

## Fiche 6.1

### Gérer les écosystèmes forestiers tropicaux dans un climat changeant

Bruno Locatelli, Jérôme Chave et Emmanuel Torquebiau

La gestion des écosystèmes forestiers tropicaux peut faciliter ou freiner les mécanismes écologiques d'adaptation, qui peuvent en retour contribuer à l'adaptation de la société. Leur gestion peut également contribuer à l'atténuation du changement climatique, par exemple par la réduction des émissions de la déforestation tropicale. De nouvelles façons de penser la gestion des écosystèmes et des paysages sont ainsi requises.

#### Description

Les forêts tropicales couvrent 10-14 millions de km<sup>2</sup> (Grainger, 2008). Mettant plusieurs centaines d'années à se structurer, elles sont extrêmement riches en biodiversité (par exemple plus de 20,000 espèces d'arbres en Amazonie selon Ter Steege *et al.*, 2013). Elles sont exploitées depuis longtemps pour leurs ressources par les communautés locales, mais l'impact majeur a été la transition vers une exploitation intensive à partir des années 1960. Les forêts tropicales sont affectées par la déforestation (estimée à 2.3 millions de km<sup>2</sup> pour la période 2000-2012), mais aussi par la dégradation (exploitation sélective et répétée pour le bois, impact de pathogènes ou de sécheresses) qui a une influence plus diffuse mais plus large (Gibbs *et al.*, 2007).

#### Gérer pour faciliter les mécanismes d'adaptation

Les forêts tropicales regroupent des écosystèmes complexes, riches en espèces et encore mal connus. Leur résilience aux changements climatiques (par exemple leur réponse à des événements de sécheresse prolongés) semble dépendre de leur niveau de biodiversité. Réduire les pressions anthropiques sur les forêts tropicales (par exemple la dégradation ou la fragmentation) est donc nécessaire pour favoriser les mécanismes écologiques d'adaptation. Les forestiers tendent de plus en plus à s'inspirer de systèmes naturels (par exemple de plantations à haute diversité), cela en dépit de compromis économiques en plus de défis de connaissances (Guariguata *et al.*, 2008).

#### Gérer pour contribuer à l'adaptation de la société

La société retire des écosystèmes d'importants services qui peuvent l'aider à s'adapter à la variabilité et au changement climatiques ou, plus généralement, à être plus résiliente face à des changements multiples. Par exemple les forêts tropicales fournissent des produits diversifiés aux communautés locales et constituent d'importants filets de sécurité, par exemple lorsque la production agricole est affectée par une sécheresse. Les arbres situés dans les parcelles agroforestières peuvent contribuer au maintien de la production sous un climat variable et à la protection des cultures contre les événements climatiques extrêmes. Les forêts tropicales contribuent à réguler le débit de base durant les saisons sèches et le débit maximal durant les événements pluvieux, ce qui est crucial pour l'adaptation dans les bassins versants en aval (Pramova *et al.*, 2012).

## **Gérer pour atténuer le changement climatique**

La déforestation et la dégradation forestière jouent un rôle important dans le cycle du carbone : elles contribuent pour environ 10 % des émissions de gaz à effet de serre (Canadell et Raupach, 2014). Un enjeu majeur est l'engagement de pays à réduire leurs émissions dues à la déforestation et la dégradation forestière (mécanisme REDD+). Ces négociations sous les auspices de la Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique ont le potentiel d'assurer une transition vers une gestion raisonnée des ressources forestières tropicales (Corbera et Schroeder, 2011).

