



**HAL**  
open science

**Services écosystémiques et changement climatique:  
Pré-dossier de candidature à l'Habilitation à Diriger des  
Recherches (HDR)**

Bruno Locatelli

► **To cite this version:**

Bruno Locatelli. Services écosystémiques et changement climatique: Pré-dossier de candidature à l'Habilitation à Diriger des Recherches (HDR). 2012. cirad-00931872

**HAL Id: cirad-00931872**

**<https://hal.science/cirad-00931872>**

Submitted on 16 Jan 2014

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



# DOSSIER DE CANDIDATURE POUR L'HABILITATION A DIRIGER DES RECHERCHES

---



## Université Joseph Fourier à Grenoble

### **Candidat : Bruno Locatelli**

CIRAD (La Recherche Agronomique pour le Développement), Montpellier, France

CIFOR (Centre for International Forestry Research), Bogor, Indonésie

### **Tutrice : Sandra Lavorel**

Laboratoire d'Ecologie Alpine, UMR UJF - CCNRS 5553, Grenoble, France

**Novembre 2012**

## Sommaire

1.	Déroulement de carrière .....	3
2.	Formation .....	3
3.	Domaines d'intérêt.....	4
4.	Publications .....	4
4.1.	Articles dans des revues à facteur d'impact .....	4
4.2.	Articles dans des revues sans facteur d'impact .....	5
4.3.	Ouvrages.....	6
4.4.	Chapitres d'ouvrages .....	7
4.5.	Citations.....	7
5.	Encadrements.....	8
5.1.	Co-directions de thèses .....	8
5.2.	Comités de thèses.....	8
5.3.	Encadrement de mastères.....	8
6.	Enseignements .....	9
7.	Projets de recherche and financements .....	9
7.1.	Terminés .....	9
7.2.	En cours .....	9
8.	Interactions science-société.....	10
9.	Responsabilités administratives.....	11
10.	Autres activités.....	11
11.	Description de mes travaux.....	12
11.1.	Contexte et cadre conceptuel.....	12
	Changement climatique : adaptation et atténuation.....	12
	Services écosystémiques et bien être humain .....	13
	Services écosystémiques et changement climatique.....	15
	Cadre conceptuel .....	16
11.2.	Questions et activités de recherche .....	18
	Atténuation .....	18
	Services pour l'adaptation : Caractériser les services .....	20
	Services pour l'adaptation : Analyser les instruments .....	22
	Services multiples : Caractériser les services .....	23
	Services multiples : Analyser les instruments .....	26
	Impacts du changement climatique sur les écosystèmes: Caractériser les impacts .....	27
	Impacts du changement climatique sur les écosystèmes: Analyser les mesures.....	28
11.3.	Le futur .....	29

## Bruno Locatelli

Né le 15/01/1971

Chercheur au CIRAD,  
en poste au CIFOR (Indonésie)

---

<b>Contact</b>	Adresse postale:	Email:	bruno.locatelli@cirad.fr
	PO Box 0113 BOCBD	Tel:	+62 251 622 622 ext. 312
	Bogor 1600		
	Indonesia		

---

## 1. Déroulement de carrière

---

<b>Depuis 2001</b>	Chercheur dans l'unité de recherche « Biens et services écosystémiques des forêts » du département « Environnement et Société » du CIRAD (La Recherche Agronomique pour le Développement), Montpellier, France.
<b>Depuis 2008</b>	En poste au CIFOR (Centre International de Recherche Forestière) à Bogor en Indonésie. Chercheur dans le département « Environnement ». Responsable d'une des six unités de recherche du CIFOR, celle sur l'adaptation au changement climatique.
<b>Entre 2002 et 2007</b>	En poste au CATIE (Centre Agronomique Tropical de Recherche et d'Enseignement) à Turrialba au Costa Rica. Enseignant-chercheur dans le groupe « Changements Globaux ».
<b>De 2000 à 2001</b>	Consultant indépendant (France, Chili et Brésil).
<b>De 1996 à 1999</b>	Doctorant, CIRAD (France et Madagascar).

---

## 2. Formation

---

<b>2000</b>	Doctorat en Sciences de l'Environnement. ENGREF (Ecole Nationale du Génie Rural et des Eaux et Forêts), désormais appelée AgroParisTech (Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement). Ecole doctorale ABIÉS (Agriculture, Biologie, Environnement, Santé) ED 435.
<b>1995</b>	DEA en Hydrologie. Université de Montpellier 2 et ENGREF, Montpellier.
<b>1995</b>	Diplôme d'ingénieur du GREF. ENGREF, Paris. Disciplines principales : Foresterie, Hydrologie, Economie.
<b>1993</b>	Diplôme de l'Ecole Polytechnique. Ecole Polytechnique, Palaiseau, France. Disciplines principales : Mathématiques, Physique, Biologie.

---

### 3. Domaines d'intérêt

Services écosystémiques et changement climatique. Rôle des services écosystémiques dans l'adaptation de la société à la variabilité et au changement climatique. Vulnérabilité des forêts tropicales et de leurs services au changement climatique. Politiques et pratiques d'adaptation. Synergies entre adaptation et atténuation du changement climatique. Paiements pour services écosystémiques.

### 4. Publications

#### 4.1. Articles dans des revues à facteur d'impact

N°	Année	Référence	Facteur d'impact
1	A venir	Boissière M., <b>Locatelli</b> B., Sheil D., Padmanaba M., Ermayanti, forthcoming. Local Perceptions of Climate Variability and Change in Tropical Forests of Papua (Indonesia). <i>Ecology and Society</i> (accepted with revisions).	2.516
2	A venir	<b>Locatelli</b> B., Imbach P., Wunder S., forthcoming. Synergies and trade-offs between ecosystem services in Costa Rica. <i>Environmental Conservation</i> (accepted with revisions).	1.927
3	2013	Brockhaus M., Djoudi H., <b>Locatelli</b> B., 2013. Envisioning the future and learning from the past: Adapting to a changing environment in northern Mali. <i>Environmental Science &amp; Policy</i> 25: 95-106. doi:10.1016/j.envsci.2012.08.008	3.024
4	2012	Imbach P., Molina L., <b>Locatelli</b> B., Rouspard O., Mahé G., Neilson R., Corrales L., Scholze M., Ciais P., 2012. Modeling potential equilibrium states of vegetation and terrestrial water cycle of Mesoamerica under climate change scenarios. <i>Journal of Hydrometeorology</i> 13(2): 665-680. doi:10.1175/JHM-D-11-023.1	3.052
5	2012	Djoudi H., Brockhaus M., <b>Locatelli</b> B., 2012. Once there was a lake: Vulnerability to environmental changes in northern Mali. <i>Regional Environmental Change</i> . doi: 10.1007/s10113-011-0262-5	3.000
6	2012	Pramova E., <b>Locatelli</b> B., Djoudi H., Somorin O., 2012. Forests and trees for social adaptation to climate variability and change. <i>WIREs Climate Change</i> 3:581-596. doi: 10.1002/wcc.195	2.913
7	2012	Guariguata M.R., <b>Locatelli</b> B., Haupt F., 2012. Adapting tropical production forests to global climate change: risk perceptions and actions. <i>International Forestry Review</i> 14(1), 27-38. doi:10.1505/146554812799973226	1.288
8	2012	Pramova E., <b>Locatelli</b> B., Brockhaus M., Fohlmeister S., 2012. Ecosystem services in the National Adaptation Programmes of Action. <i>Climate Policy</i> 12(4): 393-409. doi: 10.1080/14693062.2011.647848	1.112
9	2011	<b>Locatelli</b> B., Imbach P., Vignola R., Metzger M.J., Leguía Hidalgo E.J., 2011. Ecosystem services and hydroelectricity in Central America: Modelling service flows with fuzzy logic and expert knowledge. <i>Regional Environmental Change</i> 11(2): 393-404. doi:10.1007/s10113-010-0149-x	3.000
10	2011	Bele M.Y., Somorin O. Sonwa D.J., Nkem J.N., <b>Locatelli</b> B., 2011. Forests and climate change adaptation policies in Cameroon. <i>Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change</i> 16: 369-385. doi:10.1007/s11027-010-9264-8	1.234
11	2011	Wertz-Kanounnikoff S., <b>Locatelli</b> B., Wunder S., Brockhaus M., 2011. Ecosystem-based adaptation to climate change: What scope for payments for environmental services? <i>Climate and Development</i> 3(2): 143-158. doi:10.1080/17565529.2011.582277	1.206
12	2011	Pramova E., <b>Locatelli</b> B., 2011. Cancún Agreements: Historic Step Forward or Rushed Deal? <i>Bois et Forêts des Tropiques</i> 307(1): 3-6.	0.439
13	2010	Imbach P., Molina L., <b>Locatelli</b> B., Rouspard O., Ciais P., Corrales L., and Mahé G., 2010. Climatology-based regional modelling of potential vegetation and average annual long-term runoff for Mesoamerica. <i>Hydrology and Earth System Sciences</i> 14, 1801-1817, doi:10.5194/hess-14-1801-2010.	2.463
14	2010	Rivera Rojas M., <b>Locatelli</b> B., Billings R., 2010. Climate change and outbreaks of Southern Pine Beetle <i>Dendroctonus frontalis</i> in Honduras. <i>Forest Systems</i> 19(1): 70-76	0.561
15	2009	<b>Locatelli</b> B., Vignola R., 2009. Managing watershed services of tropical forests and plantations: Can meta-analyses help? <i>Forest Ecology and Management</i> 258(9):1864-1870. doi:10.1016/j.foreco.2009.01.015	1.992

16	2009	Vignola R., <b>Locatelli</b> B., Martinez C., Imbach P., 2009. Ecosystem-based adaptation to climate change: What role for policy-makers, society and scientists? <i>Mitigation and Adaptation of Strategies for Global Change</i> 14: 691-696. doi:10.1007/s11027-009-9193-6	1.077
17	2009	Benegas L., Jiménez F., <b>Locatelli</b> B., Faustino J., Campos M., 2009. A methodological proposal for the evaluation of farmer's adaptation to climate variability, mainly due to drought in watersheds in Central America. <i>Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change</i> 14(2): 169-183. doi:10.1007/s11027-008-9158-1	1.077
18	2008	<b>Locatelli</b> B., Rojas V., Salinas Z., 2008. Impacts of payments for environmental services on local development in northern Costa Rica: A fuzzy multi-criteria analysis. <i>Forest Policy and Economics</i> 10(5): 275-285. doi:10.1016/j.forpol.2007.11.007 [Top 25 Hottest Article on ScienceDirect (most read article of this journal) in April-June 2008, July-Sept 2008, January-March 2009].	1.155
19	2004	<b>Locatelli</b> B., Pedroni L., 2004. Accounting methods for carbon credits: Impacts on the minimum area of CDM forestry projects. <i>Climate Policy</i> 4(2): 193-204.	0.776
20	2002	Thébaud O., <b>Locatelli</b> B., 2002. Modelling the emergence of resource-sharing conventions: An agent-based approach. <i>Journal of Artificial Societies and Simulation</i> , 4(2).	0.046

## 4.2. Articles dans des revues sans facteur d'impact

N°	Année	Référence
1	2011	<b>Locatelli</b> B., Evans V., Wardell A., Andrade A., Vignola R., 2011. Forests and Climate Change in Latin America: Linking Adaptation and Mitigation. <i>Forests</i> 2(1): 431-450. doi:10.3390/f2010431
2	2011	Rojas V., <b>Locatelli</b> B., 2011. El pago por servicios ambientales y su impacto socioeconómico: el caso del programa de PSA en plantaciones forestales de la zona norte de Costa Rica. <i>Spanish Journal of Rural Development</i> 2: 1-14.
3	2010	<b>Locatelli</b> B., Babin D., Torquebiau E., 2010. Biodiversity and society: understanding connections, adapting to change. <i>Natures Sciences Sociétés</i> 18(4): 462-465
4	2010	<b>Locatelli</b> B., Thompson I., Brockhaus M., Buck A., 2010. Forests and adaptation to climate change: Challenges and opportunities [Abstract]. <i>International forestry review</i> 12(5): 436
5	2010	<b>Locatelli</b> B., Murdiyarsa D., 2010. Linking climate change mitigation and adaptation in tropical forests: What is at stake? [Abstract]. <i>International forestry review</i> 12(5): 74.
6	2010	Díaz Briones A.A., <b>Locatelli</b> B., Vignola R., Pérez C., Prins C., 2010. Evolución de instituciones adaptativas frente a problemas hidrológicos en dos cuencas de Costa Rica. <i>Recursos Naturales y Ambiente</i> 59-60: 10-16.
7	2010	Jiménez M., Chain A., <b>Locatelli</b> B., 2010. Efectos del cambio climático en la distribución de zonas de vida en Centroamérica. <i>Recursos Naturales y Ambiente</i> 59-60: 32-40.
8	2010	<b>Locatelli</b> B., 2010. Agriculture et forêts au secours du climat. <i>La Jaune et la Rouge</i> 657: 26-29.
9	2009	Leguía E.J., <b>Locatelli</b> B., Imbach P., 2009. Impacto del cambio climático en plantaciones forestales en Centroamérica. <i>Recursos Naturales y Ambiente</i> 56-57: 150-159.
10	2009	<b>Locatelli</b> B., Sonwa D., 2009. Forêts et adaptation au changement climatique : Défis et opportunités. <i>Liaison Energie-Francophonie</i> 85: 122-126.
11	2008	Guariguata M., Cornelius J., <b>Locatelli</b> B., Forner C., Sánchez-Azofeifa G.A., 2008. Mitigation needs adaptation: Tropical forestry and climate change. <i>Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change</i> 13: 793-808. doi:10.1007/s11027-007-9141-2
12	2008	Leguía E.J., <b>Locatelli</b> B., Imbach P., Pérez C.J., Vignola R. 2008. Servicios ecosistémicos e hidroenergía en Costa Rica. <i>Ecosistemas</i> 17 (1): 16-23.
13	2008	<b>Locatelli</b> B., Imbach P., Molina L.G., Palacios E., Corrales L. 2008. Futuro de los incendios forestales bajo escenarios socioeconómicos y de cambio climático en Centroamérica. <i>Mesoamericana</i> 12 (3): 132-133.
14	2007	Pérez C., <b>Locatelli</b> B., Vignola R., Imbach P., 2007. Importancia de los bosques tropicales en las políticas de adaptación al cambio climático. <i>Recursos Naturales y Ambiente</i> 51-52: 6-13.
15	2007	Benegas L., Jimenez F., <b>Locatelli</b> B., Faustino J., Campos M., 2007. Evaluación de la adaptación de los productores a la variabilidad climática, principalmente a la sequía en cuencas hidrográficas en América Central. <i>Recursos Naturales y Ambiente</i> 51-52: 107-123.
16	2007	Leguía E., <b>Locatelli</b> B., Imbach P., Alpizar F., Vignola R., Perez C., 2007. Bosques proveedores de servicios ecosistémicos para la generación de hidroelectricidad en Nicaragua. <i>Recursos Naturales y Ambiente</i> 51-52: 40-47.
17	2007	Pérez C., <b>Locatelli</b> B., Vignola R., Imbach P., 2007. Integrar los bosques tropicales en las políticas de adaptación al cambio climático. <i>Ambientico</i> 165: 19-21.
18	2007	Gonzalez C., <b>Locatelli</b> B., Imbach P., Vignola R., Campos M., Pérez C.J., Vaast P., 2007. Sistemas forestales y agroforestales proveedores de servicios ecosistémicos para el sector agua potable en Nicaragua. <i>Recursos Naturales y Ambiente</i> 51-52: 33-39.

