



RECHERCHES EN ECONOMIE ET SOCIOLOGIE RURALES

Une analyse empirique de la transition forestière et des changements d'usage des sols dans les pays en développement

Le concept de transition forestière permet d'appréhender les dynamiques d'évolution du couvert forestier d'un pays au cours de son développement économique. L'objectif de nos recherches est de montrer l'intérêt de ce concept pour analyser la déforestation cumulée sous deux aspects : en termes de déroulement du processus de déforestation via l'étude du moment où il prend fin dans une économie qui se développe ; en termes quantitatifs via l'étude de la surface totale de terres déboisées dans le pays au moment où la déforestation cesse. En outre, l'analyse empirique de la transition forestière permet de tirer d'importantes conclusions utiles aux décideurs publics, en particulier dans le domaine des politiques de lutte contre la déforestation. Le résultat de ces recherches montre que le développement économique des pays et l'amélioration de la qualité des institutions jouent un rôle crucial dans la déforestation à long terme. Nos résultats suggèrent également que, selon leur valeur, les usages des sols pour l'agriculture et la forêt ne sont pas toujours en concurrence. Ces résultats fournissent de nouvelles perspectives pour les politiques publiques telles que REDD (Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation) et en particulier REDD+ dont le but est d'accroître les stocks de carbone forestier en revalorisant les forêts sur pied par rapport à l'agriculture.

Analyses empiriques macroéconomiques de la déforestation et transition forestière

La déforestation constitue un problème environnemental majeur dans les régions tropicales en développement. Quatrième source d'émissions de gaz à effet de serre au niveau mondial (estimées entre 5,5 et 10,8 milliards de tonnes de CO₂ par année), la déforestation contribue au changement climatique. Elle génère également d'importantes pertes de biodiversité, et des dégradations environnementales locales, tels que l'érosion des sols, ou des modifications climatiques régionales.

Les économistes de l'environnement ont investi cette thématique depuis plusieurs décennies (voir la revue de la littérature sur le sujet, publiée par Angelsen et Kaimovitz en 1999),

cherchant en particulier à comprendre les causes directes et sous-jacentes de la déforestation tropicale, afin de mieux la contenir. Les recherches poursuivies ont employé un spectre important de méthodologies et d'approches, qu'elles soient microéconomiques ou macroéconomiques, théoriques ou empiriques, analyses statiques et dynamiques.

Parmi ces différents travaux, un champ de recherche important porte sur les analyses macroéconomiques empiriques de la déforestation. Malgré des données de déforestation de qualité discutable, ces travaux ont le mérite de dégager les grandes tendances au niveau des pays. L'objectif est ici de chercher à comprendre, au-delà des particularités de chaque pays, quelles sont les principales causes communes de la déforestation tropicale (voir le tableau 1 pour une liste des études les plus récentes).

Tableau 1 – Quelques études récentes des causes macroéconomiques de la déforestation

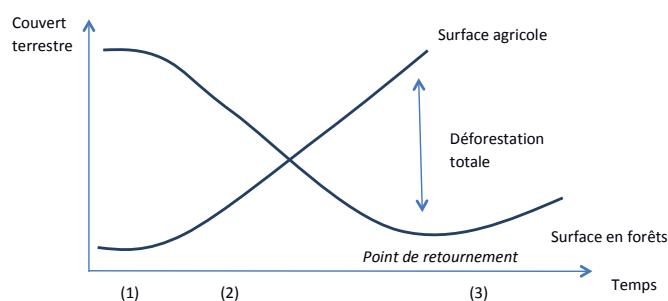
Auteurs	Journal	Variable d'intérêt
Nguyen et Azomahou (2007)	Journal of Development Economics	Courbe environnementale de Kuznets (PIB)
Arcand et al. (2008)	Journal of Development Economics	Taux de change réel
Combes et al. (2009)	Ecological Economics	Politiques publiques
Damette et Delacote (2011)	Ecological Economics	Production de bois
Chiu (2012)	Canadian Journal of Agricultural Economics	Courbe environnementale de Kuznets (PIB)
Culas (2012)	Ecological Economics	Courbe environnementale de Kuznets (PIB)
Busa (2013)	Ecological Economics	Courbe environnementale de Kuznets (PIB)
Galitano et Galitano (2013)	Ecological Economics	Corruption
Heilmayr (2014)	Ecological Economics	Plantations

Ces travaux se distinguent par leurs approches méthodologiques (techniques économétriques), ou par leurs variables d'intérêt (sur quels facteurs de la déforestation l'étude se penche-t-elle ?).