## **Les bilans limités des stratégies actuelles**

Des stratégies de protection directe des forêts par la mise en place de zones de conservation ont été voulues par les acteurs politiques, souvent pour respecter des traités internationaux. Elles sont cependant rarement efficaces car ces zones de conservation sont *de facto* peu protégées et les capacités manquent pour le suivi sur le long terme. Certains partenaires industriels (filère bois et agroalimentaires) commencent à développer des mécanismes de réduction de la déforestation. Même si des outils légaux ont été mis en place, ainsi que des mécanismes de certification, le secteur forestier fonctionne encore rarement de manière durable dans les grands pays tropicaux producteurs de bois, en raison de la forte pression sur les coûts, et la difficulté d'assurer une traçabilité efficace. Une adaptation de cette gestion devrait passer par des mesures de suivi à haute performance (via par exemple la télédétection) qui permettrait d'évaluer plus précisément l'impact de la filière bois sur les écosystèmes naturels. Aujourd'hui plus de la moitié des forêts de l'Asie du Sud-est ont été dégradées par l'exploitation forestière, et par les conséquences indirectes (implantation humaine, feux de forêts massifs, conversion des forêts dégradées en projets agricoles). Même si des changements de pratiques sont mis en œuvre aujourd'hui, la reconstitution des écosystèmes perturbés sera longue.

## **Concilier des objectifs multiples**

Les trois objectifs de gestion des écosystèmes dans un contexte de changement climatique (figure) peuvent entrer en conflit. Par exemple, l'objectif de stockage du carbone grâce la reforestation tropicale peut conduire à privilégier des plantations forestières monospécifiques à croissance rapide qui peuvent avoir des impacts négatifs sur la disponibilité en eau ou sur la biodiversité et accroître la vulnérabilité aux feux ou aux ravageurs (Locatelli *et al.*, 2015). Concilier des objectifs multiples nécessite de pouvoir évaluer les conséquences de la gestion et de faire des choix informés, quelquefois en acceptant de sacrifier en partie l'un des objectifs relativement aux autres.

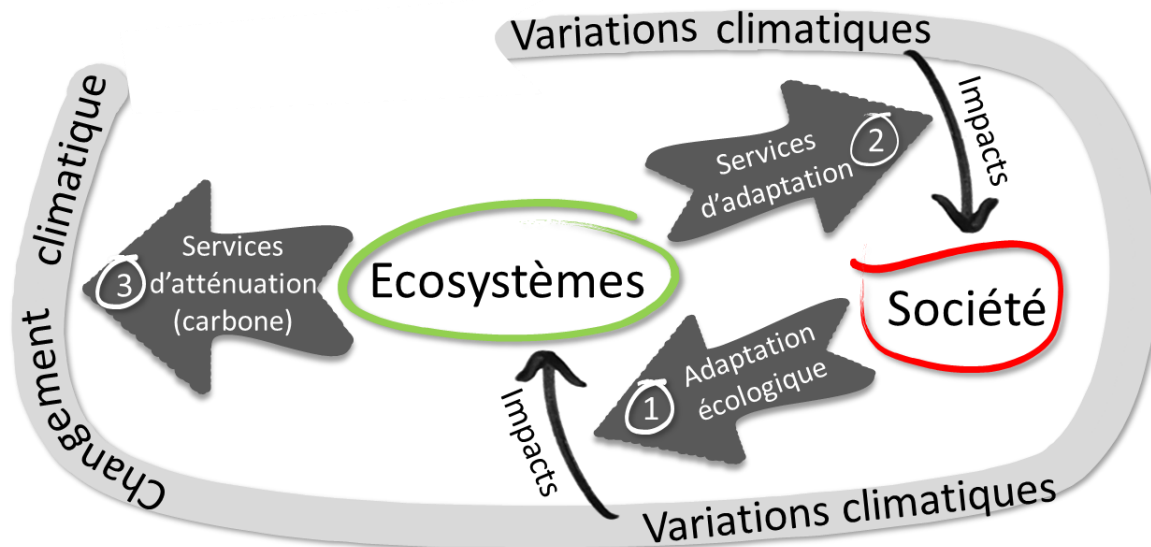


Figure – Les objectifs multiples de la gestion des écosystèmes dans un contexte de changement climatique : (1) faciliter l'adaptation écologique, (2) contribuer à l'adaptation de la société par la production de services écosystémiques pour l'adaptation, (3) atténuer le changement climatique par la production de services écosystémiques pour l'atténuation (stockage de carbone). La mise en œuvre de tels objectifs doit prendre en compte les considérations écologiques, sociales et économiques, et doit impliquer activement les partenaires industriels, les gouvernements et la société civile.