19	2007	Argüello R., <b>Locatelli</b> B., Navarro G., Piedra M., Salinas Z., 2007. Potencial del Mecanismo de Desarrollo Limpio en las plantaciones forestales de Panamá. <i>Tierra Tropical</i> 3(1): 27-36.
20	2007	Martínez C., Imbach P., <b>Locatelli</b> B., 2007. ¿Cómo seleccionar una definición de bosque en un país para el Mecanismo de Desarrollo Limpio? <i>Recursos Naturales y Ambiente</i> 51-52: 184-190.
21	2006	<b>Locatelli</b> B., Pedroni L., 2006. Will simplified modalities and procedures make more small-scale forestry projects viable under the Clean Development Mechanism? <i>Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change</i> 11(3): 621-643. doi:10.1007/s11027-006-5274-y
22	2006	Garay M., <b>Locatelli</b> B., Louman B., 2006. Impacto socioeconómico del pago por servicios ambientales y la certificación forestal voluntaria en la sostenibilidad del manejo forestal en Costa Rica. <i>Recursos Naturales y Ambiente</i> 46-47: 99-108.
23	2005	<b>Locatelli</b> B., Merckx V., 2005. Changement climatique: Les négociations de Buenos Aires. <i>Bois et Forêts des Tropiques</i> 286: 73-80.
24	2004	Pedroni L., <b>Locatelli</b> B., 2004. Mecanismo para un Desarrollo Limpio: ¿Incentivo para pequeños emprendimientos forestales? <i>Patagonia Forestal</i> 12(2): 18-19 & 12(3): 14-17.
25	2004	Ruiz A., Ibrahim M., <b>Locatelli</b> B., Andrade H.J., Beer J., 2004. Fijación y almacenamiento de carbono en sistemas silvopastoriles y competitividad económica de fincas ganaderas en Matiguás, Nicaragua. <i>Agroforestería en las Américas</i> 41-42: 16-21.
26	2003	<b>Locatelli</b> B., Loisel C., 2003. Controverses sur les puits de carbone. <i>Biofutur</i> 235: 33-38.
27	2003	<b>Locatelli</b> B., Black J., Pedroni L., 2003. Linking small forest stakeholders with global environmental conventions: The role of umbrella projects. <i>European Tropical Forest Research Network</i> 39.
28	2002	<b>Locatelli</b> B., Loisel C., 2002. Changement climatique : La vérité est-elle au fond du puits ? <i>Natures, Sciences et Sociétés</i> 10(4): 7-19.
29	2002	<b>Locatelli</b> B., Graffin A., Boisseaux T., 2002. La biodiversité est tombée dans le puits. <i>Bois et Forêts des Tropiques</i> 271(1): 51-60.
30	2002	<b>Locatelli</b> B., 2002. Forêts tropicales et changement climatique : les puits de carbone ne font pas l'unanimité. <i>Informations et commentaires: le développement en question</i> 119: 39-48.
31	2001	<b>Locatelli</b> B., 2001. Après Bonn, quel avenir pour les puits de carbone ? <i>Bois et Forêts des Tropiques</i> 271: 110-111.
32	2001	<b>Locatelli</b> B., Leonard S., 2001. Un método para medir el carbono almacenado en los bosques de Malleco (Chile). <i>Bois et Forêts des Tropiques</i> 267: 69-80.
33	1999	Lescuyer G., <b>Locatelli</b> B., 1999. Rôle et valeur des forêts tropicales dans le changement climatique. <i>Bois et Forêts des Tropiques</i> , 260: 5-18.

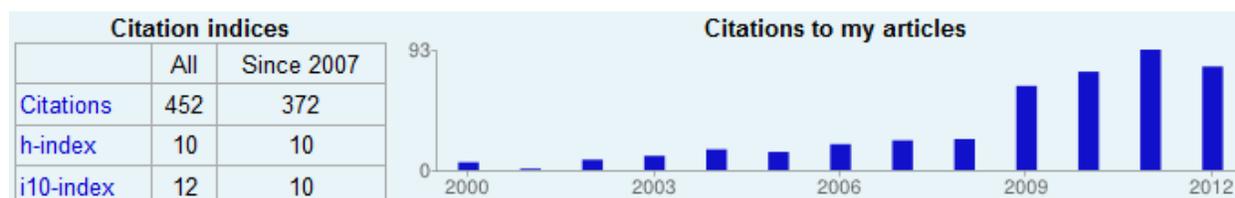
### 4.3. Ouvrages

N°	Année	Référence
1	2010	Martínez-Alonso, C., Locatelli, B., Vignola, R., Imbach, P. (Editors), 2010. <i>Adaptation to Climate Change and Ecosystem Services in Latin America</i> [In Spanish]. CATIE, Turrialba, Costa Rica, 145 p. ISBN 978-997-7575-278.
2	2009	Locatelli, B., Kanninen, M., Brockhaus, M., Colfer, C.J.P., Murdiyarto, D. and Santoso, H. 2008. <i>Face à un avenir incertain : comment les forêts et les populations peuvent s'adapter au changement climatique</i> . Forest Perspectives, CIFOR, Bogor, Indonesia, 97 p. ISBN 978-979-1412-75 [Traduction]
3	2009	Locatelli, B., Kanninen, M., Brockhaus, M., Colfer, C.J.P., Murdiyarto, D. and Santoso, H. 2008. <i>Ante un futuro incierto: Cómo se pueden adaptar los bosques y las comunidades al cambio climático</i> . Forest Perspectives, CIFOR, Bogor, Indonesia, 97 p. ISBN 978-979-1412-91-9 [Traduction]
4	2009	Locatelli, B., Kanninen, M., Brockhaus, M., Colfer, C.J.P., Murdiyarto, D. and Santoso, H. 2008. <i>Menghadapi masa depan yang tak pasti. Bagaimana hutan dan manusia beradaptasi terhadap perubahan iklim</i> . Forest Perspectives, CIFOR, Bogor, Indonesia, 97 p. ISBN 978-979-1412-75-9 [Traduction]
5	2008	Locatelli, B., Kanninen, M., Brockhaus, M., Colfer, C.J.P., Murdiyarto, D. and Santoso, H. 2008. <i>Facing an uncertain future: How forests and people can adapt to climate change</i> . Forest Perspectives, CIFOR, Bogor, Indonesia, 97 p. ISBN 978-979-1412-75-9
6	2005	Louman B., Garay M., Yalle S., Campos J.J., Locatelli B., et al., 2005. <i>Environmental and Socioeconomic Effects of Payments for Ecosystem Services and Certification of Forest Management in Costa Rica</i> (in Spanish). CATIE, Costa Rica, ISBN 978-9-9775-7402-8.
7	1996	Locatelli B., 1996. <i>Forêts tropicales et cycle du carbone</i> . CIRAD, France, ISBN 978-2-87614-255-1.

#### 4.4. Chapitres d'ouvrages

N°	Année	Référence
1	2011	Locatelli, B., Evans, V., Wardell, A., Andrade, A., Vignola, R., 2011. <i>Bosques y cambio climático en América Latina</i> , In: <i>Gobernanza forestal y REDD+: Desafíos para las políticas y mercados en América Latina</i> . Petkova E., Larson A., Pacheco P. (eds.). CIFOR, Bogor, pp. 79-95.
2	2010	Locatelli B., Kanninen M., 2010. <i>Servicios ecosistémicos y adaptación al cambio climático</i> . In: Martínez-Alonso, C., Locatelli, B., Vignola, R., Imbach, P. (Editors), 2010. <i>Adaptation to Climate Change and Ecosystem Services in Latin America</i> . CATIE, Turrialba, Costa Rica, pp. 11-20.
3	2010	Imbach P., Molina L., Locatelli B., Corrales L., 2010. <i>Vulnerabilidad de los servicios ecosistémicos hidrológicos al cambio climático en Mesoamérica</i> . In: Martínez-Alonso, C., Locatelli, B., Vignola, R., Imbach, P. (Editors), 2010. <i>Adaptation to Climate Change and Ecosystem Services in Latin America</i> . CATIE, Turrialba, Costa Rica, pp. 32-43.
4	2010	Locatelli B., Imbach P., 2010. <i>Migración de ecosistemas bajo escenarios de cambio climático: el rol de los corredores biológicos en Costa Rica</i> . In: Martínez-Alonso, C., Locatelli, B., Vignola, R., Imbach, P. (Editors), 2010. <i>Adaptation to Climate Change and Ecosystem Services in Latin America</i> . CATIE, Turrialba, Costa Rica, pp. 44-53.
5	2010	Locatelli B., Brockhaus M., Buck A., Thompson I., 2010. <i>Forests and Adaptation to Climate Change: Challenges and Opportunities</i> . In: <i>Forest and Society: Responding to Global Drivers of Change</i> . Mery G., Katila P., Galloway G., Alfaro R.I., Kanninen M., Lobovikov M., Varjo J. (eds.). IUFRO World Series vol. 25, Vienna, pp. 21-42.
6	2008	Locatelli B., Pedroni L., Salinas Z., 2008. <i>Design Issues in Clean Development Mechanism Forestry Projects</i> . In: <i>Climate Change and Forests: Emerging Policy and Market Opportunities</i> . Streck C., O'Sullivan R., Janson-Smith T., Tarasofsky R.G. (eds.), Brookings Institution Press, ISBN 978-0-8157-8192-9, pp.107-120.
7	2008	Locatelli B., Schroeder M., 2008. <i>Preguntas frecuentes sobre adicionalidad en proyectos forestales MDL</i> . In: Salinas Z., Hernandez P. (eds.). <i>Guía para el diseño de proyectos MDL forestales y de bioenergía</i> . Turrialba, Costa Rica, Catie, ISBN 978-9977-57-461-5, pp.11-15.
8	2008	Locatelli B., Salinas Z., 2008. <i>Preguntas frecuentes sobre impactos socioeconómicos y ambientales en proyectos forestales MDL</i> . In: Salinas Z., Hernandez P. (eds.). <i>Guía para el diseño de proyectos MDL forestales y de bioenergía</i> . Turrialba, Costa Rica, Catie, ISBN 978-9977-57-461-5, pp.83-105
9	2005	Biringer J., Guariguata M., Locatelli B., Pfund J.L., Spanger-Siegrfried E., Suarez A.G., Yeaman S., Jarvis A., 2005. <i>Biodiversity in a changing climate: a framework for assessing vulnerability and evaluating practical responses</i> . In: <i>Tropical Forests and Adaptation to Climate Change</i> . Robledo C., Kanninen M., Pedroni L. (eds.). CIFOR, Indonesia, ISBN 978-9-7924-4604-3, pp.154-183.
10	2004	Locatelli B., Karsenty A., 2004. <i>Tropical forest dynamics and climate change</i> . In: <i>Beyond Tropical Deforestation: From tropical deforestation to forest cover dynamics and forest development</i> . Babin D. (ed.). Paris, France, Cirad-Unesco. ISBN 978-2-8761-4577-1, pp. 97-120.
11	2004	Locatelli B., Boissau S., Weber J., 2004. <i>Does population growth affect wooded cover dynamics?</i> In: <i>Beyond Tropical Deforestation: From tropical deforestation to forest cover dynamics and forest development</i> . Babin D. (ed.). Paris, France, Cirad-Unesco. ISBN 978-2-8761-4577-1, pp. 135-150.
12	2002	Locatelli B., Loisel C., 2002. <i>The controversy surrounding carbon sinks</i> . In: <i>Johannesburg World Summit on Sustainable Development 2002: What is at stake?</i> Barbault R. et al. (eds). Paris, Ministère des Affaires étrangères, Adpf, ISBN 978-2-9111-2797-7, pp. 161-171

#### 4.5. Citations



Selon Google Scholar, 15 novembre 2012, <http://scholar.google.com/citations?user=V7D1F9gAAAAJ&hl=en>. (« h-index is the largest number h such that h publications have at least h citations. i10-index is the number of publications with at least 10 citations »).

## 5. Encadrements

### 5.1. Co-directions de thèses

Dates	Doctorant	Ecole Doctorale	Sujet	Co-directeur HDR
<b>Depuis 2012</b>	David Denis	ABIES (Agriculture, Biologie, Environnement, Santé, ED 435), Paris	Dynamique de vulnérabilité de socio-écosystèmes face aux changements globaux au Burkina-Faso.	Denis Gautier
<b>Depuis 2012</b>	Nicolas Labrière	ABIES (Agriculture, Biologie, Environnement, Santé, ED 435), Paris	Synergies entre services écosystémiques dans les paysages forestiers de l'Ouest de Bornéo.	Yves Laumonier
<b>Depuis 2011</b>	Fiona Paumgarten	University of Witwatersrand, South Africa	Ecosystem- and community -based adaptation to climate change in the dry forests and woodlands of southern and eastern Africa.	Edward Witkowski
<b>2007-2011</b>	Pablo Imbach (*)	Ecole Doctorale des Sciences de l'Environnement d'Ile de France (ED129), Université Paris 6	Impacts of climate change on ecosystem functions in Mesoamerica.	Philippe Ciais

(\*) Pour Pablo Imbach : Doctorat terminé et défendu en Septembre 2011. Quatre publications co-écrites par le doctorant et Bruno Locatelli (Journal of Hydrometeorology 2012, Regional Environmental Change 2011, Hydrology and Earth System Sciences 2011, Mitigation and Adaptation of Strategies for Global Change 2009).