Ces recherches empiriques et macroéconomiques se focalisent sur une approche périodique de la déforestation : la variable que l'on cherche à expliquer sera le taux de déforestation annuel (voire un taux moyen sur cinq années). Pour autant, un pays peut connaître un épisode de déforestation intense, mais si cet épisode est suffisamment court, la déforestation totale dans ce pays ne sera pas nécessairement très importante. Une analyse complémentaire qui s'impose est donc de réfléchir à la déforestation de manière cumulée, c'est-à-dire sur l'ensemble de l'épisode de déforestation du pays considéré.

Le concept de transition forestière permet une telle approche. Apparue d'abord dans la littérature géographique (Mather, 1992), la transition forestière décrit l'évolution du couvert forestier que connaît généralement un pays au cours du temps. Elle se résume sous la forme d'une courbe en J inversée (figure 1), décrivant trois stades : (1) une phase de couvert forestier élevé et une faible déforestation ; (2) une phase de déforestation rapide et une réduction du couvert forestier ; (3) une stabilisation et un éventuel accroissement du couvert forestier. Le point de transition entre les phases 2 et 3 s'appelle le point de retournement, et représente la fin de l'épisode de déforestation du pays.

Figure 1 – Transition forestière et changement d'usage des terres



Deux grands sentiers peuvent expliquer la forme de la courbe de transition forestière. Premièrement, le sentier de développement économique souligne que le développement d'un pays passe souvent par le biais de l'abondance relative d'un facteur de production. Ainsi, une surface forestière impor-

tante représente aussi un réservoir potentiellement important de surfaces agricoles (surtout si les forêts ne sont pas exploitées économiquement). A mesure que le secteur agricole se développe et s'intensifie, les besoins en terre sont de moins en moins importants. Une fois un certain niveau de développement atteint, d'autres secteurs économiques se développent, tels que l'industrie ou les services, ce qui réduit encore les besoins en terres agricoles.

Deuxièmement, le sentier de rareté peut expliquer cette dynamique. Au début de la transition forestière, les forêts sont relativement plus abondantes que les terres agricoles, et donc moins valorisées marginalement. A mesure que les terres forestières sont converties à l'agriculture, les valeurs marginales des deux usages de la terre se rapprochent, jusqu'à s'égaliser au point de retournement.

Cette description générale de la transition forestière ne constitue nullement une prédiction de la manière dont le couvert forestier d'un pays évolue au court du temps. En effet, derrière cette évolution globale se cache un grand nombre de particularités propres à chaque pays, telles que la durée des différentes phases ou le volume de déforestation cumulée.

Un des intérêts principaux de ce concept est qu'il permet de considérer la durée de l'épisode de déforestation, ainsi que la déforestation cumulée du pays considéré. L'objectif de cette étude est justement de comprendre quels sont les facteurs structurels qui influencent (1) la durée de la phase de déforestation des pays (en étudiant la probabilité d'occurrence du point de retournement), et (2) la déforestation cumulée (en se penchant sur le couvert forestier restant, une fois ce point de retournement atteint).

Stratégie d'analyse de la transition forestière

L'analyse développée ici repose sur l'hypothèse que l'apparition d'un point de retournement et le niveau de déforestation sont deux questions différentes bien que corrélées. Nous pouvons en effet nous attendre à ce que la fin de la déforestation nette soit liée à un niveau très bas de la couverture forestière dans un pays. Par ailleurs, les déterminants des usages du sol sont susceptibles d'être différents selon que le pays a expérimenté une transition forestière ou est encore dans une phase de déforestation. En outre, plusieurs facteurs expliquent simultanément l'apparition d'un point de retournement et la répartition des usages des terres. Notre modèle économique est basé sur les modèles d'allocation des terres. Le cadre économique servant de base à l'analyse économétrique de la transition forestière et des changements d'usages des terres est décrit dans l'encadré 1.

Encadré 1 : Modéliser la probabilité de point de retournement pour la déforestation

Considérons un pays i que l'on représente comme un ensemble de n_j unités de terre accessibles à J propriétaires fonciers. Le choix de l'usage de chaque unité de terre par le propriétaire j s'effectue sur la base de la comparaison des niveaux de profit entre tous les usages possibles l et à chaque période t . Nous désignons par V_{ijt}^l ce profit. Une unité de terre en usage l' sera convertie en usage l à la période t si la condition suivante est satisfaite :

$$V_{ijt}^l > \max_{l' \neq l} (V_{ijt}^{l'}) + C_{ijt}^l \quad \forall l, l' = 1, \dots, L$$

avec C_{ijt}^l représentant tous les coûts liés à la conversion d'usage l' à l , et L le nombre d'usages possibles des sols. Nous pouvons ainsi écrire une règle de conversion d'une unité de terre comme :

$$n_{ijt}^l = \begin{cases} +1 & \text{si } V_{ijt}^l > \max_{l' \neq l} (V_{ijt}^{l'}) + C_{ijt}^l \quad \forall l, l' = 1, \dots, L \\ -1 & \text{si } V_{ijt}^{l'} > V_{ijt}^l - C_{ijt}^{l'} \quad \forall l, l' = 1, \dots, L \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

En agrégeant les différentes surfaces de terre des différents propriétaires, la surface totale convertie en usage l est alors $N_{it}^l = \sum_j n_{ijt}^l$. Ainsi, on observe un accroissement de la surface forestière (F) dans un pays i lorsque : $N_{it}^F \geq 1$.

