

Institut pour  
le développement forestier  
Service d'utilité forestière  
du Centre national professionnel  
de la propriété forestière  
23, av. Bosquet, 75007 Paris  
Tél. 01 40 62 22 80

Directeur de la publication  
**Roland Martin**

Directeur de la rédaction  
**Thomas Formery**

Rédacteur  
**Samuel Six**

Conception graphique  
**Jean-Éric Ridonat (High'com)**

Maquette mise en page  
Cartes et graphiques  
**Sophie Saint-Jore**

Responsable Édition-Diffusion  
**Pascale Maurin**

Diffusion - abonnements  
**François Kuczynski**

Publicité  
**Helium Régie**  
53, rue La Fayette - 75009 Paris  
Tél. 01 53 32 89 89  
Fax 01 53 32 89 90

Impression et routage  
**Centre Impression**  
BP 218 - 87220 Feytiat  
Tél. 05 55 71 39 29

Numéro d'imprimeur 00087

Tous droits de reproduction ou  
de traduction réservés pour tous  
pays, sauf autorisation de  
l'éditeur.

Périodicité : 6 numéros par an  
Abonnement 2006  
France : 46 € étranger : 60 €  
édité par le CNPPF

Commission paritaire des  
publications et agences de  
presse : n° 1008 G 84132  
ISSN : 0752-5974  
Siret : 180 092 355 00015

Les études présentées dans Forêt-  
entreprise ne donnent que des indi-  
cations générales. Nous attirons  
l'attention du lecteur sur la néces-  
sité d'un avis ou d'une étude éma-  
nant d'une personne ou d'un orga-  
nisme compétent avant toute appli-  
cation à son cas particulier. En  
aucun cas l'IDF ne pourrait être tenu  
responsable des conséquences -  
quelles qu'elles soient - résultant de  
l'utilisation des méthodes ou maté-  
riels préconisés.

Cette publication peut être utilisée dans  
le cadre de la formation permanente.

Dépôt légal : Mai 2006



'Une forêt privée gérée et préservée  
par un réseau d'hommes compétents  
au service des générations futures'



# sommaire

2

## agenda

3

## éditorial

4

## actualité

6

## parutions

7

## cetef

*Naissance du Cetef  
de Corse*

F. Torre

52

## environnement

*Oiseaux et forêt  
II. Sylviculture adaptée  
à l'accueil des oiseaux*

G. Pichard

64

## gestion

*Le logiciel Sylvélite 2.5*

O. Picard, M. Chartier

11

## dossier

*Crédits carbone :  
que fait la forêt ?*



56

## sylviculture

*Potentialités de régénération  
naturelle des feuillus sous  
épiciéas ou douglas*

F. Landré, Ph. Balandier

60

## expérimentation

*Quelles pertes de croissance  
pour 7 cultivars de peuplier  
face aux attaques de la rouille  
E4 du mélèze*

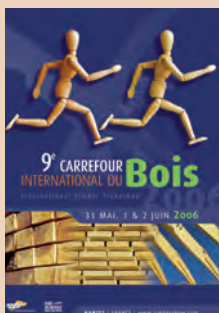
E. Paillassa

Photo de couverture :  
Fond en rondins de bois,  
A. Barin

De gauche à droite ;  
Futaie jardinée, A. M. Noblet  
Stères de bois, S. Six  
Chalet, M. Mouas

## Carrefour international du bois 2006

Le salon européen *business to business* des professionnels du matériau bois aura lieu à Nantes au Parc des expositions de la Beaujoire les 31 mai, 1<sup>er</sup> et 2 juin 2006. *Renseignements auprès de Françoise Dubois, Com4, tél. : 02 40 73 50 51 / 06 63 98 44 77 Fax : 02 40 73 57 93. E-mail : com-4@wanadoo.fr Site : www.com-4.fr*



## Euroforest

La prochaine édition d'Euroforest ouverte aux professionnels et au grand public se tiendra du 16 au 18 juin 2006 à Saint-Bonnet-de-Joux en Bourgogne sur un site exceptionnel par la diversité de ses essences (feuillus et résineux) et de ses terrains (plats ou en pente) qui permettent aux exposants de faire évoluer leurs matériels en conditions réelles. *Renseignements par courriel : info@euroforest2006.com ou sur le site www.euroforest2006.com*

## Le tourisme en forêt au secours du climat



Forestour, organisme de la forêt privée ouverte au public, organise pour la 3<sup>e</sup> année consécutive le « Forum de la forêt privée ouverte au public » en région Provence-Alpes-Côte-d'Azur et invite tous les acteurs de la forêt, de l'environnement et du tourisme à une journée de rencontre et de débat le 2 juin 2006 à Gréoux les Bains, dans les Alpes de Haute

Provence. Le Forum 2006 sera consacré au changement climatique qui fragilise l'écosystème forestier. Une forêt bien gérée est aussi une arme multiple contre le changement climatique, par son pouvoir de séquestration de carbone, par la substitution du bois aux combustibles fossiles et par le potentiel pédagogique de toucher le public par des visites de boisements et des modèles de prévention. Cette troisième édition permettra de lancer l'Initiative Climat Forêt, nouvelle initiative pour le climat qui stimulera un nouvel intérêt pour la gestion durable de nos forêts.

*Renseignements auprès d'Isabelle Desmartin, Forestour, tél. : 04 42 51 43 19, courriel : contact@forestour-paca.org*

## Forexp'Occasion

Le GIE Forexpo lance en 2006 un nouveau salon consacré aux matériels et véhicules forestiers, Forexp'Occasion, qui aura lieu les 27 et 28 septembre 2006 en Aquitaine. L'organisateur de ces rencontres professionnelles autour de la forêt et du bois, le GIE Forexpo, associe le Syndicat des sylviculteurs du Sud-ouest, le Centre de productivité et d'action forestière d'Aquitaine et l'Union des sylviculteurs du sud de l'Europe.

*Renseignements auprès de Forexpo, 6 parvis des Chartrons, 33075 Bordeaux cedex, tél. : 05 57 85 40 18, www.forexpo.fr*

## Salon châtaignier à Châlus

Le Parc naturel régional Périgord-Limousin organise du 21 au 23 juillet 2006 la 2<sup>e</sup> édition du Salon du châtaignier. Une table ronde consacrée à la valorisation du châtaignier à bois en France sera organisée le 21 juillet. Des animations et une exposition présenteront la sylviculture et les valorisations du châtaignier. Ces journées bénéficient de la collaboration du CRPF Limousin, du GDF Sud-Ouest et du groupe de travail châtaignier de l'IDF.

*Renseignements au Parc : 05 53 60 34 65, courriel : s.chauvin@pnrpl.com*

## Ventes groupées été 2006 réalisées par les experts de la CNI EFEB

Région	Lieu de la vente	Dépt	Date	Heure	Expert-coordonnateur	Sigle
Aquitaine	Labouheyre	40	04/05/06	14 h 30	F. Putegnat	CEFSO
Bretagne	Iffendic	35	12/05/06	14 h 30	L. Lemercier	AEFB
Lorraine	Cirey/Vezouze	54	05/05/06	14 h 30	A. Michaut	GRIEF
Centre	Tours (peupliers)	37	26/06/06	14 h 30	J.-P. Sadoux	* VEFOCO
Franche-Comté	Champagnole	39	07/07/06	17 h 00	F. Leforestier	CNIEFEB
Normandie	Carrouges	61	23/05/06	14 h 30	D. Golliard	ANEF
Nord Picardie	Berneuil/Aisne	60	21/06/06	14 h 30	J.-M. Peneau	APEX
Pays de la Loire	Angers	49	18/05/06	14 h 00	N. Bureau	AFOE
Rhône-Alpes	Meylan	38	22/06/06	17 h 00	J.-C. Thievenaz	CNIEFED

*En rouge : les ventes de mai 2006. \* Vente réalisée conjointement avec celle d'un organisme de la forêt privée. CNIEFEB, 6-8 rue Chardin, 75016 Paris, tél. : 01 40 50 87 34, fax : 01 40 50 87 43, courriel : compagnie@foret-bois.com*

# éditorial

---

*Le manteau forestier de la France métropolitaine couvre un peu moins de 16 millions d'hectares où les feuillus dominant largement avec 60 % de la surface. Cette forêt est en augmentation constante, au rythme annuel de 50 000 ha.*

*C'est donc une formidable usine de stockage de carbone qui fonctionne en absorbant les déchets des autres et sans en produire elle-même. Par ailleurs, le forestier maximise la séquestration du carbone par l'entretien et la sylviculture ce qui favorise la productivité des espaces forestiers.*

*Puisqu'un arbre c'est 50 % de carbone il apparaît ainsi évident que plus nous produisons de bois et plus nous piégeons du gaz carbonique qui de ce fait échappe à l'effet de serre. Mais il est aussi évident qu'une fois l'arbre mûr et qu'on doit l'exploiter, il faudra qu'il trouve preneur sous la forme de charpente, de revêtement de surface, de lambris, d'aménagement de l'habitat, de meubles, de papier, de bois de chauffage. Il est totalement illogique de gémir sur les risques de l'effet de serre et préférer s'équiper en lambris, en volets, en portes et fenêtres en PVC, sous prétexte qu'on économise l'entretien ou que ce matériau est moins coûteux.*

**On ne peut écarter la fonction économique parce que c'est elle qui assure les moyens de gestion de la forêt.**

*Pour vous aider dans votre réflexion, je vous recommande vivement la lecture du dossier « Carbone : que fait la forêt ? ». La notoriété, la qualité et le travail de ceux qui y ont participé vous permettront de faire le point sur ce sujet capital.*

*Je vous invite aussi à vous réjouir de la naissance du Cetef de Corse. Saluons le courage de cette équipe de femmes et d'hommes qui viennent de se grouper pour réfléchir ensemble aux moyens à mettre en œuvre pour permettre aux propriétaires forestiers de mieux connaître leur patrimoine et de développer la sylviculture du châtaignier, du chêne vert et du chêne-liège.*

*Nous espérons les rencontrer à l'occasion de la manifestation que nous organiserons en mai prochain et dont je vous ai déjà entretenu lors de notre rencontre de Montauban, les 22 et 23 septembre 2005.*

*Tout ce travail pour démontrer que l'IDF, sous sa nouvelle structure de Service d'Utilité Forestière du CNPPF, continue à tracer son sillon ferme, profond et droit.*

**Roland MARTIN**

## Le stockage géologique du carbone

Le stockage géologique consiste à stocker le CO<sub>2</sub> sous terre en le piégeant dans des couches géologiques capables de le séquestrer. Le 15 mars dernier, le délégué interministériel au développement durable s'est félicité du démarrage, dans le cadre du projet européen Castor, de la première installation mondiale de captage de CO<sub>2</sub> dans une centrale électrique fonctionnant au charbon installée à Esbjerg au Danemark. Face au développement de l'usage du charbon pour produire de l'électricité – du fait de ses hausses de prix plus modérées que celles du pétrole et du gaz – l'idée est donc de doter chaque centrale électrique d'un système de captage et stockage géologique de CO<sub>2</sub> pour les rendre « vraiment propres ». Intention louable, mais quelle cohérence ? Développer l'utilisation du charbon (le plus fort émetteur de CO<sub>2</sub> pour une quantité donnée d'énergie produite) pour ensuite enfouir le CO<sub>2</sub> produit, revient à émettre plus et cacher temporairement ces émissions excédentaires... sachant que les couches géologiques enfermant le CO<sub>2</sub> ne sont jamais complètement étanches. Aussi bonne soit-elle, cette solution n'en est pas moins transitoire.

## Tarn et Aude : désastre causé par l'effet combiné de la pluie, de la neige et du gel

Les 29 et 30 janvier 2006, le Tarn et l'Aude ont vu plus de 5 000 hectares ravagés par les intempéries. Les départements n'ayant pas été classés en catastrophe naturelle, les assurances ne fonctionnent pas et les travaux de remise en état sont à la charge des propriétaires... (Source : Rétif André et Arlette, Montréal de l'Aude).

+ 127 %.

C'est la hausse des ventes de chaudières au bois en 2005.

## L'école forestière de Montélimar s'engage dans la gestion durable des forêts alluviales

Les aménagements hydrauliques du XX<sup>e</sup> siècle ont largement contribué à raréfier les forêts alluviales (situées sur les lits des rivières et fleuves). Dans la vallée du Rhône, entre 1964 et 1997, les forêts alluviales ont régressées de 80 %. Le Centre d'études forestières et agricoles de Montélimar ayant déjà une pépinière expérimentale apporte son aide en fournissant plants et boutures de provenances locales nécessaires à la gestion. Ainsi les classes de 3<sup>e</sup>, CAPA et BEPA récoltent les boutures de saule blanc, peuplier noir sur site et les mettent en culture (entretien des pieds mères, préparation des plançons). Des graines d'érable sycomore, frêne à feuille étroite, peuplier blanc, orme lisse sont également conditionnées par les élèves et conduites dans la pépinière.



## Des crédits d'impôts sur les travaux forestiers

La fédération Forestiers privés de France informe tous les propriétaires de bois et forêts qu'une nouvelle mesure fiscale permet de déduire partiellement de son impôt sur le revenu, le coût des travaux effectués dans sa forêt. C'est donc le bon moment pour réaliser élagages, éclaircies, plantations ou dessertes forestières... autant d'opérations qui valorisent la forêt. Pour bénéficier de cette réduction d'impôt de 25 % (dans la limite de 1 250 € pour une personne seule, et 2 500 € pour un couple), il faut être domicilié en France, réaliser ces travaux forestiers entre le 1<sup>er</sup> janvier 2006 et le 31 décembre 2010, conserver sa forêt pendant 15 ans après les travaux et y appliquer un PSG ou règlement type de gestion. Pour en savoir plus : Forestiers privés de France, 6 rue de la Trémolle, 75008 Paris, tél. : 01 47 20 36 32, fax : 01 47 23 38 58. Un article y est consacré dans le n° 490 de Forêts de France (janvier-février 2006).



## Richard Vivers à la tête de Wood-Mizer Europe

Richard Vivers, 53 ans a d'abord travaillé treize ans comme entrepreneur de sciage, puis une dizaine d'années au service de Wood-Mizer. « Notre technologie donne la possibilité à des particuliers de créer et de gérer leur propre entreprise, rentable et gratifiante, dit-il, ces derniers sont des opérateurs ou des propriétaires qui vivent du sciage à façon, en mobile ou en fixe, et de la vente de bois sciés, séchés ou moulurés, de qualité. »

## Les marchés en ligne d'IHB et FORDAQ sont interconnectés

Depuis le 22 mars 2006, les marchés en ligne d'IHB ([www.ihb.de](http://www.ihb.de)) et FORDAQ ([www.fordaq.com](http://www.fordaq.com)) sont interconnectés permettant l'accès au plus grand marché en ligne au monde pour la filière bois. Plus de 24 000 entreprises de la filière bois sont membres de la nouvelle plate-forme IHB-FORDAQ visitée par plus de 500 000 personnes mensuellement. Les utilisateurs d'IHB et FORDAQ peuvent maintenant consulter plus de 2 000 nouvelles offres et demandes chaque mois, l'annuaire des 24 000 membres et l'actualité de la filière bois préparée de façon journalière par des journalistes à travers l'Europe.

## Effet de puits de carbone de la forêt suisse : une prestation qui a son prix

Dans son communiqué daté de fin mars dernier, « Économie forestière suisse » se déclare favorable à la mise en place de la « taxe incitative » (taxe sur le CO<sub>2</sub> issu des combustibles fossiles : gaz, fioul...) et du « centime climatique » (taxe sur les carburants) prévus par la loi sur le CO<sub>2</sub> en Suisse. Ces taxes contribueraient à accroître la compétitivité du bois en tant que source d'énergie et matériau de construction, et les recettes seraient affectées à des projets de réduction des émissions de CO<sub>2</sub> en Suisse. « Économie forestière suisse » poursuit sur l'importance du puits de carbone forestier suisse mais avertit qu'un modèle de calcul trop orienté vers l'évolution du volume sur pied donnerait un mauvais signal aux forêts suisses déjà sous-exploitées (5 millions de m<sup>3</sup> exploités sur les 8 millions d'accroissement annuel). L'association conclut que la mesure de protection climatique la plus efficace passe encore par une exploitation accrue du bois.

Contact : Roland Furrer, responsable des relations publiques, tél. : 032 625 88 00, fax : 032 625 88 99, courriel : [furrer@wvs.ch](mailto:furrer@wvs.ch), site : [www.wvs.ch](http://www.wvs.ch)

## Le prix Markus Wallenberg pour l'INRA



© L. Paule

Le 15 mars 2006, Antoine Kremer, directeur de recherche à l'INRA de Bordeaux a été officiellement désigné lauréat

du prix Marcus Wallenberg 2006 lors de la conférence internationale qui se tient à Paris sur « les ressources génétiques forestières face au changement climatique ». C'est le premier français honoré par cette distinction. Ses travaux pionniers et intégratifs sur la génétique des chênes sont à présent considérés comme un nouveau paradigme pour l'étude d'autres espèces forestières. Les applications de ses travaux sont nombreuses : choix des meilleures sources de graines pour le reboisement, gestion de la biodiversité, conservation des ressources génétiques pour les générations futures et traçabilité de la chaîne de production des arbres, de la graine jusqu'au bois, notamment le bois de tonnellerie.

## Le nouveau site internet de la Forêt privée française

Vraiment plus rapide et plus accessible, le portail des forestiers privés ouvre ce printemps dans une nouvelle version entièrement refondue.

Nouveau : le paiement en ligne des publications de l'IDF, des pages de présentation de la forêt privée pour le grand public... Et toujours :

les dates de formations des organismes de la forêt privée, toute l'actualité forestière, des dossiers thématiques, et des centaines de questions-réponses consultables par thème ou mot clé.

Restez informés ! Pour tout savoir de l'actualité forestière, abonnez-vous à la lettre d'information du site.

[www.foretpriveefrancaise.com](http://www.foretpriveefrancaise.com)

## Climat : partagez la puissance de calcul de votre ordinateur

Le but est de proposer aux internautes qui le souhaitent, via un logiciel à télécharger, de mettre à disposition des climatologues la puissance de calcul de leur ordinateur, afin de les aider dans leur recherche sur le réchauffement climatique. Près de 50 000 utilisateurs ont répondu à l'appel depuis mars dernier, ce qui dépasse déjà de cinq fois la puissance de calcul du plus gros ordinateur au monde.

Renseignements en anglais sur <http://bbc.cpdn.org/> et <http://climateprediction.net>

## La Commission européenne veut développer l'énergie issue de la biomasse

Dans son nouveau « Livre vert », la Commission européenne a publié début 2006, un plan d'action visant à augmenter l'utilisation de l'énergie issue de la biomasse. Actuellement, l'UE tire 4 % de ses besoins énergétiques de la biomasse ; elle souhaite atteindre en 2010, une pénétration minimale de 12 %. Les sources d'énergie renouvelables permettent de réduire la dépendance vis-à-vis des importations, d'accroître la sécurité de l'approvisionnement, mais aussi d'éviter l'émission de 209 millions de tonnes de gaz à effet de serre par an. En matière de recherche, la Commission s'engage dans son plan d'action à encourager le développement d'une plate-forme technologique consacrée aux biocarburants (« *Biofuel Technology Platform* ») menée dans le domaine l'industrie et de rechercher le meilleur moyen de faire avancer la recherche visant à optimiser l'utilisation des récoltes agricoles et forestières à des fins énergétiques.

## Fiches Informations- Forêt de l'AFOCEL

Dans la série 2/2006 :

– La mécanisation du bûcheronnage des peuplements feuillus en 2005 (fiche 722).

– Le Groupe Pin maritime du futur (fiche 723).

– Les opérateurs de récolte des bois : tentative de dénombrement des effectifs et examen de leur évolution (fiche 724).

– Eucalyptus et environnement (fiche 725).

– Dans quel type d'abatteuse investir dans les Landes de Gascogne d'ici 2010 ? (fiche 726).

L'abonnement annuel, soit 20 fiches (4 séries de 5) est au prix de 44 € TTC + frais d'emballage et de port (8 € TTC pour la France et les pays de la Communauté européenne ; 12 € TTC pour les autres).

Service publications de l'AFOCEL, Domaine de l'Étançon, 77370 Nangis, tél. : 01 60 67 00 38, courriel : [publi@afocel.fr](mailto:publi@afocel.fr), site : [www.afocel.fr](http://www.afocel.fr) (le catalogue des publications 2006 de l'AFOCEL est également disponible sur ce site en rubrique publications).



## La futaie irrégulière

Si l'intérêt sylvicole de la futaie irrégulière est démontré et



magistralement argumenté tout au long de cet ouvrage, l'on a pu constater aussi que ses vertus ne se limitaient pas à la seule production de bois, mais qu'elle s'avérait particulièrement intéressante au regard de certaines fonctions de la forêt actuellement redécouvertes – protection des sols et de l'eau, valorisation de la biodiversité, accueil du public, etc. C'est ce renouveau qui a conduit à la notion déclinée ici en sous-titre : « sylviculture proche de la nature ». Ce livre devrait convaincre tous les praticiens de la forêt que, dans ce domaine, bonne économie rime avec bonne écologie, et que, inversement, un strict respect des exigences écologiques est la condition d'une bonne économie, profitable et rentable tant pour le propriétaire que pour l'économie globale et la société. Aussi le livre propose-t-il des bases aussi bien théoriques que pratiques de ce mode de traitement, avec les résultats qui peuvent en être espérés. Et, contrairement à ce qui est parfois encore entendu, le débat ne néglige pas les conséquences économiques et sociales en faisant la part (trop) belle aux aspects écologiques. Les sujétions de gestion durable ne grèvent pas la rentabilité d'une gestion forestière insuffisamment rentable. C'est exactement du contraire qu'il s'agit : elle augmente la rentabilité, et constitue même l'une des conditions d'un retour à la rentabilité. Max Bruciamacchie est enseignant-chercheur à l'École nationale du génie rural des Eaux et Forêts (ENGREF) Nancy ; Brice de Turckheim est praticien forestier. Ils ont ici associé leurs compétences, avec, pour objectif, que ce livre puisse aider les sylviculteurs à guider leur réflexion (Source : Editeur Edisud).

288 pages, 17 x 24 cm, 29,50 €. Disponible à la librairie de l'IDF, 23 avenue Bosquet, 75007 Paris, tél. : 01 40 62 22 81, courriel : [idf-librairie@cnpfp.fr](mailto:idf-librairie@cnpfp.fr)



## Parquets : les bonnes pratiques de mise en œuvre

Ce mémento clair et précis, fournit toutes les précautions relatives à la pose d'un parquet (réception, normes, pose, finitions...).

Format 10,5 cm x 21 cm, 24 pages. UFFEP, 6 avenue de Saint-Mandé, 75012 Paris, tél. : 01 43 45 53 43.



## Les éoliennes de la Manche

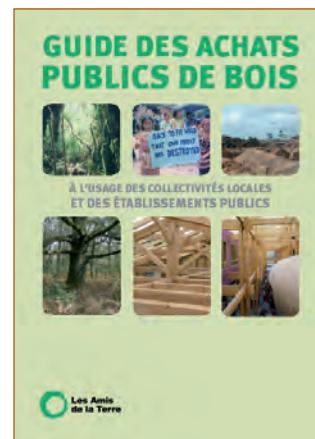
Le guide pratique « Les éoliennes dans les paysages de la Manche » vient d'être édité par le Conseil général de la Manche à destination des élus locaux pour les accompagner dans une démarche d'implantation raisonnée des éoliennes dans le département de la Manche.

Le guide pratique « Les éoliennes dans les paysages de la Manche » est disponible sur demande auprès du service presse du Conseil général de la Manche. Tél. : 02.33.05.95.03.



## Les Amis de la terre : guide des achats publics de bois

Parce qu'en France environ 25% du bois tropical est consommé par les marchés publics, les Amis de la Terre et



Robin des bois ont lancé, en 2000, la campagne « Batir sans détruire ». Cinq ans plus tard, plus de 70 collectivités locales se sont engagées à protéger les forêts tropicales. Pour appuyer la mise en œuvre des résolutions adoptées par les collectivités dans le cadre de la campagne « Batir sans détruire », les Amis de la Terre proposent un guide des achats publics de bois. Ce guide des achats publics de bois est organisé en 3 parties et s'adresse en priorité aux services techniques : « Comprendre » qui explique les enjeux liés à la forêt et à l'utilisation de bois de proximité ; « Choisir » qui fournit des clés pour savoir comment valoriser les bois locaux. Un tableau central permet d'identifier rapidement, pour chaque utilisation, un bois local naturellement durable ou traité écologiquement qui puisse être substitué à un bois exotique menacé ; « Acheter » qui donne des outils pour rédiger un marché public sur le bois.

80 pages, collectivités : 30 € (tarif dégressif en fonction des quantités), professionnels : 15 €, grand public : 10 €. Les Amis de la Terre, 2B rue Jules Ferry, 93100 Montreuil, tél. : 01 48 51 32 22, fax : 01 48 51 95 12, courriel : [France@amisdelaterre.org](mailto:France@amisdelaterre.org), site : [www.amisdelaterre.org](http://www.amisdelaterre.org)

# Naissance du Cetef de Corse

Fabrice Torre, animateur du Cetef de Corse et ingénieur au CRPF de Corse (1)

*La fin de l'année 2005 a vu la création du Cetef de Corse dans une région prédestinée à la sylviculture du châtaignier, la Castagniccia. Ses fondateurs battent activement la campagne pour redonner aux propriétaires forestiers la place qu'ils méritent dans l'économie et le développement durable.*



**À** peine constitué, le Cetef de Corse ne manque pas de projets... ce qui reflète bien le dynamisme de ses membres. Leur ouverture sur les actions susceptibles de faire vivre les filières locales des produits de la forêt corse ne les empêche cependant pas de se concentrer sur 3 essences jugées prioritaires : le châtaignier, le chêne vert et le chêne-liège.

## Le Cetef de Corse

Le Cetef de Corse (Centre d'études techniques et économiques forestier) est une association loi 1901 à but non lucratif créé le 17 août 2005. Il est en relation étroite avec les autres organismes de la forêt privée (notamment le CRPF de Corse et l'Institut pour le développement forestier), dans le domaine des forêts et des terrains à boiser afin de :

- répondre aux préoccupations d'ordre technique et économique des adhérents ;
- fournir documentation et conseils propres à la mise en valeur durable des propriétés forestières ;
- réaliser des études et essais permettant de progresser dans la

connaissance des techniques forestières et de protection des milieux naturels, éventuellement en coopération avec d'autres organismes ou à leur demande ;

- promouvoir des méthodes de gestion durables susceptibles d'améliorer la rentabilité des propriétés ;
- participer au développement de la filière bois en liaison avec une interprofession du bois ;
- contribuer à la diffusion de tout document technique auprès des adhérents ;
- réaliser des actions de vulgarisation et de formation auprès des adhérents.

### Signalétique du Cetef de Corse

#### Les fondateurs :

- Érika Ott.
- Anne-Marie Lemée.
- Claude Valentin (Président) et son épouse Françoise Valentin.
- Paul Alfonsi (trésorier), Gérard Alfonsi (secrétaire général).

#### Les adhérents

Depuis sa naissance le nouveau Cetef a mobilisé 18 adhérents et continue de recruter des membres qui puissent mettre à disposition du Cetef des placettes d'expérimentations.

#### L'administration

Le siège du Cetef, créé le 17 août 2005, se situe à Piazzole, 20234 Piobetta au cœur de la région de Castagniccia, proche du chef-lieu de canton (Piedicroce).



*De gauche à droite : Marc Romagnoli, membre du Cetef et président du Cetef ; Fabrice Torre, ingénieur au CRPF de Corse ; Paul Mathieu Raffalli, membre du Cetef et administrateur suppléant du CRPF ; Adrien Pavie, technicien du Cetef ; Paul Alfonsi, secrétaire du Cetef ; Orso Cerati, technicien du CRPF de Corse.*

## Les trois grands projets du Cetef de Corse

Le fil directeur des projets du Cetef est de permettre aux propriétaires forestiers corses de mieux connaître leur patrimoine tant du point de vue économique qu'écologique et de les aider à mieux le valoriser.

