'augmentation de l'aridité laissait présager. Une expérience complémentaire montre que la raison en tient principalement à l'effet de fertilisation du CO2 atmosphérique. L'interprétation de ces résultats montre ainsi que les zones du domaine tropical semi-aride dans lesquelles une reforestation serait à déconseiller sont assez peu étendues.

Abstract :
In the face of evergrowing global deforestation, numerous forest protection and restoration projects have been deployed at the international scale. The goal of this thesis

is to provide adaptation planning in the vulnerable tropical semi-arid regions with scientific material about reforestation project constraints and opportunities at the global scale, in
the context of climate change. The literature review (chapter 1) confirms that reforestation projects aimed at warmingmitigation hold a better chance of success under tropical lattitudes. Indeed, both biochemical and biophysical effects of the vegetation on climate converge toward a global cooling effect. As reforestation in tropical semi-arid regions aims at satisfying various ecosystemic services, it holds beneficial promises at both the global and the local scale. However, due to scarce water resources, implementing a tree cover in semi-arid conditions could turn out unsustainable in the long run. A bioclimatological is applied, in chapter 2, to a multimodel ensemble of projections in order to draw the evolution of global tropical semi-arid territory under several climate change scenarios (RCP). The present tropical semi-arid territory is expected to remain mostly so in future conditions. However, up to 25% of the this territory on average will evolve towards arider conditions, and up to 11% towards wetter conditions. Nevertheless, the tropical semi-arid territory will increase by the end of the 21st century, by up to 13% on average (RCP 8.5). This increase results from a migration outside of the tropical belt, consistent with the Hadley circulation widening hypothesis under climate change. Chapter 3 proposes a methodology aimed at analysing the implications of this evolution for the climatic potential of tree cover sustainability. The global vegetation model (ORCHIDEE, developed at IPSL), used to simulate this potential, accounts mechanistically for all the climatic factors of the plant's growth. A typology of result profiles from the simulation experiments partitions the territory into subregions characterized by a specific relation between the tree development and the tree cover density: five types range from the least (Type 1) to the most (Type 4) favourable ones. A reference experiment is performed using observational climate data (from the Climatic Research Unit). Covering almost half of the territory, Type 1 is characterized by the impossibility to maintain a tree cover for the highest cover densities. The second type in order of surface occupation is Type 4 (28% of the territory). More favourable, it is characterized by high tree development for any tree cover density. The "tree cover potential" of each type is characterized by its optimum: the tree cover density that realises the best compromise between tree development and total productivity. In Chapter 4, the same methodology is applied to future climate projections for RCP 8.5. The ORCHIDEE model is thus forced with global climate model outputs, for the beginning and the end of the 21st century. By the end of the century, Type 1 represents no more than 25% of the tropical semi-arid territory on average, while Type 4 becomes the dominant one (49% of the territory). Because of the stability of the tree cover potential whithin each type, the evolution toward a more or less favourable type can be directly

interpreted in terms of an increasing or a decreasing potential. The results show that the tree cover potential in the tropical semi-arid territory does not systematically suffer from the general decrease that could be expected from increasing aridity. A complementary experiment suggests that the main reason for this result lies is the atmospheric CO2 fertilization effect. Interpreting these results for reforestation strategy recommandations, suggests that, for the long term, areas of the tropical semi-arid territory where reforestation would be advised against are overall relatively small.

INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES

Mme Nathalie DE NOBLET, Directeur de recherche, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines - Laboratoire LSCE - Directeur de these
M. Eric MOUGIN, Directeur de recherche, Université Toulouse III Paul Sabatier - Rapporteur
M. Pierre CAMBERLIN, Professeur des universités, Université de Bourgogne - Rapporteur
M. Benjamin SULTAN, Directeur de recherche, Université Pierre et Marie Curie - Examinateur
Mme Alberte BONDEAU, Chercheur, Université Aix-Marseille - Examinateur
M. Jean-Paul VANDERLINDEN, Professeur des universités, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines - Laboratoire CEARC - Examinateur
Mme Aurélie BOTTA, Chargée de recherche, CIRAD - Examinateur

Contact : dredval service FED : theses@uvsq.fr