Dans un pays i connaissant une phase de déforestation $N_{it}^F < 0$, sur les périodes $t = 1, \dots, T_i - 1$, un point de retournement sera observé à la date T_i lorsque $N_{it}^F \geq 1$.

Notre analyse porte sur 57 pays en développement, dont 11 ont atteint un point de retournement sur la période allant de 1990 à 2010. L'approche empirique retenue consiste en une estimation en deux étapes. D'abord, la probabilité d'un point de retournement pour la déforestation est estimée par un modèle adapté aux variables dépendantes binaires (modèle probit) et aux données de panel. Dans un second temps, les parts d'usages de sol sont estimées simultanément dans chacun des deux régimes (phase de déforestation ou non), en corrigeant le biais de sélection potentiel lié au changement de régime, car la répartition des sols entre les différents usages dépend de la phase de déforestation ou de reforestation dans laquelle se trouve le pays. De plus, l'usage de méthodes économétriques adaptées aux données de panel nous permet d'estimer la dynamique de changement des usages de sols pendant les phases de déforestation et de reforestation.

L'intérêt majeur de notre approche est la possibilité d'identifier des différences dans les déterminants des variations d'usages des terres, selon qu'un pays a atteint un point de retournement ou non. Par exemple, certains facteurs peuvent avoir un impact différent selon le niveau de développement des pays. Le PIB par habitant illustre bien cette possibilité lorsqu'il est considéré dans le cadre de la courbe environnementale de Kuznets.

Nous avons mené notre estimation sur les données de la FAO pour la période 1990-2010 (FRA2010). Les variables explicatives sont le développement économique mesuré par le niveau de PIB par habitant et son taux de croissance annuel, la qualité des institutions prise en compte par un indice de contrôle de la corruption fourni par la Banque Mondiale, et la pression démographique mesurée par la densité de population et son taux de croissance annuel. Enfin le taux de change réel est utilisé comme proxy du commerce international.

Les facteurs explicatifs de la fin de la déforestation d'un pays et de sa déforestation cumulée

Nous testons tout d'abord l'existence des sentiers de développement et de rareté. Nos résultats empiriques soulignent qu'un pays ayant un PIB par habitant élevé a une probabilité plus forte d'atteindre son point de retournement. Conformément à la courbe environnementale de Kuznets, le PIB semble être un facteur clé dans le phénomène de transition forestière. Ce résultat tend à corroborer l'idée qu'un

développement économique plus rapide permet un épisode de déforestation plus court dans un pays. En revanche, la croissance économique ne semble pas avoir une influence significative sur le couvert forestier, une fois que le point de retournement est atteint. Ce résultat indique que le développement économique ne semble pas avoir d'impact sur la déforestation cumulée. Ce premier point est d'un intérêt particulier. En effet, certaines études trouvent que le développement économique a un effet sur la déforestation périodique (annuelle ou sur des périodes de cinq ans). Notre étude souligne, quant à elle, que cet effet ne se retrouve pas lorsque l'on s'intéresse à la déforestation cumulée : les pays à développement économique plus rapide semblent connaître des épisodes de déforestation plus courts (donc peut être plus intenses), mais qu'au total, la déforestation n'est pas forcément plus importante.

En ce qui concerne le sentier de rareté, nous mettons en évidence que l'étendue du couvert forestier en début de période d'étude a une influence négative sur la probabilité de connaître un point de retournement. Ce résultat nous indique qu'un pays disposant de ressources forestières abondantes a tendance à moins les valoriser, et que cette moindre valorisation induit une phase de déforestation plus longue.

Nos résultats indiquent aussi que la qualité des institutions a une influence notable sur la probabilité de mettre fin à la déforestation. En effet, on montre que lorsque le niveau estimé de corruption diminue, alors la probabilité de connaître un point de retournement est plus forte. Cela renforce donc l'importance du développement économique puisque la qualité des institutions est étroitement liée au développement d'un pays. Par ailleurs, pour les pays ayant connu une transition forestière, on observe un impact négatif de la qualité des institutions sur la part du couvert forestier. Comme cela a déjà été montré par certains auteurs, dans certains pays avec une faible qualité de leurs institutions, les investissements l'extraction des ressources peuvent être limités. Dans ce cas, l'amélioration de la qualité des institutions peut relancer les investissements et donc l'épuisement des ressources.