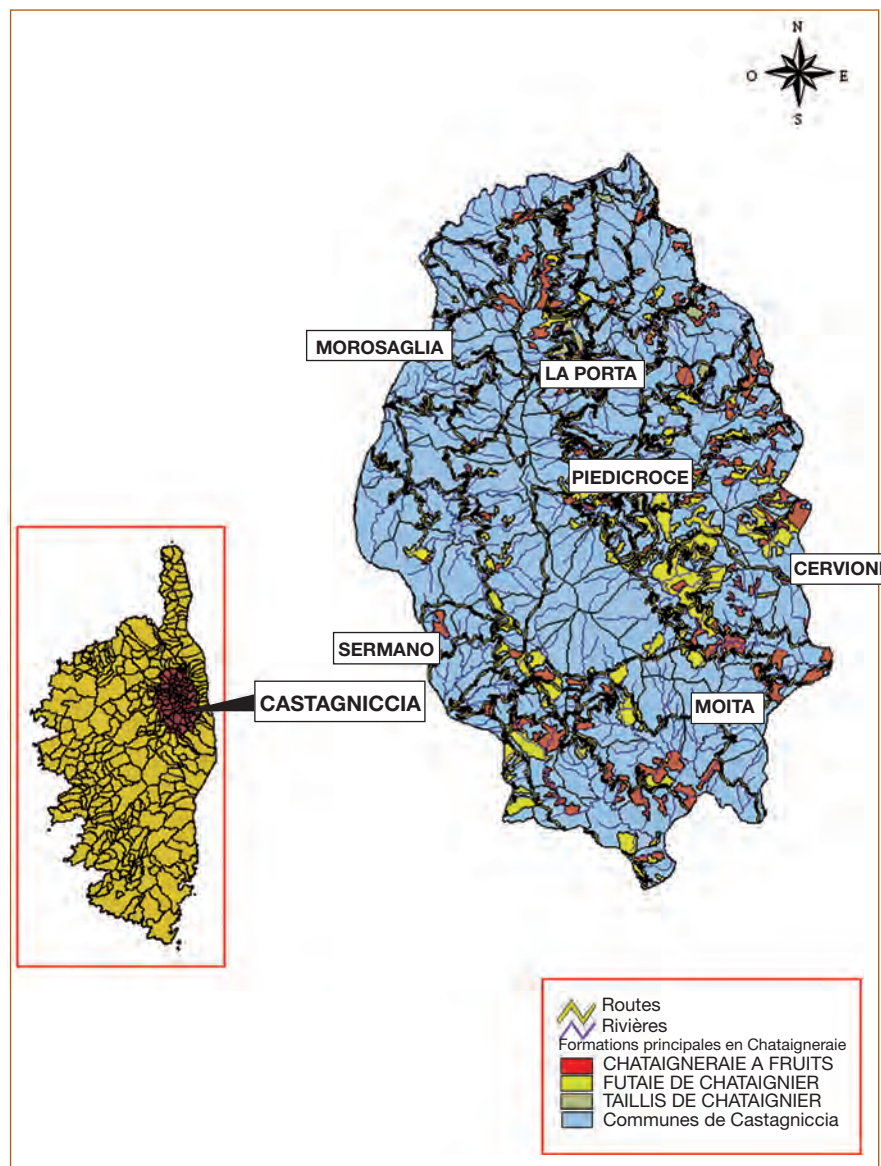
Le Cetef s'intéresse aux méthodes et techniques sylvicoles les plus appropriées à mettre en œuvre dans une forêt privée caractérisée par une certaine diversité (chêne-liège, chêne vert et maquis, chêne pubescent, châtaignier, feuillus précieux, pin maritime, pin laricio), mais souffrant de handicaps certains (foncier parfois de petite taille, indivision prononcée, absence d'infrastructures, filière bois très sommaire, risques importants d'incendie, et déprédations dues à la divagation de bétail).

Dans l'immédiat, trois programmes sont déjà bien avancés.

### Rédiger un guide des sylvicultures du châtaignier à bois de Castagniccia

Couvrant 22 000 ha (IFN, 1988), le châtaignier demeure une composante principale du paysage forestier en Corse. Il est, après le chêne vert, la deuxième essence de la Haute-Corse (16 000 ha) où il domine la région portant son nom : la Castagniccia.

Il y couvre 10 200 ha, soit environ la moitié du territoire forestier de cette région. La majorité des peuplements actuels à dominance de châtaignier en Castagniccia sont issus des vergers à fruits. Leur abandon au début du 20<sup>e</sup> siècle, conjugués pour certains à l'explo-



Situation de la région sylvicole Castagniccia en Corse.

tation pour les industries du tanin pour l'élevage d'animaux, aux problèmes pathologiques et à la diversité des stations où le châtaignier a été implanté, sont à l'origine de peuplements hétérogènes en structure et en composition.

L'objectif du projet est de rédiger un guide des sylvicultures du châtaignier à bois en Castagniccia (région IFN et ses marges). La démarche préconisée est concrète et en contact permanent avec les acteurs locaux. Rencontres et discussions avec propriétaires, exploitants et élus, étude des stations et

du potentiel de croissance du châtaignier sur ces mêmes stations, typologie des peuplements où le châtaignier domine et parcelles de démonstration sont les différentes étapes envisagées pour parvenir à un guide de sylviculture. Cet outil de diagnostic permettra aux sylviculteurs intéressés de déduire le modèle de sylviculture du châtaignier le mieux approprié à sa parcelle.

Pour ce faire, une convention entre quatre organismes de la forêt privée a été approuvée.

Le CRPF de Corse en sera le maître



d'ouvrage, l'IDF et l'IFN les partenaires techniques et scientifiques privilégiés et le Cetef de Corse le maître d'œuvre. Ce projet reçoit les financements de l'Union européenne et de la collectivité territoriale de Corse par l'intermédiaire de l'Office du développement agricole et rural de la Corse (Odarc) et de l'État par l'intermédiaire de la Direction régionale de l'agriculture et de la forêt.

Le Cetef appuyé des services cités et d'un comité de pilotage composé des financiers de l'opération, mais aussi de propriétaires et d'exploitants forestiers et de la Chambre d'Agriculture, procédera en deux étapes.

● **Établir un catalogue des stations forestières de Castagniccia :** connaître les stations forestières de la Castagniccia par recherche bibliographique, établissement d'un plan d'échantillonnage stratifié, réalisation des relevés de terrain, application d'un traitement statistique aux données recueillies, établissement des unités de stations, élaboration d'une clé de détermination, caractérisation des unités de stations (2), et rédaction des éléments écologiques d'un futur guide pour le choix des essences.

● **Élaborer un guide des sylvicultures :** rédiger un guide des sylvicultures à partir d'une recherche bibliographique, l'élaboration de la typologie des châtaigneraies de la Castagniccia, la définition du potentiel de croissance des taillis et mélange taillis-futaie de châtaignier en fonction des unités de stations, la définition des itinéraires sylvicoles et la mise en place de plaquettes de démonstration.

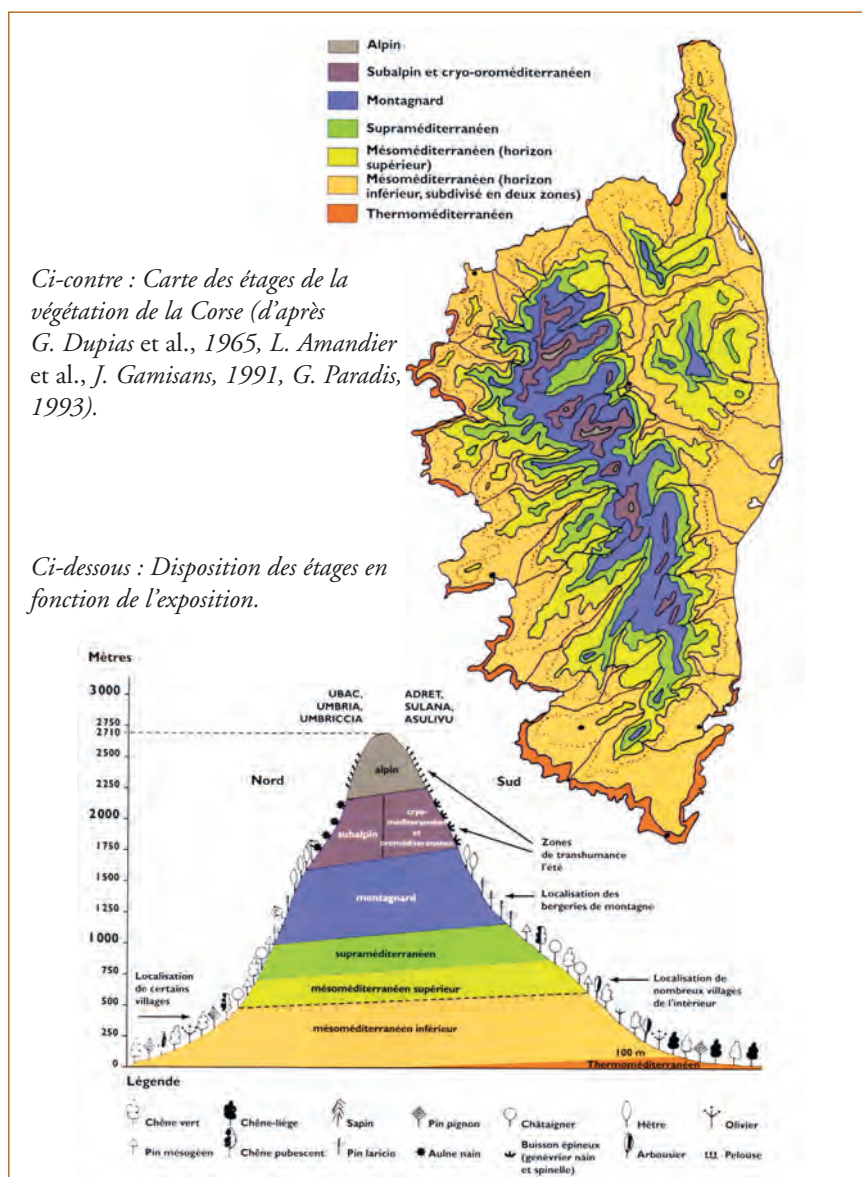
Un technicien forestier, Adrien Pavie, a commencé ce travail le 6 mars dernier.

## Développer une sylviculture durable du chêne vert

La forêt privée de chêne vert couvre environ 140 000 hectares. Or, chaque année, depuis 10 ans environ, elle fait l'objet de coupes plus ou moins contrôlées d'une ampleur certaine. L'été dernier, devant une augmentation du phénomène, l'Office de l'environnement de la Corse a saisi la Collectivité territoriale de Corse d'un projet de loi visant notamment à limiter la surface des coupes à 2 hectares. Dans une étude à paraître, l'Odarc (Office de développement agricole

et rural de la Corse) estime la récolte annuelle de bois de chauffage de chêne vert de 25 000 à 30 000 m<sup>3</sup> pour la Corse du Sud et de 10 à 15 000 m<sup>3</sup> pour la Haute-Corse. Les surfaces calculées à partir des photos aériennes de l'Institut géographique national donnent pour 2002 en Corse du Sud une surface de 1 450 ha coupés répartis sur le territoire.

Par ailleurs les visites de terrain sur certaines coupes, tant des agents du CRPF, que de ceux de l'Odarc ou de la DDAF indiquent que l'exploitation est souvent réalisée de façon anarchique. La desserte est très



*Ci-contre : Carte des étages de la végétation de la Corse (d'après G. Dupias et al., 1965, L. Amandier et al., J. Gamisans, 1991, G. Paradis, 1993).*

*Ci-dessous : Disposition des étages en fonction de l'exposition.*

sommaire, en général pentue, les rémanents de coupe sont abandonnés sur place sans y être traités.

Les conséquences de cette exploitation que l'on peut qualifier de « minière » sont les suivantes :

- accroissement du risque d'incendies en été ;
- régénération difficile en raison de la divagation animale (en particulier bovins) ;
- érosion des sols due aux fortes pluies méditerranéennes ;
- impossibilité de réutiliser les voies d'accès ;
- atteintes aux paysages.

Nous sommes loin des critères d'une gestion durable de la ressource boisée. Ces pratiques incontrôlées proviennent de diverses causes :

- une demande croissante des besoins en bois de chauffage avec l'augmentation des prix des produits pétroliers ;
- une rente pour les propriétaires, d'autant plus facilement mobilisable qu'elle ne leur aura rien coûté, car elle concerne des peuplements qui ont poussé tout seuls et qui, après cinquante ans d'abandon des terrains, sont mûrs pour la coupe ;
- de nombreuses personnes qui démarchent les propriétaires l'été pour acquérir les coupes sans qu'elles disposent pour nombre d'entre elles du statut qui leur permettra de réaliser les travaux ;
- une méconnaissance de la réglementation de la part des propriétaires tant en matière de droit fiscal que de droit social qui entraîne la passation de contrats oraux avec les exploitants qui leur font prendre de nombreux risques.

Le CRPF de Corse devra :

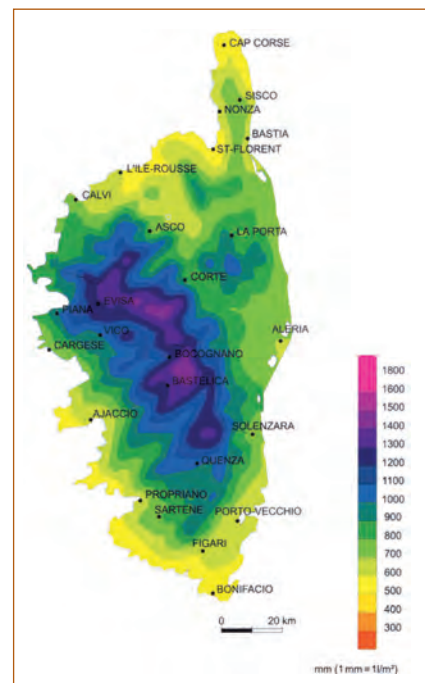
- informer les propriétaires de leurs obligations en matière de droit du travail (article L. 722-23 du Code rural relatif à la présomption de

salariat des entreprises effectuant des travaux forestiers) ;

- les conseiller en matière de droit fiscal (impôt sur le revenu et TVA) par rapport aux ventes qu'ils effectuent ;
  - susciter de leur part le dépôt de plans simples de gestion ou d'adhésion à un Code de bonnes pratiques sylvicoles du chêne vert ;
  - tenter de structurer une filière économique du bois de chauffage.
- Le Cetef participera à leur formation sur le plan des techniques de coupes et des méthodes sylvicoles appropriées de gestion du chêne vert.

## Développer la subériculture

La subéraie est essentiellement privée et couvre environ 25 000 hectares. L'exploitation du liège souffre des mêmes maux que celle du chêne vert. Pourtant un volume non négligeable de liège quitte chaque année la Corse pour la Sardaigne. Au point que l'Odarc a pris l'initiative d'élaborer une plaquette de sensibilisation à la récolte du liège qui, réalisée parfois sans savoir-faire, entraîne une dégradation, voire une disparition de la ressource. Là encore, fort de l'appui de l'Odarc et du CRPF de Corse, le Cetef aura pour mission de divulguer ces techniques au plus grand nombre de propriétaires possibles afin de les sensibiliser à une meilleure gestion de leur ressource. ■



On remarque que la Castagniccia bénéficie d'une forte pluviométrie.

## Résumé

Les fondateurs et nouveaux adhérents du Cetef de Corse nouvellement créé, se mobilisent autour de trois grands projets visant à redonner aux propriétaires forestiers corses un intérêt pour leur patrimoine. Trois essences catalysent ces projets : le châtaignier d'abord, essence de prédilection de la région d'origine du Cetef, puis le chêne vert et le chêne-liège, actuellement objets d'une exploitation anarchique.

**Mots-clés :** Cetef, Corse, Castagniccia, châtaignier, chêne vert, chêne-liège.

(1) CRPF, résidence Sainte Lucie, Route de Ville, 20200 Ville di Pietrabugno, courriel : fabrice.torre.crfp.corse@wanadoo.fr. Adrien Pavie, Hameau de Pastoreccia, 2019 Piedicroce, tél. : 04 95 36 29 87, portable : 06 88 96 24 60.

(2) Les unités de stations, ou unités stationnelles, sont les types écologiques forestiers qui ressortent de l'analyse statistique pratiquée sur les sondages. À partir des caractéristiques floristiques, dendrométriques, pédologiques, climatiques... de ces unités, on peut classer n'importe quelle parcelle et connaître ses potentialités forestières, ce qui oriente sur la sylviculture la plus appropriée.

## dossier

*Crédits carbone :  
que fait la forêt ?*

Dossier coordonné  
par  
Olivier Picard  
responsable du  
service recherche  
et développement  
de l'IDF

12

**Pourquoi un dossier sur le carbone ?**

(O. Picard)

15

**La séquestration de carbone en forêt**

(J.-L. Dupouey, G. Pignard, N. Hamza)

19

**Le rôle de la forêt dans le cycle du carbone**

(D. Loustau)

23

**Impact de la gestion sylvicole sur le stockage de carbone en forêt : le cas du hêtre**

(P. Vallet, J.-F. Dhôte)

26

**Le stockage potentiel de carbone par plantations à l'horizon 2050**

(V. Dameron, C. Barbier, A. Riedacker)

29

**Le bois : de la lutte contre l'effet de serre à la communication**

(S. Lochu)

33

**Les « projets Kyoto » forestiers : de nouveaux moyens de lutte contre les changements climatiques**

(P.-A. Lacour)

37

**Les enjeux du protocole de Kyoto pour la forêt**

(V. Merckx)

40

**La forêt : une réponse contre le réchauffement climatique**

(FNCofor)

43

**La place de la forêt dans le marché du carbone**

(M. Rondet)

46

**Un projet pilote de puits de carbone dans le Sud-ouest**

(C. Faure-Fedigan, H. Husson, M. Formery)

50

**Forêt = puits de carbone ?**

(O. Picard)

# Pourquoi un dossier sur le carbone ?



Olivier Picard, responsable du service recherche et développement de l'IDF

*L'impact du changement climatique sur les milieux naturels comme la forêt, devient une question récurrente. La lutte contre les émissions de gaz à effet de serre fait partie de l'arsenal des réponses. Le gaz carbonique (dioxyde de carbone : CO<sub>2</sub>) est le plus connu de ces gaz. La photosynthèse, propre aux végétaux, permet de capter le CO<sub>2</sub> pour le transformer en sucre, en cellulose et finalement en bois.*

**C**e dossier vise à restituer les connaissances utiles au forestier pour comprendre le cycle du carbone en forêt, le rôle de la gestion forestière menée par l'homme sur ce cycle du carbone, le contexte du protocole de Kyoto, et ce qu'il peut apporter au forestier.

L'effet de serre est un phénomène naturel essentiel à notre existence, sans lui la température moyenne de la Terre serait de -18°C. Mais depuis le développement des activités humaines industrielles, les émissions de gaz à effet de serre l'amplifient en se traduisant probablement par le réchauffement cli-

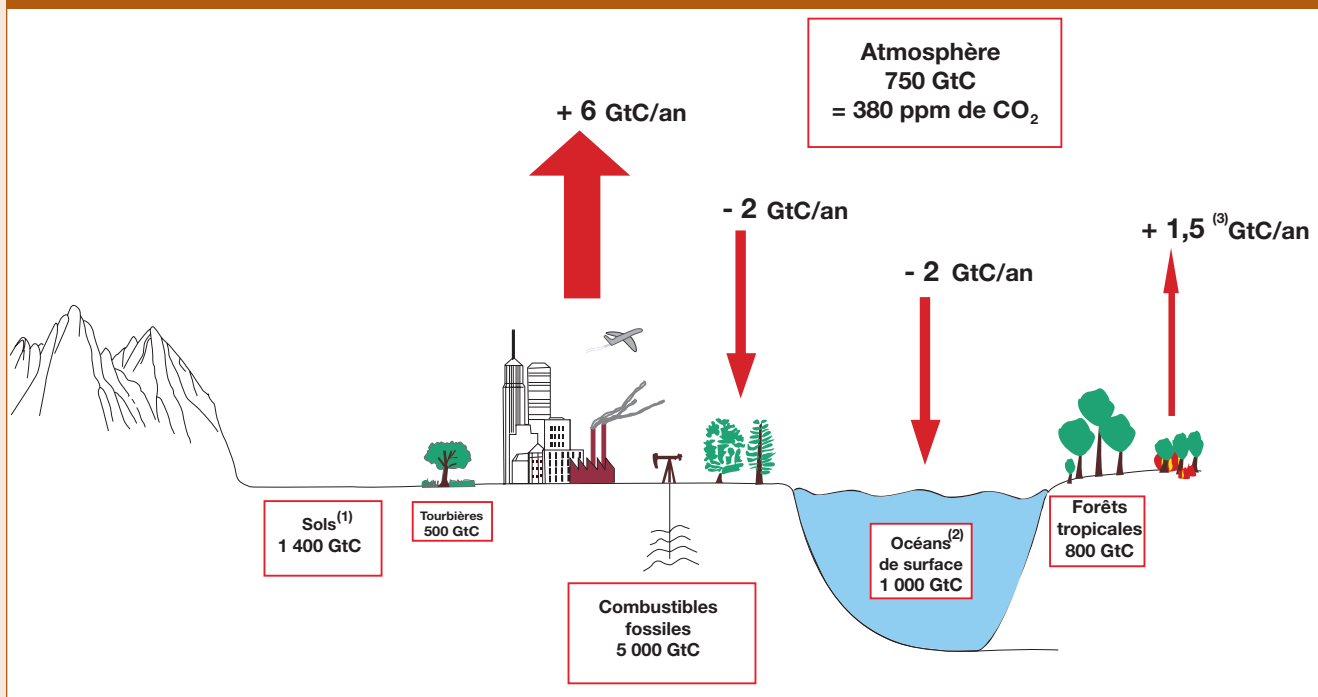
matique actuel. Le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) est le gaz à effet de serre le plus important et l'accroissement de sa concentration dans l'atmosphère a été prouvé, notamment grâce aux mesures du dioxyde de carbone présent dans les bulles d'air piégées au cours des temps dans les glaciers arctiques.

## Quelques rappels (1)

Serge Lochu, consultant

- **Effet de serre** : il est lié au fait qu'une partie du rayonnement solaire réfléchi par la Terre est piégée sous la calotte atmosphérique du fait de la présence de gaz dits « gaz à effet de serre » (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>...).
- **Composition des gaz à effet de serre** : le CO<sub>2</sub> est, parmi les 5 principaux, le plus important gaz à effet de serre en volume total.
- **Corrélation entre le taux de CO<sub>2</sub> et la température sur la Terre** : l'analyse des bulles d'air piégées dans les glaces de l'Antarctique montre une corrélation étroite entre le taux de CO<sub>2</sub> et l'augmentation de la température de la planète depuis 250 000 ans.
- **Accroissement du taux de CO<sub>2</sub>** : on constate que le taux de CO<sub>2</sub> a augmenté très fortement depuis une cinquantaine d'années et que les années les plus chaudes du deuxième millénaire se situent dans sa dernière décennie.
- **Croissance des arbres** : la croissance des arbres conduit, par le biais de la photosynthèse, à faire passer du carbone de l'état gazeux à l'état solide. Cela se traduit par une diminution de la quantité de CO<sub>2</sub> présent dans l'atmosphère et conduit à considérer la forêt comme un « puits » de carbone.
- **Croissance des forêts et stockage du carbone** : en fin de vie, les arbres fixent de moins en moins de carbone puis se décomposent. Le carbone fixé retourne alors à l'atmosphère. Par conséquent, le rôle de puits de carbone de la forêt est maximisé sous deux conditions :
  - qu'il y ait prolongement du stockage de carbone sous la forme de produits en bois, la construction offrant le plus de possibilités ;
  - que les arbres récoltés soient remplacés par de nouveaux plantations. Si le déstockage est inéluctable lorsque les produits atteindront leurs fins de vie, l'utilisation beaucoup plus large du bois dans la construction participera à la réduction ou du moins au ralentissement de l'accroissement de l'effet de serre, et l'on peut espérer que, d'ici là, la principale cause de rejet de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, qu'est la combustion d'énergies fossiles, aura alors été fortement réduite.

Représentation simplifiée des grands flux et stocks de carbone au niveau mondial. Les stocks sont représentés par des cadres et les flux par des flèches (valeur positive = émission ; valeur négative = séquestration).



(1) Principalement le permafrost = pergélisol.

(2) Le stock de carbone des océans est estimé à 40 000 GtC si l'on tient compte des océans intermédiaires et profonds.

(3) Incendies et sécheresses (= + 0,5 GtC/an). Déforestation tropicale (= + 1 GtC/an).

Les écosystèmes forestiers jouent un rôle dans le cycle du carbone. Les arbres captent par photosynthèse le dioxyde de carbone atmosphérique pour fabriquer des sucres qui constituent le bois, leur respiration restitue une partie du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, tout comme la décomposition des matières organiques ou leur combustion. Ces phénomènes naturels assurent la circulation du CO<sub>2</sub> entre l'écosystème forestier et l'atmosphère. Lorsque le stock de carbone séquestré augmente, on parle alors de puits de carbone. **Jean-Luc Dupouey, Gérôme Pignard, et Nabila Hamza** décrivent l'estimation de la séquestration de carbone dans les forêts françaises, en précisant ce qui relève des stocks et des flux. **Denis Lousteau**, chercheur à l'INRA et coordonnateur du programme Carbofor fait le point sur les acquis de la recherche concer-

nant les relations forêt et carbone, et sur le rôle des sylvicultures. **Patrick Vallet** présente une synthèse des travaux menés plus spécifiquement sur les sylvicultures du hêtre.

Le bois, matériau ou source d'énergie ? **Serge Lochu**, économiste, démontre l'importance des différentes utilisations du bois. La mise en œuvre du bois-matériau permet de stocker du carbone durant 20 à 50 ans et se substitue aux matériaux à base de pétrole comme le PVC, ou aux matériaux voraces en énergie lors de leur fabrication comme le ciment, l'aluminium, ou l'acier. L'utilisation énergétique du bois évite de restituer dans l'atmosphère du carbone fossile. Pour sa production, le bois nécessite 4 fois moins d'énergie que le béton, 60 fois moins d'énergie que l'acier et 130 fois moins d'énergie que l'aluminium.

Le sommet de la Terre de Rio de Janeiro en juin 1992 a posé les bases d'une gouvernance mondiale de l'effet de serre. 150 pays ont signé la Convention cadre des Nations unies sur les changements climatiques par laquelle chacun s'est engagé à « stabiliser les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique ».

Puis le protocole de Kyoto, adopté en décembre 1997, précise l'engagement des 36 pays industrialisés à réduire collectivement, entre 2008-2012, leurs émissions annuelles dont la référence est 1990. L'Europe s'est engagée sur une réduction de 8 % (2), et la France à la stabilisation de ses émissions.

L'engagement de Kyoto est accompagné de « mécanismes de flexibilité » comme le commerce de cré-

redits carbone, la mise en œuvre conjointe (MOC), ou le mécanisme de développement propre (MDP) que **Paul-Antoine Lacour**, directeur du laboratoire économie et compétitivité de l'AFOCEL nous détaille.

Chaque année, ces mécanismes sont précisés. **Myriam Rondet** de la Société forestière de la Caisse des dépôts et consignation, **Valérie Merckx** de l'ONF, ainsi que la **FNCofo** en répondant à nos questions précisent les enjeux qui se présentent aux forestiers pour tenter de s'insérer dans cette économie.

La création d'un puits de carbone est-elle envisageable en France ?

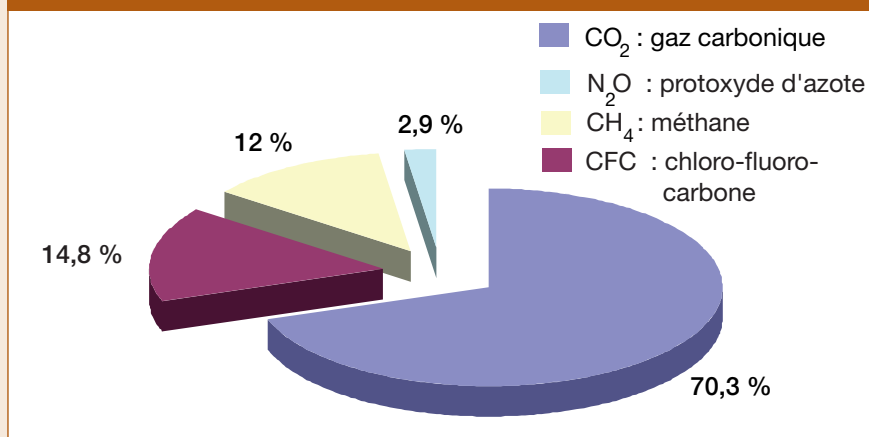
**Mathieu Formery et Henry Husson**, directeur et directeur-adjoint des CRPF Poitou-Charentes et Aquitaine, en collaboration avec **Christine Faure-Fédigan** de la direction générale de Gaz de France, décrivent la genèse et les objectifs d'un puits de carbone.

Enfin, quelques points clés à retenir sont proposés en fin du dossier : pour une bonne assimilation, sans aucun rejet... ■

### Les unités et abréviations utilisées dans ce dossier

- kt** : kilotonne = 1 000 tonnes
- Mt** : mégatonne = 1 000 000 tonnes
- Gt** : gigatonne = 1 000 000 000 tonnes
- C** : carbone
- CO<sub>2</sub>** : dioxyde de carbone (gaz carbonique)
- CH<sub>4</sub>** : méthane
- N<sub>2</sub>O** : protoxyde d'azote
- tC** : tonne de carbone
- tCO<sub>2</sub>** : tonne de dioxyde de carbone

### Part des différents gaz contribuant au renforcement de l'effet de serre



© Citépa 2005 pour la France

(1) Pour le rappel du contexte et des précisions sur les définitions, voir le *Forêt-entreprise* n°162 consacré aux changements climatiques.