### Penser à l'échelle du paysage

La gestion des forêts tropicales doit se concevoir au niveau des paysages, compte tenu des interactions écologiques entre forêts et les autres usages du sol (par exemple flux d'eau ou de gènes), des interactions socioéconomiques (par exemple l'expansion agricole causant la déforestation) et de l'effet du paysage sur les mécanismes écologiques d'adaptation (par exemple l'influence des corridors biologiques sur la migration d'espèces). Mais quel aménagement privilégier ? Des espaces naturels protégés riches en biodiversité et carbone séparés des espaces de production agricole intensive (« land sparing » c'est-à-dire épargner la terre) ou un partage de la terre dans lequel cohabitent production agricole et préservation de la biodiversité avec des pratiques plus respectueuses de l'environnement (« land sharing ») (Phalan *et al.*, 2011) ? L'option « land sharing » (c'est-à-dire du partage de la terre) propose un paysage aménagé polyvalent qui combine production et conservation des écosystèmes, par exemple en associant des cultures et des arbres (agroforesterie), en juxtaposant des usages divers de la terre dans des mosaïques paysagères qui incluent des zones sauvages, en favorisant les infrastructures écologiques comme les haies, les ripisylves, les fossés de drainage et en respectant la variabilité topographique des lieux cultivés plutôt que d'uniformiser le paysage. Cette option présente des avantages dans un contexte de changement climatique (Torquebiau, 2015). Cependant les grands espaces protégés proposés dans le « land sparing » sont également importants pour garantir les mécanismes écologiques d'adaptation, protéger des réservoirs de biodiversité et conserver des services écosystémiques importants aujourd'hui ou dans le futur.

### Limites

Les énormes enjeux économiques que représente la conversion des terres aujourd'hui encore couvertes par la forêt tropicale expliquent pourquoi la déforestation reste aussi forte

aujourd'hui. En dépit de la mise en place de mécanismes de régulation, la plupart des modèles prédisent que les pressions économiques (en lien avec les biocarburants et l'industrie agroalimentaire) resteront fortes à l'avenir.

Les principales ressources forestières tropicales (bois, aliments de niche comme la noix du Brésil ou l'açai) sont rarement exploitées de manière durable. Les projets de certification pour la filière bois sont difficiles à mettre en œuvre, mais représentent un enjeu d'adaptation majeur en termes de gouvernance des forêts.

Le suivi de la déforestation tropicale est un problème notablement difficile, et la FAO gère des données produites par les Etats contributeurs qui sont très hétérogènes et souvent peu fiables. Pour la déforestation, les données de télédétection optique offrent un énorme potentiel en matière de suivi. Pour la dégradation, d'autres données de télédétection (LiDAR, radar) seront mobilisées dans les années à venir.

Les conséquences directes de la déforestation et de la dégradation forestière tropicale sur la biodiversité restent méconnues. On sait que les changements climatiques pourraient avoir un effet synergétique avec la déforestation mais on ne sait pas quantifier ces impacts, largement par manque d'outils pour effectuer des suivis temporels fiables et reproductibles.

La gestion des écosystèmes au niveau des paysages ne va pas de soi ; elle suppose souvent une action collective d'acteurs n'ayant pas forcément les mêmes intérêts. Des règles de gouvernance spécifiques sont donc nécessaires lorsque le paysage multifonctionnel fait partie d'un territoire où cohabitent des usages contrastés de la terre.