La croissance démographique semble également avoir un effet sur la durée de la transition forestière. Un pays connaissant une croissance démographique plus importante a tendance à connaître un épisode de déforestation plus long (une moindre probabilité d'occurrence du point de retournement du couvert forestier). Ce résultat s'explique

par les besoins en terre et en alimentation qu'induit une population plus importante. En outre, la densité de population a clairement un impact significatif et positif sur la déforestation cumulée au profit de l'agriculture, mais n'a plus d'impact pour les pays ayant connu une transition forestière. Ceci peut s'expliquer par le fait qu'une fois le point de retournement atteint, la population se densifie essentiellement dans les zones urbaines, ce qui a un moindre effet sur les usages forestiers et agricoles.

Le commerce international, que nous approchons via le taux de change réel, tend à influencer négativement la durée de la transition forestière. Quand l'activité économique du pays est essentiellement agricole, une dépréciation du taux de change réel a tendance à stimuler les exportations, ce qui induit une pression accrue sur les terres et donc un épisode de déforestation plus long. En revanche, une fois la transition forestière terminée, le taux de change réel ne semble pas avoir d'influence sur la déforestation cumulée : les échanges portent sur d'autres produits que les denrées agricoles, qui sont moins liés à l'usage du sol et donc à la déforestation.

En résumé, nous avons tenté de montrer qu'une analyse empirique de la transition forestière permet d'apporter des résultats complémentaires aux études précédentes qui se focalisaient sur la déforestation périodique. D'abord, nous avons montré le rôle essentiel du développement économique des pays dans la transition forestière, mais avec des effets différents au cours de leur développement. En

particulier, on peut penser qu'une phase de déforestation intense au début du développement d'un pays, si elle permet d'augmenter la richesse économique, pourrait bénéficier à la déforestation totale cumulée en obtenant des transitions forestières « plus vertes ». Nous avons ensuite précisément montré que les forêts sont converties en terres agricoles avec la pression démographique, mais que cela n'était plus vrai une fois le point de retournement atteint. Afin de contrôler ce processus, les politiques publiques visant à réduire la déforestation pourraient consister en la mise en œuvre de projets de zonage des usages des sols. Dans ce cadre, les terres sont classées sur la base de leurs meilleures utilisations, et donc les forêts primaires pourraient devenir des zones protégées, alors que les forêts de moindre valeur pourraient être affectées à l'agriculture. Ainsi, une zone forestière plus grande peut être conservée au cours du développement, en dépit de la croissance de la population. Enfin, nos résultats ont montré le rôle important de la valeur marginale des forêts pour mettre fin à la déforestation. Au cours du développement économique, l'expansion agricole se produit jusqu'à ce que la valeur marginale des forêts devienne supérieure à celle de l'agriculture, en raison de la rareté des forêts. L'augmentation de la valeur marginale des forêts est alors une question cruciale pour réduire la période de déforestation totale. Les programmes REDD+ qui offrent des paiements pour les stocks de carbone et la biodiversité sont un moyen de revaloriser les forêts sur pied de renverser les arbitrages habituels sur les usages du sol.

Julien Wolfersberger INRA, UMR 210 Economie Publique, F-78850 Thiverval-Grignon, France.

jwolfersberger@agroparistech.fr

Philippe Delacote INRA, UMR 0356 Economie Forestière, F-54000 Nancy, France et Climate Economics Chair, F-75002 Paris, France.

Philippe.Delacote@nancy.inra.fr

Serge Garcia (auteur de correspondance) INRA, UMR 0356 Economie Forestière, F-54000, Nancy, France.

Serge.Garcia@nancy.inra.fr

Pour en savoir plus

Angelsen A., Kaimowitz D. (1999). Rethinking the causes of deforestation: Lessons from economic models. *World Bank Research Observer*, 14(1): 73-98.

Jouvet P.-A., Wolfersberger J. (2015). Growth, green capital and public policies. Working Paper 1504, Chaire Economie du Climat.

Mather A. S. (1992). The forest transition. *Area*, 24(4):367-379.

Wolfersberger J., Delacote P., Garcia S. (2015). An empirical analysis of forest transition and land-use change in developing countries. *Ecological Economics*, 119(C): 241-251.

Wolfersberger J., Amacher G., Delacote P., Dragicevic A. (2014). The dynamics of deforestation and reforestation in a developing economy. Working Paper 1414, Chaire Economie du Climat.