(2) Le Canada à - 6 %, le Japon à - 6 %, la Russie à 0 % ; la moyenne est de - 5,2 %.

### Définitions relatives au protocole de Kyoto

**Forêt** : au sens du protocole de Kyoto, une « forêt » (« terre boisée ») est « une terre d'une superficie d'au moins 0,05 à 1 hectare (selon les pays) portant des arbres dont le houppier couvre plus de 10 à 30 % de la surface (ou ayant une densité de peuplement équivalente) et qui peuvent atteindre à maturité une hauteur minimale de 2 à 5 mètres ».

**Parties** : États signataires du protocole de Kyoto. Soit, les 36 pays industrialisés, aussi appelés « les pays de l'Annexe I » qui se sont engagés à réduire, entre 2008 et 2012, leurs émissions de gaz à effet de serre d'en moyenne 5,2 % par rapport aux émissions de 1990.

**Protocole de Kyoto** : le protocole de Kyoto en pratique signifie :

- pas d'obligations quantitatives de réduction d'émissions pour les pays en développement ;
- obligation de réduction des émissions de gaz à effet de serre sur la période 2008-2012 pour les pays développés. L'objectif fixé d'une diminution de 5,2 % des émissions par rapport à 1990, peut être atteint en réduisant les sources (émissions fossiles et déforestation) et en augmentant les puits dans la biosphère terrestre. La France émet 151 Mt équivalent carbone de gaz à effet (ou 560 Mt équivalent CO<sub>2</sub>) dont 111 MtC provenant du carbone fossile.

**Puits** : mécanisme qui absorbe du dioxyde de carbone (exemple : photosynthèse).

**Réservoir** : lieu physique où le carbone est stocké (exemple : biomasse forestière).

**Séquestration** : fixation par la végétation du dioxyde de carbone.

**Source** : mécanisme qui rejette du dioxyde de carbone (exemple : combustion de pétrole, charbon, gaz naturel...).

**Substitution** : remplacement par des combustibles à faible teneur en carbone ou dont le bilan carbone est plus avantageux.

# La séquestration de carbone en forêt

Jean-Luc Dupouey\*, G r me Pignard\*\* et Nabila Hamza\*\* (1)

*La connaissance du rôle exact des forêts dans le cycle du carbone est un enjeu important de la régulation de l'effet de serre. Quelle est la part des forêts françaises dans cette régulation ? S'il existe un déséquilibre entre les entrées et les sorties de carbone, à quoi est-il dû ? Cet article fait le point sur la séquestration de carbone dans la biomasse des forêts françaises.*

**L**es forêts jouent un rôle direct dans le cycle du principal gaz à effet de serre, le dioxyde de carbone. Par la photosynthèse, les végétaux fixent ce gaz dans la biomasse terrestre, principalement forestière. Il repart dans l'atmosphère, par la respiration des plantes et lors de la décomposition ou combustion du bois, après un délai plus ou moins long de stockage. Ce recyclage du carbone dans le compartiment forestier est extrêmement important, puisque chaque année, 120 Gt de carbone sont échangées entre l'atmosphère terrestre et la végétation, à comparer aux 6 Gt de carbone émis par la combustion des sources fossiles (voir schéma p.13). Cet échange n'est jamais complètement équilibré, et les forêts jouent donc un rôle positif (les entrées sont supérieures aux sorties, on parle alors de séquestration) ou négatif (lorsque la déforestation excède les reboisements, par exemple), dans la régulation de l'effet de serre. Les forêts jouent de plus un rôle d'une tout autre nature : le bois peut être utilisé en remplacement de matériaux à plus fort « contenu » en énergie fossile, dans la construction et, surtout, dans la production d'énergie. C'est ce qu'on appelle la substitution du carbone fossile.

## Un important puits de carbone

Connaître le rôle des forêts dans le cycle du carbone est devenu un enjeu national, dans le cadre du protocole de Kyoto et des engagements pris par chacun des pays signataires. Il y a 7 ans était publié le premier bilan de carbone de la biomasse des forêts françaises (Dupouey *et al.*, 1999). Celui-ci indiquait qu'elles se comportaient comme un important puits de carbone, ayant séquestré 10,5 MtC/an sur la période 1979-1991. Lors du programme Carbofor (Pignard *et al.*, 2006), nous avons actualisé ces calculs, d'une part parce que la forêt française est en évolution permanente, d'autre part parce que nos connaissances scientifiques sur ces calculs se sont affinées.

## Un stockage de carbone en augmentation

Le stock de carbone dans la biomasse forestière, aérienne et souterraine, est évalué à 71,2 tC/ha à l'occasion du dernier inventaire r -

lis  en moyenne en 1996 (inventaires départementaux échelonnés de 1988   2003), le volume sur pied étant de 154 m<sup>3</sup>/ha. Pour les 14,9 millions d'ha de la forêt française, on obtient un stock total estimé de 1 060 MtC en 1996. Lors de l'inventaire pr c dent, réalisé en moyenne en 1984 (de 1975   1991), le volume sur pied était de 133 m<sup>3</sup>/ha et le stock de carbone dans la biomasse forestière (aérienne et souterraine)  tait évalué à 60,1 tC/ha. Le stock total sur l'ensemble de la surface boisée, soit 14 millions d'ha, était alors de 840 MtC.

Ces deux inventaires permettent d'évaluer, par différence de stocks, le flux annuel net de carbone dans la biomasse des forêts à 17,1 MtC/an entre 1984 et 1996. La biomasse forestière constitue donc un important puits de carbone, qui représente environ 17 % des émissions de carbone fossile de la France.

Ces estimations révisent assez sensiblement à la hausse les évaluations antérieures. Les causes de cette réévaluation sont d'une part l'utilisation de nouveaux tarifs de cubage, conduisant à des valeurs de biomasse des branches plus élevées et des facteurs d'expansion racines plus élevées et, d'autre part,

### Actualisation de la méthode de calcul des stocks et flux de carbone des forêts françaises

Deux méthodes de calcul peuvent être employées pour évaluer la séquestration de carbone dans la biomasse des forêts françaises. D'une part, en estimant le stock de carbone dans ces forêts à différentes dates, on peut calculer le flux par différence entre ces stocks. D'autre part, en calculant directement la différence entre les flux entrant (accroissement en volume) et sortant (récolte de bois, mortalité) des forêts. La première méthode est aujourd'hui la plus fiable, car l'évaluation des stocks est techniquement plus simple, et en conséquence plus précise que celle des flux entrant et sortant. Elle repose sur l'utilisation de données homogènes, alors que la seconde nécessite de faire appel à des sources diverses en matière de définitions, de modes de collecte et de précision.

Le calcul des stocks est basé sur la mesure, par l'Inventaire forestier national (IFN), des circonférences et hauteurs des arbres de la forêt française. À partir de ces mesures, nous avons utilisé 8 tarifs de cubage établis pour les principales essences ou groupes d'essences de la forêt française, donnant le volume aérien total de l'arbre jusqu'à la découpe 0 (Pignard *et al.*, 2006). Puis, ces valeurs ont été multipliées par un facteur constant (« facteur d'expansion racine ») de 1,28 pour les feuillus et de 1,30 pour les résineux afin de prendre en compte le volume des racines. Ces valeurs sont issues d'une analyse bibliographique. L'étape suivante consiste à multiplier les valeurs de volume total par la densité du bois. Une base de données des valeurs de densité du bois pour toutes les essences de la forêt française a été constituée à cet effet. Enfin, on multiplie la valeur de biomasse obtenue par la concentration en carbone du bois, choisie constante et de 47,5 %. Le feuillage, les strates herbacée et arbustive, les arbres non recensables et le bois mort n'ont pas été pris en compte dans nos calculs. Les estimations portent exclusivement sur les forêts. Bien qu'en partie recensés par l'IFN, les bois hors forêt (haies, arbres d'alignements, parcs et jardins) ne peuvent être correctement pris en compte aujourd'hui (Dupouey et Pignard, 2001). Les peupleraies n'ont pas été intégrées non plus. Ces choix ne modifient guère les résultats présentés ci-dessous. Les peupleraies non prises en compte par exemple ne représentent qu'à peine 1,5 % de la superficie forestière. Il est important de noter que ces estimations ne prennent pratiquement pas en compte l'impact des tempêtes de décembre 1999, car les inventaires départementaux réalisés à partir de 2000 ont été réalisés dans des régions peu affectées.

un accroissement réel du stockage de carbone par les forêts.

Plusieurs facteurs contribuent à cette augmentation du stockage annuel net de carbone dans les forêts françaises :

- l'accroissement en volume par unité de surface augmente, pour des raisons encore incomplètement connues, en moyenne de + 1 % par an depuis au moins 2 à 3 décennies, alors que la récolte de bois progresse moins rapidement, voire stagne depuis le début des années 90 (avant les tempêtes de 1999) ;
- la superficie forestière connaît, depuis deux siècles, une croissance régulière, qui demeure forte en dépit de la diminution des reboisements : + 73 000 ha/an entre 1984 et 1996, essentiellement par colonisation naturelle de terrains abandonnés par l'agriculture.

L'analyse détaillée de l'estimation du stock de carbone sur pied fait ressortir un certain nombre de

constats :

- En dépit d'un volume inférieur (143 m<sup>3</sup>/ha contre 173 m<sup>3</sup>/ha pour les peuplements résineux), les peuplements feuillus présentent globalement un stock de carbone supérieur : 76 tC/ha contre 62 tC/ha pour les résineux. Cette situation est la conséquence de densités et de proportions de branches plus importantes. La variation du stock a été équivalente pour les deux groupes d'essences avec environ + 1 tC/ha/an.
- En ce qui concerne la répartition par catégorie de propriété, on observe en matière de stock de carbone la même hiérarchie que pour les volumes sur pied : 85 tC/ha en forêt domaniale (191 m<sup>3</sup>/ha), 81 tC/ha dans les autres forêts publiques (181 m<sup>3</sup>/ha) et 67 tC/ha en forêt privée (143 m<sup>3</sup>/ha). Mais les écarts ont tendance à se réduire, les variations pour la période 1984-96 étant classées dans l'ordre inverse : + 6,1 tC/ha en forêt domaniale,

+ 10,7 tC/ha en forêt publique, + 12 tC/ha en forêt privée. Cette hiérarchie du flux annuel de carbone dans la biomasse forestière est le reflet direct des taux de mobilisation du bois (rapport du prélèvement à la production) dans les trois catégories de propriété : respectivement 83,1 %, 66,8 % et 61,9 % pour la période 1984-96.

- La figure 1 présente, par département, le stock moyen de carbone dans la biomasse forestière par unité de surface. On vérifie que les stocks les plus élevés à l'échelle départementale sont localisés dans le Nord-est de la France (Alsace, Lorraine, Franche-Comté), dans le Nord des Alpes et dans la partie occidentale du massif pyrénéen. Les régions méditerranéennes présentent les valeurs les plus faibles pour cette estimation, qui ne prend en compte que la biomasse des arbres recensables.

- La figure 2 présente le stockage annuel net de carbone dans la bio-



masse forestière. À l'échelle départementale, les puits les plus importants se situent sur une large diagonale sud-ouest/nord-est, où ressortent les régions Aquitaine et Bourgogne. Cette situation a sans doute été modifiée par les tempêtes de

décembre 1999, qui ont causé d'importants dégâts sur une grande partie de cette zone.



## Un stockage confirmé par la méthode des bilans

Nous avons utilisé une autre approche, indépendante de la précédente, pour calculer l'accroissement du stock de bois de la forêt française, en utilisant l'équation reliant la production courante (PRO), les prélèvements (quantité de bois exportée hors de la forêt, PRE), la variation du stock (STO) et la mortalité (MOR) :

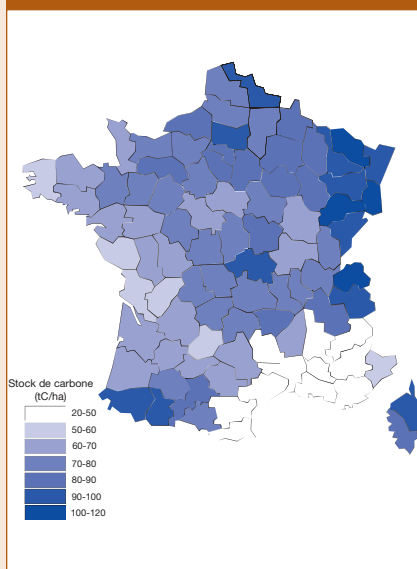
$$STO = PRO - PRE - MOR$$

La production et la mortalité sont mesurées par l'IFN à chacun de ses passages, en moyenne sur les 5

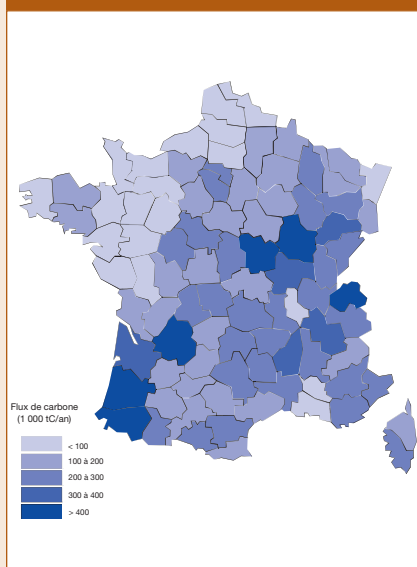
années précédentes la date d'inventaire. Nous avons calculé le prélèvement à partir de l'enquête annuelle de branche des activités exploitation forestière et scierie du ministère de l'Agriculture et des estimations de bois de feu prélevé en forêt (Dupouey *et al.*, 1999). Les différents termes de ce bilan sont donnés dans le tableau ci-dessous.

Nous obtenons une valeur de 30,7 millions de m<sup>3</sup>/an d'accroissement moyen du stock de bois sur pied entre 1984 et 1996 dans les forêts de production. L'écart avec le chiffre calculé précédemment (31,4 millions de m<sup>3</sup>/an, pour les mêmes forêts de production), par différence des stocks de bois sur pied aux deux dates, est très faible (2 %), alors que les deux méthodes utilisent des données de base très différentes. Mais ce très faible écart est en partie fortuit étant donné l'incertitude qui pèse sur l'estima-

**Figure 1 : Stock moyen de carbone par unité de surface dans la biomasse forestière, par département, pour le dernier inventaire (1996)**



**Figure 2 : Variation annuelle du stock de carbone dans la biomasse forestière, par département, entre 1984 et 1996**



### Production en volume, variation du volume sur pied, mortalité et prélèvements annuels moyens de bois fort dans les forêts françaises (hors peupleraies et forêts de protection)

		1984	1996
	Production courante par unité de surface (m <sup>3</sup> /ha/an)	5,7	6,5
<b>PRO</b>	Production courante annuelle de 1984 à 1996 (millions de m <sup>3</sup> /an)	87,2	
<b>PRE</b>	Prélèvement annuel entre 1984 et 1996 (millions de m <sup>3</sup> /an)	52,4	
<b>dont</b>	bois d'œuvre	19,3	
	bois-énergie	18,4	
	bois d'industrie et de trituration	11,4	
	pertes d'exploitation	3,3	
<b>STO</b>	Variation du volume sur pied entre 1984 et 1996 (millions de m <sup>3</sup> /an)	30,7	
<b>MOR</b>	Mortalité annuelle moyenne entre 1984 et 1996 (millions de m <sup>3</sup> /an)	4,2	

tion de la quantité de bois de feu circulant en dehors des circuits commerciaux en France.

## De la séquestration à la substitution ?

Finalement, même si de grandes incertitudes persistent, nous confirmons l'important rôle positif joué par les forêts françaises dans le bilan de carbone national. Ces incertitudes concernent la validité des tarifs de volume utilisés, les valeurs de densité du bois et les volumes de bois de feu auto-consommé. Une estimation précise du bois-énergie provenant des forêts est nécessaire à plusieurs titres. D'une part, elle permettrait d'améliorer la fiabilité des calculs précédents. D'autre part, et surtout, elle permettrait de mieux comparer le rôle de séquestration, calculé ici, à celui de substitution. Les chiffres les plus récents (Ademe, 2006) indiquent que la valorisation énergétique de la biomasse en France (principalement du bois) représentait au total 9,2 millions de tonnes équivalent pétrole en 2004 et permettait d'éviter l'émission de 4,3 MtC/an. Le rôle de séquestration des forêts françaises semble donc aujourd'hui largement supérieur à leur rôle de substitution.

À cette séquestration dans la biomasse vivante s'ajoute celle dans les produits bois. Serge Lochu estime à 1,2 MtC/an le stockage de carbone dans les produits en usage (2). Au total, les rôles connus de la forêt et des produits bois, en substitution et en séquestration, permettent d'abaisser de plus de 20 % le bilan net de nos émissions de carbone.

Quelle est la pérennité du puits de carbone dans la biomasse ? Elle est liée à la poursuite de l'extension forestière et au maintien des niveaux modérés de prélèvements dans nos forêts. L'augmentation de la surface forestière s'est ralentie au cours des 15 dernières années, mais son avenir est très difficile à cerner, car il dépend *in fine* des pressions qui s'exerceront sur les terres agricoles, elles-mêmes liées à l'évolution de l'économie mondiale, et en particulier du secteur de l'énergie. Il faut souligner que l'engouement pressenti pour le bois-énergie pourrait conduire, dans les années à venir, à une augmentation des prélèvements en forêt, et donc à un transfert de la fonction de séquestration de carbone des forêts françaises, qui diminuerait, vers une fonction de substitution du carbone fossile, qui augmenterait. Le bilan de carbone de ces transferts reste à faire. ■

(1) \* INRA, UMR-EEF, Equipe Phyto-écologie forestière, 54280 Champenoux, courriel : dupouey@nancy.inra.fr

\*\* IFN, Direction de la Valorisation, BP 1001 Maurin, 34972 Lattes cedex, courriel : nhamza@uep.ifn.fr

Adresse actuelle de Gêrôme Pignard : DDAF de l'Hérault, Place Chaptal, 34261 Montpellier cedex 2, courriel : gerome.pignard@agriculture.gouv.fr

(2) Voir l'article de Serge Lochu dans ce dossier en page 29.

## Bibliographie

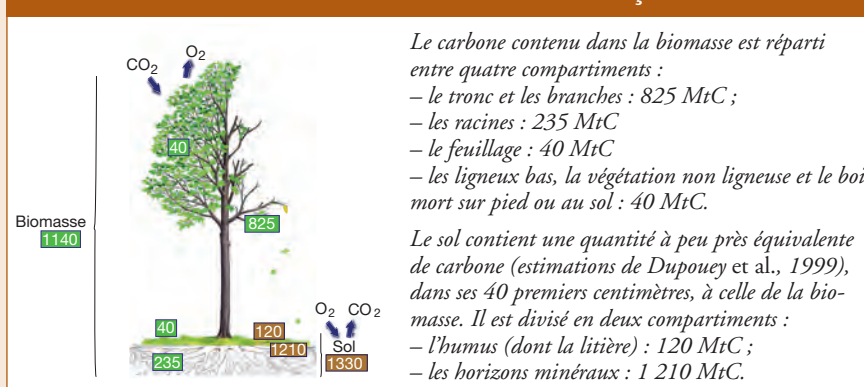
- Ademe, 2006. *Énergies et matières renouvelables – Chiffres clés*, www.ademe.fr.
- Dupouey J.L., Pignard G., Badeau V., Thimonier A., Dhôte J.F., Nepveu G., Bergès L., Augusto L., Belkacem S., Nys C., 1999. *Stocks et flux de carbone dans les forêts françaises*, Comptes rendus de l'Académie d'Agriculture de France, 85 (6), 293-310.
- Dupouey J.L., Pignard G., 2001. *Quelques problèmes posés par l'évaluation des stocks et flux de carbone forestiers au niveau national*, Revue forestière française, 53 (3-4), NS Les 40 ans de l'IFN, 294-300.
- Pignard G., Hamza N., Dupouey J.L., Dhôte J.F., 2006. *Estimating carbon stocks and fluxes in French forest biomass, based on national inventory data*, In Loustau D. et al. (Eds.), Final Report of the Carbofor Project, sous presse.

## Résumé

Les connaissances acquises grâce aux travaux de l'IFN et de l'INRA se précisent et concordent sur l'importance de la séquestration de carbone dans les forêts françaises. Le flux de carbone dans la biomasse des forêts est estimé à 17,1 millions de tonnes de carbone par an, soit 17 % des émissions nationales de carbone fossile. Ce rôle de séquestration par les forêts est très supérieur à celui qu'elles jouent par la substitution de carbone fossile grâce au bois-énergie.

**Mots-clés :** carbone, séquestration, stock, flux, Inventaire forestier national.

## Stocks de carbone dans les forêts françaises



# Le rôle de la forêt dans le cycle du carbone

Denis Loustau, coordinateur INRA du projet Carbofor (1)

*Les forêts de l'hémisphère nord se comportent depuis une trentaine d'années comme un puits de carbone, mais la durée et l'intensité de ce puits restent à quantifier. Plusieurs facteurs entrent en jeu.*

**L**e rôle présumé de puits de carbone joué par les écosystèmes forestiers terrestres soulève plusieurs interrogations quant au cycle du carbone en forêt.

La première concerne **la distribution géographique de ce puits de carbone**, autrement dit la part respective des forêts tropicales, tempérées et boréales, de l'Amérique et Eurasie. Le principal puits de carbone terrestre serait la forêt boréale eurasiennne, qui connaît un déficit d'exploitation, ainsi que les forêts tempérées de l'ouest de l'Europe et du sud-est des États-Unis. Les forêts tropicales auraient un bilan globalement peu différent de l'équilibre en dehors de leur déboisement qui constitue une émission de CO<sub>2</sub> et CH<sub>4</sub>.

La deuxième interrogation concerne **les causes de déséquilibre du bilan de carbone** des écosystèmes forestiers. Ces causes peuvent être liées à une action humaine de façon directe, par exemple l'évolution de la sylviculture et les activités de boisement-déboisement, ou indirecte comme le réchauffement climatique, l'augmentation de la teneur atmosphérique en CO<sub>2</sub>, les pollutions atmosphériques comme les dépôts azotés, tous effets mis en cause pour expliquer les changements de productivité observés en Europe depuis 30 ans.

La troisième inconnue concerne **la**

**permanence de ce puits de carbone forestier** : le piégeage de carbone par la biosphère terrestre est-il durable, va-t-il s'accroître, diminuer ? Il semble que ce puits terrestre soit demeuré du même ordre de grandeur au cours des deux dernières décennies, mais tant que ses causes ne seront pas clairement établies, le pronostic sur sa durée et son intensité demeure incertain.

Enfin, dire que les forêts sont un puits de carbone revient à dire qu'elles accumulent du carbone dans le sol, la litière et l'humus ou la végétation. L'incertitude entachant les estimations du stock de carbone de ces trois compartiments est cependant élevée. Elle est maximale pour le sol et l'humus et on ne sait pas si le sol constitue un compartiment accumulant du carbone (« puits de carbone »), neutre, ou dégageant du carbone (« source »).



## Flux et stocks de carbone en forêt

Les stocks de carbone d'un écosystème forestier s'accumulent dans trois compartiments fonctionnels :

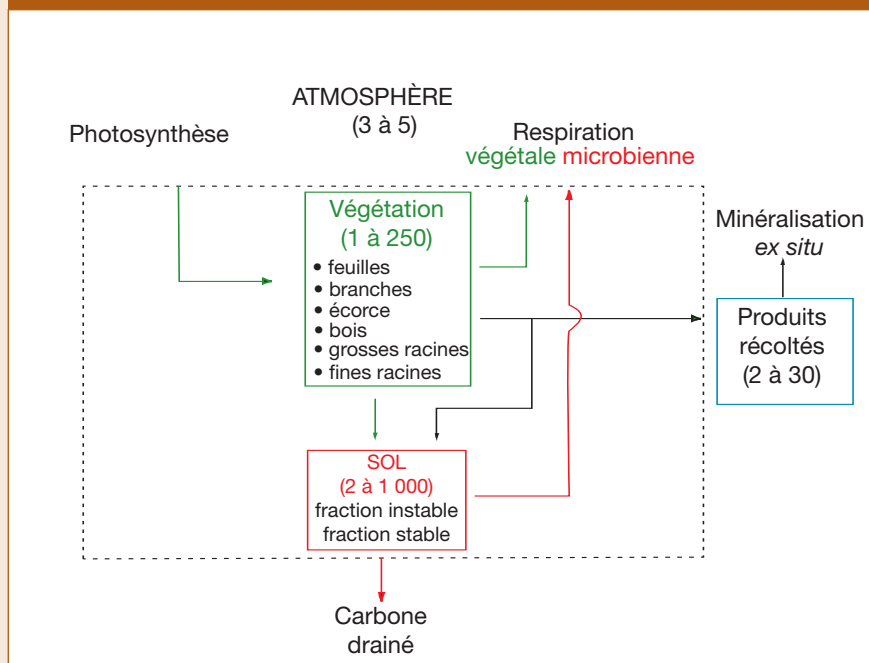
- **La biomasse végétale** représente un peu moins de la moitié du stock de carbone total de l'écosystème, qui varie de 100 à 300 tC/ha sui-

vant les forêts, et présente un temps de renouvellement variant de un à plus de 250 ans en fonction des organes considérés, feuille et racine fine ou bois fort. **La photosynthèse de la végétation absorbe entre 10 et 25 tonnes de carbone par ha et par an dont environ la moitié est reperdue par la respiration végétale** (feuillage, parties ligneuses, racines).

- **La matière organique du sol minéral** correspond à la moitié du stock total et présente un temps de renouvellement de 150 à plus de 1 000 ans. **C'est le compartiment le plus stable mais aussi celui dont le fonctionnement est le plus mal connu.**

- **La matière organique des couches d'humus et de débris** stocke le carbone de façon variable en fonction de la phase de développement de l'écosystème. De faible à nul à la suite d'une perturbation comme un travail du sol ou un incendie de forte intensité, ce stock atteint un maximum en fin de vie, au cours de la phase de sénescence où il peut représenter jusqu'à un cinquième du stock total de carbone de l'écosystème. Le temps de renouvellement de ce compartiment varie de 2 à 50 ans. La quantité de carbone conservée dans le sol et l'humus dépend aussi des conditions pédoclimatiques :
  - en conditions défavorables à la minéralisation (absence d'oxygène,

Représentation simplifiée du cycle du carbone en forêt exploitée



Les valeurs entre parenthèses sont les temps de renouvellement, en années, des compartiments considérés. Le point d'entrée unique du carbone dans l'écosystème est la photosynthèse. L'écosystème est ici représenté comme deux compartiments : la végétation, le sol/humus.

Les sorties de carbone hors de l'écosystème sont :

- la respiration végétale ;
- la respiration microbienne du sol ;
- l'exportation des produits récoltés ;
- le carbone drainé sous forme dissoute ou particulaire vers le sous-sol ou par ruissellement.

Pour simplifier, les flux de carbone volatile autre que le CO<sub>2</sub> ne sont pas représentés ni les flux des compartiments secondaires et supérieurs (herbivores et prédateurs).

sols pauvres chimiquement ou froids), le stock de carbone du sol peut être considérable. C'est le cas des forêts en climat froid et humide dont la productivité est faible mais qui contiennent des sols à stock de carbone élevé ;

– au contraire dans le cas de sols plus chauds, aérobies, et chimiquement riches, le stock de carbone du sol est faible, comme pour la plupart des forêts tropicales humides. En France métropolitaine, le compartiment humus et débris organiques est sujet à des variations importantes au cours d'une révolution forestière et en fonction de l'espèce forestière dominante, dont

la litière peut être plus ou moins facilement minéralisable. **Ensemble, la minéralisation de la matière organique du sol et de l'humus libèrent 4 à 10 t de carbone par hectare et par an.**

Les stocks de carbone séquestrés dans ces trois compartiments varient au cours du cycle de vie d'un peuplement forestier. Les différentes phases de ce cycle sont variables suivant le régime de perturbation du système et les conditions stationnelles. Ce que nous appellerons « les perturbations » (travaux forestiers, éclaircies, coupes rases, tempêtes, incendies...) apportent une quantité plus

ou moins importante de débris végétaux au sol en même temps qu'elles réduisent fortement la biomasse végétale et l'indice foliaire du peuplement (rapport de la surface du feuillage à la surface du peuplement). Après une perturbation, on assiste généralement à une phase de minéralisation intensive où l'écosystème est une source nette de carbone et d'éléments minéraux : la couverture végétale a été détruite, une partie de la biomasse est exportée une partie laissée sur place (racines, rémanents) où elle va grossir le compartiment « humus et débris organiques » et se minéraliser. Un site forestier comme une coupe rase ou un chablis peut ainsi dégager 200 à 300 g de carbone (CO<sub>2</sub>) par an et par mètre carré, soient 2 à 3 t de carbone à l'hectare. Ultérieurement, la végétation recolonise le milieu et la fixation de carbone atmosphérique par la photosynthèse végétale finit par compenser les pertes par minéralisation : certains auteurs parlent alors du « point de compensation » de l'écosystème, qui correspond au stade où les échanges nets de CO<sub>2</sub> annuels sont nuls ; ce stade est atteint après une à deux années dans un taillis recépé, 5 à 10 années chez le pin maritime et 30 à 40 ans dans une pinède boréale. L'écosystème redevient ultérieurement un puits de carbone. Notons que dans une forêt exploitée, l'influence de la minéralisation de la matière organique apportée par des opérations comme les éclaircies, l'élagage ou, comme en forêt naturelle, par des mortalités importantes et brutales, se fait sentir sur le bilan du système pendant plusieurs années, voire dizaines d'années. La fixation nette en carbone de l'écosystème atteint un maximum de 400 à 700 g de carbone

fixé par an et par mètre carré, 4 à 7 t carbone à l'hectare, qui coïncide généralement avec un indice foliaire maximal des arbres (20-50 ans). Puis, après une phase stationnaire plus ou moins longue, le peuplement entre dans une phase progressive de déclin ou de sénescence, où la productivité primaire des arbres diminue tandis que celle du sous-bois peut éventuellement augmenter progressivement. Le déclin de la production primaire brute s'accompagne d'un accroissement des termes de respiration de l'écosystème et peut aller jusqu'à inverser le bilan de carbone (voir Figure ci-dessous).