### 5.2. Comités de thèses

Dates	Doctorant	Ecole Doctorale	Sujet	Directeurs
<b>2008-2011</b>	Matieu Henry	Université de Tuscia (Italie) et ED Sibaghe (Sytèmes Intégrés en Biologie, Agronomie, Géosciences, Hydrosciences, Environnement, ED 477).	Carbon stocks and dynamics in Sub Saharan Africa	Riccardo Valentini, Martial Bernoux

### 5.3. Encadrement de mastères

Dates	Etudiant (pays)	Sujet
2011	Charlotte Pavageau (France)	Vulnerability of local communities to climate variability in the Congo Basin.
2010	Emilia Pramova (Bulgarie)	Ecosystem services in national adaptation policies
2008	Milton Rivera (Colombie)	Climate change and outbreaks of Southern Pine Beetle <i>Dendroctonus frontalis</i> in Honduras.
2007	Angela Diaz (Pérou)	Collaborative landscape management as an adaptive response to hydrological changes in Costa Rica.
2007	Elena Palacios (Espagne)	Impacts of climate change on forest fires in Central America
2006	Efraín J. Leguía (Pérou)	Ecosystem services and vulnerability of hydroelectricity sectors in Central America.
2006	Cliserio Gonzalez H. (Mexique)	Ecosystem services and vulnerability of drinking water sectors in Central America.
2006	Marta R. Argüello (Paraguay)	Potential of the Clean Development Mechanism for the forestry sector in Panama.
2005	Pierre Collière (France)	Standards for evaluating the impacts of carbon projects on climate, community, and biodiversity.
2004	Byron Maza (Equateur)	Modeling farmers' decision in silvopastoral systems and the supply of environmental service in Costa Rica.
2004	Stella Amarilla R. (Paraguay)	Current situation and future scenarios of access and use of forest resources in San Rafael, Paraguay
2004	Varinia Rojas (Nicaragua)	Impacts of incentives for forest plantations on local development in Costa Rica.

2004	Miluzka Garay (Pérou)	Impacts of incentives for sustainable forest management on local development in Costa Rica.
2004	Isabel Venegas G. (Costa Rica)	Land use baseline in Costa Rica: application to the Clean Development Mechanism.
2003	Jaime Black (Equateur)	Financial and institutional framework for forest carbon projects involving smallholders in Central America.
2003	Julie Meudec (France)	Factors explaining the biodiversity of forest plantations in a fragmented landscape in Costa Rica.
2003	Rémi Jacquot (France)	Uncertainty and costs of measuring carbon stocks in forests: application to Malleco Forest Reserve in Chile.
2003	Nathalie Vanvliet (Pays Bas)	Impact of forest plantations on biodiversity in northeastern Costa Rica.

## 6. Enseignements

Pendant 6 ans (de 2002 à 2007), 60 heures de cours magistraux dans deux mastères (socio économie environnementale, forêt et biodiversité) au CATIE, Costa Rica, et dans des formations professionnelles au Costa Rica, Paraguay et Gabon. Intitulés des cours :

- Economie de l'environnement et des ressources naturelles.
- Changements globaux et gestion des ressources naturelles.
- Forêts, carbone et atténuation du changement climatique.

## 7. Projets de recherche and financements

### 7.1. Terminés

Dates	Projet	Couverture géographique	Bailleur de fond et montant	Implication dans la recherche de financement	Implication dans le projet
2002-2003	PABID (Financial Mechanisms for Forest Plantations: Impacts on Rural Development and Biodiversity)	Costa Rica, Guatemala	Finnida (Finlande), 30k\$	Leader de la proposition	Coordinateur
2005-2007	FORMA (Fortalecimiento del MDL en los Sectores Forestal y Bioenergía en Iberoamérica)	Amérique Latine	INIA (Espagne), 1M\$	Leader d'une proposition antérieure, recyclée pour ce projet.	Participant
2005-2009	TroFCCA (Tropical Forests and Climate Change Adaptation)	Costa Rica, Nicaragua, Honduras, Burkina Faso, Mali, Ghana, Indonésie	Commission Européenne, 3M€	Aucun	Participant
2008-2011	CoFCCA (Congo Basin Forests and Climate Change Adaptation)	Bassin du Congo	IDRC (Canada), 2M\$	Aucun	Participant

### 7.2. En cours

Dates	Projet	Couverture géographique	Bailleur de fond et montant	Implication dans la recherche de financement	Implication dans le projet
-------	--------	-------------------------	-----------------------------	--	----------------------------

2010-2015	COBAM (Congo Basin Forest and Climate Change : Synergies between Adaptation and Mitigation)	Bassin du Congo	ADB (Multilatéral), 5,5M\$	Leader de la proposition	Participant
2011-2012	ForCC (Using Forests to Enhance Resilience to Climate Change)	Honduras, Burkina Faso, Laos	PROFOR-Banque Mondiale, 550k\$	Co leader de la proposition	Participant
2011-2012	CRiSTAL-Forest (Community Based Risk Screening Tool-Adaptation in Forests)	Kenya, Burkina Faso	C3D-UNITAR, 100k\$	Co leader de la proposition	Participant
2011-2012	SOBRA (Social Return on Investment of Integrating Adaptation into REDD+)	Indonésie, Philippines	GIZ, 50 k€	Co leader de la proposition	Participant
2011-2015	ACFAO (Adaptation to Climate Change and Forests in West Africa)	Burkina Faso, Mali	FFEM, 1.9M€	Leader de la proposition	Participant
2012-2013	ICCA (Impacts of Climate Change in Coastal Areas in Asia)	Indonésie, Philippines	GIZ, 50 k€	Co leader de la proposition	Participant
2012-2014	AdaptEA (Adaptation of people to climate change in East Africa: Forest and tree-based ecosystem services, risk reduction and human well-being)	Ouganda, Kenya	The Rockefeller Foundation, 600k\$	Co leader de la proposition	Participant
2012-2015	GCS (Global Comparative Study on REDD)	Global	Australie, 10M\$	Work Package Leader	Work Package Leader
2012-2017	OPERAs (Operational Potential of Ecosystem Research Applications)	Europe + études de cas tropicales	Commission Européenne (FP7), 10M€	Participant	Participant

## 8. Interactions science-société

Dans la mesure où ma recherche est appliquée et que je travaille dans des centres de recherches qui ont pour vocation de développer des connaissances scientifiques pour le développement rural et la conservation de l'environnement dans les pays du Sud, j'investis du temps dans les interactions avec les décideurs politiques et les praticiens du développement ou de la conservation, de même que le grand public.

Les groupes ciblés sont les suivants :

- Les représentants des pays du Sud dans les négociations de la Convention des Nations Unies sur le Changement Climatique (UNFCCC) et de la Convention sur la Diversité Biologique (CBD). J'ai participé à de nombreuses réunions de négociateurs latino-américains de 2005 à 2007 pour développer un agenda de recherche sur les décisions internationales à venir. Les résultats de nos recherches étaient communiqués à ces négociateurs qui les ont cités lors des négociations internationales. J'ai organisé des événements parallèles lors de négociations, comme celle de la CBD à Nagoya (Japon) en 2010. Depuis 2008, je contribue à l'organisation une journée sur les forêts (Forest Day), organisée chaque année par le CIFOR lors de la conférence des parties de la convention climat et accueillant plus de 1000 personnes.
- Des organismes internationaux impliqués dans la gestion des ressources naturelles ou le développement. Par exemple l'un de mes travaux de recherche montrait une incohérence dans une décision sur un mécanisme de flexibilité du Protocole de Kyoto et a été communiqué à la Banque Mondiale. Celle-ci a utilisé mon article dans une lettre demandant à l'UNFCCC de modifier cette décision, ce qui a été fait.
- Des décideurs politiques dans les pays du Sud. Par exemple j'ai organisé ou participé à des ateliers régionaux d'information ou de discussion avec des décideurs à Hanoi (Vietnam) en 2008, Turrialba (Costa Rica) en 2008, Douala (Cameroun) en 2010, ou Bangkok (Thailand) en 2011.

- Des gestionnaires des ressources naturelles et de projets de conservation ou de développement. Par exemple, un appui à des institutions au Honduras a conduit nos recherches à être citées dans le premier projet accepté par le fonds de l'UNFCCC pour l'adaptation. Un appui à des projets carbone en Amérique Latine a permis à certains d'entre eux de bénéficier de financements du Mécanisme de Développement Propre. J'ai participé à de nombreux ateliers ou conférences avec des praticiens du développement ou la conservation en Amérique Latine entre 2002 et 2007, par exemple au Nicaragua, Venezuela ou Costa Rica.
- Les médias, par exemple par une formation sur le changement climatique donnée à des journalistes à Bangui (République Centrafricaine) en 2009 ou des interviews et conférences de presse lors des négociations de l'UNFCCC à Durban (Afrique du Sud) en 2011, Cancun (Mexique) en 2010, Copenhague (Danemark) en 2009 et Poznań (Pologne) en 2008.
- Le grand public, par exemple lors de conférences de vulgarisation à Jakarta (Indonésie) en 2009 et 2010 et à Paris en 2010. Un kit de formation grand public sur les forêts et le changement climatique a été développé et mis en ligne.

## 9. Responsabilités administratives

Depuis mi-2008, je suis responsable d'une des 6 unités de recherche du CIFOR, celle sur l'adaptation au changement climatique (budget annuel : 1 million de dollars). Cette unité mène des recherches pluridisciplinaires en Afrique principalement, mais aussi en Asie et Amérique Latine. Mes activités sont l'animation scientifique, la planification et le compte-rendu, le développement de propositions de projets et la recherche de financements, le développement de partenariat, la supervision de scientifiques junior, la contribution à l'élaboration du budget et la participation à la réunion mensuelle du groupe de direction.

Dans ce contexte, j'ai contribué en 2011 au développement du programme de recherche CRP6 (Consortium Research Program on « Forests, Trees and Agroforestry: Livelihoods, Landscapes and Governance»). Ce programme fédère des organismes de recherches internationaux du CGIAR (Consultative Group on International Agricultural Research, un groupement de quinze centres de recherches sur l'agriculture et les ressources naturelles) et des partenaires externes au CGIAR. Il s'agit d'un programme à long terme avec un budget, pour les trois premières années, de 230 millions de dollars US. J'ai coordonné le développement de deux sous-composantes de ce programme (adaptation au changement climatique, synergies entre adaptation et atténuation).

## 10. Autres activités

Mes activités dans la communauté scientifique sont les suivantes :

- Reviewer pour les revues suivantes : Forest Policy and Economics ; Climate Policy ; Global Environmental Change ; Regional Environmental Change ; Journal of Environmental Management ; Natures Sciences Sociétés.
- Evalueur de propositions de recherches pour : ANR (Agence Nationale de la Recherche), FRB (Fondation pour la Recherche sur la Biodiversité), GICC (programme de recherche Gestion et Impacts des Changements Climatiques).
- Reviewer de rapports ou mémoires : Troisième rapport d'évaluation du GIEC, Rapport du « Programme of Research on Climate Change Vulnerability, Impacts and Adaptation (PROVIA) », Rapport d'évaluation des services écosystémiques au Mexique (UNAM), Mémoire de mastère de l'Université de Cape Town (Afrique du Sud), entre autres.

- Membre des comités scientifiques ou de pilotage des projets suivants : IUFRO-WFSE de 2008 à 2011 (International Union of Forestry Research Organization, World Forests, Society and Environment), FORENET de 2008 à 2012 (projet financé par la Commission Européenne pour renforcer la recherche forestière dans les pays ACP), EcoAdapt depuis 2011 (projet financé par la Commission Européenne sur l'adaptation au changement climatique en Amérique Latine).
- Point focal du CIRAD auprès de l'UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) depuis 2005. Création d'une liste de diffusion sur le changement climatique au CIRAD et contribution à la diffusion d'informations.

## 11. Description de mes travaux

### 11.1. Contexte et cadre conceptuel

Mon travail s'inscrit dans les problématiques du changement climatique et de la gestion des services écosystémiques, en particulier ceux des forêts tropicales.

#### Changement climatique : adaptation et atténuation

Les différents rapports d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC ou IPCC) ont montré que le climat mondial se modifie en raison des activités humaines. Depuis le premier rapport du GIEC publié en 1990, les connaissances scientifiques se sont accrues et des politiques ont été mises en œuvre aux échelles internationale, nationale et sous-nationale. Sur le plan international, les mesures les plus notables prises pour faire face au changement climatique – la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC ou UNFCCC, établie en 1992) et le Protocole de Kyoto (1997) – sont axées sur l'atténuation plutôt que sur l'adaptation.

L'atténuation et l'adaptation sont deux stratégies pour faire face au problème du changement climatique (Figure 1). L'atténuation est une intervention visant à réduire les sources ou augmenter les puits de gaz à effet de serre. L'adaptation est « un ajustement des systèmes naturels ou humains en réponse à des stimuli climatiques présents ou futurs ou à leurs effets, afin d'en atténuer les effets néfastes ou d'exploiter des opportunités bénéfiques »<sup>1</sup>.