#### **La régénération naturelle assistée des arbres des champs au Niger.**

Une pratique traditionnelle bien connue des agriculteurs du Sahel consiste à protéger les arbres qui germent dans les champs et favoriser leur repousse à partir de rejets de souches. Une décision récente prise par le gouvernement du Niger de transférer les droits de propriété sur les arbres des pouvoirs publics aux propriétaires des champs a été un facteur déterminant qui a permis d'encourager la diffusion de cette pratique. Les paysages agroforestiers dans lesquels arbres et cultures sont associés couvrent désormais plusieurs millions d'hectares. Cette régénération naturelle assistée contribue à la sécurité alimentaire en créant un microclimat favorable aux cultures, en améliorant le fourrage destiné aux animaux, en réduisant la perte des couches arables fertiles et en augmentant les revenus. L'adaptation à la variabilité climatique se trouve renforcée par cette diversification. La forte teneur en matière organique du sol et présence de la biomasse arborée contribuent à l'atténuation des émissions de gaz à effet de serre.

#### **Références bibliographiques**

Canadell P. et Raupach M. (2014). Global carbon report: emissions will hit new heights in 2014. *ECOS*, 2014(199).

Corbera E. et Schroeder H. (2011). Governing and implementing REDD+. *Environmental science & policy*, 14(2) : 89-99.

Gibbs H. K., Brown S., Niles J. O., et Foley J. A. (2007). Monitoring and estimating tropical forest carbon stocks: making REDD a reality. *Environmental Research Letters*, 2(4) : 045023.

Guariguata M., Cornelius J., Locatelli B., Forner C., Sánchez-Azofeifa G.A. (2008). Mitigation needs adaptation: Tropical forestry and climate change. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, **13** : 793-808. doi:10.1007/s11027-007-9141-2

Locatelli B., Catterall C.P., Imbach P., Kumar C., Lasco R., Marín-Spiotta E., Mercer B., Powers J.S., Schwartz N., Uriarte M. (2015). Tropical reforestation and climate change: Beyond carbon. *Restoration Ecology* **23**(4) : 337-343. doi:10.1111/rec.12209

Phalan B., Onial M., Balmford A. et Green R. E. (2011). Reconciling food production and biodiversity conservation: land sharing and land sparing compared. *Science*, **333**(6047) : 1289-1291.

Pramova E., Locatelli B., Djoudi H., Somorin O. (2012). Forests and trees for social adaptation to climate variability and change. *WIREs Climate Change*, **3** : 581-596. doi:10.1002/wcc.195

Ter Steege, H. and more than 50 co-authors (2013). Hyperdominance in the Amazonian tree flora. *Science*, **342**(6156) : 1243092.

Torquebiau E. (2015). Whither landscapes? Compiling requirements of the landscape approach. In: Minang, P. A. et al. (eds.) (2015). *Climate-Smart Landscapes: Multifunctionality In Practice*. Nairobi, Kenya: World Agroforestry Centre (ICRAF).

---

**Bruno Locatelli**

Cirad Montpellier, France – Cifor Lima

[bruno.locatelli@cirad.fr](mailto:bruno.locatelli@cirad.fr)

**Jérôme Chave**

CNRS – Laboratoire Évolution et Diversité Biologique, UMR 5174, Université Paul Sabatier, Toulouse

[chave@cict.fr](mailto:chave@cict.fr)

**Emmanuel Torquebiau**

Cirad Montpellier

[emmanuel.torquebiau@cirad.fr](mailto:emmanuel.torquebiau@cirad.fr)



INSTITUT DE FRANCE  
Académie des sciences

# Les mécanismes d'adaptation de la biodiversité aux changements climatiques et leurs limites



**Rapport coordonné par**

**Sandra Lavorel, Jean-Dominique Lebreton et Yvon Le Maho**

27 juin 2017

# **« Les mécanismes d'adaptation de la biodiversité aux changements climatiques et leurs limites »**

*Rapport adopté par l'Académie des sciences en séance plénière le 27 juin 2017*

## **Table des matières**

### **Synthèse**

<b>Introduction – Le changement climatique comme facteur de modification de la biodiversité</b>	<b>p. 3</b>
<b>1. Évaluer les effets du changement climatique sur la biodiversité</b>	<b>p. 8</b>
<b>2. De l'observation des changements à la compréhension des mécanismes biologiques d'adaptation</b>	<b>p. 12</b>
<b>Conclusion</b>	<b>p. 14</b>
<b>Recommandations</b>	<b>p. 15</b>
<b>Références bibliographiques</b>	<b>p. 17</b>
<b>Annexe</b>	<b>p. 20</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Composition du Comité des sciences de l'environnement</li><li>- Composition de la Commission de relecture finale</li></ul>	
<b>Liste des fiches thématiques</b>	<b>p. 23</b>