Dans le cas des forêts européennes, ce cycle de vie de l'écosystème est fortement contrôlé par la gestion sylvicole. L'activité humaine et la sylviculture interviennent à chaque stade du cycle du carbone :

– par les changements d'utilisation des terres. Les forêts européennes sont installées après divers travaux

de préparation sur des sols ayant connu d'autres couvertures végétales (tourbières et marais drainés, anciennes terres agricoles, anciennes prairies) ;

– par les opérations de préparation du site (travail du sol, fertilisation...) et de régénération et les opérations d'entretien et récolte (dépressage, entretiens, éclaircies, coupe finale éventuelle) ;

– en modifiant le régime de perturbations naturelles et en réduisant leurs impacts (éliminations des arbres atteints, cloisonnement contre les incendies et les chablis, etc.) ;

– par le prélèvement de biomasse (dépressages, éclaircies, coupe finale) qui constitue un type particulier de perturbation de l'écosystème ;

– par les impacts directs ou indirects de ces pratiques sur la biodiversité de la phytocénose (plantes), zoocénose (animaux) et des micro-organismes décomposeurs, dont les rôles fonctionnels sont importants.

Le cycle du carbone est modifié de

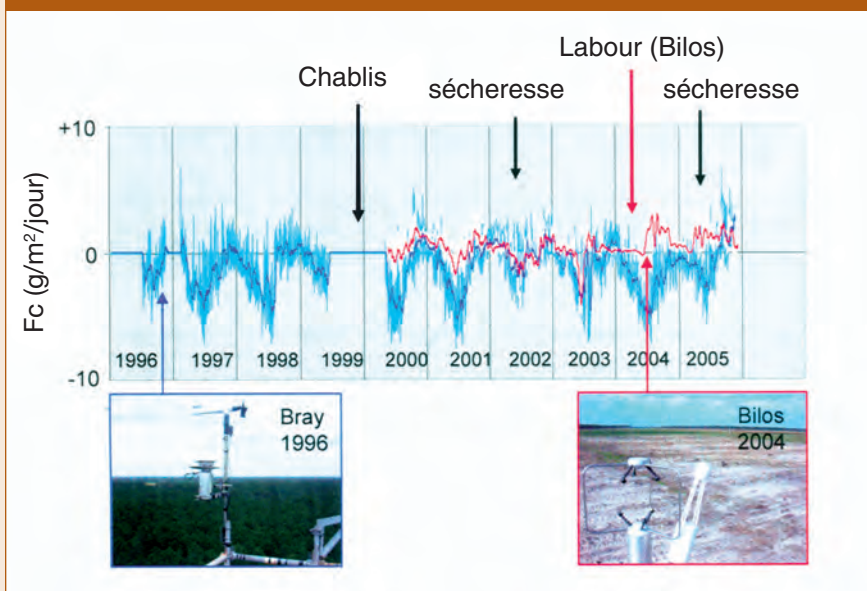
façon indirecte et progressive par la pollution atmosphérique et le changement climatique. Les effets de la pollution (dépôts acides, apports azotés) sont d'autant plus importants que les forêts européennes sont installées sur des sols peu fertiles, à faible pouvoir tampon et pauvres en azote. Les apports de pollution acide ou d'azote, même faibles, ont modifié de façon progressive la fertilité des sites forestiers du nord-est et du centre de la France, de même d'ailleurs que celles du sud-ouest mais sans doute de façon plus discrète.

## Permanence des puits de carbone et gestion des forêts

La question de la permanence du puits forestier de carbone observé aujourd'hui n'a pas de réponse simple. Elle suppose que nous puissions suffisamment bien connaître les données écologiques, démographiques et socio-économiques du futur avec une résolution spatio-temporelle fine, ce qui est impossible.

À partir des connaissances disponibles, il est cependant possible d'estimer le potentiel de séquestration de carbone dans la biosphère terrestre en général et dans les forêts françaises en particulier avec une précision connue. En revanche, le fonctionnement de la biosphère devenu presque complètement dépendant des activités humaines, de façon directe et indirecte, échappe donc à toute prédiction à moyen et long terme. ■

**Flux de carbone (Fc) au-dessus d'un site de pins maritimes adultes entre 1996 et 2005 (« Le Bray » trait bleu) et d'une coupe en régénération entre 2000 et 2005 (« Bilos » trait rouge)**



On note que le pic de fixation annuel au site du Bray (trait bleu) est réduit par les sécheresses de 2002 et 2005 et que le site de coupe rase émet du carbone continuellement après le labour.

### Cycle du carbone et rôle climatique des forêts

La forêt intervient aussi sur le climat global et local par son bilan d'énergie et son impact sur le cycle hydrologique. Les paramètres de surface caractéristiques de ces échanges changent au cours du cycle de vie de l'écosystème et sont susceptibles d'être modifiés par la sylviculture (coupe rase par exemple). La sylviculture et l'exploitation forestière sont responsables de l'émission d'autres gaz à effet de serre que le CO<sub>2</sub>, comme le CH<sub>4</sub>, par combustion de la biomasse, et les composés organiques volatiles comme les terpènes, isoprène, susceptibles d'interagir dans la basse atmosphère avec les oxydes d'azote pour former de l'ozone et du CO<sub>2</sub>.

L'appréciation du rôle des forêts sur l'environnement global doit nécessairement intégrer l'ensemble de ces aspects, ce qui est relativement complexe. La gestion des systèmes végétaux exploités dans l'environnement global telle qu'elle est négociée dans le protocole de Kyoto et ses prolongements futurs renvoie ainsi à la gestion multifonctionnelle des forêts.

Peut-on à partir de ce que l'on sait aujourd'hui, proposer une sylviculture respectueuse du climat ? Il faut d'abord rappeler avec force que le bois est un produit à haute valeur environnementale, renouvelable, à très faible coût en énergie fossile et que son utilisation, en France en particulier, est encore trop faible, et ce dans toutes les filières d'utilisation et de transformation : énergie, bois d'œuvre, construction. Chaque fois que le bois se substitue à l'utilisation du béton, de l'acier, de l'aluminium ou de fuels fossiles, l'environnement et le climat sont gagnants. La sylviculture qui, à productivité égale, réduit les intrants, ne retourne pas le sol, réduit les risques de perturbations (chablis, incendies) et n'exporte que la matière ligneuse est certainement plus favorable à la qualité de l'environnement. La répartition géographique des scénarios de sylviculture entre les sols productifs, qui devraient recevoir les forêts de production, et les sols peu fertiles, qui pourraient accueillir des scénarios de sylviculture plus extensifs, est aussi une voie d'optimisation de la sylviculture vis-à-vis de ses impacts sur l'environnement.

### Résumé

Au cours d'un cycle de vie, le fonctionnement des écosystèmes forestiers est une succession de phases de régénération, maturation et sénescence rythmée par diverses perturbations (travaux forestiers, éclaircies ou coupe rase, tempêtes ou incendies). En phase de régénération, un peuplement forestier devient après un temps variable un puits de carbone, dont l'intensité est maximale peu après la fermeture du couvert, puis décroît ensuite avec l'âge. Les principaux compartiments du cycle du carbone en forêt (les fractions organiques du sol, les composantes de l'humus et de la litière et les compartiments végétaux) présentent une activité et des temps de renouvellement sensibles aux facteurs de l'environnement, en particulier la température, et les pratiques culturales.

**Mots-clés :** effet de serre, cycle du carbone, forêt.

### Bibliographie

- **Granier, A., P. Berbigier, et al. 2002.** *Le bilan net de carbone des forêts: l'approche basée sur la mesure de flux de CO<sub>2</sub>*. Comptes Rendus de l'Académie d'Agriculture de France, 88 : 19-27.
- **Loustau, D. et al. 2004.** *Rapport final du projet CARBOFOR*. Projet du Programme « Gestion et Impacts du Changement Climatique » du ministère de l'Écologie et du Développement Durable et ministère de l'Agriculture et de la Pêche. 140 pages.
- **Loustau D., Dewar R., Granier A., Nys C., 2002.** *La phase biosphérique forestière du cycle biogéochimique du carbone : ce que nous savons, ce que nous ignorons*. Comptes Rendus de l'Académie d'Agriculture de France, 88 : 41-48.
- **Loustau D. et Dupouey J-L. 2005.** Forêts et climat : rôle des forêts dans le cycle des gaz à effet de serre et les échanges d'énergie avec l'atmosphère. Communication orale au VIII<sup>e</sup> colloque ARBORA, Bordeaux, 1-2 décembre 2005, ARBORA ed., p. 17-29.
- **Meredieu C., A. Colin, R. Teissier du Cros, M. Chantal, A. Porté, D. Loustau, 2005.** *Évaluation des stocks de carbone dans la biomasse de peuplements de pin maritime : application à l'échelle régionale*. Communication orale au VIII<sup>e</sup> colloque ARBORA, Bordeaux, 1-2 décembre 2005, ARBORA ed., p. 143-59.

(1) *Carbofor : projet sur la séquestration de carbone dans les écosystèmes forestiers français*. Denis Loustau, INRA Unité Ephyse, Centre de Bordeaux, BP 81, 33883, Villenave d'Ornon cedex, courriel : [loustau@pierroton.inra.fr](mailto:loustau@pierroton.inra.fr)

# Impact de la gestion sylvicole sur le stockage de carbone en forêt : le cas du hêtre

Patrick Vallet et Jean-François Dhôte, INRA (1)

*Savoir que la forêt participe activement à la séquestration du carbone ne répond pas à la délicate question de l'adaptation de la gestion sylvicole au stockage maximal de carbone. Cette étude récente apporte une première réponse – pour le hêtre – qu'il est prudent dans l'immédiat, de ne pas généraliser aux autres essences. Forêt-entreprise se fera l'écho d'autres recherches en cours concernant l'impact de la gestion sylvicole sur le stockage du carbone.*

**C**et article présente les résultats issus de l'assemblage de modèles concernant le peuplement forestier (sol et végétation), et les produits bois issus de l'exploitation dans le cas du hêtre pour répondre à la question de l'impact de l'intensité de la sylviculture et du diamètre d'exploitabilité sur les stocks moyens de carbone des peuplements forestiers (Vallet, 2005).

## Estimation du stock de carbone moyen de la révolution

### Croissance du peuplement

La croissance du peuplement est simulée grâce au modèle Fagacées (Dhôte et de Hercé, 1994 ; Dhôte, 1995 et 1997) et Capsis (de Coligny *et al.*, 2003) ; il s'agit d'un modèle de croissance de type « arbre indépendant des distances » permettant de faire évoluer des peuplements d'un hectare de hêtre en futaie régulière, en déclenchant des

éclaircies en fonction de la sylviculture choisie. Pour cette étude, nous nous plaçons dans le cas d'un peuplement de fertilité moyenne (hauteur dominante = 27 mètres à 100 ans, observée en 1950).

L'intensité de la sylviculture est représentée par un indice appelé RDI (Relative density index) : rapport du nombre de tiges du peuplement au nombre de tiges maximal autorisé par la loi d'auto-éclaircie (Reineke, 1933). Il présente en pratique des valeurs comprises entre 0,4 (peuplement très clair), avec un scénario sylvicole analogue à celui proposé par Duplat et Roman-Amat (1996) et 1 (aucune éclaircie). Dans cette étude, nous simulons des peuplements ayant la même intensité de sylviculture du jeune âge jusqu'à maturité.

Les diamètres dominants objectifs sont ici de 50 cm et 70 cm.

### Comptabilité du carbone

Le carbone de la végétation est estimé en utilisant un tarif de cubage pour le volume aérien total à double entrée (Vallet *et al.*, 2006), un modèle de densité du bois à l'échelle du cerne pour la partie

aérienne et une relation allométrique pour la biomasse des racines issue de Drexhage *et al.* (1999) et confrontée à des données expérimentales. Un taux de carbone de 47,5 % (Loustau, 2004) est ensuite appliqué pour connaître le carbone du peuplement.

Le carbone du sol a été appréhendé en combinant les résultats d'une analyse de sensibilité du modèle Century (Parton *et al.*, 1987) et l'exploitation des données de deux réseaux d'observation des sols forestiers, le réseau RENECOFOR (Ponette *et al.*, 1997) et le réseau européen 16 x 16 dans sa partie française (Badeau, 1998), représentant au total et après traitement des données 550 observations (Vallet, 2005).

Les caractéristiques dendrométriques des arbres abattus lors des éclaircies générées avec Fagacées sont connues, et permettent d'utiliser un profil de tige (Vallet, 2005) pour billonner la tige principale, et répartir le bois en différents produits forestiers. Des durées de vie moyennes par produit (Paquet et Deroubaix, 2003) permettent alors d'estimer le temps de retour à l'atmosphère du carbone sorti de la forêt.

## Carbone moyen sur la révolution

Les modèles ci-dessus permettent d'estimer l'évolution du carbone du peuplement et des produits forestiers issus de son exploitation. Les résultats présentés ici sont donnés en carbone moyen sur la révolution.

### Résultats

#### Stocks de carbone en fonction du diamètre objectif et de l'intensité de la sylviculture

Un grand nombre de simulations a permis d'étudier une large gamme de situations. L'intensité de la sylviculture varie de 0,4 (peuplement clair, sylviculture dynamique) à 0,9 (peuplement dense) et le diamètre dominant objectif d'exploitabilité de 50 cm à 70 cm. **On remarque un très fort impact de l'intensité de la sylviculture sur le stock de carbone moyen, et une influence du diamètre d'exploitabilité d'autant plus élevée que la sylviculture est intense. Les choix sylvicoles les moins favorables au stockage de carbone sont une sylviculture intensive avec une récolte précoce (RDI = 0,4 et diamètre objectif = 50 cm obtenus en 84 ans), et sont, à l'inverse, les plus favorables au stockage avec une sylviculture très prudente et une récolte tardive (RDI = 0,9 et diamètre objectif = 70 cm obtenu en 250 ans). Ces deux situations extrêmes présentent respectivement des stocks de carbone moyen de 191 tC/ha et 395 tC/ha.**

Dans nos simulations, la différence entre les deux sylvicultures est due essentiellement à la biomasse aérienne et souterraine. En ce qui

concerne le stockage de carbone, le peuplement dense bénéficie à la fois d'un stock sur pied plus important à âge égal, mais aussi à un temps supérieur pour atteindre un même diamètre d'exploitabilité, ce qui garde le peuplement plus longtemps au stade mature, de stock de carbone sur pied très élevé, et augmente d'autant la moyenne du stock de carbone.

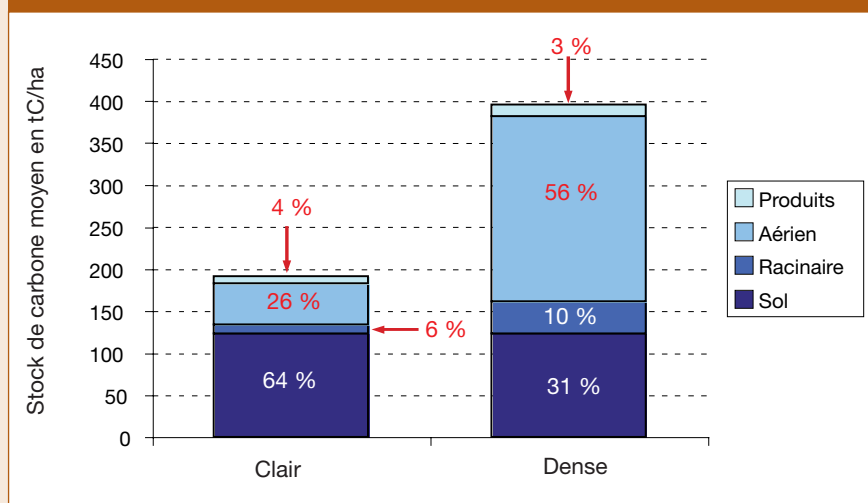
#### Répartition des stocks de carbone dans les différents compartiments

Les simulations effectuées dans cette étude permettent de prendre en compte le carbone de la biomasse aérienne et souterraine, de la matière organique du sol, et des produits forestiers. La répartition entre ces compartiments dépend des choix sylvicoles. Elle est illustrée (voir figure ci-dessous) pour les deux situations de stockage extrêmes (peuplements clair et dense).

On remarque en particulier que le stock des produits forestiers est très faible. Ce constat s'explique par l'association de trois facteurs :

- les pertes lors des premières et deuxièmes transformations impliquent que seul un tiers du volume de bois exporté de la forêt est transformé en produits finis. Le reste sert à fabriquer des coproduits à faible durée de vie ;
- les produits finis ont eux-mêmes des durées de vie très variables, pas toujours longues. Par exemple, les meubles de cuisine ont une durée d'utilisation estimée à 25 ans, contre 6 ans pour les emballages lourds (caisses, palettes...) et 1 mois pour les emballages légers (cageots) ;
- les durées de vie des produits forestiers sont comparées aux longues révolutions forestières (84 à 250 ans).

Répartition des stocks de carbone moyen dans les différents compartiments dans les deux situations sylvicoles extrêmes



*Peuplement clair : RDI = 0,4 récolte précoce, (Diamètre dominant = 50 cm obtenu en 84 ans).*

*Peuplement dense : RDI = 0,9 récolte tardive (Diamètre dominant = 70 cm obtenu en 250 ans).*



## Interprétation

### Estimation des stocks de carbone

La méthode pour estimer les stocks de carbone dans la partie aérienne de l'étage principal du peuplement est basée sur des modèles calibrés avec de grandes bases de données conférant une bonne fiabilité au résultat. Cependant, le modèle de croissance ne prend pas en compte le sous-étage, qui est probablement bien plus développé dans les peuplements clairs que les peuplements denses. Le stock de carbone des peuplements clairs est probablement sous-évalué. Cependant, les différences de hauteur et de diamètre entre le sous-étage et l'étage principal laissent supposer que cette sous-évaluation n'est pas déterminante. En revanche, il subsiste des incertitudes majeures quant à l'évaluation des stocks de carbone des sys-

tèmes racinaires et de la matière organique du sol. La complexité des prises de mesure les rend rares et très peu d'informations sont disponibles.

Si très peu de données existent sur les durées de vie des produits forestiers, l'estimation de leur contribution au stockage de carbone est néanmoins suffisante en raison de leur très faible contribution par rapport aux autres compartiments (voir figure de la page 24).

### Intérêt de la capitalisation sur pied pour la lutte contre les gaz à effet de serre

Les résultats de ces simulations montrent que le passage d'un régime permanent en sylviculture claire à un autre plus dense peut induire un stockage de carbone additionnel allant jusqu'à 200 tC/ha dans le cas extrême. À titre de comparaison, les valeurs des émissions françaises brutes (hors changement d'usage des terres et forêts) de carbone

sous forme de CO<sub>2</sub> indiquées par le Citepa (2004) étaient pour l'année 2003 de 111 MtC contre 108 MtC pour l'année 1990, référence du protocole de Kyoto. Ce type d'action mené sur de grandes surfaces pourrait alors s'avérer non négligeable pour la lutte contre les gaz à effet de serre.

**Cependant, la maximisation de la fonction puits de carbone des peuplements forestiers conduit à des résultats en contradiction avec les sylvicultures dynamiques permettant de produire par exemple du hêtre ayant des cernes larges, plus prisé.**

*NDRL : certes, la capitalisation sur pied maximise la fonction stockage de carbone, mais elle va à l'encontre des impératifs de gestion et de rentabilité du sylviculteur soucieux de son investissement : produire du hêtre de qualité donc rapidement, abaisser la probabilité de rencontrer un aléa climatique, restreindre la hauteur et donc la sensibilité au vent et réduire l'impact du changement climatique annoncé sur ses peuplements actuels. Le gestionnaire sera amené à arbitrer entre ces différents objectifs.* ■

## Bibliographie

- de Coligny, F., P. Ancelin, G. Cornu, B. Courbaud, P. Dreyfus, F. Goreaud, S. Gourlet-Fleury, C. Meredieu et L. Saint-Andre, 2003. CAPSIS: computer-aided projection for strategies in silviculture: advantages of a shared forest-modelling platform. in *Modelling forest systems*. Workshop on the interface between reality, modelling and the parameter estimation processes, Sesimbra, Portugal, 2-5 June 2002. 319-323.
  - Dhôte, J.-F., 1997. Effets des éclaircies sur le diamètre dominant dans des futaies régulières de hêtre ou de chêne sessile. RFF 49 (6):557-578.
  - Duplat, P. et B. Roman-Amat, 1996. *Sylviculture du hêtre*. Bulletin technique - ONF 31:29-33.
  - Paquet, P. et G. Deroubaix, 2003. *Extension de l'éligibilité de la séquestration forestière du carbone à l'ensemble des stocks de la filière bois*. Coordination CTBA. Rapport à l'ADEME pour le Programme GICC, 148 p.
  - Vallet, P., 2005. *Impact de différentes stratégies sylvicoles sur la fonction "puits de carbone" des peuplements forestiers*. Modélisation et simulation à l'échelle de la parcelle. Thèse de doctorat. Engref, Nancy. 190 p. + Annexes.
  - Vallet, P., J.-F. Dhôte, G. Le Moguédec, M. Ravart et G. Pignard, 2006. *Development of total aboveground volume tables for 7 important forest tree species in France*. Forest Ecology and Management (soumis).
- L'intégralité de la bibliographie est disponible sur demande auprès de l'auteur.

## Résumé

L'intégration d'une chaîne de modèles a permis d'estimer l'impact de l'intensité de la sylviculture et du diamètre d'exploitabilité sur le stockage de carbone des peuplements de hêtre conduits en futaie régulière. Selon ces simulations, un peuplement dense récolté tardivement stocke 200 tC/ha de plus sur le stock moyen de carbone qu'un peuplement clair récolté précocement.

**Mots-clés :** Stockage de carbone, hêtre, capitalisation sur pied.

(1) Laboratoire d'étude des ressources forêt-bois - UMR INRA-ENGREF 1092, Équipe qualité des bois, Centre INRA de Nancy, 54280 Champenoux.

# Le stockage potentiel de carbone par plantations à l'horizon 2050

Vincent Dameron\*, Carine Barbier\*\* et Arthur Riedacker\*\*\* (1)

*Cette étude prospective publiée dans le numéro 17 des Cahiers du Clip (2) traite de la séquestration du carbone en forêt. Elle évalue les réductions d'émissions globales de CO<sub>2</sub> qu'il serait possible d'obtenir d'ici à 2050 par boisements de terres agricoles abandonnées.*

## Les plantations à courtes rotations pour des usages énergétiques locaux

Si la stratégie choisie consiste à planter à courte rotation pour des usages énergétiques locaux, il est possible de réaliser dans le monde, lorsque l'on tient compte des débouchés, des plantations :

- sur 118 millions d'hectares (sur 84 % des terres devenant disponibles) sous le scénario A2 ;
- et sur 420 millions d'hectares (sur 45 % des terres devenant disponibles) sous le scénario B1.

Cela se traduit par des réductions cumulées d'émissions d'ici à 2050

## Deux scénarios

Les superficies de terres agricoles devenant théoriquement disponibles pour de telles plantations forestières dépendent essentiellement des scénarios de développement considérés. Deux scénarios extrêmes du Giec (3) relatifs à des types de développement possibles au 21<sup>e</sup> siècle (A2 et B1) sont pris en compte.

Dans le **scénario A2**, connaissant une forte croissance démographique et une ouverture faible sur le monde, l'adoption des progrès technologiques est lente.

Dans le **scénario B1**, à plus faible croissance démographique, à préoccupations écologiques et sociales plus fortes, très ouvert sur le monde, les progrès technologiques diffusent bien ; d'où une plus grande efficacité énergétique, une meilleure utilisation des terres par augmentation des productions annuelles par hectare (des rendements et du nombre de cultures par an), ainsi qu'un moindre recours à l'élevage pour satisfaire les besoins alimentaires qu'en A2.

Le niveau de réductions cumulées de gaz à effet de serre dépend évidemment de la disponibilité en terres agricoles devenant vacantes d'ici à 2050 ainsi que des débouchés. **Sous le scénario A2, seulement 140 millions d'hectares de terres agricoles deviennent disponibles d'ici à 2050, contre 950 millions d'hectares sous le scénario B1** (principalement en Amérique du sud, en Afrique et en Chine).

## Quatre types de plantation

L'étude prospective considère alternativement quatre types de plantation :

- **rotation courte – énergie** : des plantations à forte densité et à très courtes rotations (de 8 ans sous les tropiques humides à 30 ans en zones boréales) dont la vocation est de fournir du bois pour satisfaire les besoins énergétiques locaux (thermiques et électriques, mais non en biocarburants) en vue de remplacer des énergies fossiles ;
- **rotation courte – matériau** : des plantations à fortes densités et à courtes rotations analogues aux précédentes, mais dont la vocation est de fournir du bois-matériau ;
- **rotation longue – matériau** : des plantations plus classiques à rotations longues (80 ans), éclaircies tous les 10 ans, dont la vocation principale est également de produire du bois-matériau ;

- **pas d'exploitation** : des plantations n'étant jamais exploitées, dont le seul but est d'accroître les stocks de carbone dans les biomasses et dans les sols des boisements ainsi effectués.

Les plantations sans exploitation sont effectuées au fur et à mesure de la disponibilité des terres agricoles, alors que les autres plantations sont réalisées en tenant également compte des perspectives d'augmentation des débouchés locaux en énergie et en bois-matériau. Nous avons considéré que l'utilisation supplémentaire maximale du bois-énergie serait de 15 % à 25 % de l'énergie finale consommée selon les secteurs. L'utilisation supplémentaire du bois d'œuvre, utilisé dans les constructions, est plafonnée à 20 % des surfaces nouvellement construites.

atteignant respectivement :

- 7,3 GtC (soit 1 % des émissions totales cumulées attendues sous le scénario A2 d'ici à 2050) ;
- et 27,8 GtC (soit 5 % des émissions totales cumulées attendues d'ici à 2050 sous le scénario B1).

Dans ce dernier cas, en Amérique latine par exemple, seulement 15 % des terres disponibles suffisent pour saturer les besoins en énergie, hors biocarburant, en 2050. La valorisation sous forme de biocarburant des biomasses susceptibles d'être produites permettrait d'améliorer ce bilan en assurant de nouveaux débouchés, particulièrement sous B1 présentant de fortes disponibilités des terres agricoles. Dans cette hypothèse, de l'ordre de 10 % des émissions totales cumulées pourraient être évitées grâce aux divers modes de valorisation énergétique du bois issu de nouvelles plantations. L'usage des biomasses sous forme de carburant n'a cependant pas été pris en compte dans cette étude.

### Les plantations destinées au bois-matériau

Selon nos hypothèses, les efforts supplémentaires d'utilisation de bois-matériau sont limités par des taux de pénétration dans les nouveaux marchés plafonnés à 20 %. Ainsi, bien que la substitution de bois-matériau à des produits tels que l'acier ou le ciment – forts consommateurs d'énergies fossiles – offre de très bons résultats en terme d'émissions évitées, les réductions d'émissions dans le cadre des scénarios de plantations forestières dédiées à la production de bois-matériau sont faibles du fait du manque de débouchés. Dans le cas de rotations longues, les réductions

cumulées des émissions d'ici à 2050 atteignent 2,1 GtC sous A2 et 5,4 GtC sous B1. Avec des plantations à courtes rotations, les réductions diminuent respectivement de 5 % et 18 %. Une faible partie des terres disponibles est alors utilisée : 6 % des 140 millions d'hectares devenant disponibles sous A2 et seulement 2 % des 940 millions d'hectares devenant disponibles sous B1. Dans la stratégie d'exploitation à rotations longues, elle est respectivement de 37 % et 9 %.

Si nous comparons les stratégies d'exploitation entre elles, et en tenant compte des débouchés potentiels, il apparaît que les boisements à courtes rotations effectués pour satisfaire des besoins locaux en énergie offrent les perspectives de réduction des émissions cumulées de gaz à effet de serre d'ici 2050 les plus importantes (28 GtC en 2050). Il en va de même pour les boisements sans exploitation dans le cas de fortes disponibilités en terres agricoles vacantes ; la première stratégie utilisant dans ce cas deux fois moins de terres que la seconde.