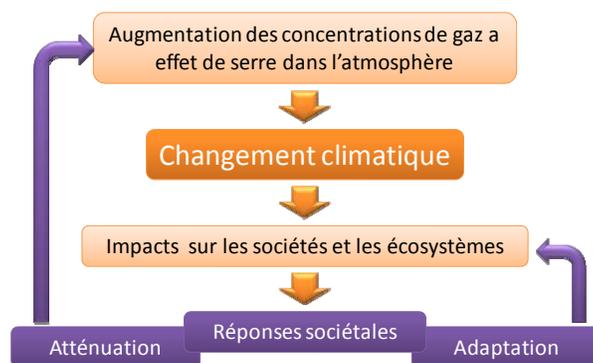


Figure 1. Adaptation et atténuation du changement climatique

Malgré son retard sur l'atténuation, l'adaptation gagne de l'importance dans l'arène des politiques sur le changement climatique, car les acteurs réalisent que le changement climatique est inévitable et qu'il faudra un

<sup>1</sup> McCarthy, J.J., 2001. Climate change 2001: impacts, adaptation, and vulnerability: contribution of Working Group II to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.

certain temps avant que les politiques d'atténuation donnent des résultats, en raison de la lenteur de la prise de décision pour l'atténuation et l'inertie des systèmes économique et climatique. Le tabou sur l'adaptation (en effet considérée d'abord comme une échappatoire à des mesures ambitieuses d'atténuation) a progressivement disparu. En décembre 2007, en conclusion de la Conférence des Nations Unies sur le changement climatique (Bali), l'adaptation est devenue l'un des quatre éléments constitutifs du Plan d'action de Bali au même titre que l'atténuation, les transferts de technologie et le financement des mesures. D'autres avancées ont depuis eu lieu sur l'adaptation, par exemple avec une décision sur le « Cancún Adaptation Framework » en 2010 ou le démarrage de fonds internationaux pour l'adaptation.

L'atténuation et l'adaptation présentent des différences notables, en particulier dans leurs objectifs. L'atténuation et l'adaptation concernent différentes échelles spatiales : même si le changement climatique est une préoccupation internationale, les bénéfices de l'adaptation sont locaux et ceux de l'atténuation sont globaux (Tableau 1). L'atténuation et l'adaptation se différencient aussi par leurs échelles temporelles et les secteurs économiques concernés<sup>2</sup>.

Tableau 1 : Différences principales entre l'atténuation et l'adaptation

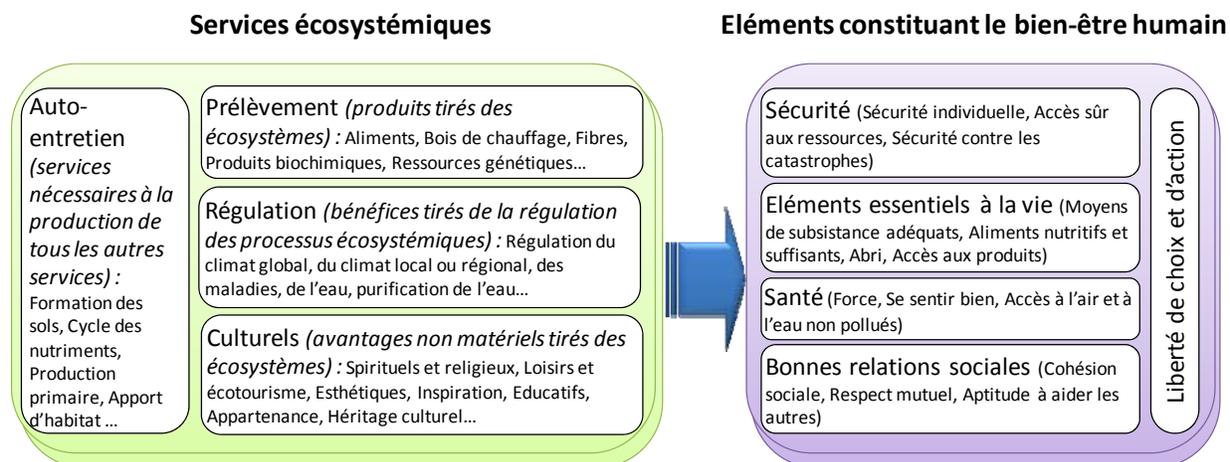
	<b>Atténuation</b>	<b>Adaptation</b>
<b>Echelle spatiale</b>	D'abord un problème international, car l'atténuation fournit des bénéfices globaux	D'abord un problème local, car l'adaptation fournit surtout des bénéfices locaux
<b>Echelle temporelle</b>	A un effet à long terme en raison de l'inertie du système climatique	Peut avoir un effet à court terme sur la réduction de la vulnérabilité
<b>Secteurs</b>	Une priorité pour les secteurs de l'énergie, des transports, de l'industrie et des déchets	Une priorité pour les secteurs de l'eau ou de la santé et les zones côtières
	Atténuation et adaptation sont toutes les deux pertinentes pour les secteurs de l'agriculture et la forêt	

### Services écosystémiques et bien être humain

L'Evaluation des écosystèmes pour le Millénaire<sup>3</sup> définit les services écosystémiques comme étant les bénéfices que les humains tirent des écosystèmes. Trois types de services écosystémiques contribuent directement au bien-être humain (Figure 2): les services de prélèvement (aussi appelés produits écosystémiques), comme les aliments et le bois de chauffage ; les services de régulation, comme la régulation de l'eau, du climat ou de l'érosion des sols ; et les services culturels, comme les services récréatifs, spirituels ou religieux. Outre ces trois types, les services d'auto-entretien représentent un quatrième type et comprennent les services qui sont nécessaires à la production d'autres services, comme la production primaire, le cycle des nutriments et la formation des sols.

<sup>2</sup> ToI, R.S.J., 2005. Adaptation and mitigation: trade-offs in substance and methods. Environmental Science & Policy 8, 572–578.

<sup>3</sup> Millennium Ecosystem Assessment, 2003. Ecosystems and human well-being: a framework for assessment. Island Press, Washington DC.



**Figure 2 : Exemples de services écosystémiques et leurs liens avec le bien-être humain (après l'Évaluation des écosystèmes pour le Millénaire 2003).**

Les forêts tropicales recouvrent moins de 10 % de la superficie terrestre du monde, mais elles procurent d'importants services écosystémiques à diverses échelles, allant des services locaux (comme le bois, les produits forestiers non ligneux, la pollinisation et la beauté du paysage) aux services mondiaux (comme la séquestration de carbone), en passant par les services régionaux (comme les services hydrologiques). La richesse biologique des forêts tropicales contribue à la fourniture de nombreux services écosystémiques.

De nombreux services de régulation sont assurés par les forêts tropicales. Celles-ci jouent un rôle important dans la régulation du climat mondial, car elles séquestrent une large quantité de carbone, environ 200 milliards de tonnes dans la végétation (soit 45 % du carbone séquestré dans la végétation du monde) et autant dans les sols jusqu'à une profondeur d'un mètre (soit 11 % du carbone dans les sols du monde)<sup>4</sup>.

D'autres services de régulation sont locaux ou régionaux, comme la purification de l'eau, la modération des inondations et de la sécheresse, la détoxification et la décomposition des déchets, la production et le renouvellement des sols, la pollinisation des cultures et de la végétation naturelle, le contrôle des parasites, la dispersion de graines et la modération des températures extrêmes et de la force des vents et des vagues. Ce qui importe particulièrement dans un contexte de changement climatique, c'est le rôle des forêts pour réguler l'eau en quantité et qualité. Même si les forêts ne sont pas une panacée pour toutes les difficultés associées à l'eau (comme la sécheresse dans les régions sèches ou les inondations à grande échelle), leur contribution à la protection du débit de base, à la réduction des débits lors d'averses, à la préservation de la qualité de l'eau, et à la réduction de la charge sédimentaire, a été démontrée en de nombreux lieux<sup>5</sup>.

Les services écosystémiques influent sur tous les aspects du bien-être humain présentés dans la Figure 2. Les services écosystémiques accroissent la sécurité des populations qui vivent à proximité – par exemple, grâce au rôle protecteur que jouent les services régulateurs contre les catastrophes naturelles. Les services écosystémiques sont directement liés aux revenus, à la sécurité alimentaire et à la disponibilité de l'eau, qui sont des éléments essentiels à la vie. La santé humaine est aussi liée aux forêts, comme l'ont montré bon nombre d'études et de

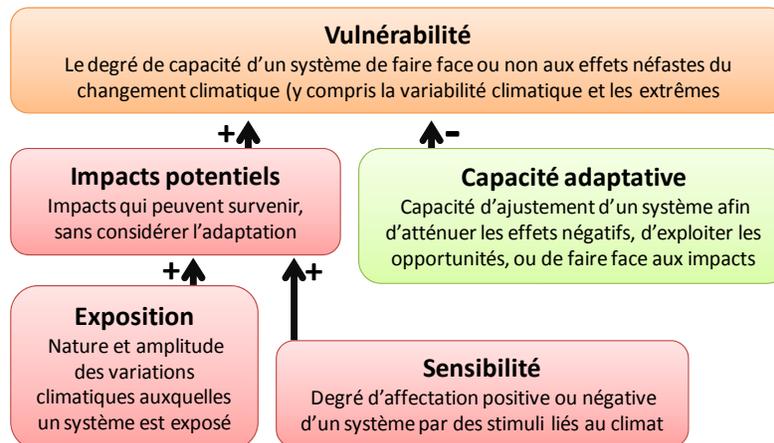
<sup>4</sup> Watson, R.T., Noble, I.R., Bolin, B., Ravindranath, N.H., Verardo, D.J., Dokken, D.J., 2000. IPCC special report on land-use, land-use change and forestry. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

<sup>5</sup> Bruijnzeel, L.A., 2004. Hydrological functions of tropical forests: not seeing the soil for the trees? Agriculture, Ecosystems and Environment 104, 185-228.

synthèses<sup>6</sup>. Les relations sociales dépendent également des écosystèmes, grâce à leur aptitude à abriter des activités de contemplation ou de loisirs et à exprimer des valeurs culturelles associées à certains habitats ou espèces. Les services écosystémiques sont aussi liés à la liberté – la capacité de décider quel mode de vie mener. Citons comme exemple la dégradation des services hydrologiques ou des ressources en bois de chauffage, qui peuvent accroître le temps que les populations locales passent à ramasser du bois et aller chercher de l'eau ; elles ont donc moins de temps à consacrer à l'éducation, à l'emploi ou aux loisirs.

### Services écosystémiques et changement climatique

Les services écosystémiques peuvent contribuer de diverses façons à réduire la vulnérabilité des systèmes socio-écologiques. En suivant le GIEC<sup>7</sup>, nous définissons la vulnérabilité - concept central à l'adaptation – comme « le degré selon lequel un système est susceptible d'être affecté négativement par les effets du changement climatique (y compris la variabilité climatique et les extrêmes) ou est incapable d'y faire face ». La vulnérabilité dépend de l'exposition, de la sensibilité et de la capacité adaptative. Une forte exposition ou sensibilité et une faible capacité adaptative entraînent une forte vulnérabilité (Figure 3).



**Figure 3. Les composantes de la vulnérabilité (définition du GIEC)**

De nombreux liens existent entre services écosystémiques et vulnérabilité de systèmes socio-écologiques (Figure 4). L'exposition d'un système au changement climatique peut être réduite à l'aide de politiques d'atténuation, dans lesquelles le service écosystémique de séquestration de carbone a un rôle à jouer. Toutefois, les pratiques locales de séquestration du carbone n'auront pas un effet significatif sur l'exposition de la localité au changement climatique, car les activités de séquestration du carbone doivent être menées à l'échelle mondiale pour avoir des incidences sur l'atténuation.

<sup>6</sup> Colfer, C.J.P., Sheil, D., Kaimowitz, D., Kishi, M., 2006. Forests and human health in the tropics: some important connections. *Unasylva* 57, 3-10.

<sup>7</sup> McCarthy, J.J., 2001. *Climate change 2001: impacts, adaptation, and vulnerability: contribution of Working Group II to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.

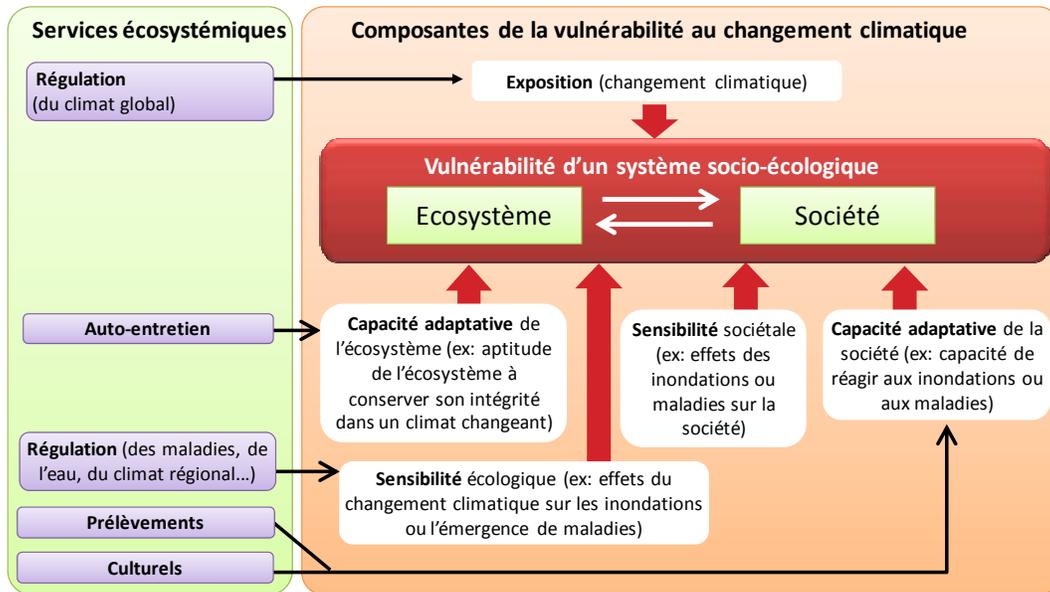


Figure 4. Les services écosystémiques et leurs liens avec la vulnérabilité au changement climatique<sup>8</sup>

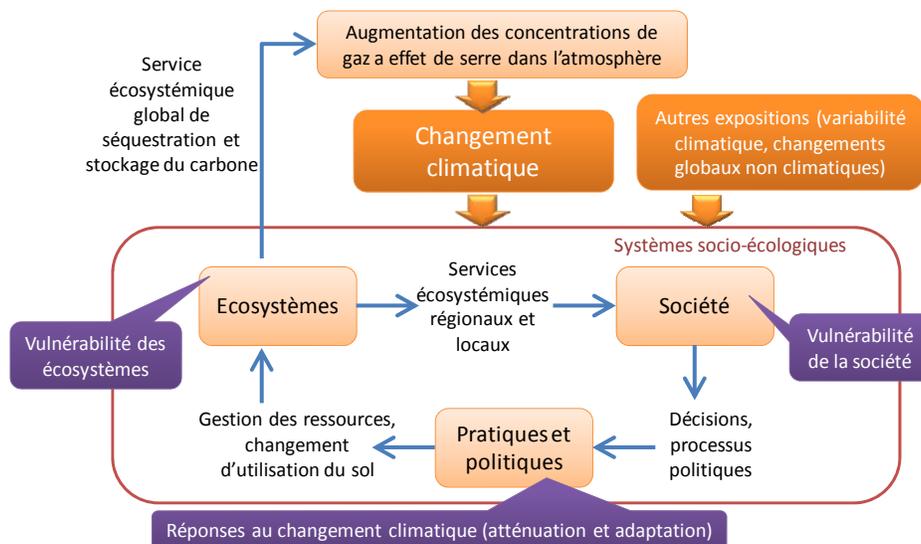
Les services écosystémiques locaux ou régionaux présentent davantage d'intérêt pour l'adaptation. Les services d'auto-entretien contribuent à la capacité adaptative d'un écosystème, car le cycle des nutriments et la production primaire sont d'importants éléments du fonctionnement, de la résistance et de la résilience de l'écosystème. Les services de régulation peuvent réduire la sensibilité d'un système socio-écologique les services de régulation de l'eau fournis par une forêt, par exemple, déterminent la réaction d'un bassin hydrographique aux précipitations. La vulnérabilité du système social est également liée aux services de prélèvement ainsi qu'aux services culturels, car la nutrition, l'accès aux produits, la santé et la cohésion sociale contribuent à la sensibilité et à la capacité adaptative.