### **Fiches thématiques**

# Fiches thématiques

## PARTIE I

### Les mécanismes biologiques d'adaptation aux changements climatiques

#### 1. Individu

1. Adaptations physiologiques chez les vertébrés – *Frédéric Angelier* p. 27
2. Mécanismes d'adaptation des plantes aux changements climatiques – *François Tardieu* p. 31
3. Mécanismes moléculaires d'adaptation aux changements climatiques : impacts de la génomique – *Michel Delseny* p. 35
4. Organismes du sol – *Jean-Luc Chotte* p. 41
5. Plasticité phénotypique – *Anne Charmantier* p. 45
6. Adaptations des insectes au changement climatique – *Jérôme Casas et Sylvain Pincebourde* p. 53

#### 2. Populations et échelle de temps

1. Réponses adaptatives au changement climatique – *Ophélie Ronce* p. 59
2. Mécanismes démographiques et génétiques – *Denis Couvet et Franck Courchamp* p. 63
3. Déplacement d'aire de répartition – *Isabelle Chuine* p. 69
4. Les fluctuations de la biodiversité dans le « temps long » : méthodes d'estimation et impact des climats – *Philippe Janvier* p. 73

#### 3. Écosystèmes

1. Mécanismes de réassemblage des communautés terrestres – *Wilfried Thuiller* p. 79
2. Mécanismes d'adaptation au niveau des écosystèmes marins – Réorganisation fonctionnelle des assemblages d'espèces et événements extrêmes – *David Mouillot* p. 83
3. Adaptation du fonctionnement des écosystèmes terrestres – *Sandra Lavorel* p. 87
4. La biodiversité des écosystèmes dulçaquicoles et le changement climatique – *Daniel Gerdeaux* p. 93
5. Les récifs coralliens peuvent-ils s'adapter au changement global ? – *Denis Allemand* p. 99
6. Mangrove, pressions anthropiques et climatiques – *François Fromard et Antoine Gardel* p. 105
7. Apport de la métagénomique pour évaluer la capacité d'adaptation du microbiote du sol aux changements environnementaux, notamment climatiques – *Pascal Simonet* p. 111



## PARTIE II

### Les activités de gestion et d'exploitation des écosystèmes

#### 4. Atténuation

1. Atténuation du changement climatique par les écosystèmes terrestres –  
*Nicolas Viovy* **p. 119**
2. Mécanismes d'atténuation du changement climatique par les processus biologiques  
– *Christophe Rabouille, Laurent Bopp et Marion Gehlen* **p. 123**

#### 5. Exploitation et gestion

1. Adaptation au changement climatique de l'agriculture – *Jean-François Soussana* **p. 127**
2. Gérer la biodiversité des sols pour améliorer la résilience des agrosystèmes et leur adaptation au changement climatique – *Patrick Lavelle* **p. 131**
3. L'approche écosystémique des pêches pour s'adapter à l'impact du changement climatique et de la surpêche en milieu marin – *Philippe Cury* **p. 135**
4. Gestion des forêts tempérées, changement climatique et biodiversité –  
*Jean-Luc Dupouey* **p. 139**
5. Agrobiodiversité, sélection locale, hybridation intra et interspécifique pour l'adaptation aux changements globaux – *Yves Vigouroux* **p. 143**

#### 6. Adaptation sociale

1. Gérer les écosystèmes forestiers tropicaux dans un climat changeant –  
*Bruno Locatelli, Jérôme Chave et Emmanuel Torquebiau* **p. 149**
2. Adaptation des sociétés au changement climatique *via* la biodiversité et les services écosystémiques marins et côtiers – *Harold Levrel* **p. 155**