Dans l'hypothèse où peu de surfaces agricoles sont vacantes en 2050 (ce qui signifierait que les progrès agricoles permettent plus difficilement de satisfaire les besoins alimentaires croissants de la population mondiale), les boisements pour la production de bois-énergie dominant nettement les autres stratégies. Ce serait également le cas, sous le scénario B1, si toutes les biomasses susceptibles d'être produites d'ici à 2050 sur les terres devenant vacantes pouvaient trouver un débouché énergétique, notamment sous forme de biocarburant. Ce débouché alternatif qui

n'a pas fait l'objet d'une approche détaillée dans cette étude, pourrait apporter une économie de 10 % des émissions dans le cas de fortes disponibilités en terres agricoles d'ici à 2050.

### Les stratégies hybrides

Dans le cas de stratégies hybrides mêlant différents modes d'exploitation, pour maximiser les réductions d'émissions de CO<sub>2</sub> cumulées d'ici à 2050, il est souhaitable de recourir en premier lieu à des plantations pour la production de bois-matériau, dans la limite des débouchés existants, puisqu'elles offrent globalement les plus fortes réductions d'émissions à l'hectare planté. Des plantations à courtes rotations à vocation énergétique doivent ensuite être mise en œuvre, conduisant à de nouveaux débouchés. C'est seulement en dernier ressort que l'on doit envisager le recours à des plantations dont le seul but serait d'augmenter les stocks de carbone en forêt (plantations sans exploitation), dans l'objectif unique considéré ici de maximiser les réductions d'émissions de CO<sub>2</sub>.

### Les particularités de la plantation forestière sans exploitation

La stratégie de plantations forestières sans exploitation soulève deux questions : la permanence des réductions d'émissions et l'héritage laissé aux générations futures. Dans le cas des plantations sans exploitation, les tempêtes, incendies ou changements climatiques pourraient rendre les gains réversibles. En revanche, dans les scénarios dits à courtes rotations, la majeure partie des réductions

(75 et 85 % en 2050 avec les productions de bois-énergie) proviennent des substitutions d'énergies fossiles, elles sont donc définitives. Concernant « l'héritage laissé », si la stratégie de plantations sans exploitation peut parfois présenter d'autres intérêts que les réductions d'émissions de CO<sub>2</sub> – par exemple pour préserver les sols et les eaux – elle « gèle » en revanche l'usage des terres pour un temps indéfini et laisse aux générations futures la responsabilité de la préservation. Les scénarios avec exploitation forestière présentent par contre l'avantage de mettre en place des filières économiques autour des produits du bois pouvant plus probablement faciliter la préservation à long terme des boisements ainsi mis en place.

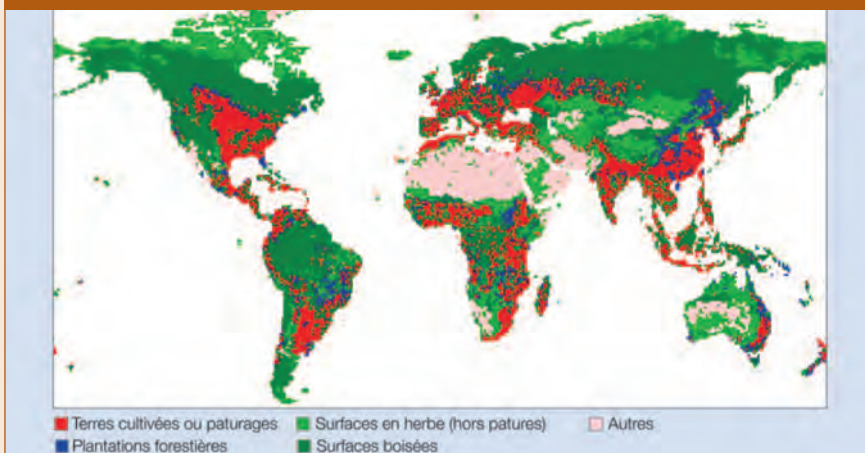
### Une stratégie de long terme

Nous devons enfin souligner que les réductions d'émissions de CO<sub>2</sub> liées à des plantations forestières sur des terres agricoles abandonnées ne conduisent à des résultats significatifs selon les scénarios qu'au-delà de 2030 ou 2050, voire plus pour les longues rotations, pour lesquelles 100 ans est un ordre de grandeur moyen pour observer l'ensemble des phénomènes en jeu. Par conséquent, une politique de plantations forestières sur d'anciennes terres agricoles dans le cadre de la lutte contre le changement climatique est clairement une stratégie de long terme. Elle ne peut être considérée comme un moyen de « gagner du temps » par rapport aux politiques de réduction d'émissions de CO<sub>2</sub>, c'est-à-dire permettre des gains de carbone significatifs en attendant que les politiques de réductions d'émissions de CO<sub>2</sub> se déploient. ■

#### Répartition des terres dans le monde en 2000



#### Carte des usages des terres en 2050 (fortes disponibilités en terres)



Source : Image

#### Résumé

Cette étude évalue l'effet sur la séquestration du CO<sub>2</sub> de quatre scénarios de boisements des terres agricoles vacantes d'ici à 2050. Les scénarios qui envisagent une valorisation des produits en matériaux et en énergie sont aussi efficaces que les scénarios de stockage sur pied (sans exploitation). De plus, les gains en fin de période sont définitivement acquis, alors que par stockage sur pied, ils sont réversibles et constituent un passif pour les générations futures. Ces stratégies de boisements des terres agricoles vacantes pourraient offrir au monde une réduction de près de 5 % de ses émissions d'origine anthropique d'ici à 2050. Néanmoins, la durée nécessaire au stockage biologique du CO<sub>2</sub> ne permet pas l'économie d'une réflexion plus large sur la réduction des émissions mondiales de gaz à effet de serre et encourage à agir rapidement pour séquestrer le plus efficacement possible le CO<sub>2</sub>.

**Mots-clés :** stratégie, séquestration, CO<sub>2</sub>, boisements.

(1) \* Ingénieur conseil du Gref, 65200 Marsas, tél. : 05 62 95 28 16, courriel : [vincent.dameron@m4x.org](mailto:vincent.dameron@m4x.org)

\*\* Institut du développement durable et des relations internationales (Iddri), 6 rue du Général Clergerie, 75116 Paris, tél. : 01 53 70 22 35, courriel : [carine.barbier@iddri.org](mailto:carine.barbier@iddri.org)

\*\*\* INRA Mona Jardin tropical, 45 bis Avenue de la Belle Gabrielle, 94736 Nogent sur Marne Cedex, tél. : 01 43 94 72 94, courriel : [riedacke@ivry.inra.fr](mailto:riedacke@ivry.inra.fr)

(2) Le stockage du CO<sub>2</sub>. Les Cahiers du CLIP (Club ingénierie prospective énergie-environnement), n°17. Iddri, 2005, 92 p. Disponibles sur commande auprès de Carine Barbier : tél. : 01 53 70 22 35, courriel : [carine.barbier@iddri.org](mailto:carine.barbier@iddri.org) ou à télécharger sur [www.iddri.org](http://www.iddri.org/Publications) Publications > les cahiers du CLIP.

(3) Giec : Groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat. Pour plus de précision voir la présentation en page 16 du Forêt-entreprise n°162 dont le dossier est consacré aux conséquences des changements climatiques sur la forêt.

# Le bois : de la lutte contre l'effet de serre à la communication

Serge Lochu, SLC (1)

*Cet article paru dans la Revue forestière française, numéro spécial 2004 « Le bois dans son futur » (2), souligne l'importance de l'utilisation du bois dans le stockage de carbone initié par la sylviculture.*

**L**a contribution du bois à la lutte contre l'effet de serre est, dans le contexte de la protection de la planète pour les générations futures, régulièrement mise en avant comme un des principaux mobiles de la politique de la filière-bois. Cette contribution est à la fois directe, par le stockage de carbone, et indirecte par substitution de produits bois à des produits plus consommateurs d'énergies fossiles.

## Le bois système de stockage du carbone : effet direct

Le stockage de carbone dans les constructions pose en premier lieu la question de son évaluation : **à combien peut être estimé le stock de carbone dans les constructions et, surtout, comment varie-t-il ?**

Dans le cadre d'une étude réalisée en 2002 et 2003 (3), nous avons développé une méthode de calcul de la variation du stock de carbone dans les produits en bois.

Cette méthode comporte trois modules :

● **Modélisation économique des processus de transformation du bois du stade de produits bruts** (bois d'œuvre, bois de trituration, bois de chauffage) **au stade de**

**produits finis** : 5 catégories de produits finis sont prises en compte :  
 – construction,  
 – emballage,  
 – meuble,  
 – papier/carton,  
 – bois de chauffage.

La modélisation repose sur l'écriture des deux équations comptables suivantes :

**production + importation = consommations** (intermédiaire et finale) + exportation.

**production = consommation intermédiaire + valeur ajoutée.**

Le modèle ainsi créé est ensuite appliqué aux ressources de produits bruts sur une période de 40 ans, correspondant à la durée de vie maximum des produits. Les volumes de bois stockés depuis plus de 40 ans sont négligés, considérant que, d'une part, les bâtiments anciens ne constituent qu'une faible part du bâti et que, d'autre part, les travaux d'entretiens conduisent à renouveler une partie importante des éléments bois (menuiserie et charpente) de ces bâtiments. En outre, les stocks de bois protégés par le label « monuments historiques » (l'église Sainte Catherine d'Honfleur, les parquets du château de Versailles, etc.) ne varient pratiquement pas. On obtient ainsi une mesure des flux de bois séquestrés par année et par catégories de produits finis.

● **Passage des flux au stock**

Le flux de bois séquestrés en an-

née n pour une catégorie de produits finis donnée reste stocké pendant la durée de vie des produits de cette catégorie. Le passage des flux au stock suppose donc de poser des hypothèses sur la durée de vie.

Plusieurs jeux d'hypothèses ont été testés. Celui qui a été jugé le plus probable est le suivant. Entre 1948 et 1998 (année de base de l'évaluation), les durées de vie sont supposées avoir évolué comme suit par famille :

- Construction = de 40 ans en 1948 à 20 ans en 1998.
- Emballage = de 2 ans en 1948 à 1 an en 1998.
- Meubles et objets divers en bois = de 20 ans en 1948 à 10 ans en 1998.
- Papier et carton = stable, égal à 3 ans.
- Chauffage = stable, égal à 2 ans (temps de séchage).
- Autres = stables égal à 5 ans.

● **Augmentation du stock de CO<sub>2</sub> entre 1990 et 1998**

L'application de la méthode décrite précédemment aux années 1990 et 1998 a permis d'estimer la variation du stock de bois dans les produits finis entre ces deux années. Une conversion sur la base de 1 m<sup>3</sup> de bois = 1 tonne de CO<sub>2</sub> permet d'afficher le résultat suivant :

**Selon la méthode résumée précédemment et selon les hypothèses de durée de vie moyenne par famille de produit indiquée, la variation de stock entre 1990 et**

**1998 est de 40 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> pour l'ensemble des produits finis. La part des produits utilisés dans la construction est de 35 millions de tonnes de CO<sub>2</sub>, soit une contribution annuelle moyenne à la réduction de CO<sub>2</sub> présent dans l'atmosphère de 4,4 millions de tonnes entre 1990 et 1998.**

Ce chiffre doit être directement replacé dans le cadre du protocole de Kyoto. L'objectif sur lequel les États se sont engagés s'énonce simplement : ramener en 2010 les émissions annuelles de CO<sub>2</sub> à leur niveau de 1990. Ces émissions ont été estimées pour la France et pour l'année 1990 à 530 millions de tonnes. Les tendances de croissance conduisent à anticiper un accroissement des émissions annuelles de l'ordre de 50 millions de tonnes. Si cette variation annuelle moyenne constatée entre 1990 et 1998 se prolongeait jusqu'en 2010 et si le stockage de carbone dans les constructions était « éligible » au regard du protocole de Kyoto, ce qui n'est pas le cas aujourd'hui, le stockage de carbone dans les constructions contribuerait à hauteur de 9 % à la réduction des émissions de CO<sub>2</sub>.



### Le bois « économiseur » d'énergies fossiles : effet indirect

Le développement de l'utilisation du bois en tant que source d'énergie directe est bien évidemment un important facteur de réduction de l'utilisation des énergies fossiles et a par conséquent un impact positif immédiat sur la réduction de l'effet de serre.

Mais nous voudrions souligner, ici, un deuxième élément qui joue en faveur de la prise en compte du bois utilisé dans les constructions vis-à-vis de la lutte contre l'effet de serre. Il s'agit du fait que les composants bois sont *a priori* moins énergivores dans leur élaboration que leurs homologues des autres filières (minéraux, métaux et matières plastiques). L'Ademe nous a confié une étude visant à valider cette hypothèse et à mesurer, pour un premier échantillon d'ouvrages simples, les écarts de consommation d'énergie entre filières. Par exemple, un mur à ossature bois contre un mur en maçonnerie, un parquet contre un carrelage ou une dalle en plastique, une fenêtre extérieure en bois contre une fenêtre extérieure en aluminium ou en matière plastique, etc. Cette étude est actuellement en cours, cependant les premiers résultats tendent à confirmer cette hypothèse. Jusqu'à maintenant, le secteur du bâtiment s'est surtout préoccupé de réduire la consommation de l'énergie de fonctionnement des bâtiments (chauffage principalement). Il s'avère que l'enjeu de la réduction de la consommation d'énergie nécessaire à la construction elle-même, sur le chantier mais surtout en amont dans les filières industrielles, ne saurait être négligé.



### Repenser la communication

Qu'il s'agisse de l'effet direct (fixation de CO<sub>2</sub>) ou de l'effet indirect (substitution de produits bois à des produits plus consommateurs d'énergies fossiles), il reste qu'ils sont l'un et l'autre dépendants de l'augmentation effective de la part de

marché du bois dans la construction. Celle-ci ne se décrète pas, même si un décret d'application de la loi sur l'air (4) rend obligatoire l'utilisation d'une quantité minimum de bois dans les constructions. L'augmentation de la part de marché du bois dans la construction dépend des acteurs de l'offre et des stratégies qu'ils mettront en place mais aussi de la communication qu'il leur sera possible de délivrer dans les prochaines années.

La nouvelle communication générique promue par le CNDB (Comité national pour le développement du bois) ne s'y trompe pas. La contribution du bois à la lutte contre l'effet de serre devrait être au cœur de la communication de la filière-bois. Citons la réponse de Jean-Claude Sève, son président, à la question posée par Stéphanie Obadia et Hélène Lallemand de BoisMag (5) lors d'une interview : Question : « Quel sera le message global de la communication du CNDB ? ». Réponse : « Il est important de faire comprendre qu'exploiter la forêt, c'est la faire vivre. Aujourd'hui, 80 % des Français pensent encore que la forêt française recule... Tout cela est archi-faux ! ... La forêt, véritable « usine à bois », transforme le gaz carbonique en bois d'arbre, éliminant ainsi des quantités énormes de gaz à effet de serre. La forêt, et notamment les plantations de jeunes arbres, contribuent à la diminution de l'effet de serre et à la réduction des changements climatiques. L'utilisation du bois sous toutes ses formes, notamment dans la construction, revient donc à un stockage de ce gaz dangereux... Tout le monde est concerné par une telle communication... ».

En complément de cette citation, nous souhaiterions clore cet article en reprenant les conclusions d'une

étude qui nous a été confiée par l'Ademe (6) en 2002 sur la perception du matériau bois, aussi bien par le grand public que par les professionnels eux-mêmes.

L'étude a permis d'élaborer des « modèles mentaux » au moyen desquels il est possible de comprendre comment le bois dans la construction « est pensé » par les Français. Ces modèles mentaux s'articulent autour de quatre axes binaires : un axe psychologique, un axe sociologique, un axe technique et un axe économique. Les principaux enseignements de l'étude en matière de communication sont reproduits ci-après par référence à ces axes.

### Axe psychologique « peur/plaisir »

La peur est classiquement associée au feu et à l'humidité mais aussi, plus subtilement, aux menaces environnementales, en raison des liens entre bois et forêt. Le traitement de la peur est par nature délicat. Dire « n'ayez pas peur » ou « vos peurs ne sont pas fondées » ne fait, bien évidemment, qu'empirer la perception négative du bois en déclenchant des attitudes de défense. La communication devra donc s'efforcer de rassurer. La réassurance est obtenue en mêlant pédagogie et rationalité, sur des bases reconnues par le sens commun ou, pour le moins, attestées. Typiquement, le discours sur la bonne perception du bois par les pompiers (pas de risque d'effondrement, pas de dégagement de gaz toxique) est de nature à rassurer. En outre, on ne saurait trop insister sur la nécessité de développer une communication pédagogique à propos de l'impact « effet de serre ». Spontanément, l'association bois et environnement est majoritairement

perçue sur le registre de la peur. Il y a un long chemin à parcourir pour, dans un premier temps, rassurer et, dans un second temps, actionner le sens civique.

- Sur le registre du plaisir, la communication semble facile tant la fibre sensible est prête à vibrer. Cette communication devra toutefois être contenue et s'employer à ne pas trop « faire rêver ». Le risque d'une communication euphorique est de conduire sur le registre des fantasmes (« La petite maison dans la prairie ») et de rendre impossible le « passage à l'acte » économique.

- Même si, pour un individu donné, il est possible de discerner dans son imaginaire une dominante soit de peur soit de plaisir, les deux tendances cohabitent. Loin de s'exclure, elles peuvent se nourrir l'une de l'autre. Suivant un processus psychologique de « culpabilisation », la peur peut être, inconsciemment, une réaction « punitive » au plaisir. La communication devra donc tenir compte des liens psychologiques entre peur et plaisir, en raison des résonances fortes du bois sur l'un et l'autre registre.

- On constate une abondance de campagnes grand public sur des produits de préservation ou de traitement (termite notamment). Nul doute que celles-ci entretiennent les craintes vis-à-vis du bois. Dans la mesure du possible, il serait utile de coordonner ces formes de communication et la communication promotionnelle.

### Axe sociologique « conservateurs/modernes »

- Il y aurait *a priori* deux façons d'appréhender la segmentation « conservateurs/modernes » en matière de communication : soit la neutraliser, soit la reconnaître.

Dans le premier cas, la communication chercherait à promouvoir un discours médian, synthèse de la tradition et de la modernité. Une telle communication risquerait de ne trouver aucun auditoire. Contrairement à ce qu'on observe pour la segmentation « peur/plaisir », les approches en terme de « socio-styles » montrent que la segmentation « conservateurs/modernes » correspond à un clivage sociologique profond, fortement discriminé par des facteurs comme les classes d'âge, les catégories socioprofessionnelles ou encore la localisation géographique « urbain/rural ».

En conséquence, notre recommandation est de reconnaître cette segmentation et d'adopter deux communications distinctes en termes de contenus et de cibles.

- La cible « conservateurs », stable ou en régression, représente encore, probablement, la part de marché la plus importante. La communication la concernant ne peut donc être négligée. Même si elle peut paraître « ringarde », cette communication reprendra les valeurs qui caractérisent la tendance « conservateurs » : référence à la noblesse des matériaux (sur ce registre-là, le bois est associé à la pierre ou au marbre), à la sagesse des anciens (l'innovation n'est pas porteuse par elle-même, prudence en matière d'utilisation extérieure), au classicisme architectural (colombages, architectures régionales).

- La communication sur la tendance « modernes » est beaucoup plus ouverte : référence à l'architecture contemporaine, référence aux matériaux performants industriellement (sur ce registre-là, le bois est associé au métal ou au verre), engouement pour les usages extérieurs, mention des leaders d'opinion branchés, du show-biz notamment.

● La cible « modernes » correspond à la part de marché en développement. En raison de leur caractère emblématique pour cette tendance, les usages extérieurs du bois devront faire l'objet d'une réflexion approfondie. Le risque est notamment élevé d'une précipitation dans l'utilisation de produits de bardage dont la tolérance à terme n'est pas garantie, en ce qui concerne le vieillissement.

### Axe technologique « culture technique faible/élevée »

On constate une forte corrélation entre culture technique et objectivité dans l'évaluation des performances du bois. Bien évidemment, l'élévation générale du niveau de culture technique ne peut être que favorable. Il ne saurait pour autant être un objectif de communication. En revanche, il est souhaitable de développer des argumentaires appropriés pour combler les déficits techniques les plus criants, mis au service d'une rationalisation des peurs du bois (voir axe psychologique) :

- inflammabilité et risque d'incendie ;
- exploitation forestière et environnement ;
- dureté du matériau et durabilité ;
- insectes, champignons : une large gamme de solutions.

### Axe économique « refus/acceptation du positionnement « cher » du bois »

● L'association « construction bois-prix élevés » est incontestable. Acceptée ou refusée par le consommateur, elle est à mettre en relation avec :

- une différence structurelle de compétitivité de la filière-bois par rapport aux autres filières matériaux. Cette situation conduit les entre-

prises à développer majoritairement des stratégies de différenciation (stratégies dites de « niches ») ;

– un déséquilibre entre la demande et l'offre. Les politiques de promotion conduisent à stimuler la demande. Les entreprises ont tendance à tirer parti de cette situation pour renforcer leur stratégie de différenciation plutôt que d'opter pour des stratégies de domination par les coûts, lesquelles auraient pour effet d'orienter les prix à la baisse.

● Le positionnement « cher » du bois est embarrassant. La tentation est forte de le nier ou de le justifier par un surcroît de qualité. Cette situation relève de la communication interne entre administrations et organisations professionnelles. Il est capital d'aborder de front la question. À défaut d'un chemin de croissance qui conduirait la filière-bois à devenir globalement compétitive, toute politique de promotion du bois serait vouée à plafonner à un niveau de consommation hors d'échelle des enjeux environnementaux qui la sous-tend.

Le matériau bois est en mesure de jouer un rôle significatif dans la lutte contre l'effet de serre, certes sous forme de bois-énergie en se substituant aux énergies fossiles, mais également en étant plus présent dans la construction, à la fois comme matériau stockant le carbo-

ne et comme matériau réduisant la consommation d'énergies fossiles compte tenu de la faible énergie nécessaire à sa mise en œuvre. Ce rôle ne prendra cependant de l'ampleur, du moins en France, que si les acteurs de l'offre définissent des stratégies adaptées et élaborent une communication qui tienne compte de la complexité de la perception du bois matériau par le grand public et les professionnels eux-mêmes. ■

(1) Serge Lochu Consultant, la Maison de la Forêt, 10 allée des Auques, 81200 Aussillon  
courriel : sl@serge-lochu.com, portable : 06 13 30 05 02.

(2) Numéro spécial « Le bois dans son futur » disponible auprès de : Revue forestière française, ENGREF, 14 rue Girardet, CS 14216, 54042 Nancy cedex, tél. : 03 83 39 68 22, fax : 03 83 39 68 25, courriel : huin@engref.fr, site : www.engref.fr/revueforestiere.htm

(3) Cette étude a pour objet de définir une méthodologie de l'évaluation et de l'éligibilité des stocks de carbone en aval de la forêt. Elle a été réalisée par le CTBA, Serge Lochu Consultant et Jean Malsot, à la demande de la Mies, de l'Ademe et du ministère chargé de l'Agriculture.

(4) Loi n° 96-1236 du 30 décembre 1996, dite « loi sur l'air ».

(5) BoisMag, n° 38, mai 2004.

(6) Ademe - Étude de la perception du matériau bois, 2003. Serge Lochu Consultant, Michael Ballé, Cobéo.

#### Résumé

Sont d'abord rappelées quelques définitions liées à l'effet de serre et au rôle des arbres et de la forêt vis-à-vis de cet effet. Sont ensuite étudiés le rôle direct du bois dans le stockage du carbone et la réduction du taux de gaz carbonique dans l'atmosphère, avec présentation de résultats d'études de modélisation, et l'effet indirect que permet le bois en tant qu'économiseur d'énergie fossile. Si les effets direct et indirect des produits bois sur l'effet de serre sont une réalité positive, l'augmentation effective de la part des marchés du bois dans la construction pour accélérer cette réduction est une autre chose qui dépend du comportement des consommateurs, et sur ce dernier point d'importantes actions de communication doivent se poursuivre.

**Mots-clés :** bois, effet de serre, communication.



# Les « projets Kyoto » forestiers : de nouveaux moyens de lutte contre les changements climatiques

Paul-Antoine Lacour, AFOCEL (1)

*Cet article paraît en même temps que la Fiche Informations-Forêt de l'AFOCEL dont il est issu. Son auteur, spécialiste AFOCEL des questions carbone, y analyse les mécanismes du Protocole de Kyoto pour en extraire les retombées forestières possibles.*

L'objectif de cet article est d'examiner si des acteurs privés peuvent tirer profit des instruments créés par le droit international sur le climat (les « projets Kyoto ») pour réaliser des opérations de boisement et de reboisement.

## La forêt dans les textes internationaux résultant de la « Convention Climat »

La forêt et plus largement, « l'utilisation des terres, le changement d'affectation des terres et la foresterie » (UTCF), est concernée par les textes internationaux à double titre :

- En premier lieu, en tant qu'émetteur de gaz à effet de serre, mais aussi du fait de son rôle de puits (ensemble identifié fixant du carbone), la forêt est concernée par les règles permettant la réalisation d'inventaires nationaux sur les flux de carbone.
- En second lieu, et c'est le point principal, les écosystèmes forestiers sont pris en compte dans le Protocole de Kyoto, c'est-à-dire dans le

texte qui fixe les objectifs d'émission que les pays développés (pays dits de « l'Annexe I ») doivent atteindre sur la période 2008-2012. Lors des discussions préliminaires au Protocole de Kyoto, deux conceptions se sont opposées. Certains pays souhaitaient que les objectifs des États ne concernent que les émissions de gaz à effet de serre, alors que d'autres préconisaient que soient prises en compte certes les émissions, mais aussi les flux de carbone séquestrés par les puits. En raison des fortes réserves d'un certain nombre de parties prenantes (dont la Commission européenne, qui négociait pour l'ensemble des pays de l'Union), une solution de compromis a été trouvée : les objectifs des États (exprimés en millions de tonnes de CO<sub>2</sub>) concernent les émissions, mais incluent également les flux de carbone associés aux surfaces forestières qui ont fait l'objet de boisement ou de reboisement depuis 1990 (article 3.3 du Protocole de Kyoto) ainsi que les flux provenant de forêts pour lesquelles on peut démontrer qu'une action anthropique a renforcé leur rôle de puits (article 3.4). Sans développer plus avant les

points ci-dessus, on peut retenir trois idées :

- Les règles de calcul découlant du Protocole de Kyoto ne reconnaissent que très marginalement la séquestration réelle des forêts. Pour la France métropolitaine, la séquestration « légale », calculée en appliquant les articles 3.3 et 3.4 mentionnés ci-dessus, est en effet plafonnée à 3,2 millions de tonnes de CO<sub>2</sub>/an, alors que la séquestration réelle est supérieure à 60 millions de tonnes de CO<sub>2</sub>/an.
- Le caractère incomplet de la prise en compte de la forêt provient d'un compromis entre les pays qui souhaitaient l'exclusion des puits (en mettant notamment en avant que cela détournerait les États de leur responsabilité première, qui est de réduire les émissions) et ceux qui militaient pour leur prise en compte complète.
- Les articles 3.3 et 3.4 conduisent à calculer des flux de CO<sub>2</sub> à l'échelle des États, qui seuls ont la responsabilité d'atteindre les objectifs qui leur sont fixés.

Comme cela apparaît ci-dessus, les entités privées sont totalement absentes des articles 3.3 et 3.4, ce qui signifie qu'une opération de

boisement ou de défrichage (art. 3.3) affecte la comptabilité carbone des États, mais de fait, reste sans conséquence pour le propriétaire du fonds sur lequel ont lieu ces opérations. De même, une gestion sylvicole intégrant une dimension de lutte contre les émissions de gaz à effet de serre n'entraîne pas de « rémunération » de l'acteur économique réalisant cette gestion.



### Les mécanismes de flexibilité : des outils permettant à des investisseurs privés de lutter contre le changement climatique

Le Protocole de Kyoto fixe des objectifs aux États (voir paragraphe ci-dessus) mais introduit aussi des mécanismes de marché, dits « mécanismes de flexibilité » ouverts aux acteurs privés. Ces mécanismes, au nombre de trois, sont :

- l'échange de quotas de CO<sub>2</sub> ;
- le mécanisme pour un développement propre (MDP) ;
- et la mise en œuvre conjointe (MOC).