Tous les secteurs décrits par le GIEC comme étant vulnérables au changement climatique, retirent un avantage des services écosystémiques. La vulnérabilité de ces secteurs est influencée par la vulnérabilité des écosystèmes dont ils dépendent. Toutefois, la majorité des évaluations de la vulnérabilité utilisent une approche sectorielle, qui ne tient pas compte des liens entre secteurs et avec les écosystèmes.

### Cadre conceptuel

Mes recherches s'inscrivent dans un cadre conceptuel qui intègre les mesures de réponses au changement climatique (Figure 1) et les liens entre services écosystémiques et société (Figure 2). Le changement climatique, en association avec d'autres changements globaux (par exemple la globalisation économique) influencent la vulnérabilité de systèmes socio-écologiques (Figure 5). Les sociétés, ou les individus qui les composent, peuvent mettre en œuvre des mesures individuelles ou collectives (des pratiques ou des politiques) pour faire face à cette vulnérabilité. Ces mesures sont, en partie, basées sur les écosystèmes.

<sup>8</sup> Locatelli, B., Kanninen, M., Brockhaus, M., Colfer, C.J.P., Murdiyarso, D., Santoso, H., 2008. Facing an uncertain future: how forest and people can adapt to climate change. CIFOR, Bogor.



**Figure 5. Cadre conceptuel sur le changement climatique et les services écosystémiques.**

Pour l'atténuation à l'échelle globale, les mesures basées sur les écosystèmes cherchent principalement à réduire la déforestation tropicale, source d'environ 15% des émissions de gaz à effet de serre. Le mécanisme REDD+ (Réduire les Emissions de la Déforestation et la Dégradation forestière), actuellement en cours de définition, a ce but<sup>9</sup>. Le boisement et le reboisement sont aussi des options pour l'atténuation. Le Mécanisme de Développement Propre, un des mécanismes de flexibilité du Protocole de Kyoto, inclut des projets forestiers de boisement et reboisement dans les pays du Sud mais a un succès mitigé en raison de la lourdeur des procédures et du manque d'intérêt des marchés carbone pour ces projets forestiers.

Pour l'adaptation au changement climatique ou à la variabilité climatique, des mesures basées sur les écosystèmes peuvent être spontanées ou réactives. Il s'agit par exemple d'individus ou de communautés accroissant leurs prélèvements de ressources forestières lorsque l'agriculture est affectée par le climat. Un exemple de mesures planifiées et anticipatives est la mise en œuvre de politiques de conservation de forêts pour protéger des bassins versants contre les glissements de terrain ou les crues. Il est à noter que les Plans d'Action Nationaux pour l'adaptation (PANA ou NAPA en anglais), définis par les pays les moins avancés, incluent de nombreuses mesures d'adaptation basées sur les écosystèmes<sup>10</sup>.

Cependant les pratiques ou politiques de réponses au changement climatique n'ont pas forcément des effets positifs sur les systèmes socio-écologiques : une politique d'atténuation du changement climatique qui favorise les biocombustibles ou les plantations monospécifiques pour le carbone peut nuire à la biodiversité et réduire la résilience des écosystèmes, en même temps qu'elle affecte les communautés locales ce qui peut les rendre plus vulnérables. Une politique d'adaptation peut aussi avoir des effets négatifs sur l'atténuation : l'exemple le plus classique (même s'il est simpliste et hors du domaine des écosystèmes) est la climatisation qui peut réduire la vulnérabilité aux vagues de chaleur mais augmente les émissions de gaz à effet de serre. Les synergies et compensations entre adaptation et atténuation constituent un thème important de recherche.

Les approches d'atténuation et d'adaptation basée sur les écosystèmes ne pourront pas à elles seules résoudre les problèmes du changement climatique. En effet, l'atténuation doit passer avant tout par des mesures de réduction

<sup>9</sup> Harvey, C.A., Dickson, B., Kormos, C., 2009. Opportunities for achieving biodiversity conservation through REDD. Conservation Letters 3.

<sup>10</sup> Pramova, E., Locatelli, B., Brockhaus, M., Fohlmeister, S., 2012. Ecosystem services in the National Adaptation Programmes of Action. Climate Policy 12, 393-409.

des émissions de l'énergie, les transports ou l'industrie. De même l'adaptation doit aussi considérer des mesures non basées sur les écosystèmes comme des mesures sociales (information, systèmes d'alerte, processus locaux d'apprentissage et de changement) et des infrastructures. Cependant une meilleure gestion des écosystèmes et de leurs services peut représenter une partie de la solution, comme le disent Turner *et al.* dans un article publié dans *Nature* : « Les écosystèmes et la biodiversité doivent être un rempart contre le changement climatique et non une victime de ce changement »<sup>11</sup>. Il est donc important de s'interroger sur les conditions dans lesquelles la gestion des services écosystémiques peut apporter des solutions, les politiques internationales et nationales ou les projets à mettre en œuvre pour une telle gestion et les effets synergétiques ou compensatoires (synergies and trade-offs) avec d'autres objectifs environnementaux ou de développement.

## 11.2. Questions et activités de recherche

Mes différents thèmes de recherche portent sur la caractérisation des services écosystémiques en lien avec le changement climatique (thèmes 1, 3 et 5 dans la figure 6) et les politiques et instruments pour la gestion de ces services (thèmes 2, 4, 6) ainsi que les impacts du changement climatique sur ces services (thème 7) et les mesures pour adapter les écosystèmes (thème 8). Nous présentons ici quelques activités et résultats de recherche pour certains des thèmes.

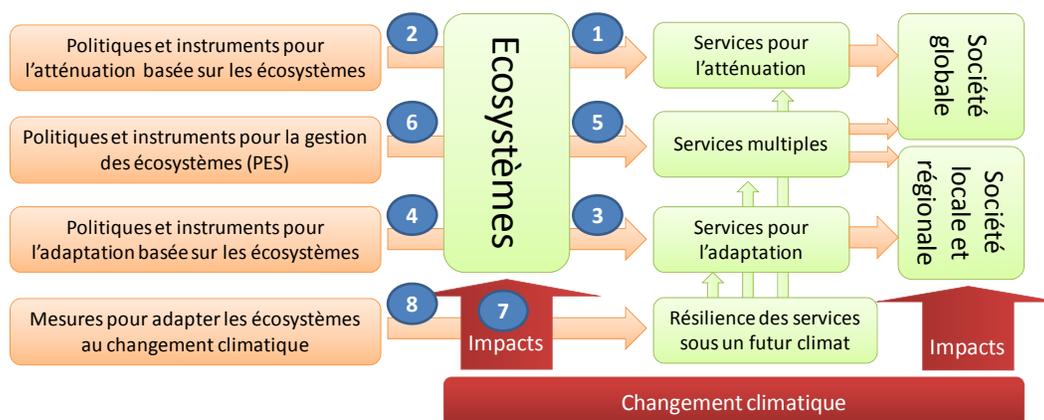


Figure 6. Articulation des différents thèmes de recherche (numérotés de 1 à 8)

### Atténuation

**Exemple :** face à la question des impacts de mécanismes globaux pour le carbone sur le terrain, nous avons modélisé les impacts du Mécanisme de Développement Propre (MDP) sur des projets forestiers, avec des étudiants de mastère en Amérique Latine. Nous avons mis en évidence certains dysfonctionnements de ce mécanisme.

Mes activités de recherche ont d'abord porté sur l'atténuation du changement climatique et la caractérisation des services (thème 1), avec un travail de recensement de connaissances sur les évaluations de stocks et flux de carbone dans les forêts tropicales. Ce travail a eu lieu en 1993, à une époque où le changement climatique était assez peu traité, et a abouti à la publication d'un ouvrage<sup>12</sup> en 1996. Des travaux de terrain au Chili et au Brésil ont ensuite porté sur la mesure de carbone en forêt. Des instruments politiques relatifs à l'atténuation ont été étudiés (thème 2), par exemple par des analyses des négociations internationales et des controverses sur les puits de carbone. Des études de cas à l'échelle de projets forestiers ou des pays en Amérique Latine, de la modélisation et une analyse des modalités du Mécanisme de Développement Propre (MDP) ont permis d'évaluer les effets de ce

<sup>11</sup> Turner, W.R., Oppenheimer, M., Wilcove, D.S., 2009. A force to fight global warming. *Nature* 428, 278–279.

<sup>12</sup> Locatelli B., 1996. Forêts tropicales et cycle du carbone. CIRAD, France, ISBN 978-2-87614-255-1.

mécanisme international au niveau du terrain. Ces recherches ne sont pas présentées ici en détail du fait de leur relative ancienneté : compte tenu de l'abondance d'études récentes sur ces thèmes et de la progression rapide de la thématique, mes publications ne présentent plus d'intérêt actuellement. De plus, j'ai décidé en 2005-2006 de travailler sur les services écosystémiques d'une façon plus générale et au-delà du seul stockage de carbone. C'est pour cette raison que j'ai laissé la thématique « atténuation » de côté pour m'intéresser aux services pertinents pour l'adaptation au changement climatique, ainsi qu'à la gestion de services multiples et les instruments pour cette gestion, comme les paiements pour services environnementaux (PSE) (Tableau 2). A noter que les multiples services incluent le carbone et que les PSE incluent les paiements pour le carbone, ce qui signifie que l'atténuation du changement climatique reste un de mes thèmes de recherche, mais pour ses liens avec l'adaptation ou pour les synergies entre carbone et autres services écosystémiques (Tableau 2).

**Tableau 2. Aperçu des questions générales, des périodes de travail sur ces questions et des approches.**

Thème	Question générale de recherche	Période	Approche
<b>1. Atténuation : Caractériser les services</b>			
	Quelle contribution de la déforestation ou la reforestation au changement climatique ?	1993-1996	Approche de revue de littérature
	Quelles méthodes pour mesurer le carbone en forêt ?	2000-2001	Approche plutôt expertise que recherche
<b>2. Atténuation : Analyser les instruments</b>			
	Quelles controverses sur les forêts comme mesure d'atténuation ?	2000-2002	Analyses des négociations et des points de vue
	Quel effet du Mécanisme de Développement Propre sur les projets forestiers ?	2003-2006	Etudes de cas, modélisation, analyse des modalités du MDP.
<b>3. Adaptation : Caractériser les services</b>			
	Quel est la vulnérabilité des populations dépendantes des ressources naturelles à la variabilité climatique ?	Depuis 2008	Enquêtes de terrain (analyse de vulnérabilité sociale)
	Quel est le rôle des services écosystémiques dans la réduction de la vulnérabilité de la société ?	Depuis 2008	Enquêtes de terrain, synthèses d'études de cas
	Quelles perceptions de la variabilité et du changement climatique et le rôle des écosystèmes dans l'adaptation par les communautés ?	Depuis 2009	Enquêtes de terrain (analyse de perceptions)
<b>4. Adaptation : Analyser les instruments</b>			
	Quel rôle des institutions et politiques dans l'adaptation des sociétés dépendantes des ressources naturelles ?	Depuis 2009	Enquêtes de terrain (analyse de vulnérabilité sociale)
	Quelle prise en compte des services écosystémiques par les politiques d'adaptation ?	Depuis 2009	Analyse de politiques
	Quelle contribution des paiements pour services écosystémiques (PSE) à l'adaptation ?	2009-2011	Analyse des impacts des PSE sur la vulnérabilité
<b>5. Services multiples : Caractériser les services</b>			
	Quels services bénéficient à quels acteurs dans un paysage ?	2007-2011	Modélisation spatiale des flux de services
	Quelles relations spatiales entre services multiples dans un paysage ?	2010-2012	Cartographie, analyse spatiale
<b>6. Services multiples : Analyser les instruments</b>			
	Quels impacts des PSE sur le développement rural ?	2006-2008	Enquêtes de terrain
	Quelles synergies entre instruments et politiques pour l'adaptation et l'atténuation ?	Depuis 2010	Analyse de projets et politiques
<b>7. Impacts du changement climatique sur les écosystèmes: Caractériser les impacts</b>			
	Quels impacts du changement climatique sur les écosystèmes, leurs services et les perturbations ?	Depuis 2006	Modélisation
<b>8. Impacts du changement climatique sur les écosystèmes: Analyser les mesures</b>			
	Quelles mesures pour réduire les impacts du changement climatique sur les écosystèmes ?	Depuis 2006	Modélisation et revue de littérature

## Services pour l'adaptation : Caractériser les services

**Exemple :** face à la question du rôle des services écosystémiques pour l'adaptation de la société, nous avons analysé les preuves scientifiques à l'échelle globale, avec une étudiante de maîtrise. Nous avons mis en évidence la nécessité de revisiter certaines connaissances sur les services écosystémiques sous l'angle de l'adaptation.