#### L'échange de quotas

L'échange de quotas de CO<sub>2</sub> permettra aux pays développés qui auront des difficultés à respecter leurs engagements de limitation ou de réduction sur la période 2008-2012, d'acquiescer des quotas (nommés formellement « Unités de quantité attribuée » : UQA) provenant d'autres pays développés disposant d'un excédent. Depuis le premier janvier 2005, et de manière

anticipée par rapport au marché qui fonctionnera à l'échelle mondiale à partir de 2008, un système d'échange de quotas de CO<sub>2</sub> a été mis en place au sein des 25 pays membres de la Communauté européenne. Ce système, défini par la directive 2003/87/EC, regroupe 12 000 entreprises de 5 secteurs industriels (énergie, ciment/chaux, verre, acier, pâtes et papiers). En France, 1 127 installations industrielles sont concernées, auxquelles sont attribués chaque année l'équivalent de 150 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> (= quotas).

Le principe de base de ce marché du carbone est qu'à la fin de chaque année civile, les installations qui auront émis plus de CO<sub>2</sub> que les quotas qui leur ont été alloués en début d'année devront acheter les quotas manquants sur un marché européen. A contrario, des sites qui auront émis moins de tonnes de CO<sub>2</sub> que leurs quotas attribués pourront vendre ce surplus sur un marché communautaire. Cet instrument de mise en œuvre du Protocole de Kyoto est le plus performant sur le plan économique : il permet de maîtriser les émissions de gaz à effet de serre pour un coût minimum car les efforts sont réalisés en priorité par les installations industrielles pour lesquelles le coût de réduction d'émission est le plus faible.

Les gouvernements nationaux sont responsables de l'application des pénalités en cas de non-respect des engagements par les entités couvertes par la directive. Ces pénalités seront dans un premier temps de 40 € par tonne de CO<sub>2</sub> (entre 2005 et 2007), puis de 100 € par tonne de CO<sub>2</sub> à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2008. Elles ne seront pas libéra-

toires, ce qui signifie qu'elles ne dispensent pas l'entreprise défaillante d'avoir à acheter la quantité de quotas qui lui a fait défaut. En début 2006, le prix du quota de CO<sub>2</sub> sur les places de marché sur lesquelles il est échangé (ECX, EEX, Powernext...) était de l'ordre de 22 à 25 €/tCO<sub>2</sub>.

#### Les mécanismes de projet

Le principe de base d'un mécanisme de projet est d'inciter un acteur économique à réaliser un investissement entraînant une réduction des émissions de gaz à effet de serre en lui allouant tout ou partie de « l'économie d'émission » ainsi réalisée. À titre d'exemple, un industriel installant un système de récupération de méthane (gaz fortement contributeur à l'effet de serre) dans un centre d'enfouissement de déchets peut, dans un cadre précis, obtenir les quotas correspondant à l'écart entre les émissions prévues par le « scénario de référence » (la décharge sans récupération de méthane) et les émissions mesurées après mise en place du système de récupération. Les projets réalisés dans le cadre mentionné ci-dessus sont parfois nommés « projets Kyoto ».



#### Le « mécanisme pour un développement propre »

Le MDP introduit par l'article 12 du Protocole de Kyoto, permet à des entreprises (ou à des personnes morales) membres de pays développés (cités dans l'Annexe I de la Convention Climat) de participer à des projets de réduction des émissions de gaz à effet de serre dans

des pays ne faisant pas partie de l'Annexe I. Les objectifs des MDP sont :

- d'aider les pays non-Annexe I à mettre en œuvre des actions de développement durable et à contribuer à la baisse des émissions de gaz à effet de serre ;
- d'apporter une aide aux pays de l'Annexe I pour atteindre leurs objectifs vis-à-vis de Kyoto.

Les entreprises de pays membres de l'Annexe I recevront en échange de leur investissement des unités de réductions d'émissions certifiées (URCE). Ces URCE sont créées *ex nihilo* (au même titre qu'une banque centrale peut créer de la monnaie) par une structure dépendant de la Convention Climat : le Conseil Exécutif du MDP.

Les différentes étapes de la vie d'un projet MDP sont :

- Le porteur du projet, après avoir caractérisé de manière précise l'investissement qu'il souhaite réaliser, prend contact avec le pays hôte afin d'obtenir une approbation de celui-ci et définir contractuellement les règles de partage des URCE qui seront générées.
- Un bureau d'étude spécialisé, accrédité à cet effet, examine que le projet a effectivement un impact positif en matière de réduction des émissions de GES (étape de validation).
- Après accréditation, le Conseil Exécutif du MDP enregistre le projet et ouvre un compte sur lequel seront créditées les URCE.
- Durant la vie du projet, une tierce partie (différente de celle ayant effectué la validation) vérifie que les réductions ont effectivement lieu et délivre un rapport de certification, qui conduit à l'allocation des URCE sur le compte de l'investisseur.

## La « mise en œuvre conjointe »

(MOC) est un mécanisme de flexibilité qui permet à des entreprises de pays membres de l'Annexe I de recevoir des Unités de réduction des émissions (URE) lorsqu'elles participent à des projets de réduction des émissions dans un autre pays de l'Annexe I. C'est donc un système analogue dans son esprit à celui du MDP, qui s'en distingue toutefois par le fait que le projet, comme l'investisseur, sont issus d'un pays développé.

Signalons enfin que les mécanismes de projets et le système d'échange de quotas sont reliés car, à partir de 2008, il sera possible pour une entreprise manquant de quotas d'acquiescer des crédits provenant de projets MOC ou MDP.

## Les projets forestiers MDP

Conformément aux accords de Marrakech (novembre 2001), seuls les projets de boisement et de reboisement sont acceptés. En d'autres termes, les projets de conservation ou « d'évitement de déforestation » ne sont pas éligibles au titre du MDP. Le recours annuel aux crédits résultant de ces projets par les États ayant des engagements au titre du protocole de Kyoto est plafonné à 1 % des émissions de 1990. Une troisième contrainte doit également être citée : la directive (dite directive « projet ») qui interdit sur la période 2008-2012 l'utilisation des crédits carbone prove-

nant de projets forestiers.

Les MDP forestiers présentent par rapport à d'autres types de MDP (énergie par exemple) des caractéristiques rendant leur mise en œuvre difficile :

- le risque de la « non-permanence », lié au fait que le carbone séquestré dans la biomasse est susceptible d'être émis de nouveau vers l'atmosphère (action humaine, incendie...);
- les conséquences socio-environnementales potentiellement importantes d'éventuels « mauvais projets ». Les projets de boisement occupant généralement plus d'espace que ceux permettant d'éviter des émissions, ils sont susceptibles d'engendrer des impacts plus importants sur l'environnement et les conditions de vie des populations locales ;
- ...

Pour surmonter ces difficultés, les projets MDP forestiers se caractérisent par les dispositions suivantes :

- La durée de validité des crédits, choisie au départ par le développeur, est soit de 20 ans avec deux renouvellements possibles de 20 ans chacun, soit d'une durée de 30 ans non renouvelable.
- La comptabilisation des crédits de boisement ou reboisement pour résoudre les difficultés liées à la non-permanence des peuplements conduit à distinguer :
  - les unités de réduction d'émissions certifiées temporaires (URCE-T). Elles sont annulées à la fin de la période d'engagement qui suit celle dans laquelle elles ont été générées pour la première fois ;
  - les unités de réduction d'émissions certifiées de longue durée (URCE-LD). Elles sont annulées à la fin de la durée de comptabilisation des crédits (au maximum de

60 ans) ou avant, si les stocks de carbone sont constatés comme disparus à la date de vérification.

En dépit de règles strictes, on peut s'attendre à une extrême vigilance de la part des organisations non gouvernementales, soucieuses de la protection des populations concernées et des milieux naturels locaux (biodiversité notamment).

Malgré les difficultés mentionnées ci-dessus, plusieurs projets Kyoto forestiers sont en cours, même si aucun n'est encore suffisamment avancé pour avoir été enregistré par le Conseil Exécutif du MDP.

Les crédits carbone des projets forestiers sont achetés par des bailleurs internationaux (BioCarbon Fund et Community Carbon Development Fund), par des fonds carbone liés à des États (Pays-Bas, Japon...), ainsi que par nombre d'entreprises privées. Les modes de vente sont divers (achat ferme avec paiement en avance ou à la livraison ; option d'achat) et influent directement sur les prix. Fin 2005, le prix des URCE se situait entre 5 et 8 € lorsque l'acheteur supportait le risque de défaut, et entre 9 et 11 € lorsque ce risque était pris par le vendeur. Des transactions aux alentours de 15 € ont même été enregistrées.

L'analyse rapide des projets Kyoto forestiers met en évidence les points suivants :

- Dans l'état actuel des textes, il n'est pas possible pour un porteur de projet français de réaliser un projet Kyoto en France. Cette situation, jugée fâcheuse par certains pays, a conduit à développer la notion de « projet domestique ». La « philosophie » qui sous-tend un projet domestique est la même que celle d'un projet MDP ou MOC, la différence principale étant que l'investisseur réalise un projet dans son

propre pays.

- Les projets de Kyoto forestiers, en raison de leur complexité, ne constituent une opportunité que pour des structures suffisamment importantes pour financer et suivre ce type de réalisation. Parmi ces structures, les groupes industriels internationaux peuvent certainement tirer profit des mécanismes de projet en développant une ressource forestière dans un pays du sud (destinée à alimenter une filiale étrangère en fibre ou en bois) et en « rapatriant » des crédits carbone, fongibles avec les quotas délivrés dans le cadre de systèmes d'échanges de permis d'émission.

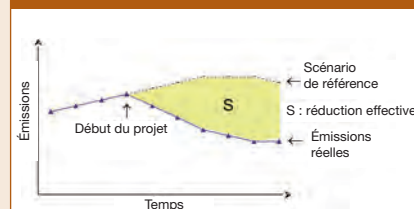
## Conclusion

Les textes internationaux relatifs au changement climatique prennent en compte la forêt, mais en lui appliquant un cadre relativement complexe, qui conduit à un écart fort entre sa contribution réelle à la séquestration du carbone et celle que les États peuvent légalement faire valoir. Ces textes, qui s'appliquent essentiellement aux États, donnent des possibilités d'action aux entités privées au travers de « projets Kyoto », qui excluent toutefois les opérations de boisement et reboisement effectuées sur le territoire national. Une meilleure prise en compte de la contribution de la forêt française implique donc sans doute une redéfinition des règles pour la période post-Kyoto, ainsi que la prise en compte des « projets domestiques ». Ceci demande une réflexion approfondie, seul moyen de comprendre en profondeur une problématique dont la complexité n'a été qu'esquissée

dans ce document. On peut à cet égard penser que l'article 43 de la toute récente Loi d'orientation agricole, qui dispose que « la gestion forestière et la valorisation des produits forestiers [...] ont vocation à participer aux mécanismes de marché destinés à honorer les engagements internationaux en [matière de réduction des émissions de gaz à effet de serre] » permettra de structurer une telle réflexion. ■

(1) *Directeur du Laboratoire économie et compétitivité, AFOCEL, Domaine de l'Étançon, 77370 Nangis, tél. : 01 60 67 00 35, fax : 01 60 67 00 36, courriel : lec@afocel.fr*

### Le concept d'additionalité



### Résumé

Les projets forestiers entrent dans le Protocole de Kyoto de façon partielle. Dans l'état actuel des choses, il est possible de valoriser la fonction stockage de carbone de la forêt sous certaines conditions très contraignantes et uniquement pour des projets situés à l'étranger. Les projets forestiers nationaux (dits « domestiques ») qui ne sont pour l'heure pas pris en compte dans les mécanismes du Protocole de Kyoto, ne peuvent donner lieu à une rémunération du propriétaire.

**Mots-clés :** Protocole de Kyoto, changement climatique, boisement.

# Les enjeux du Protocole de Kyoto pour la forêt

Entretien avec Valérie Merckx, ONF (1) par Samuel Six

*Un expert de l'ONF participe aux travaux de la Mission interministérielle de l'effet de serre. Il prend part aux négociations internationales sur le climat. Au niveau national, il contribue à l'élaboration des dispositifs d'application du protocole de Kyoto dans le secteur forestier. L'expert en question, Valérie Merckx, a bien voulu nous accorder cet entretien.*

## Quelles retombées attendez-vous du protocole de Kyoto et des mécanismes qui y sont associés pour la forêt française ?

Par Henri Plauche-Gillon, président de la fédération des Forestiers privés de France et Pierre-Olivier Drège, directeur général de l'Office national des forêts



Henri Plauche-Gillon



Pierre-Olivier Drège

Nos forêts prélèvent annuellement dans l'atmosphère et séquestrent 52 millions de tonnes de CO<sub>2</sub>, ce qui représente près de 10 % des émissions annuelles de gaz à effet de serre en France (évaluées à 563 MtCO<sub>2</sub> en 2004). C'est pourquoi nous proposons d'inclure dès aujourd'hui la forêt dans l'ensemble du dispositif de Kyoto, tant au niveau français, qu'europpéen et même international. C'est possible, et pour la France le choix de retenir, dès la première période d'engagement 2008-2012, la gestion forestière pour l'application du protocole, est un geste fort.

Même si pour 2008-2012, la contribution de la forêt est plafonnée à hauteur de 3,2 millions de tonnes, cela offrira aux forestiers l'occasion de se familiariser avec les mécanismes de marché, instaurés par le protocole et d'expérimenter leur potentiel en vraie grandeur.

La Loi d'orientation agricole du 5 janvier 2006, dans son article 43, reconnaît explicitement la vocation de la forêt à participer à l'ensemble du dispositif et à bénéficier des mécanismes financiers qui en découlent. Reste à en construire le cadre opérationnel pour les propriétaires forestiers. C'est dans ce but, que nous participons ensemble activement à la mise en place dès 2006 de « projets domestiques forestiers ».

Avec les « crédits carbone », les forestiers entrevoient pour la première fois la possibilité d'une rémunération non budgétaire des services environnementaux que la forêt offre à la société.

**Vous étiez présente à la conférence de Montréal sur le climat en décembre dernier. Qu'en est-il ressorti ?**

Sur le plan général, la conférence de Montréal a d'abord validé l'ensemble des décisions de mise en œuvre du protocole de Kyoto négociées depuis 1997. Bien qu'ayant été négocié en 1997, le protocole de Kyoto n'est en effet entré en vigueur que le 16 février 2005. Cette entrée en vigueur était conditionnée par la ratification du protocole par un minimum de 55 États contribuant à au moins 55 % des émissions mondiales. Jusqu'à la ratification par la Fédération de Russie, intervenue fin 2004, cette condition n'était pas remplie et l'application effective du protocole demeurerait par conséquent incertaine. Montréal, onzième conférence des parties (États signataires) à la Convention cadre sur le changement climatique (Sommet de la Terre à Rio en 1992) ratifiée par la plupart des pays du monde, y compris les États-Unis, était également la première réunion des « parties » au protocole de Kyoto.

Un autre enjeu de la conférence de Montréal portait sur le mécanisme

de développement propre (MDP). Ce mécanisme autorise un État ayant pris un engagement de réduction de ses émissions (comme la France et les autres États membres de l'Union européenne) à réaliser une partie de son engagement en investissant dans des projets mettant en œuvre des « technologies propres » réalisés sur le sol de pays en développement. C'est au sein de ces mécanismes que s'inscrivent en particulier les projets de plantations forestières dites « puits de carbone » réalisées dans les pays du Sud. Actuellement, le Conseil exécutif du MDP, instance de l'ONU chargée de la validation et de l'enregistrement de ces projets, est confronté à un afflux important de projets et ne parvient pas à répondre à la demande par manque de moyens. Or, les attentes des différents acteurs du marché du carbone, tant publics (États industrialisés et en développement) que privés (entreprises, fonds d'investissement carbone) vis-à-vis du MDP sont très fortes. La conférence de Montréal a débouché sur un accord consolidant et améliorant le fonctionnement du Conseil exécutif du MDP. Le troisième enjeu de la conférence de Montréal portait sur « le post-2012 », c'est-à-dire ce qui se passera au niveau international après la première période d'engagement. À ce sujet, le texte du protocole de Kyoto a prévu le lancement des discussions dès 2005. Dans un contexte marqué par la non-ratification du protocole de Kyoto par les États-Unis, les discussions sur ce point s'annonçaient délicates. Elles ont toutefois débouché sur le lancement de dialogues sur le post-2012, tant au sein de la Convention cadre sur le changement climatique que du protocole de Kyoto. Cette

avancée est également considérée comme un succès.

Enfin, une évolution marquante : la Papouasie Nouvelle-Guinée et le Costa Rica, appuyés par plusieurs pays en développement de la zone tropicale (Asie, Afrique et Amérique) ont proposé de lancer une réflexion sur les démarches de réduction des émissions résultant de la déforestation dans les pays en développement, actuellement évaluées à 20 à 25 % des émissions mondiales. C'est un fait nouveau important car, pour la première fois, des pays en développement se sont organisés pour être force de proposition dans la négociation. La conférence de Montréal a acté un programme de travail ambitieux sur ce thème.

### Quels sont les enjeux de l'après-Kyoto ?

D'un point de vue global, l'enjeu de fond consiste à rassembler la communauté internationale et notamment les États-Unis et les grands pays en transition comme la Chine, le Brésil et l'Inde autour de l'adoption, sous une forme ou sous une autre, d'objectifs plus ambitieux de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Pour les forestiers français, l'enjeu à court terme consiste à identifier comment la forêt nationale peut d'ores et déjà contribuer à la réalisation de l'engagement contracté par notre pays à Kyoto et faire des propositions en la matière. Ensuite, sur la base de l'expérience que nous développerons progressivement dans la mise en œuvre du régime actuel, il s'agira de le faire évoluer pour permettre une amplification de la contribution de la forêt à la lutte contre le change-

ment climatique et la correction des imperfections identifiées. Deux axes m'apparaissent particulièrement importants :

- l'identification et la caractérisation de pratiques de gestion forestière susceptibles d'influer sur le bilan net des émissions/absorptions nationales de gaz à effet de serre,
- et l'optimisation de la réponse de l'ensemble de la filière forestière (lien entre séquestration et substitution...).

### Les États ont-ils conscience de la contribution de la forêt à la lutte contre l'effet de serre ?

La contribution d'une forêt gérée durablement à la lutte contre l'effet de serre ne fait pas débat en soi. En revanche, la façon dont cette contribution doit être comptabilisée au niveau de la lutte contre le changement climatique fait l'objet de discussions animées.

La finalisation des accords de Marrakech (2001) – étape essentielle du protocole de Kyoto – a été rendue possible grâce à un compromis sur les modalités de prise en compte de la contribution du secteur de l'utilisation des terres, dont relève la forêt. Ce secteur a en effet une spécificité fondamentale dans le contexte de la négociation climatique : c'est le seul secteur où la prise en compte d'un flux net de carbone provenant de l'atmosphère (séquestration biologique du carbone par les écosystèmes) est possible. En plus, des trois mécanismes de flexibilité instaurés dans le cadre du protocole de Kyoto (permis d'émissions, mise en œuvre conjointe et mécanisme de développement propre), la comptabilisation de la forêt dans l'ensemble du système a introduit de fait un

nouvel espace de flexibilité dans un contexte où les engagements de réduction d'émission pris par les pays avaient déjà été négociés. Cela explique l'enjeu qu'ont revêtu les négociations sur le secteur : compte tenu de ce contexte et de la priorité donnée à l'action sur la réduction des émissions, l'Union européenne n'était au départ pas favorable à l'inclusion des puits dans le système, contrairement par exemple au Canada et aux États-Unis qui comptaient sur ce secteur pour desserrer la contrainte de réduction de leurs émissions. La question se posera probablement différemment pour l'après-2012, mais on doit à mon avis s'attendre à ce que la comptabilisation des flux de carbone dans le secteur forestier reste une question clé dans les négociations.

Au niveau national, la France prépare actuellement la première période d'engagement du protocole de Kyoto. Elle a récemment opté pour inclure l'activité « Gestion forestière » dans sa comptabilité carbone nationale. L'apport possible de la forêt à l'ensemble du dispositif est par ailleurs affiché dans la Loi d'orientation agricole, qui stipule que la forêt a vocation à participer aux mécanismes qui seront mis en œuvre dans le cadre de l'application du protocole de Kyoto.

### Quelles sont les retombées forestières de Kyoto au niveau de la France ?

Dans le scénario actuel où la France a opté pour l'introduction de l'activité « Gestion forestière » dans sa comptabilité Kyoto, le puits de carbone forestier de la forêt française générera un crédit annuel de 3,2 millions de tonnes équivalent CO<sub>2</sub> dans le bilan français alors que

la France déclare officiellement à la convention climat un stockage biologique de 52 millions (2) ; à rapprocher des 563 millions de tonnes équivalent CO<sub>2</sub> émises annuellement sur le sol national. Ce crédit provenant de la séquestration de carbone réalisée par la forêt française sera enregistré au niveau de l'État. La question du retour éventuel de la valorisation correspondante au propriétaire forestier est une question qui mérite d'être posée mais sur laquelle la réflexion ne fait que commencer.

Le secteur forestier peut par ailleurs aider la France à atteindre son engagement Kyoto via le développement du bois-énergie et du bois-matériau qui permettent une diminution du recours aux énergies fossiles. Ces mesures sont d'ailleurs prévues dans le plan climat 2004.

### En parallèle du protocole de Kyoto, existe-t-il d'autres initiatives ?

Oui, des projets « *carbon neutral* » de compensation des émissions de gaz à effet de serre se sont pour l'instant surtout développés dans le monde anglo-saxon. Ce sont des démarches volontaires de groupes industriels ou d'entreprises qui réalisent le bilan carbone de leur activité, engagent des efforts de réduction des émissions et souhaitent neutraliser la partie de leurs émissions qu'ils ne peuvent réduire via par exemple le financement de projets forestiers de séquestration du carbone. Il est important de noter que les cahiers des charges de ces projets sont en général moins stricts que celui instauré dans le cadre du protocole de Kyoto (projets MDP et MOC forestiers) et que les projets en question

ne permettent donc pas de générer des crédits carbone commercialisables sur le marché international du carbone. Néanmoins c'est une voie s'apparentant à du mécénat environnemental qui me semble intéressante à explorer pour les forestiers. ■

#### Investir dans le volet « Recherche et développement »

Le traitement du secteur de l'utilisation des terres est un volet complexe de la négociation sur le climat. Il porte sur des phénomènes biologiques dont la maîtrise par l'homme n'est que partielle. Il concerne des volumes d'échange de gaz à effet de serre potentiellement considérables. Pour favoriser une prise en compte appropriée des « effets forestiers » sur le climat par les négociateurs internationaux, j'ai la conviction qu'un effort de recherche et développement important reste encore à faire : pour répondre par exemple à la question « Quelle influence mon action de sylviculteur a-t-elle sur le cycle du carbone (forêt et filière bois) ? ». L'engagement d'un programme de travail ambitieux sur ce thème permettrait à la fois de faire progresser les forestiers dans leur connaissance des relations forêt/climat, mais aussi dans leur capacité à retransmettre les informations pertinentes aux négociateurs. Les progrès ainsi réalisés seront à mon avis essentiels pour les négociations de l'après-2012. Tous les acteurs ont en ce sens intérêt à un approfondissement des connaissances dans ce domaine.

(1) Chargée de mission « Effet de serre » à l'Office national des forêts, 2 avenue de Saint-Mandé, 75570 Paris cedex 12, tél. : 01 40 19 59 03, fax : 01 40 19 78 03, courriel : valerie.merckx@onf.fr

(2) Source : Inventaire national des GES CCNUCC.

# La forêt : une réponse contre le réchauffement climatique

Fédération nationale des Communes forestières (FNCofor) (1)

*La réduction des rejets de gaz à effet de serre devient un objectif majeur : la forêt et le bois peuvent y contribuer grandement. Les communes forestières sont prêtes à y apporter la contribution de la forêt communale. La fédération nationale des communes forestières (FNCofor) nous a remis en décembre 2005 un article collectif, plaidoyer argumenté pour la forêt et le bois.*

« **L**a gestion forestière et la valorisation des produits forestiers contribuent à la réduction des émissions nationales de gaz à effet de serre et au développement des énergies renouvelables. À ce titre, elles ont vocation à participer aux mécanismes de marché destinés à honorer les engagements internationaux en matière de lutte contre le réchauffement climatique ».

Cet alinéa, ajouté par l'article 11 de la loi d'orientation agricole à l'article 1<sup>er</sup> du Code forestier, est évidemment d'une importance capitale aux yeux des forestiers.

Le Sénateur Yann Gaillard, président de la FNCofor, l'a salué lors de la discussion générale du projet de loi au Sénat :

« Oui, la forêt stocke du carbone pour la simple raison que les arbres se construisent à partir du gaz carbonique de l'air. Oui, le bois utilisé dans la construction est du carbone stocké dans la durée. Oui, le bois-énergie se substitue aux énergies fossiles et réduit ainsi les rejets dans l'atmosphère de ces gaz qui

modifient le climat. Oui, il est juste et sain d'organiser un retour de cette contribution en direction des produits forestiers. L'article 11, qui les met en parallèle avec les produits agricoles, constitue à cet égard une avancée dont nous vous félicitons. Il reste néanmoins à en trouver la forme technique, une forme qui soit synonyme de dynamisation de la gestion forestière, d'accroissement de la récolte de bois à usage de bois-énergie et de bois-construction dans le cadre de la gestion durable des forêts. »

Dans sa réponse, le ministre de l'Agriculture, Dominique Buisson, a proposé l'installation d'un groupe pour travailler sur les dispositions de l'article 11 : « Nous avons retenu la possibilité de mieux mobiliser nos ressources forestières par l'utilisation du bois en tant que matière première énergétique et par la valorisation, au moyen des mécanismes du marché, du carbone stocké par la forêt ; il nous faut maintenant réussir à mettre en œuvre cette mesure ».

Et la mettre en œuvre au bénéfice de la forêt et du bois. En favorisant

l'accroissement de la mobilisation du bois, d'une part, de l'utilisation du bois-énergie comme du bois-construction d'autre part.

## Réduire le différentiel entre l'accroissement biologique de la forêt et la récolte de bois

La forêt française produit chaque année 90 millions de m<sup>3</sup> de bois et il n'en est récolté que 60, soit une différence de 30 millions de m<sup>3</sup> qui chaque année est capitalisée. Certains penseront que c'est une bonne chose : dans les peuplements jeunes, dans les forêts en croissance, le stockage du bois est normal et positif bien sûr ; mais globalement, la forêt française s'alourdit. Troisième de l'Union européenne en terme de surface, la forêt française prend la première place en terme de volume sur pied ; elle « s'empâte » et vieillit, elle devient plus sensible aux catastrophes, tempêtes et incendies, elle s'assombrit et y perd



à la fois en biodiversité et en qualité d'accueil du public. Et elle valorise mal son bois. Bien sûr, il n'est pas vraisemblable de récolter la totalité de l'accroissement biologique, ne serait-ce que parce qu'une partie non négligeable de la forêt de montagne est inaccessible ou l'est à des coûts prohibitifs. Mais entre 10 et 20 millions de m<sup>3</sup> pourraient l'être et le seraient si les propriétaires y trouvaient un avantage pécuniaire. C'est là que le bât blesse : l'objectif d'accroître la récolte de bois n'est pas nouveau. Les rapports Bianco (1998), Juillot (2003), Monin (2003) l'ont dit et redit ; le projet de Programme forestier national reprend « l'ambition » d'une récolte supplémentaire de 4 millions de m<sup>3</sup> par an.

La « valeur carbone » peut crédibiliser cette ambition en augmentant la rémunération du propriétaire forestier pour le bois qu'il produit et la gestion forestière qu'il assure.

La Fédération des communes forestières (FNCofof) soutient cette proposition d'un retour, juste et équilibré, vers le producteur de bois. C'est dans cet esprit qu'avec l'Association des sociétés et groupements fonciers et forestiers (Assfor), elle a proposé au ministre de l'Agriculture d'engager une réflexion sur « un mécanisme rétribuant les acteurs de la filière forestière pour leurs services contribuant à la lutte contre l'effet de serre, un mécanisme qui constituerait une incitation à l'atteinte des objectifs de production forestière, d'approvisionnement en bois des industries et d'emploi en milieu rural ; une installation vers une économie de développement durable, favorisant l'utilisation du bois, un matériau et une énergie renouvelables en substitution de matériaux énergétiques ».

## Le bois-énergie, outil de relocalisation des activités forestières

Dans le contexte déprimé de l'après-tempête, où le bois se vend mal, où les recettes des propriétaires diminuent (perte de 100 millions d'euros par an pour les communes forestières si l'on compare les années 1999 et 2004 !), le bois-énergie ouvre une voie d'amélioration : en même temps qu'il peut apporter une contribution décisive en matière d'économie d'énergie et de lutte contre l'effet de serre, il apparaît comme un moteur animant un cercle vertueux au bénéfice de la forêt et du développement local.

La forêt produit du bois que l'on classait traditionnellement en bois d'œuvre, bois d'industrie et bois de feu, mais qu'il est aujourd'hui plus réaliste de scinder en grumes et autres produits : la grume est destinée à la scierie et deviendra meuble, bois construction voire tonneau ou placage pour les meilleures qualités, palette pour les qualités inférieures ; les autres produits, petits bois, bois d'essences secondaires ou trop hétérogènes, houppiers et taillis, constituent le plus souvent, non pas un produit considéré comme tel par l'acheteur, mais une charge qui complique la coupe et rajoute au coût d'exploitation. Lorsque ces produits sont trop abondants dans une coupe, celle-ci ne trouve pas preneur ; lorsqu'ils sont « raisonnablement » présents, la coupe est achetée mais à un prix bien inférieur à la valeur des grumes. Le bois-énergie, en valorisant ces produits (comme le font le bois-papier ou le bois-panneau avec les premières éclaircies dans les jeunes peuplements), apporte

une solution à ce problème : sur une même coupe, un acheteur prend les grumes sans avoir à supporter le coût d'exploitation et de façonnage des autres produits, un autre prendra ce qui perd alors le statut dévalorisant de sous-produit pour acquérir celui de bois-énergie. Les bénéfices sont multiples : vente des coupes à un meilleur prix, relance d'activités d'abattage, de débardage et de transformation du bois, création d'emploi au niveau local, conduite des opérations sylvicoles.

Ce bois-énergie, le plus souvent sous la forme de plaquettes forestières, est destiné à alimenter des chaufferies bois individuelles ou surtout municipales, couplées alors avec un réseau de chaleur desservant des bâtiments publics et privés : le gabarit de ces chaudières installées par les communes forestières et rurales est compris dans une fourchette de puissance de 100 kW à 1 MW. Le bois se substitue alors à des énergies fossiles et contribue ainsi à la réduction des émissions de CO<sub>2</sub>. Matériau pondéreux et volumineux, que ce soit en vrac ou en plaquettes, le bois pose des problèmes de transport : transporté sur de longues distances, son prix de revient augmente et son bilan énergétique s'appauvrit. C'est bien dans un cadre de proximité que le bois-énergie trouve sa meilleure valorisation et doit être employé.

Un complément à cette production de chaleur peut être envisagé avec la production d'électricité dans le cadre d'une installation de cogénération de petite dimension, jusqu'à 2 MW : la commune forestière, la commune rurale isolée, pourrait y trouver une partie de son électricité et gagner ainsi en autonomie énergétique.

Pour une commune forestière, ce cercle vertueux peut se traduire ainsi : hausse des recettes de la forêt communale, réduction des dépenses d'énergie, contribution à la réduction des rejets de gaz à effet de serre, création d'activité économique et d'emploi dans le cadre d'un projet de territoire, retour à la gestion forestière à travers un programme de travaux mieux adapté. Incontestablement, le bois-énergie ne manque pas de vertus.

## 1 500 000 m<sup>3</sup> de bois-plaquette

Pour Jean-Claude Monin, président délégué de la FNCofof, il y a là un véritable challenge que les communes forestières veulent saisir. L'idée d'un vaste plan d'équipement de communes rurales et forestières en chaufferie bois, réseau de chaleur, voire petite cogénération (2) prend corps. Une chaufferie bois de 1 MW peut fonctionner 5 000 heures par an, fournir donc 5 000 MWh et alimenter de l'ordre de 4 à 500 logements : elle consomme 1 500 m<sup>3</sup> de bois. Un programme de 1 000 chaudières se traduirait par un volume supplémentaire de bois plaquette de 1 500 000 m<sup>3</sup> ! Voilà qui constituerait un véritable axe de relance de la récolte. Une perspective crédible dès lors que la valeur carbone, sous une forme à préciser, permet d'accroître le prix d'achat du bois et la rémunération du producteur.

Dans le massif des Alpes, le schéma stratégique forestier de massif, en cours d'élaboration sous la houlette des associations régionales Rhône-

Alpes et Provence-Alpes-Côte-d'Azur des communes forestières, retient bien sûr l'axe bois-énergie avec une perspective d'un accroissement de 30 000 tonnes par an sur la période 2005-2010 pour atteindre 240 000 tonnes avec la création de 250 emplois nouveaux. Il retient également ce qui constitue l'autre apport fort du bois à la réduction des rejets de CO<sub>2</sub>, cette fois par la fixation du carbone dans la durée sous la forme du bois-matériau : le bois-construction. Le projet, encore en phase d'étude, retient l'objectif de « développer un habitat moderne et bioclimatique » : « Nous devons augmenter la part du bois alpin dans la construction pour favoriser la filière bois alpine et relocaliser l'économie forestière. Pour promouvoir cet objectif, il est nécessaire de concevoir et de développer un outil spécifique : le label bois des Alpes ».

En matière de bois d'œuvre, l'objectif pourrait être de passer de 1 110 000 m<sup>3</sup> en 2005 à 1 350 000 m<sup>3</sup> en 2010 sur la base d'une évolution des besoins estimée à + 21 % sur les cinq ans à venir.

## Les nouveaux services de la forêt

La liste des biens et services produits par la forêt est longue : le bois, la faune, la flore, les milieux, la protection des biens et des personnes, la qualité de l'eau, les paysages, les loisirs en forêt... la protection et la qualité de l'air et la lutte contre le réchauffement climatique tendent à y prendre une place de plus en plus importante. L'enjeu, il est vrai, est considérable : il

semble légitime d'invoquer la survie des espèces, le devenir de l'humanité. Dans cette guerre contre le réchauffement climatique, dans ce combat qui pourrait bien être celui du 21<sup>e</sup> siècle, la forêt et le bois constituent une arme, offrent une opportunité d'action tout à fait forte et précieuse : le stockage du carbone dans la forêt, les arbres et les sols forestiers appelle un plan en faveur du reboisement et la définition d'une sylviculture faisant sans doute une place plus large à cette vocation au sein d'une gestion multifonctionnelle de la forêt ; le stockage du carbone dans le bois-matériau et notamment le bois-construction doit être fortement favorisé : le décret d'application de la loi sur l'air, si longtemps attendu, prend une signification encore plus forte. Le bois-énergie, pourrait devenir une cause nationale. ■

### Résumé

La Fédération nationale des Communes forestières appelle de ses vœux un développement de l'utilisation du bois sous toutes ses formes dans le but de valoriser le travail du sylviculteur tout en agissant contre le réchauffement climatique.

**Mots-clés :** FNCofof, CO<sub>2</sub>, réchauffement climatique.

(1) FNCofof, 13 rue du Général Bertrand, 75007 Paris, tél. : 01 45 67 47 98.

(2) Ici la cogénération correspond à la production simultanée d'électricité et de chaleur.

# La place de la forêt dans le marché du carbone

Entretien avec Myriam Rondet, SFCDC (1) par Samuel Six

*Voilà près de 7 ans que la Société forestière de la Caisse des dépôts (SF CDC), sous l'impulsion de Laurent Piermont son PDG, se penche sur le rôle que pourrait jouer la forêt dans le marché du carbone. Forte de son recul, la SF CDC expose les perspectives de valorisation de la fonction stockage du carbone des forêts françaises.*

## Quel est le rôle de la filière bois-forêt dans le stockage du carbone vis-à-vis des engagements de la France dans le protocole de Kyoto ?

Sans faire de pessimisme, il est clair que la forêt française ne jouera pas de rôle majeur dans la conformité de la France pour le protocole de Kyoto. En effet, les règles négociées font que les dés sont jetés pour la période 2008-2012 et quoi que les forestiers fassent, la France bénéficiera uniquement de 3,2 millions de quotas par an (alors que l'Inventaire national des émissions crédite la France d'une séquestration plus de dix fois supérieure). Cependant, après 2012 tout est possible et il faut d'ores et déjà se mobiliser pour défendre le rôle significatif de la forêt française dans la lutte contre le réchauffement climatique par stockage de carbone.

Le protocole de Kyoto institue des mécanismes de « flexibilité » basés sur le marché et les échanges et dans lesquels la forêt française pourrait « théoriquement » jouer un rôle. La forêt n'en joue actuellement aucun car le système de marché européen ne retient que les quotas affectés aux industries, et exclut des échanges tous les types

de quotas/crédits issus de la séquestration. Les autres mécanismes de flexibilité, qui sont des mécanismes de projets de boisement et reboisement, permettent de générer des crédits de séquestration, crédits qui ne sont actuellement pas utilisables sur le marché européen et qui ne concernent pas la forêt française. En effet, le MDP (mécanisme de développement propre) ne s'applique qu'aux plantations réalisées dans les pays en développement (pays tiers non soumis à obligation contraignante de réduction d'émission de gaz à effet de serre) ; et la MOC (mise en œuvre conjointe) ne pourrait s'appliquer en France que si des investisseurs issus de pays ayant des obligations de réduction d'émission souhaitaient reboiser en France.

Pour résumer, la forêt française (par le biais d'actions de boisements ou reboisements) ne peut pour l'instant entrer dans aucun des trois schémas prévus par le protocole de Kyoto (2008-2012). Pour changer cet état de faits, l'État français, avec l'Europe, peut choisir de peser dans les négociations de l'après-Kyoto, qui se jouent dès 2006 pour mettre en avant le rôle de la forêt et de la filière bois dans le stockage du carbone.

## Quelle est la distinction entre quotas et crédits carbone ?

Les quotas correspondent à la quantité maximale des émissions physiques de gaz à effet de serre autorisée entre 2008 et 2012, période de conformité du protocole de Kyoto, où les émissions physiques réelles seront confrontées à la quantité de quotas allouées. Les quotas sont alloués par pays, ou acteurs privés, soumis à engagement contraignant (États signataires du protocole de Kyoto). En revanche, les crédits sont générés par des projets additionnels. Les crédits peuvent aussi être utilisés pour la conformité des États, ou des acteurs privés, soumis à réductions d'émissions, en plus des quotas. Par exemple, les projets de type « MDP » génèrent des « crédits » utilisables, sous certaines conditions, dans le système de marché européen.

## Vous avez participé à la conférence de Montréal en décembre 2005 sur « l'après-Kyoto » ; quel en est le bilan ?

Le point important sur lequel les projets forestiers pourront s'appuyer est qu'il y aura un « après-

Kyoto », c'est-à-dire que les États signataires s'engagent à poursuivre leur réduction des émissions de gaz à effet de serre après 2012. Nous pouvons nous inscrire dans la durée, facteur essentiel à la forêt.

Ensuite, un calendrier de négociation a été mis en place. Dès 2006, il en est question.

Finalement, fait nouveau, la lutte contre la déforestation, en particulier dans les pays tropicaux, pourrait être intégrée.

### **Vous parlez des projets forestiers pour 2012, est-ce l'occasion pour l'interprofession de persuader l'État de l'importance de la forêt dans les négociations ?**

Depuis la conférence de Rio en 1992, la forêt n'a pas été suffisamment mise en avant pour sa contribution dans la lutte contre le changement climatique : aucun mécanisme national valorisant la forêt n'est prévu pour 2008. La SFCDC et l'Asffor (Association des sociétés et groupements fonciers forestiers) croient que, grâce à la perspective offerte par la continuité maintenant assurée du protocole de Kyoto, il est temps pour l'ensemble des acteurs forestiers de s'organiser, de proposer des actions durables démontrant aux pouvoirs publics l'intérêt et les avantages de mieux valoriser la forêt dans la lutte contre le changement climatique.

### **Que peuvent faire les propriétaires forestiers et leurs représentants pour persuader l'État français de défendre le rôle de la filière-bois ?**

S'organiser, lui présenter un projet solide et durable qui puisse donner des arguments aux autorités

concernant l'importance du potentiel forestier de la France dans son action contre le changement climatique. Actuellement, il nous manque encore des données chiffrées, mesurées et solides pour étayer nos propos. Mais le plus important – vu l'échelle globale des discussions – est de présenter aux pouvoirs publics français un projet cohérent qui puisse impliquer et mobiliser l'ensemble des forêts françaises ; pour que les forestiers aient un maximum de poids dans les négociations.

### **Comment vous positionnez-vous de ce point de vue ? Avez-vous des propositions ?**

En 2005, l'Asffor, dont nous sommes membres, et la FNCofof (Fédération nationale des communes forestières) ont imaginé un projet d'étude qui pourrait permettre à la France de mieux rémunérer le rôle des forestiers dans la lutte contre le changement climatique. En particulier, ce projet consisterait à allouer des crédits de séquestration pour les bois coupés et utilisés durablement, c'est-à-dire écocertifiés. Les crédits pourraient alors être échangés sur un marché domestique ou sur le marché européen, étant précisé que le mécanisme financier de ces bourses d'échange existent d'ores et déjà.

Il nous semble que le moment est venu, pour les Pouvoirs publics, de s'intéresser au rôle de la forêt dans les mécanismes du carbone. L'idée consisterait à attribuer des crédits carbone aux propriétaires forestiers qui coupent – dans le respect de la gestion forestière durable – du bois utilisé de façon durable. Il s'agirait de rémunérer le producteur de bois, public ou privé, qui contribue à la « décarbonisation » de l'éco-

nomie : il produit bel et bien une énergie renouvelable, il produit également un matériau qui stocke du carbone et dont la mise en œuvre demande moins d'énergie que ses concurrents. On pourrait imaginer qu'un montant négocié de crédits serve à rémunérer les producteurs de bois pour toute coupe de bois d'œuvre ou de bois-énergie, sous des conditions à définir. Un ou des organismes auraient alors pour mission de gérer ces crédits de carbone et de les distribuer aux propriétaires forestiers sous forme de ce que l'on pourrait appeler une « taxe inversée ».

Ceci n'est naturellement qu'une proposition qu'il reste à modéliser et à structurer. De plus, l'expérience prouve que pour un sujet aussi sensible et novateur, toutes les parties prenantes de la filière-bois devraient travailler de concert et aller dans le même sens.

### **Plus précisément, quelles informations manquent ?**

Il manque la démonstration d'un concept qui s'appelle l'additionnalité. Toute la cohérence des mécanismes internationaux mis en œuvre pour lutter contre le réchauffement climatique est basée sur ce concept d'additionnalité : « je ne suis récompensé en quotas/crédits que si je réalise une action additionnelle par rapport à la tendance normale (= le « *business as usual* » des Anglo-saxons) ».

L'additionnalité de notre proposition demande évidemment à être chiffrée. Une étude est indispensable.

Ainsi, il nous paraît intéressant, à l'échelle d'une région ou de la France, de démontrer que de plus en plus de sylviculteurs coupent leurs bois. Cette utilisation pérenne pour-

## Publi-Information

rait alors être additionnelle.

Il serait aussi nécessaire de discuter des conditions de distribution des crédits au sein des acteurs. Par exemple, vaut-il mieux agir sur la gestion sylvicole, les modes d'exploitation, la transformation, le débardage, ou l'entrée usine, etc. ? Le champ de la réflexion demeure encore vaste !

### Y a-t-il des exemples réussis hors de France ?

Oui, la Californie et la Nouvelle-Zélande ont mis en place des systèmes d'échange de crédits/quotas sur la base du volontariat et impliquant le secteur privé forestier. Le contexte est complètement différent mais cela semble fonctionner, et inciter les producteurs de bois à s'insérer dans un marché de carbone. ■

#### La SFCDC

Créée en 1966, la SFCDC est une filiale de la Caisse des dépôts. Elle gère en France 200 000 ha de forêt pour le compte de tiers (institutionnels, groupements forestiers créés par les banques pour leurs clients, investisseurs particuliers).

La SFCDC représente 140 personnes – dont 15 experts forestiers et 45 ingénieurs et techniciens forestiers – au sein de 6 agences territoriales couvrant l'ensemble des régions françaises.



Créée par des professionnels de la filière bois, **la société Saroul**, basée dans l'Allier, a pour but de proposer à la location des matériels utiles notamment aux propriétaires forestiers, aux exploitants forestiers ou agricoles, ou encore aux fabricants de bois de chauffage, qu'ils soient professionnels ou particuliers.

**Le Constat** : les personnes évoquées ci-dessus hésitent souvent à investir du fait de la lourdeur des montants en jeu, de la difficulté à mobiliser des crédits et de la non-utilisation à plein des matériels éventuellement acquis.

Pourtant l'évolution de ces activités va de plus en plus vers la mécanisation des tâches, notamment du fait de la difficulté de trouver du personnel qualifié et motivé.

Enfin, la montée très sensible de la demande en bois exerce une pression croissante sur ces segments de filière pour produire de plus en plus de volume à des coûts toujours plus compétitifs.

**La proposition Saroul** : afin de faciliter les transitions dans les filières bois ou agricoles, la société Saroul met à la disposition des professionnels des matériels sélectionnés, entretenus et fiables. La gamme est large : chenillette capable de travailler avec un treuil, un broyeur ou un système d'épandage dans des endroits inaccessibles aux engins habituels (terrains détremés, pente excessive...), machines de production de bois de chauffage, scie mobile, fendeuse de bûche, cheval de fer pour débarder dans des conditions particulières, etc.

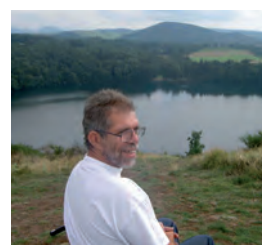
Travaillant sur toute la France, la société assure la mise en route des matériels auprès des clients et revient chercher le matériel quand la location est terminée.

#### Les porteurs du projet :

**Bernard GROJEAN**, exploitant forestier et transporteur depuis une vingtaine d'années. Paraplégique suite à un accident sportif.

**Patrick LAIR LACHAPPELLE**, professionnel du transport depuis une vingtaine d'année et dans la filière bois depuis trois ans

**Pierre François DOUCET**, propriétaire forestier.



**Contact** : Bernard Grojean au 06 16 14 28 51

[Commercial@saroul.com](mailto:Commercial@saroul.com)

Plate-forme logistique des Echerolles, 03150 SAINT LOUP

(1) Responsable des études et recherches à la Société forestière de la CDC, 102 rue Réaumur, 75002 Paris, tél. : 01 40 39 81 00, fax : 01 40 39 81 33, courriel : myriam.ronder@forestiere-cdc.fr

# Un projet pilote de puits de carbone dans le Sud-ouest

Christine Faure-Fedigan, GDF\*, Henri Husson, CRPF Aquitaine\*\*, Mathieu Formery\*\*\* (1)

*Gaz de France dont la volonté est de compenser l'impact de ses émissions de gaz à effet de serre sur le climat a fait appel aux CRPF Aquitaine et Poitou-Charentes pour stocker à terme près d'un million de tonnes de CO<sub>2</sub> en forêt.*

**L**es CRPF Aquitaine et Poitou-Charentes, avec le concours de Gaz de France, envisagent de lutter contre le changement climatique par plantation de 3 000 hectares en boisement de terres agricoles dans leurs régions respectives. L'objectif fixé par les CRPF Aquitaine et Poitou-Charentes est de stocker près d'un million de tonnes de CO<sub>2</sub> en 40 ans par plantations dans deux régions forestières peu boisées. Le projet représente au bas mot un accroissement de 300 ha/an pour le Sud-ouest.

## Pourquoi ce projet ?

### Engagements de réduction des gaz à effet de serre

L'Union européenne (UE) a ratifié le protocole de Kyoto et s'est engagée à réduire ses émissions de CO<sub>2</sub> de 8 % entre 1990 et 2012. La France doit avoir en 2012 le même niveau d'émission de CO<sub>2</sub> qu'en 1990. Dans ce cadre, l'UE met en place un ensemble de Directives pour respecter ses engagements

dont la Directive permis d'émission de gaz à effet de serre. Cette dernière concerne les secteurs de l'énergie et de l'industrie manufacturière. Elle détermine des plafonds d'émission sous forme de quotas et met en place un système européen d'échange de quotas et la possibilité d'utiliser des réductions réalisées hors UE.

Convaincu de la nécessité d'agir contre le changement climatique, Gaz de France a décidé dès 1999 – et avant même la ratification du protocole de Kyoto – d'investir dans la dissémination des technologies propres générant des réductions additionnelles d'émissions de gaz à effet de serre, en devenant co-investisseur dans le « Fonds prototype carbone », qui a notamment financé plusieurs des projets de stockage de carbone en forêt.

### Motivations de Gaz de France

Un projet concret de stockage de carbone par voie biologique (plantation de forêt) montrerait la volonté d'une action à court terme sur les émissions de CO<sub>2</sub>. Une action sur la forêt, patrimoine cher à tous, permet de rapprocher l'industriel du grand public quant à la responsabi-

lisation vis-à-vis de l'effet de serre. Cette action doit être une action de proximité, un projet tangible et accessible. Cet impératif justifie la plantation en France, là où vivent les clients de Gaz de France.

Le projet de plantation consiste à :

- stocker du CO<sub>2</sub> à l'aune de l'activité de Gaz de France,
- participer à l'avancée des réflexions sur les puits de carbone forestiers, en particulier en mesurant le stockage de CO<sub>2</sub> de la forêt plantée,
- mener une action concertée avec différents partenaires, ceci participant à leur sensibilisation à la problématique puits.

Cependant, le stockage biologique de CO<sub>2</sub> ne permet pas *a priori* d'obtenir des crédits d'émissions négociables en Europe. Les experts divergent encore sur les méthodes de décompte des quantités de CO<sub>2</sub> nettes stockées par la forêt. Cette action devrait toutefois contribuer à préciser les règles d'éligibilité d'un projet puits biologique pour la reconnaissance de la contribution de la forêt à la réduction des émissions de CO<sub>2</sub> et l'attribution de crédits carbone.

### Les critères d'éligibilité d'un projet forestier

Le critère clé pour l'éligibilité d'un projet MDP ou MOC (2) est son additionnalité environnementale et financière. Un projet puits de carbone est additionnel d'un point de vue environnemental s'il permet un stockage de carbone supplémentaire par rapport à une situation dite de référence qui correspond au scénario décrivant ce qui se serait passé s'il n'y avait pas eu de projet. Le projet est donc une action volontaire en vue d'un stockage supplémentaire de carbone.

Le stockage de carbone additionnel dans la forêt peut se faire par :

- Augmentation de la surface boisée, c'est-à-dire par plantation de terres non boisées avant le 1<sup>er</sup> janvier 1990 (les terres disponibles en France étant essentiellement des terres agricoles abandonnées).
- Augmentation du stock sur pied et dans le sol, en augmentant la productivité de la forêt par une conduite du peuplement favorisant de manière volontaire le stockage dans les arbres ou le sol (uniquement pour les projets de type MOC).

Un projet pour être éligible doit aussi prendre en compte l'ensemble de ses **impacts environnementaux et socio-économiques** et ses effets induits négatifs, hors de ses limites, en terme de stockage de carbone.

Exemples d'effets induits négatifs :

- déplacement d'une activité émettrice de gaz à effet de serre du fait du projet ;
- usages du bois dont la transformation/utilisation génère plus d'émissions qu'il n'en a stockées ;
- conflits d'usage des terres et donc effets néfastes pour les populations locales en terme socio-économiques ;
- risques pour la biodiversité, les sols... ;
- gestion non durable de la forêt : activité forestière intensive (plantations de grande ampleur, monoculture d'espèces à croissance rapide...).

La période donnant droit à des crédits de réduction devrait être de 30 ans ou de 20 ans avec possibilité de deux renouvellements.

### Réflexion sur les puits de carbone forestiers

Le projet répond aussi aux besoins expérimentaux dans le domaine du stockage de carbone. Dans le cadre d'un partenariat pour une validation du projet, un organisme de recherche scientifique pourra fournir des critères pour faire avancer la réflexion sur les puits de carbone biologique.



#### Pour un stockage maximum

Gaz de France a financé les travaux de thèse d'Anne Prieur sur le stockage biologique de carbone. Il faut définir les terrains à planter, ainsi

que les espèces et les pratiques qui permettent de maximiser le stockage de carbone. La thèse ne met pas en avant une espèce ou une autre par rapport au stockage de carbone. Le stockage par arbre dépendant de nombreux facteurs, l'ordre de grandeur du taux de fixation est le même quelle que soit l'espèce (résineux ou feuillus). Exemples de stockage de carbone total pour des arbres de même âge :

- chêne : 3,2 tC/ha/an
- pin maritime : 3,2 tC/ha/an
- peuplier : 3,6 tC/ha/an

En revanche, le stockage par hectare peut être augmenté si l'on tient compte du stockage de carbone dans le matériau bois récolté. Il faut donc favoriser tout choix ou pratique permettant l'utilisation de bois pour des produits à moyenne ou longue durée de vie (charpente,

meubles...). De même, il faut encourager la substitution par le bois des matériaux ou énergies qui émettent davantage de CO<sub>2</sub> (béton, fioul...). Rappelons que le stockage dans les produits du bois n'est pas éligible aux crédits carbone, mais que la substitution d'énergies fossiles l'est.

Pour maximiser le stockage de carbone, il est recommandé de :

- **Favoriser l'entretien et l'exploitation de la forêt, ainsi que le regroupement des parcelles**

Par un entretien de la forêt, on favorise la productivité de celle-ci et malgré l'exportation de carbone lors des élagages et éclaircies, le flux de carbone stocké est plus important que dans une forêt non entretenue.

Lorsque la forêt a atteint sa maturité il n'y a plus de stockage de carbone

© Henri Husson, CRPF Aquitaine



*Chênes rouges sur terres agricoles à Coutras (Hd = 12 m).*

sur pied : le flux de stockage s'anule. Ainsi, une forêt n'est un puits que pour une période donnée. Ensuite, il y a un risque qu'elle devienne source (c'est-à-dire émettrice de carbone). On évitera que la forêt ne devienne source en maintenant sur pied un stock moyen.

Les travaux ne se faisant, pour des raisons économiques, que sur des surfaces d'une certaine taille, il faut que le parcellaire soit peu morcelé ou trouver un moyen de le regrouper.

**– Choisir des itinéraires techniques produisant un maximum de bois d'œuvre**

Toujours de manière à obtenir l'additionnalité en terme de stockage de CO<sub>2</sub> dans les produits du bois, il faut mettre en place une gestion technique du peuplement qui favorise la formation de bois d'œuvre (bois pour la charpente, les meubles, etc.) plutôt que celle de bois d'industrie (pâte à papier, etc.), en particulier par la mise en place de durées de rotation longues.

**– Minimiser les émissions de gaz à effet de serre**

Les interventions sylvicoles ont

aussi un impact sur l'émission de gaz à effet de serre tel que le CO<sub>2</sub>. Pour en limiter l'impact, il est préférable de conserver le carbone déjà stocké dans le sol en limitant le labour au maximum. La réduction du nombre de passages inutiles permet aussi de minimiser la consommation de carburants, donc l'émission de CO<sub>2</sub>. Et finalement, lutter contre les incendies de forêt, les maladies... revient à contrôler indirectement les émissions de gaz à effet de serre.



## Mise en œuvre du boisement

Les CRPF d'Aquitaine et de Poitou-Charentes sont chargés du bon déroulement du projet, c'est-à-dire de la plantation des surfaces souhaitées, du maintien de la plantation dans la durée et de l'utilisation pour des usages à long terme du bois produit.

### Les terres choisies

Les Terres rouges en Poitou-Charentes (Charente, Deux-Sèvres et Vienne) ont été retenues pour leurs potentialités de production régionales ; leur vocation est essentiellement feuillue. Une autre zone forestière appelée « Double » est destinée à recevoir les plantations. La Double est située en bordure de la

Gironde, entre le Poitou-Charentes et le Libournais ; sa vocation est essentiellement résineuse. Elle se caractérise par des sols pauvres, acides et souvent hydromorphes.

### Dimensionnement des surfaces et durée du projet

Le projet peut être réalisé sur 40 ans, soit une période donnant droit à des crédits de réduction d'émission renouvelée (2 fois 20 ans). La plantation peut s'étaler sur les 10 premières années du projet. Les surfaces sont définies par référence à la quantité de CO<sub>2</sub> émise par le chauffage des habitants d'une ville moyenne comme Libourne ou Bressuire.

### Répartition des plantations par essence, suivant les zones

La répartition des plantations et des essences dépend de la nature des terrains (voir tableau ci-dessous)

Le robinier (*Robinia pseudoacacia*) est un bois dur à croissance rapide, dont les CRPF de Poitou-Charentes et d'Aquitaine encouragent l'utilisation comme bois d'œuvre, en particulier comme parquet, mobilier d'intérieur et d'extérieur (le robinier est, comme le teck, l'une des rares essences admises en classe 4 de la norme NF qui définit les qualités requises pour les bois soumis aux intempéries ; il peut donc remplacer les bois tropicaux importés, ou les bois traités pour certains usages en extérieur).

Surfaces plantées (en ha/an)	Terres rouges	Double du Poitou-Charente	Double d'Aquitaine	Total
Feuillus (1)	60	50	80	190
dont robinier	0	40	60	
Résineux (2)	30	10	70	110

(1) Feuillus : chêne, châtaigner, robinier, essences précieuses.

(2) Résineux : pins maritime, laricio, taeda.





Reboisement de terres agricoles en Libourney.

Les durées de rotation des essences plantées seront d'au minimum :

- 35 ans pour le robinier,
- 20 ans pour le peuplier,
- 60 à 80 ans pour les autres feuillus,
- 50 ans pour les résineux.

L'objectif est d'obtenir 80 % de bois d'œuvre et 20 % de bois d'industrie, sauf pour le peuplier (60 % bois d'œuvre et 40 % bois d'industrie).

## Additionnalité du projet et estimation du stockage

Actuellement il n'existe pas d'aide financière pour le boisement des terres agricoles non exploitées et ces boisements n'ont plus lieu. Aussi une nouvelle incitation financière à la plantation permettrait de relancer ce type de boisement.