En reconnaissant le rôle des services écosystémiques dans l'adaptation de la société, des approches d'adaptation basée sur les écosystèmes ont été proposées par des organisations non gouvernementales ou internationales. Cependant des critiques ont porté sur le manque de preuves scientifiques sur ce rôle. Dans ce contexte, nous avons révisé des études de cas publiées dans des journaux à facteur d'impact et avons mis en évidence six cas d'adaptation basée sur les écosystèmes, avec une attention particulière aux arbres et forêts (Figure 7).

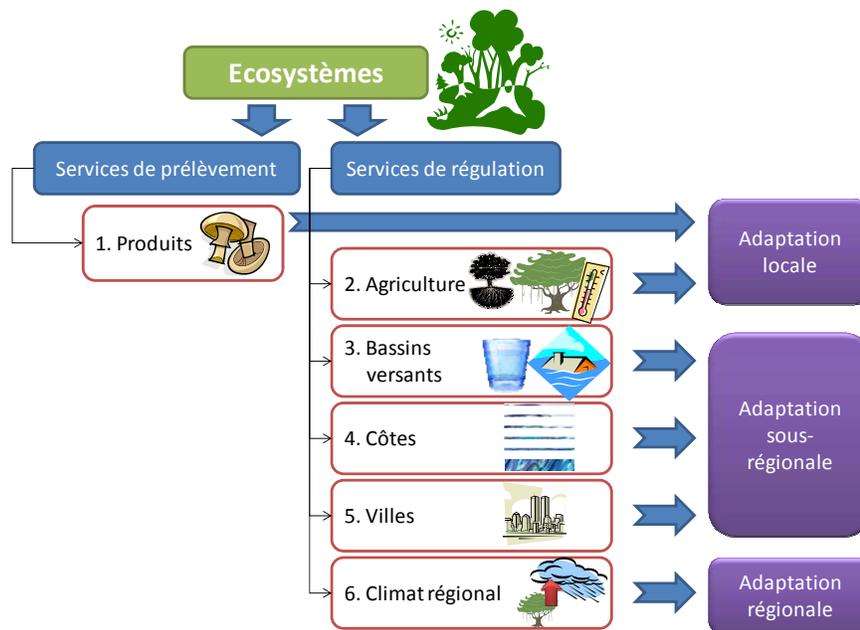


Figure 7. Six cas d'adaptation basée sur les écosystèmes<sup>13</sup>

Nous avons identifié les six cas suivants :

- Les forêts et les arbres fournissent des biens aux communautés locales leur permettant de faire face ou se préparer à des chocs climatiques (affectant par exemple les productions agricoles),
- Les arbres dans les parcelles agricoles régulent l'eau et le microclimat ou protègent les sols, pour une agriculture plus résiliente aux variations climatiques,
- Les forêts régulent les régimes hydrologiques des bassins versants et protègent de l'érosion pour des impacts réduits des variations climatiques sur les populations qui vivent dans ces bassins,
- Les forêts côtières et les mangroves protègent les zones côtières de menaces liées au climat (tempêtes ou vagues dont l'impact peut augmenter avec la montée du niveau des mers),
- Les forêts et arbres urbains régulent les régimes hydrologiques et les températures (important par exemple pendant les vagues de chaleur).
- Les forêts ont un effet sur le climat régional : un effet de baisse des températures par l'évapotranspiration et un effet sur le recyclage régional des précipitations, comme l'ont montré des publications récentes.

<sup>13</sup> Pramova, E., Locatelli, B., Djoudi, H., Somorin, O.A., 2012. Forests and trees for social adaptation to climate variability and change. Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change 3, 581–596.

La littérature scientifique fournit des preuves sur le rôle des écosystèmes pour l'adaptation, cependant les incertitudes, les controverses et les lacunes de connaissances restent nombreuses. Pour le cas des bassins versants, il est à noter que la littérature abonde sur les liens entre forêts et régimes hydrologiques (nous en avons réalisé une méta-analyse pour la zone tropicale<sup>14</sup>) mais qu'elle devrait être revisitée dans une optique de changement climatique.

Nous avons conduit des études de terrain à l'échelle locale en Afrique de l'Ouest et en Asie pour analyser comment la variabilité climatique affecte les populations dépendantes des services écosystémiques en milieu rural tropical et comment les écosystèmes contribuent aux stratégies pour faire face ou s'adapter. Ici, l'accent est mis sur la variabilité climatique plutôt que le changement climatique et nous nous intéressons à l'expérience de communautés (par exemple face à des périodes moins ou moins sèches ou des événements extrêmes comme des inondations), car cette expérience est la base du développement d'adaptations futures et car les tendances de changement à long terme sont souvent mal identifiées par les acteurs locaux.

Dans un grand bassin versant de Papouasie (Indonésie), nous avons observé que les communautés perçoivent la saisonnalité et la variabilité climatique de façon différente suivant leur position dans le bassin (zone côtière, marais ou collines) et leurs activités principales<sup>15</sup>. Dans un même village, les perceptions diffèrent entre hommes et femmes, en fonction également de leurs activités (par exemple chasse ou agriculture). Une comparaison entre les dires d'acteurs locaux et des données climatiques montre de nombreux points d'accord entre les deux sources d'information mais la richesse des perceptions et leur prise en compte de l'hétérogénéité spatiale ou temporelle du climat est difficilement explorable dans les données climatiques. Une grande diversité de stratégies est mise en œuvre dans le domaine agricole, pour les habitations et sur la base de rituels. Les forêts font partie du quotidien des villageois et sont leur source principale de biens, ce qui explique qu'ils ne mentionnent pas un recours plus important aux ressources forestières en cas d'évènement climatique. Les résultats montrent que les villageois considèrent que les changements économiques ou politiques ont plus d'impact sur leur vie que le climat. Dans un contexte de faible saisonnalité et faible variabilité interannuel du climat, le changement climatique peut représenter un défi particulier.

Dans le nord du Mali, nous avons utilisé des méthodes participatives à différents niveaux (du local au provincial) pour analyser la vulnérabilité de communautés locales face à des changements écologiques et politiques<sup>16</sup>. Suite à des sécheresses répétées, un lac a disparu de la zone d'étude et a été colonisé par une forêt. Ces changements ont modifié la distribution de la vulnérabilité au sein des communautés, avec certains villageois saisissant les opportunités de cette nouvelle ressource. L'analyse de vulnérabilité à différents niveaux a montré des divergences nettes. Par exemple, les villageois considèrent que la mobilité (par exemple migrations saisonnières des éleveurs et de leur bétail) est un facteur de résilience car elle permet de tirer profit de ressources en eau ou en pâturage extrêmement variables temporellement et spatialement. Au niveau provincial, la mobilité est perçue par des agents de développement ou des décideurs politiques comme un facteur de vulnérabilité car elle prive des services comme l'éducation ou la santé ou elle empêche de moderniser les systèmes de production. Ces divergences montrent le risque de politiques d'adaptation qui seraient basées sur des analyses trop simplistes des modes de vie locaux et de leur vulnérabilité. De nombreuses stratégies d'adaptation sont basées sur la nouvelle forêt mais leur durabilité dépendra de la façon dont cette nouvelle ressource est gérée et de l'application des politiques

---

<sup>14</sup> Locatelli, B., Vignola, R., 2009. Managing watershed services of tropical forests and plantations: Can meta-analyses help? *Forest Ecology and Management* 258, 1864-1870.

<sup>15</sup> Boissière M., Locatelli B., Sheil D., Padmanaba M., Ermayanti, forthcoming. Local Perceptions of Climate Variability and Change in Tropical Forests of Papua (Indonesia). *Ecology and Society* (accepted with revisions).

<sup>16</sup> Djoudi H., Brockhaus M., Locatelli B., 2012. Once there was a lake: Vulnerability to environmental changes in northern Mali. *Regional Environmental Change*. doi: 10.1007/s10113-011-0262-5

forestières. Des divergences entre niveaux ont également été montrées à propos des stratégies préférées pour l'adaptation. La préférence des acteurs du niveau provincial pour des infrastructures (barrages et canaux pour remplir le lac) n'était pas partagée par le niveau local, sauf par les hommes dont l'occupation principale est l'agriculture. Cette option d'adaptation présente le risque de détruire le capital naturel de la nouvelle forêt au détriment de ceux qui en dépendent<sup>17</sup>.

### Services pour l'adaptation : Analyser les instruments

**Exemple :** face à la question de la prise en compte des services écosystémiques dans les politiques d'adaptation, nous avons montré, avec une étudiante de maîtrise, qu'une part importante de programmes nationaux d'adaptation des pays les moins avancés considèrent les services écosystémiques pour l'adaptation.

L'étude de cas au Mali a montré le rôle que les politiques et les institutions locales peuvent jouer dans l'adaptation la variabilité ou au changement climatique. Les règles d'accès et de gestion de la nouvelle forêt déterminent comment les villageois peuvent adapter leurs moyens d'existence en utilisant cette nouvelle ressource. Le gouvernement Malien a développé un plan national d'adaptation qui inclut un projet d'infrastructures pour remplir le lac asséché. Les villageois, qui ont développé des stratégies pour s'adapter à la disparition du lac et utiliser les nouvelles ressources naturelles, vont devoir de nouveau modifier leurs modes de vie si le lac revient. Cependant la durabilité de ce projet n'a pas été étudiée dans un contexte de changement climatique, par exemple l'augmentation de l'évapotranspiration au niveau du lac mais aussi dans le bassin versant du fleuve Niger en amont pourrait mettre en péril le projet. Ceci représenterait un choc supplémentaire pour les populations.

De nombreux plans nationaux d'adaptation ont été développés de part le monde. Nous avons analysé comment les services écosystémiques ont été considérés dans les programmes d'action nationaux d'adaptation (PANA) et les projets d'adaptation proposés dans ces programmes<sup>18</sup>. En août 2010, 44 des pays les moins avancés avaient préparé leurs PANA, qui ont des points de départ pour la planification de l'adaptation à l'échelle nationale et sous-nationale, mais qui doivent être évalués et améliorés en fonction de l'évolution des connaissances. L'importance des services écosystémiques est reconnue dans plus de 50% des PANA. Environ 22% des projets proposés comprennent des activités écosystémiques pour le bien-être humain ou l'adaptation, et la plupart d'entre eux proposent ces activités écosystémiques en association avec d'autres mesures d'adaptation (par exemple des infrastructures). Les activités écosystémiques portent principalement sur les services de régulation (par exemple réhabilitation des sols, lutte contre l'érosion et régulation de l'eau) et les services d'approvisionnement (par exemple alimentation, fibres et bois de chauffage). Ces projets ont le potentiel de promouvoir une adaptation intégrée et transversale, car beaucoup d'entre eux couvrent divers services écosystémiques et des secteurs bénéficiaires multiples.

Ces dernières années, il ya eu un intérêt croissant pour les paiements pour services écosystémiques (PSE) pour l'adaptation basée sur les écosystèmes (ABE). Cependant, il n'y a pas eu d'analyse des expériences et de la théorie des PSE spécifiquement pour l'adaptation. Nous avons écrit un article pour combler cette lacune en analysant les opportunités et les contraintes de PSE en tant qu'instrument de l'ABE<sup>19</sup>. Plus précisément, nous avons examiné la possibilité des PSE à contribuer à l'adaptation en se concentrant sur trois dimensions : celle des utilisateurs des services, celle des fournisseurs de services et celle du changement institutionnel et sociétal. Nous avons analysé si

<sup>17</sup> Brockhaus M., Djoudi H., Locatelli B., 2013. Envisioning the future and learning from the past: Adapting to a changing environment in northern Mali. *Environmental Science & Policy* 25: 95-106. doi:10.1016/j.envsci.2012.08.008

<sup>18</sup> Pramova E., Locatelli B., Brockhaus M., Fohlmeister S., 2012. Ecosystem services in the National Adaptation Programmes of Action. *Climate Policy* 12(4): 393-409. doi: 10.1080/14693062.2011.647848

<sup>19</sup> Wertz-Kanounnikoff S., Locatelli B., Wunder S., Brockhaus M., 2011. Ecosystem-based adaptation to climate change: What scope for payments for environmental services? *Climate and Development* 3(2): 143-158. doi:10.1080/17565529.2011.582277

les PSE satisfassent à des critères clés d'évaluation des instruments et politiques d'adaptation, notamment l'efficacité, l'efficience, l'équité et la légitimité. Nous avons constaté que les PSE ne sont pas une panacée pour tous les services écosystémiques et tous les contextes, mais ont un potentiel pour des politiques d'adaptation lorsque certaines conditions préalables sont remplies. Nous avons identifié quatre cas de bénéfices des PSE pour l'adaptation : (i) un co-bénéfice écologique des PSE pour l'adaptation (les services écosystémiques ciblés par les PSE réduisent la vulnérabilité au changement climatique, par exemple par la régulation hydrologique), (ii) un effet opportuniste (les services écosystémiques ciblés par les PSE ne pas réduisent la vulnérabilité mais les écosystèmes concernés par les PSE fournissent d'autres services pertinents pour l'adaptation), (iii) les retombées institutionnelles des PSE (les PSE contribuent souvent au renforcement des capacités, de la gouvernance et de la coordination entre acteurs, ce qui facilite les processus d'adaptation), et (iv) les paiements explicitement pour des services d'adaptation (des PES qui appliquent le principe de précaution et conservent des services qui seront utiles pour l'adaptation à un climat changeant).

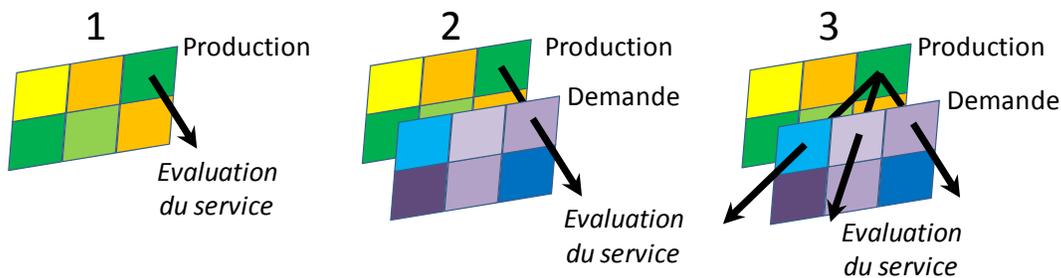
### Services multiples : Caractériser les services

**Exemple** : pour caractériser les synergies entre services multiples, nous avons développé, en collaboration avec un de mes étudiants de doctorat, une approche de cartographie des services qui met l'accent sur les flux de services entre écosystèmes et usagers.

J'ai conduit des analyses spatiales de services écosystémiques en mettant l'accent sur les flux de services entre là où ils sont produits et là des humains en bénéficient. La plupart des méthodes de cartographie des services écosystémiques considèrent seulement des indicateurs de la production de services par les écosystèmes (1 dans la figure 8), avec des données primaires (par exemple, la diversité d'espèces ou des taux de sédiments mesurés sur le terrain), des moyennes de valeurs par type d'usage du sol (par exemple, en utilisant des valeurs moyennes de stock de carbone ou de valeur récréative de différents types d'usage du sol), ou des relations de cause à effet (par exemple, en utilisant des données de sol, de pente, de couverture végétale et de climat pour cartographier l'érosion des sols). Quelques études de cartographie des services considèrent à la fois le côté écologique de la production de services et le côté socioéconomique de l'utilisation ou de la demande. Toutefois, par définition, les fonctions ou les processus écosystémiques deviennent des services seulement s'ils bénéficient à la société: on ne devrait pas concevoir les services sans bénéficiaires<sup>20</sup>. Certaines études considèrent à la fois la production et la demande, mais les flux de services ne sont pas explicites, soit parce que la demande n'est pas considérée comme variable dans l'espace ou parce que la production et la demande sont considérées comme se produisant au même endroit (2 dans la figure 8). Plusieurs auteurs ont appelé à une meilleure attention accordée à la demande de services, en identifiant l'espace de transfert du service et la localisation des bénéficiaires (3 dans la figure 8). C'est ce que nous avons fait dans deux analyses spatiales de services en Amérique Centrale.

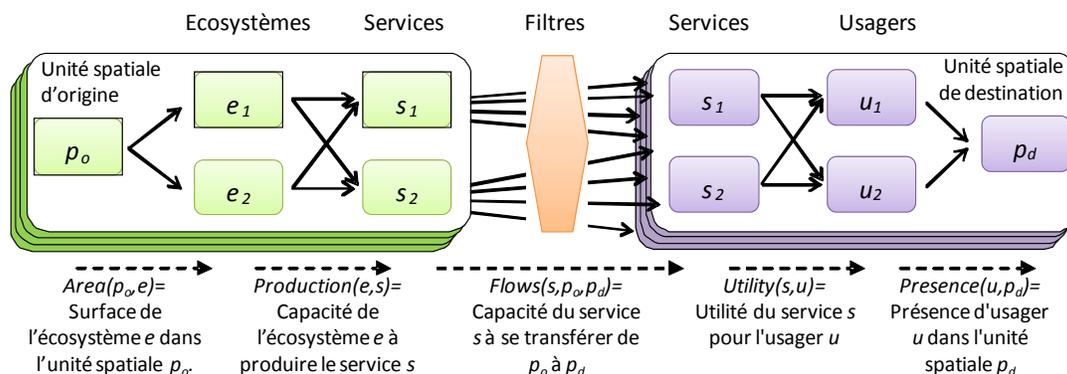
---

<sup>20</sup> Fisher, B., Turner, R.K., Morling, P., 2009. Defining and Classifying Ecosystem Services for Decision Making. *Ecological Economics* 68, 643–653.



**Figure 8. Trois représentations de la production et la demande dans les évaluations de services écosystémiques (1: Production de services spatialement explicite sans considération de la demande; 2: Production et demande spatialement explicites mais services produits et utilisés aux mêmes endroits; 3: Production et demande spatialement explicites, de même que les flux de services d'où ils sont produits vers où ils sont utilisés).**

Au Costa Rica et au Nicaragua, nous avons cartographié les services écosystémiques fournis aux secteurs hydroélectriques, qui sont des secteurs cruciaux pour le développement durable national, sont vulnérables au changement climatique et dépendent directement des services écosystémiques hydrologiques. Nous avons considéré que les flux de services dépendent des caractéristiques et de la répartition spatiale des écosystèmes et des utilisateurs, les relations spatiales entre eux, et la présence de filtres ou des barrières entre les écosystèmes et les utilisateurs. Nous avons développé une approche pour modéliser des flux de services multiples à partir de divers types d'écosystèmes vers divers types d'utilisateurs à travers divers types de filtres dans un paysage (Figure 9). L'approche a utilisé les connaissances d'experts et nombres flous (*fuzzy numbers*) pour prendre en compte les incertitudes.



**Figure 9. Représentation de flux de services écosystémiques : Ecosystèmes, filtres et usagers<sup>21</sup>.**

L'étude a considéré cinq types d'écosystèmes : forêts de plaine, forêts de montagne et « *cloud forests* », écosystèmes à faible couverture arborée (savanes boisées, agroforesterie et systèmes silvopastoraux), écosystèmes dominés par les herbacées (savanes et pâturages) et les écosystèmes agricoles. Trois services écosystémiques pertinents pour le secteur hydroélectrique ont été sélectionnés par le biais de consultations d'experts : la conservation du volume annuel d'eau, la conservation des régimes d'étiage et la réduction de l'érosion des sols. Deux types de bénéficiaires des services ont été considérés (les barrages et les usines au fil de l'eau) avec des bénéfices différents tirés des différents services. L'approche a permis d'identifier les zones prioritaires pour la conservation et la restauration des forêts pour les services qu'ils fournissent aux secteurs hydroélectriques. Elle est utile pour définir des politiques ciblées spatialement pour la conservation des

<sup>21</sup> Locatelli, B., Imbach, P., Vignola, R., Metzger, M.J., Hidalgo, E.J.L., 2011. Ecosystem services and hydroelectricity in Central America: Modelling service flows with fuzzy logic and expert knowledge. *Regional Environmental Change* 11, 393-404.

écosystèmes forestiers et pour faire participer les usagers des services écosystémiques dans la gestion des écosystèmes.

J’ai également abordé la question des relations spatiales entre services écosystémiques multiples dans un paysage, une question importante pour comprendre quels services apparaissent souvent ensemble (« *bundles* ») et quelles sont les possibilités de développer des politiques en synergies (par exemple une politique qui cherche à conserver le carbone dans les forêts et qui contribue aussi à la protection des bassins versants). Des études ont montré des corrélations positives (et synergies possibles de politiques) entre, par exemple, carbone et biodiversité mais aussi des corrélations négatives (et conflits possibles).

Au Costa Rica, un système national de PSE indemnise les propriétaires terriens pour la conservation des forêts, supposée produire conjointement quatre types de services écosystémiques liés à la biodiversité, le carbone, l’eau, et la beauté du paysage. Nous avons évalué, à l’échelle nationale et avec une résolution fine, la congruence spatiale entre ces services, en tenant compte du potentiel biophysique de production de services et de la demande socioéconomique pour les services (Figure 10). Nous avons également évalué les synergies spatiales entre les politiques actuelles (parcs nationaux et PSE) et la conservation des services écosystémiques. L’évaluation a montré que les quatre services ont différentes distributions spatiales, mais sont positivement corrélés. Les parcs nationaux et les zones recevant des paiements offrent plus de services que les autres zones. Sélectionner les zones avec la plus forte biodiversité permet de maximiser les co-bénéfices pour d’autres services, tandis la sélection de zones avec le carbone le plus élevé conduit aux co-bénéfices les plus faibles. Ce résultat montre que les initiatives d’atténuation du changement climatique basées sur les forêts (par exemple la REDD, Réduction des Emissions dues à la Déforestation et à la Dégradation des forêts) ne vont pas automatiquement optimiser la provision de co-bénéfices pour les services écosystémiques locaux et la biodiversité, des co-bénéfices qui sont souvent présumés.

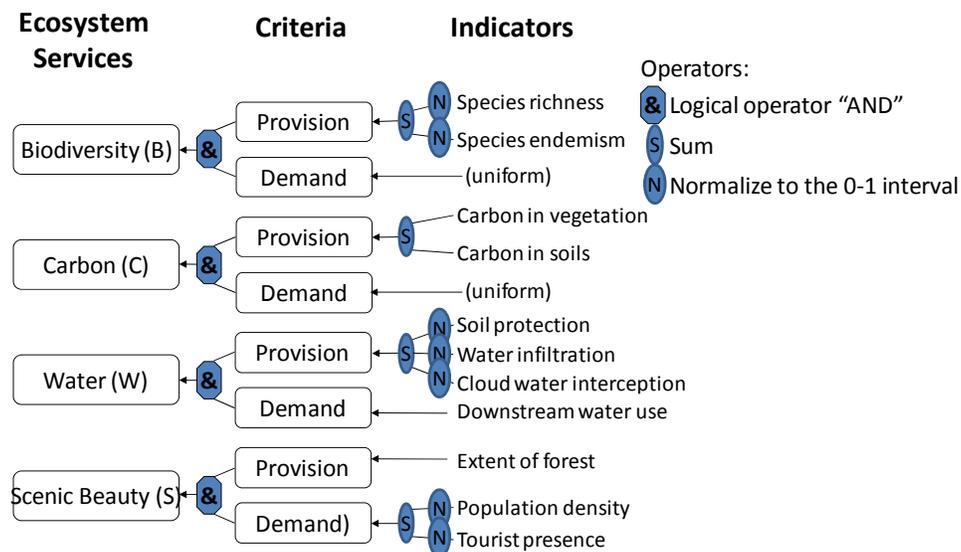


Figure 10. Cadre d’évaluation de services écosystémiques au Costa Rica<sup>22</sup>

<sup>22</sup> Locatelli B., Imbach P., Wunder S., forthcoming. Synergies and trade-offs between ecosystem services in Costa Rica. Environmental Conservation (accepted with revisions).

## Services multiples : Analyser les instruments

**Exemple** : pour analyser les impacts de paiements pour services environnementaux sur le développement local, un travail avec deux étudiantes de mastère au Costa Rica a utilisé une analyse multicritères et des enquêtes de terrain. Il a permis de montrer des impacts globalement positifs, malgré des impacts économiques négatifs à court terme.

Les écosystèmes forestiers fournissent des services écosystémiques multiples et jouent un rôle important dans l'adaptation et l'atténuation. Il est nécessaire d'explorer les liens entre ces deux options afin de comprendre leurs arbitrages et les synergies. Nous avons analysé comment des politiques ou des projets pour l'atténuation du changement climatique peuvent contribuer à l'adaptation et vice-versa. Cette analyse s'est basée sur des études de cas en Amérique Latine, au niveau de projets locaux ou de politiques nationales<sup>23</sup>. Nous avons étudié les approches et les raisons pour intégrer l'adaptation dans les projets d'atténuation ou l'atténuation dans les projets d'adaptation. Nous avons également analysé l'intégration des liens adaptation-atténuation dans les politiques forestières ou de changement climatique, mais l'analyse a montré qu'il y a peu d'initiatives politiques, à l'exception par exemple du Mexique et de sa stratégie « changement climatique et aires protégées » qui a pour objectifs conjoints d'augmenter la capacité adaptative des écosystèmes et des populations et de contribuer à la réduction des gaz à effet de serre dans l'atmosphère.

L'analyse a montré comment un projet d'atténuation peut influencer l'adaptation des populations. Les projets forestiers d'atténuation peuvent avoir des impacts positifs sur les populations locales et leur capacité adaptative. Ils peuvent accroître la fourniture de services écosystémiques aux communautés locales, diversifier leurs revenus et leurs activités économiques, développer des infrastructures ou des services sociaux, et renforcer les institutions locales. Mais les impacts peuvent aussi être négatifs. Par exemple, des inquiétudes ont surgi quant à la possibilité que des projets REDD+ réduisent les droits et l'accès des populations locales à la terre et aux ressources forestières ou augmentent la dépendance des populations à des financements externes incertains.

L'analyse a ensuite montré comment un projet d'atténuation peut influencer l'adaptation des écosystèmes. Les projets forestiers d'atténuation (par exemple les projets REDD+) peuvent potentiellement faciliter l'adaptation des forêts au changement climatique, en réduisant les pressions anthropiques sur les forêts, en augmentant la connectivité entre forêts et en conservant des sites riches en biodiversité. Cependant, les gestionnaires de projets d'atténuation vont sûrement devoir incorporer de nouvelles mesures pour l'adaptation des forêts pour réduire les impacts du changement climatique sur ces forêts, car de tels impacts peuvent mettre en danger la permanence du stockage de carbone.

L'analyse a enfin montré comment un projet d'adaptation peut agir sur l'atténuation. Les projets d'adaptation peuvent affecter directement les écosystèmes et leurs stocks de carbone, donc agir sur l'atténuation. Les projets d'adaptation basée sur les écosystèmes peuvent avoir des bénéfices sur l'atténuation, en augmentant ou conservant les stocks de carbone. Les synergies entre services écosystémiques expliquent les impacts des projets d'adaptation sur l'atténuation. Par exemple, les mangroves contribuent à la fois à protéger les zones côtières et à stocker du carbone. Cependant, il peut y avoir des arbitrages entre le carbone et les services écosystémiques pertinents pour un projet d'adaptation. Par exemple, les priorités spatiales pour la conservation des services écosystémiques hydrologiques et pour le carbone peuvent différer. En plus des impacts directs des projets d'adaptation, d'autres impacts indirects peuvent être envisagés, si un projet d'adaptation évite le déplacement d'activités et la déforestation associée, par exemple si un projet d'adaptation agricole soutient la productivité agricole et réduit la conversion de forêt par l'expansion agricole.

---

<sup>23</sup> Locatelli B., Evans V., Wardell A., Andrade A., Vignola R., 2011. Forests and Climate Change in Latin America: Linking Adaptation and Mitigation. *Forests* 2(1): 431-450. doi:10.3390/f2010431

Une autre de mes études a porté sur les effets de paiements pour services écosystémiques (PSE) sur le développement durable dans le nord-est du Costa Rica<sup>24</sup>. Les mécanismes du paiement sont de plus en plus utilisés pour promouvoir la conservation des services écosystémiques et leurs effets sur le développement sont d'un intérêt considérable. Nous avons évalué les effets de reboisement incités par le PSE du Costa Rica sur le développement local. Nous avons appliqué une analyse multicritères, associant des critères et indicateurs sociaux, économiques, institutionnels et culturels. Des enquêtes auprès de propriétaires recevant des PSE ont été réalisées. Les impacts des PES appliqués au reboisement sont globalement positifs. Les impacts économiques négatifs sont compensés par les effets positifs institutionnels et culturels. Pour la plupart des critères, les impacts sur les propriétaires les plus pauvres sont positifs et généralement plus élevés que pour les propriétaires plus riches. Toutefois, les revenus à court terme des propriétaires les plus pauvres diminuent à la suite de reboisement. Ceci peut engendrer des conséquences négatives et réduire la participation de ces propriétaires dans les PSE. Les impacts positifs ont été plus forts pour les propriétaires qui participaient dans le programme de PSE à travers une organisation non gouvernementale, ce qui montre l'importance des agents facilitateurs.

### Impacts du changement climatique sur les écosystèmes: Caractériser les impacts

**Exemple** : un travail de modélisation avec un de mes étudiants de doctorat a permis de montrer que les impacts du changement climatique sur les écosystèmes en Amérique Centrale pouvaient être estimés avec une incertitude assez faible, malgré les incertitudes sur les précipitations futures.

Nous avons étudié les impacts du changement climatique sur les écosystèmes, leurs services et les perturbations en Amérique Centrale. A propos des perturbations, outre une étude sur les maladies du pin au Honduras, une de nos études (en cours de finalisation) porte sur les impacts du changement climatique sur les feux de forêts. A l'aide de techniques d'exploration de données (*data mining*), nous avons développé des arbres de classification multiples pour expliquer les feux de forêt dans le passé en fonction de facteurs climatiques, écologiques, politiques et socio économiques. Nous avons utilisé quatre scénarios d'évolution de ces facteurs pour analyser les évolutions possibles du risque de feux dans la région.

Un autre travail a porté sur l'ampleur et la probabilité des impacts du changement climatique sur la végétation et le cycle de l'eau en Més-Amérique<sup>25</sup>. Nous avons utilisé le modèle de végétation MAPSS (Mapped Atmosphere-Plant-Soil System) pour simuler les changements dans l'indice foliaire (LAI), les types de végétation (herbes, arbustes et arbres), l'évapotranspiration et le ruissellement à la fin du 21ème siècle. Nous avons mis l'accent sur l'incertitude des changements dans trois groupes de scénarios d'émission de gaz à effet de serre (émissions faibles, moyennes et élevées), pour un total de 136 scénarios générés avec 23 modèles de circulation générale (GCM). Les résultats montrent que LAI va probablement diminuer (dans 77 à 89% de la région suivant les groupes de scénarios climatiques) et la végétation potentielle passera probablement de types humides à secs. Cependant, l'évaluation des impacts sur le LAI est plus faible si l'on prend en compte les effets potentiels du CO2 sur l'efficacité de l'utilisation de l'eau par les plantes. Les quantités d'eau ruisselée diminueront dans la région, même dans certaines régions où les précipitations augmenteront, ceci à cause de l'augmentation de l'évapotranspiration sous des températures plus élevées. Les scénarios d'émission plus élevés montrent une incertitude plus faible sur les impacts modélisés. Malgré les fortes incertitudes sur les précipitations futures, les résultats de la modélisation montrent que les impacts du changement climatique sur la végétation et le cycle de l'eau sont prévus avec une incertitude relativement faible.

<sup>24</sup> Locatelli B., Rojas V., Salinas Z., 2008. Impacts of payments for environmental services on local development in northern Costa Rica: A fuzzy multi-criteria analysis. *Forest Policy and Economics* 10(5): 275-285. doi:10.1016/j.forpol.2007.11.007

<sup>25</sup> Imbach P., Molina L., Locatelli B., Roupsard O., Ciais P., Corrales L., and Mahé G., 2010. Climatology-based regional modelling of potential vegetation and average annual long-term runoff for Mesoamerica. *Hydrology and Earth System Sciences* 14, 1801-1817, doi:10.5194/hess-14-1801-2010.

## Impacts du changement climatique sur les écosystèmes: Analyser les mesures

**Exemple** : un travail de modélisation, en cours de finalisation, avec un des mes étudiants de doctorat a permis de montrer que les corridors biologiques en Amérique Centrale peuvent faciliter la dispersion d'espèces sous un climat changeant mais que seules les espèces à forte capacité de dispersion en profitent, les autres ayant une capacité de dispersion trop faible pour suivre les changements du climat dans la plupart des scénarios.

Le changement climatique est une menace pour les écosystèmes ou leurs services et des mesures d'adaptation peuvent être intégrées dans leur gestion. Par exemple, de nombreuses aires protégées devraient être affectées par le changement climatique et l'amélioration de leur connectivité par des corridors biologiques a été proposée comme une mesure d'adaptation, bien que l'évaluation de l'efficacité d'une telle mesure reste un défi. En Més-Amérique, les efforts pour préserver la biodiversité ont conduit à la création d'un réseau régional d'aires protégées et, depuis peu, de corridors biologiques. Nous avons évalué (article soumis) le rôle de ces corridors pour faciliter la dispersion des plantes entre aires protégées sous des scénarios de changement climatique. Un modèle dynamique et spatialement explicite (utilisant des automates cellulaires) a été développé pour simuler la dispersion des espèces sous différents climats et différents scénarios de politiques de conservation. Des types fonctionnels de plantes ont été définis avec différentes capacités de dispersion pour chaque type de végétation, pour représenter la diversité des espèces dans la région. Les impacts des changements climatiques sur les aires protégées et le rôle des corridors biologiques pour la dispersion ont été évalués spatialement. Les résultats montrent que les aires protégées les plus affectées sont celles avec une faible variation altitudinale dans les zones chaudes et sèches. Les corridors les plus importants couvrent de plus grandes surface et ont de forts gradients d'altitude, de latitude ou de longitude. Seules les espèces avec une forte capacité de dispersion peuvent suivre l'évolution attendue du climat et bénéficier de couloirs de dispersion. Nous concluons que l'évaluation spatiale de la vulnérabilité des aires protégées et le rôle des corridors pour faciliter la dispersion peut aider à la planification de la conservation dans un climat changeant.

Les mesures d'adaptation des forêts sont rares en zones tropicales et nous avons révisé la littérature existante sur le sujet<sup>26</sup>, en incluant des papiers non spécifiques aux tropiques. L'analyse montre comment les pratiques de gestion des forêts tropicales peuvent contribuer à maintenir ou améliorer la capacité d'adaptation des forêts naturelles et plantées face au changement climatique et examine les défis et les opportunités de l'adaptation pour les forêts tropicales. En plus de l'exploitation à impact réduit pour maintenir l'intégrité des écosystèmes, d'autres approches peuvent être nécessaires, telles que la prévention des incendies et de gestion, ainsi que certaines options sylvicoles visant à faciliter l'adaptation génétique. Dans le cas des forêts plantées, l'intensité normalement plus élevée de la gestion (par rapport à la forêt naturelle) offre des possibilités supplémentaires pour la mise en œuvre des mesures d'adaptation, tant au niveau industriel et des petits exploitants. Bien que l'intégration dans la gestion des forêts de mesures visant à améliorer l'adaptation au changement climatique ne requière pas forcément une déviation importante par rapport aux pratiques actuelles, peu d'action semble avoir eu lieu à ce jour.

Il a peu de connaissances sur la façon dont les forestiers des régions tropicales mettent en œuvre des actions d'adaptation pour anticiper les conséquences du changement climatique. Nous avons analysé comment les gestionnaires de forêts tropicales naturelles et plantées destinées à la production perçoivent la menace du changement climatique et quelles mesures ils appliquent ou envisagent<sup>27</sup>. En 2009, un questionnaire a permis de

---

<sup>26</sup> 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

<sup>27</sup> Guariguata M.R., Locatelli B., Haupt F., 2012. Adapting tropical production forests to global climate change: risk perceptions and actions. *International Forestry Review* 14(1), 27-38. doi:10.1505/146554812799973226

collecter 152 réponses provenant d’Afrique, d’Amérique Latine et d’Asie-Pacifique. Les répondants ont estimé que les forêts naturelles et plantées étaient en danger du fait du changement climatique. Toutefois, leurs positions étaient variées quant à la nécessité d’investir dans des mesures d’adaptation à l’heure actuelle. Les résultats de cette enquête fournissent un premier aperçu de la manière dont les considérations climatiques sont prises en compte dans la gestion et la planification relatives aux forêts tropicales, mais il est nécessaire d’examiner plus en détail, aux niveaux local et national, la manière dont les forestiers, notamment dans les régions tropicales, gèrent les incertitudes actuelles pour pouvoir entreprendre des actions. Le fait que le changement climatique soit considéré comme moins important que d’autres menaces pour les forêts, telles que l’agriculture commerciale et l’exploitation non planifiée, suggère néanmoins que la planification et la gestion à long terme des forêts ne sont pas considérées comme viables par les répondants, compte tenu des autres grands facteurs de déforestation et de dégradation des forêts.

### **11.3. Le futur**

Les activités futures vont se concentrer autour des thèmes des services écosystémiques pour l’adaptation et des synergies entre adaptation et atténuation. L’accent sera mis sur des analyses comparées d’études de cas conduites dans de nombreux pays tropicaux pour produire des connaissances pertinentes à l’échelle globale. Le CIFOR est actuellement en train de mettre en place des zones d’études sur le long terme (« Sentinel Landscapes ») dans lesquels des études de suivi de changements globaux pourront être développées. Au sein de ces zones, des sites seront choisis selon des gradients de conditions environnementales et socioéconomiques.

Deux projets de recherche qui commencent actuellement et auxquels je participe sont détaillés ici.

Le projet GCS (« Global Comparative Study on REDD ») est mis en œuvre par le CIFOR dans de nombreux pays d’Asie, Amérique Latine et Afrique. L’objectif global de ce partenariat de recherche est de s’assurer que les décideurs et les communautés de praticiens possèdent les connaissances, l’information et les outils pour mettre en œuvre le REDD d’une façon efficace des effets positifs sur la réduction de la pauvreté, l’amélioration des services écosystémiques autres que le carbone et la protection des moyens de subsistance locaux. L’un des objectifs spécifiques est de générer des connaissances pour le développement de politiques et de mesures qui favorisent les synergies entre la REDD + et l’adaptation au changement climatique. Le module sur les synergies entre REDD + et adaptation inclura : (i) des analyses de politiques nationales et internationales sur l’adaptation au changement climatique et les forêts, ainsi que des rôles et intérêts des différentes parties prenantes au niveau national. (ii) des évaluations de la vulnérabilité actuelle et future des communautés dans les sites sélectionnés, en mettant l’accent sur les liens entre les forêts et la réduction de la vulnérabilité sociale, (iii) des évaluations d’approches de l’adaptation basée sur les écosystèmes à l’échelle sous-nationale, y compris de leur contribution à l’atténuation du changement climatique.

Le projet européen OPERAs (« Operational potential of ecosystems research applications ») est mis en œuvre par 27 organismes de recherche, principalement européens, et est coordonné par l’Université d’Edimbourg. Il vise à améliorer la compréhension de la façon dont les services écosystémiques (SE) et le capital naturel (NC) contribuent au bien-être dans différents systèmes socio-écologiques. La recherche permettra de déterminer si, comment et dans quelles conditions les concepts de SE et NC peuvent sortir du domaine académique et être mis en œuvre concrètement pour la gestion durable des écosystèmes dans un contexte de changement global. Mon implication sera en particulier sur les services écosystémiques à l’interface adaptation et atténuation du changement climatique. La recherche va utiliser une méta-analyse des pratiques existantes pour identifier les lacunes dans les connaissances et les exigences pour de nouvelles politiques et instruments. De nouvelles idées et des outils

améliorés ou de nouveaux instruments seront testés en pratique dans des études de cas couvrant une gamme de systèmes socio-écologiques en Europe et dans les tropiques.

Dans mes activités de recherche futures, un aspect important sera de renforcer les liens entre les différentes thématiques de travail. En effet, même s'il y a une articulation logique entre mes différentes thématiques (comme montré dans la figure 6), la cohérence d'ensemble du travail pourrait être renforcée en intégrant les différentes activités de recherche.

Il s'agit par exemple des activités de recherche sur les impacts du changement climatique sur les écosystèmes (thématique 8 de la figure 6) et celles sur le rôle des services écosystémiques dans l'adaptation de la société (thématique 6 de la figure 6). Les approches sont différentes et leur combinaison représente un défi. Pour la première thématique, nous travaillons à l'échelle régionale ou continentale, avec des modèles biophysiques et sur le long terme (par exemple avec des scénarios climatiques en 2050). Pour la seconde thématique, nous travaillons à l'échelle locale, avec des méthodes de sciences sociales et à court terme (car l'accent est mis sur les problèmes de variabilité climatique auxquels les communautés locales font face actuellement). Combiner ces approches nécessite de développer des méthodes innovantes.

En termes de positionnement géographique, même si je continuerai à interagir avec des collègues en Asie et en Afrique et à participer à leurs projets, je prévois un recentrement sur l'Amérique du Sud, avec un déménagement au Pérou mi 2013. En termes d'intégration dans des réseaux scientifiques, je souhaite renforcer mes interactions avec le monde académique européen, en particulier français. Le projet européen OPERAs contribuera à cet objectif. La perspective d'une HDR me permettra également d'encadrer des doctorants français en collaboration avec des universités françaises. Ceci justifie ce dossier de candidature.