Il y aura un stockage additionnel de carbone estimé comme suit :

- **Scénario sans projet (scénario de référence)** : déprise agricole, donc terres non exploitées qui seraient restées à l'état de prairie permanente. Pas d'aide publique ou autre pour le boisement de terres agricoles et pas d'action de mobilisation des propriétaires pour la plantation de ces terres.

- **Scénario avec projet** : aides au boisement de terres agricoles de 50 % et animation pour la mobilisation des propriétaires.

- **Estimation de la réduction des émissions de CO<sub>2</sub>** : stockage dû à la croissance des arbres plantés et au stockage dans le sol : 9,15 tCO<sub>2</sub> par hectare et par an (2,5 tC/ha/an),

300 ha plantés par an sur 10 ans d'où un stockage de 976 000 tCO<sub>2</sub> sur 40 ans, soit 24 400 tCO<sub>2</sub>/an. Les plantations étant réalisées sur des terres non exploitées, il n'y a pas de déplacement d'une activité émettrice en carbone en dehors des limites du projet, donc pas d'effet induit négatif dû au projet. ■

### En savoir plus

**Prieur Anne, 2004.** Thèse Sciences physiques et de l'ingénieur. Université de Bordeaux 1 ; les ressources forestières : produits du bois, usages énergétiques, captures et stockage du carbone. 183 p.

**Fédigan Christine, Husson Henri, 2005.** VIII<sup>e</sup> colloque ARBORA : carbone, forêt, bois. Impact du changement climatique, stratégie pour la filière, p. 287-300.

### Résumé

Les CRPF Aquitaine et Poitou-Charentes envisagent en collaboration avec Gaz de France de mettre en œuvre un puits de carbone par plantation de 3 000 hectares.

**Mots-clés** : puits de carbone, CRPF, Aquitaine, Poitou-Charentes, Gaz de France.



Pins laricio et chênes rouges sur terres agricoles.

(1) \* Christine Faure-Fedigan, direction générale GDF, département développement durable, 33 rue d'Alsace, 92 300 Levallois Perret, tél. : 01 47 54 23 80, courriel : christine.fedigan@gazdefrance.com

\*\* Henri Husson, directeur-adjoint du CRPF Aquitaine, 6 parvis des Chartrons, 33075 Bordeaux cedex, tél. : 05 56 01 54 76, courriel : h.husson@crpf-aquitaine.fr

\*\*\* Mathieu Formery, directeur du CRPF Poitou-Charentes, La Croix de la Cadoue, BP 7, 86240 Smarves, tél. : 05 49 52 23 08, courriel : poitou-charentes@crpf.fr

(2) Voir l'article AFOCEL de Paul-Antoine Lacour dans ce dossier.



# Forêt = puits de carbone ?

**Olivier Picard, responsable du service recherche et développement de l'IDF**

*Quand on parle des puits de carbone, il faut distinguer le stock (quantité de carbone stocké sur une durée) du flux (quantité de carbone qui circule). Voici les*

*points clés actuels à retenir.*

## Les stocks de carbone en forêt

La quantité de carbone contenue dans une forêt est directement proportionnelle au volume de bois présent sur une unité de surface. Cette quantité varie selon l'essence et le type de peuplement du fait de la conformation générale des arbres (branches et racines).

1 m<sup>3</sup> de bois = 1 tonne de CO<sub>2</sub>,  
3,67 tonnes de CO<sub>2</sub> = 1 tonne de C  
1 m<sup>3</sup> de bois = 0,27 tonne de C

D'après les inventaires départementaux échelonnés de 1988 à 2003, le stock de bois sur pied est de 154 m<sup>3</sup>/ha et le stock de carbone de la biomasse forestière aérienne et souterraine de 71,2 tC/ha. Il y a plus de carbone stocké dans les forêts âgées.

Les peuplements feuillus (76 tC/ha) présentent un stock de carbone supérieur aux résineux (61 tC/ha) malgré un volume IFN inférieur.

Sapinières	87 tC/ha
Hêtraies	84 tC/ha
Jeunes douglas	45 tC/ha
Taillis sous futaie et futaies régulières	67 tC/ha
Taillis simples	32 tC/ha
Futaies irrégulières	59 tC/ha

*Moyenne nationales des stocks*

Globalement, les sols représentent 75 % des stocks terrestres de carbone.

De plus, les sols forestiers stockent 79 tC/ha dans les 30 premières années de la vie du peuplement. Hors litière, les stocks des sols sous feuillus ou résineux ne présentent pas de différence.

## Les flux de carbone en forêt

Le flux de carbone de la biomasse forestière est aussi dépendant de la sylviculture pratiquée, de la forme des arbres et de leur productivité.

En moyenne, la forêt française séquestrerait 0,7 tC/ha/an. Sur la période 1991-1999, le flux de carbone moyen de la forêt française a été estimé à 17,9 MtC/an. L'importance du flux s'explique par deux phénomènes indépendants qui sont :

- l'augmentation de la surface forestière, pour 5 MtC/an
- du stock de bois sur pied par unité de surface pour 12 MtC/an.

Ces 17,9 MtC sont l'équivalent d'environ 66 MtCO<sub>2</sub>.

De ce fait, la forêt française séquestre l'équivalent de 66 MtCO<sub>2</sub>/an, soit 17 % des émissions annuelles françaises dues à la combustion du carbone fossile, estimées à 407 MtCO<sub>2</sub>/an.

En 2000, l'IFN a réalisé des estimations éligibles sur le chapitre 3.3 concernant les changements d'usages des terres du protocole de Kyoto, le bilan était négatif (- 0,62 MtC/an) du fait de l'importance du défrichement. La surface de défrichements est supérieure à la surface des boisements réalisés par l'homme. En revanche, si les colonisations forestières naturelles étaient prises en compte, le solde serait positif.

Au cours de la vie d'un peuplement, le programme Carbofor qui a principalement travaillé sur le pin maritime, montre que le peuple-

ment met 20 à 30 ans pour se comporter comme un puits de carbone, qui dure 50 ans. Puis, sur la fin du cycle, le flux de carbone diminue, car il y a moins d'arbres à l'hectare. C'est lors de la coupe définitive que le peuplement se comporte comme

## Comment accroître le rôle régulateur de la forêt dans l'effet de serre ?

Diverses options sont possibles. On peut tout d'abord continuer à augmenter le stock de bois en forêt, en poursuivant par exemple la reforestation des terres agricoles abandonnées ou en utilisant des essences à croissance rapide qui permettent d'atteindre plus rapidement des niveaux élevés de stock de carbone. On peut aussi agir en augmentant la quantité ou la durée de vie des produits en bois issus de la forêt (charpentes, meubles...). Mais les possibilités offertes par le stockage de carbone dans la forêt ou dans ses produits ne sont pas illimitées, et n'apportent donc qu'une aide temporaire à la lutte contre l'effet de serre. Plus efficace à long terme, l'utilisation du bois comme source d'énergie pourra permettre de réduire l'usage des énergies fossiles et donc amener à une réduction de nos émissions brutes de CO<sub>2</sub>. Le bois est en effet une source d'énergie renouvelable : au CO<sub>2</sub> dégagé par la combustion du bois correspond une quantité équivalente de CO<sub>2</sub> capté par la forêt pour reconstituer ce stock de bois-énergie. Sur le long terme, pourvu que le renouvellement des peuplements soit assuré, l'utilisation de bois-énergie ne contribue pas en bilan global à l'augmentation de la teneur de l'atmosphère en CO<sub>2</sub>.

une source de carbone, par émission du carbone contenu dans le sol.

### Stratégie de la filière forêt-bois

Utiliser plus de bois à un double effet cumulatif vis-à-vis du carbone, il permet de **stocker** dans du bois d'œuvre d'une part et de **substituer** par le bois les matériaux plus émetteurs en carbone au cours de leur fabrication (acier, aluminium, ou de ciment).

Enfin, le bois-énergie permet d'**éviter** l'émission de carbone fossile qui est une nouvelle source de carbone. Le bois d'œuvre en France stocke 60 MtC sous forme de charpente, meubles. Dans le bâtiment sa durée de vie est comprise entre 20 et 50 ans. Si on prend en compte la durée de vie des chutes, soit 50 % de ce volume, la durée de vie devient beaucoup plus courte.

Le bois présent en permanence dans les papiers/cartons est estimé à 25 MtC pour une durée de vie moyenne qui oscille entre 2 et 5 ans. Une augmentation de 4 Mm<sup>3</sup> d'utilisation de bois d'œuvre d'ici 2010, permettrait une économie de 7 MtC/an, dont 4 MtC/an du fait du stockage dans les produits bois, et 3 MtC/an par substitution à d'autres matériaux plus gourmands en énergie, sachant que l'**utilisation de 1 m<sup>3</sup> de bois économise 0,8 tonne de CO<sup>2</sup>.**

Le bois-énergie est neutre vis-à-vis du carbone car il en émet autant qu'il en absorbe. Avec du matériel adapté, le bois-énergie émet 12 fois moins de gaz à effet de serre en équivalent carbone que la filière charbon, 8 fois moins que la filière fioul domestique, 7 fois moins que la filière gaz naturel et 2 fois moins que la filière électricité. Le bois-énergie permet actuellement une économie de 4,5 MtC/an.

Un décret de la dernière loi sur l'air

prévoit d'utiliser un seuil minimum de 2 dm<sup>3</sup> de bois par m<sup>2</sup> de surface dans tous les bâtiments. Ce seuil minimal est l'équivalent de l'installation d'une (petite) plinthe.

### Le protocole de Kyoto et la forêt

D'ici 2050, à l'échelle de la planète, les signataires du protocole de Kyoto se sont engagés à diviser par deux les émissions de GES. Les pays industrialisés ont pris un engagement de réduction par 4 de leurs émissions.

Pour la période 2008-2012, L'objectif est de réduire de 5,2 % les émissions de GES par rapport à 1990. L'UE a pris l'engagement de réduire de 8 % ces émissions de GES. La France s'est engagée à stabiliser ses émissions.

La France émet chaque année 560 millions de tonnes équivalent CO<sub>2</sub> de GES (2,7 % des émissions mondiales). Elle s'est engagée à stabiliser ses émissions donc à éviter l'émission supplémentaire annuelle constatée ces dernières années de 50 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> par an d'ici 2008.

L'Union européenne a lancé en 2005 le système européen d'échange de quotas (SEQ). Ce système plafonne les émissions de CO<sub>2</sub> et s'intégrera au dispositif de Kyoto sur la période 2008-2012.

Il ne concerne que les installations de combustion ayant une puissance équivalent électrique supérieure à 20 MW.

En France, il couvre 1 127 installations industrielles des secteurs du **ciment/chaux, verre, pâte à papier carton, acier, énergie** sur la période 2005-2007 dont les émissions ont été plafonnées dans le cadre des Plans nationaux d'allocation des quotas (PAQ) de CO<sub>2</sub> par an.

Un marché des quotas existe, avec une bourse d'échanges de quotas.

Si un site industriel dépasse ses quotas il devra en racheter sur les places de marché (Pownext, ECX, EEX...) et payer des pénalités de 40 €/tCO<sub>2</sub> entre 2005 et 2007 et 100 €/tCO<sub>2</sub> en 2008. Dernièrement la valeur de la tonne de CO<sub>2</sub> atteignait 24,93 € en janvier 2006.

La priorité est donnée à la réduction des émissions. La séquestration du carbone par les forêts est prise en compte dans l'inventaire national au titre de deux articles concernant le secteur de l'UTCF (1) du protocole de Kyoto :

L'article 3.3 qui est obligatoire et qui concerne le boisement et le déboisement et l'article 3.4 qui est facultatif et qui prend en compte la séquestration du carbone par les forêts gérées.

Deux types de projets forestiers sont possibles au regard de ces articles :

**Le boisement d'un hectare de terre agricole** séquestre 1,8 tCO<sub>2</sub>/an. Le boisement de 30 000 ha de terres agricoles (soit le double du rythme actuel) permettrait une séquestration d'environ 54 000 tCO<sub>2</sub> par an. Mais les accords de Marrakech (2001) pour la période 2008-2012 **ont écarté les projets domestiques de boisement de terres agricoles.** L'autre voie est d'optimiser la séquestration par **gestion forestière** : une gestion forestière optimisée du point de vue de la séquestration du carbone permettrait d'augmenter la séquestration. Mais la France a négocié un plafond de **3,2 MtCO<sub>2</sub>** qui est déjà atteint. Pour l'après-2012, les règles comptables ne sont pas encore précisément définies et il est possible d'augmenter la prise en compte du potentiel de séquestration, c'est l'objectif des forestiers ■

(1) *UTCF : utilisation des terres, changement d'affectation et foresterie (articles 3.3 et 3.4 du protocole de Kyoto).*

## Oiseaux et forêt

### II. Sylviculture adaptée à l'accueil des oiseaux

Gilles Pichard, CRPF de Bretagne (1)

*La notion d'habitat : une bonne manière d'appréhender la diversité du milieu forestier et son aptitude à l'accueil des espèces, notamment les oiseaux. Sous l'angle de l'habitat, cet article propose quelques conseils aux gestionnaires qui souhaitent favoriser la présence des oiseaux.*

L'habitat (et non pas la seule nature du peuplement forestier apprécié sous l'angle uniquement sylvicole) appréhende le mieux les différents éléments conditionnant le cortège ornithologique potentiel.

La notion d'habitat contient, outre la nature du peuplement (essence, traitement, caractéristiques dendrométriques, état de maturité), les potentialités stationnelles et leur traduction floristique et faunistique, c'est-à-dire l'ensemble des paramètres offerts par un milieu. L'habitat constituant en ce sens l'unité élémentaire de l'espace forestier, car il remplit toutes les fonctions propres à satisfaire les exigences de chaque espèce d'oiseau.

La sélectivité vis-à-vis de l'habitat est d'ailleurs très variable d'une espèce d'oiseau à l'autre :

- il existe ainsi des oiseaux « ubiquistes », qui fréquentent la forêt aussi bien que d'autres milieux, comme le merle noir, le pinson des arbres, le rouge-gorge ou le troglodyte mignon par exemple ;
- d'autres espèces, sans être exclusivement forestières, requièrent des milieux arborés pour accomplir une partie de leur cycle biologique (alimentation, nidification), comme la

sittelle torchepot, le grimpeur des jardins, le pic vert, la chouette hulotte, la buse variable... ;

- certaines, étroitement liées au milieu arboré, sont relativement indifférentes à la nature du peuplement, tels le geai des chênes, la grive draine... ou bien affectionnent les milieux en mosaïque comme de nombreux rapaces (épervier d'Europe, faucon hobereau...);

- d'autres espèces recherchent préférentiellement ou exclusivement des formations forestières particulières, à l'image des quelques exemples qui suivent :

- pessières ou sapinières pour la mésange huppée, la mésange noire, le roitelet huppé ou le bec-croisé des sapins ;

- taillis sous futaie ou futaie feuillue claire de hêtre pour le pouillot siffler ;

- forêt alluviale ou ripicole (même anthropisée) pour le loriot d'Europe ;
- saulaie marécageuse pour la bouscarle de Cetti ;

- landes à ajoncs pas ou très peu arborées pour la fauvette pitchou, le courlis cendré, le busard cendré... ;
- aulnaies d'altitude pour le venturon montagnard ;

- d'autres encore sont liées à des stades spécifiques de développement de la strate arborée, notamment pour leur nidification, comme ces quelques exemples donnés à titre indicatif :

- très jeunes pinèdes à végétation de lande pour le busard Saint Martin ou l'alouette lulu ;

- vastes pinèdes au stade de futaie pour le hibou moyen-duc ;

- fourrés feuillus pour la tourterelle des bois ou la mésange à longue queue ;

- coupes à blanc encombrées de rémanents pour le pipit des arbres ;

- futaies denses de résineux pour le pigeon ramier, le roitelet et la mésange huppée ;

- haute futaie de hêtre principalement pour le pic noir... ;

- d'autres enfin sont inféodées tant à une essence donnée qu'à un stade végétatif particulier. Ces espèces sont rares, car elles ne peuvent trouver que de manière très



© Alain Roobrouck, ONCFS

Pigeon ramier.

sporadique les conditions à leur convenance. Ce sont en général des espèces endémiques, parmi lesquelles on peut citer la sittelle corse, qui ne fréquente que les vieilles futaies claires de pin laricio.

La dynamique des populations d'oiseaux est intimement liée à la variété du milieu et à son évolution. Ces notions, qui apparaissent souvent complexes car elles recouvrent un important nombre de critères pour bien les apprécier, demandent à être étudiées séparément.

*Des conseils simples visant à favoriser la biodiversité (dont la composante « oiseaux ») sont intégrés à chacun des points abordés et apparaissent en italique dans le texte.*

## La variété du milieu forestier

Cette variété se traduit par la juxtaposition d'habitats élémentaires qui peuvent convenir aussi bien aux espèces « sélectives » qu'aux espèces « éclectiques », offrant un gage de richesse biologique.

La variété du milieu doit être

appréhendée en tenant compte bien sûr des milieux forestiers eux-mêmes, mais aussi des milieux associés à la forêt, présents à l'intérieur des massifs ou qui leur sont contigus.

### Les habitats de type forestier

Chaque unité élémentaire est fonction du type de peuplement et du mode de traitement, de l'essence considérée, de la densité et de l'homogénéité du couvert, de la stratification de la végétation et du stade de maturité des arbres qui la composent.

On peut succinctement aborder la façon dont les différents éléments caractérisant l'habitat influent sur la composition de l'avifaune :

- Le type de peuplement et de traitement conditionnent dans une large mesure la biodiversité, toutes espèces confondues. En général, la physionomie du peuplement est au moins aussi importante que l'essence principale constitutive de la formation arborée.

- Les essences influent sur l'avifaune de manière directe ou indirecte. Nous avons déjà évoqué le degré

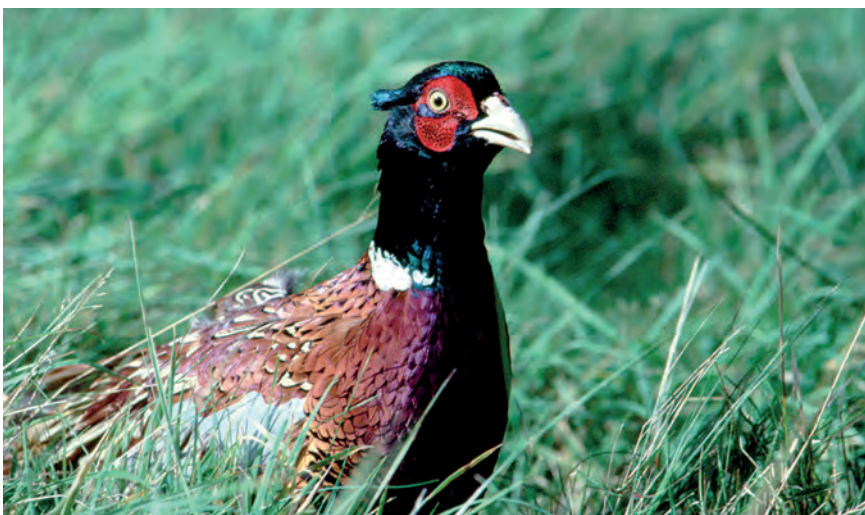
d'inféodation de certaines espèces d'oiseaux à une (des) essence(s) préférentielle(s).

*Toutes conditions égales par ailleurs et à de rares exceptions près (par exemple les forêts en condition limite d'altitude ou des zones boréales), les peuplements mélangés sont plus riches en espèces que les peuplements monospécifiques, tout particulièrement dans le cas de réalisations artificielles. Pourtant, ces derniers peuvent être peuplés d'une forte densité d'oiseaux, comme un certain nombre de petits passereaux « grégaires » ou sociaux, et présenter une densité ornithologique comparable à celle des peuplements mélangés, mais avec une variété moindre d'espèces.*

- La densité du peuplement agit également de manière directe pour les espèces recherchant des formations spécifiques, par exemple des fourrés denses ou au contraire des milieux à clairières. De façon indirecte, la densité conditionne la possibilité d'avoir des essences accessoires ou un sous-étage, c'est-à-dire une diversité végétale elle-même favorable à la diversité de l'avifaune. C'est probablement la raison pour laquelle le stade gaulis dense en futaie régulière d'essence sociale est le moins attractif pour les oiseaux.

*On veillera à maintenir, par le biais d'une sylviculture appropriée, des peuplements pas trop fermés qui offrent globalement de meilleures possibilités de biodiversité, sans bouleverser fondamentalement l'habitat dans lequel on la pratique. À cet égard, débiter tôt la première éclaircie est une action propice.*

*La conservation de la variété des essences arbustives du sous-étage, qui passe par leur maintien systématique, est envisageable à certains*



Faisan commun.

stades sylvicoles où cela ne génère pas une contrainte, comme ce peut être le cas lors de la phase de régénération.

● La stratification de la végétation est un critère important car, en juxtaposant des niveaux différents exploitables indépendamment, les étagements de végétation favorisent la cohabitation des espèces d'oiseaux utilisant diversement l'espace forestier, dont on oublie trop souvent qu'il s'apprécie dans les trois dimensions. Les lisières, qu'elles soient externes ou internes au massif, entrent dans ce champ et contribuent à la diversification du milieu.

*Un peuplement à plusieurs strates héberge en même temps les espèces attachées à la canopée et aux houppiers (comme le loriot d'Europe et le grosbec casse-noyaux par exemple) et ceux dont la nidification s'opère dans l'étage arbustif (comme la plupart des sylviidés : fauvettes, pouillots et hypolaïs).*

*La stratification des peuplements est favorable tant à la diversité ornithologique qu'à la densité d'oiseaux fréquentant la forêt.*

*Les peuplements irréguliers tels que ceux issus d'une gestion en taillis sous futaie ou en mélange futaie-taillis, en futaie irrégulière « pied à pied » dite futaie jardinée, ou en bouquets-parquets, répondent bien aux exigences de nombreuses espèces d'oiseaux.*

*Il ne faut cependant pas négliger, dans le cas de massifs objets de traitements réguliers, l'incidence heureuse de la juxtaposition de parcelles offrant des stades de développement différents, à condition que les unités forestières ne soient pas trop importantes et surtout que la monoculture n'en constitue pas la*

*base sur de vastes étendues. Ces précautions, qui relèvent d'ailleurs du conseil de bon sens également au plan technique et économique, sont en mesure de limiter la pauvreté ornithologique et sont à même d'optimiser la biodiversité générale de ces ensembles boisés.*

● Les stades de maturité des peuplements n'ont d'incidence marquée que dans le cas de la sylviculture régulière, où la physiologie lentement évolutive des formations boisées est totalement bouleversée à l'occasion de la phase de récolte et de renouvellement du peuplement. Mais on constate que les sylviidés (fauvettes, pouillots...) sont plus fréquents dans les jeunes peuplements, alors qu'inversement les pics sont présents lors de la phase de vieillissement des arbres.

*Quel que soit le mode de traitement retenu, il est important de rappeler que les arbres âgés en phase de sénescence, voire morts sur pied, constituent une denrée rare et recherchée par de nombreuses espèces dites cavemicoles. Beaucoup d'entre elles sont des oiseaux qui recherchent dans ces vieux arbres des cavités qu'ils ne sont pas aptes à creuser, à la différence des pics. Certaines sont fort banales, comme les mésanges bleue, charbonnière, huppée ou nonnette, les grimpeaux et sitelles, mais parfois moins fréquentes comme la mésange noire, le très discret torcol fourmilier, le gobe-mouche noir, (ou la chouette de Tengmalm dans les régions montagneuses). Certaines d'entre elles sont en pleine régression, en partie faute de pouvoir assurer convenablement leur reproduction. Lorsqu'un arbre taré, cassé, dépérissant ou mort est situé dans une parcelle en un lieu où il ne présente*

*pas un danger, son maintien gagne à être envisagé pour répondre aux exigences de ces oiseaux cavernicoles, dont la plupart sont des alliés du forestier dans la lutte contre les insectes nuisibles. Quelques unités par hectare sont le plus souvent suffisantes pour satisfaire les besoins, sans que cela n'ait une incidence économique notable. À défaut, la pose de nichoirs artificiels (à adapter aux espèces et avec discernement) peut être envisagée.*

## Les habitats de type non forestier, dits habitats associés

Il s'agit de milieux aussi variés que les lisières, landes, points d'eau, éboulis, zones d'affleurement et parois rocheuses. *Leur préservation est primordiale si l'on souhaite ne pas voir s'appauvrir la biodiversité qui leur est souvent spécifique, pas seulement en ce qui concerne les oiseaux d'ailleurs. À de rares exceptions près, cette mesure ne constitue pas un sacrifice pour le sylviculteur qui n'a généralement aucun intérêt à boiser, détruire ou transformer ces habitats.*

## L'évolution du milieu forestier

Les populations d'oiseaux, sous la double considération de leur variété et de leur densité, vont fluctuer au gré des évolutions que traversent les formations boisées : niveau de couvert, composition en essences, mode de traitement, hauteur des peuplements...

Les variations dans le temps et dans l'espace de l'avifaune seront d'autant plus marquées que les bouleversements seront rapides et

portés sur de vastes étendues : c'est le cas de la futaie régulière, où les cycles passent par des physiologies très différentes, de la coupe rase ou du semis, jusqu'au peuplement de haute futaie parvenu à maturité. Tout au long de ce cycle, la densité et la diversité des oiseaux varient :

- densité élevée avec faible diversité d'espèces au stade fourré-gaulis-perchis et un maximum (dans un fourré de chênaie-hêtraie, on dénombre à l'hectare plusieurs couples de pouillot véloce, de fauvette à tête noire et d'autres espèces de petits passereaux) ;

- diversité maximale au stade futaie âgée, avec un effectif réduit de chaque espèce (dans une chênaie-hêtraie adulte, on pourrait trouver un couple de pouillot siffleur, des mésanges, tous les passereaux ubiquistes, sittelle torchepot, grimpeur des jardins, des pics, et des rapaces de plusieurs espèces, aux territoires superposés...).

Dans les peuplements irréguliers, les cortèges d'oiseaux sont nettement plus « figés », qu'il s'agisse de taillis sous futaie ou de futaie irrégulière : la permanence d'un couvert arboré et la lente ou moins radicale transformation des peuplements induisent des changements beaucoup moins tranchés du cortège des oiseaux fréquentant ces formations.

L'évolution des peuplements forestiers est un phénomène inéluctable, dépendant d'une part des choix du gestionnaire, d'autre part des différents itinéraires techniques qui s'offrent à lui qui sont, eux, fonction de la nature des peuplements tels qu'ils se présentent à un moment donné.

*Il n'est cependant pas inutile de rappeler ici qu'au niveau d'un mas-*



*Capture de bécasses en forêt.*

*sif forestier, il est possible de minimiser les impacts sylvicoles par des mesures simples qui vont de pair avec une approche économique saine et une gestion raisonnée, c'est-à-dire une démarche de gestion durable :*

- recherche d'un équilibre satisfaisant entre les résineux et les feuillus ;
- diversification des essences de production, bien entendu en adéquation avec les potentialités offertes par les types de stations sur lesquels repose la forêt ;
- répartition équilibrée entre les classes d'âge dans les peuplements réguliers ;
- diversité des traitements et structures des formations forestières ;
- réalisation des coupes d'amélioration au rythme soutenu que réclament les peuplements ;
- choix des époques d'interventions sylvicoles, en proscrivant autant que

*possible la période de reproduction ;*

- optimisation des différents modes de renouvellement des peuplements, sans privilégier exclusivement les reboisements artificiels... ■

## Résumé

La diversité des habitats forestiers entre massifs ou à l'intérieur même d'un massif est gage d'une richesse en espèces d'oiseaux. Cette diversité des forêts favorisera l'accueil de l'avifaune en lui fournissant les éléments nécessaires aux besoins qui lui sont propres.

**Mots-clés :** oiseaux, forêts, gestion.

(1) CRPF de Bretagne, 8 place du Colombier, 35000 Rennes, tél. : 02 99 30 97 30, fax : 02 99 65 15 35, courriel : gilles.pichard@crpf.fr

## Potentialités de régénération naturelle des feuillus sous épicéas ou douglas

Fabrice Landré et Philippe Balandier, Cemagref (1)

*Quelles sont les conditions d'apparition d'une régénération naturelle de feuillus sous résineux ? Que peut-on en espérer ? Est-elle importante, diversifiée ? Comment l'utiliser pour diversifier ou convertir des boisements sans grande valeur ? Autant de questions auxquelles les ingénieurs du Cemagref ont tenté de répondre dans cet article.*

« **S**ous les résineux, rien ne pousse ! » : tristes propos maintes fois entendus en toutes occasions. Le constat frappant en région forestière de Moyenne Combraille en Auvergne, est l'absence de gestion dans bon nombre de peuplements d'épicéas et, dans une moindre mesure, dans certains de douglas. Ce constat peut s'étendre à une grande partie de la région Auvergne et dépasser les limites régionales. Nous pouvons dès lors nous questionner sur l'avenir de ces peuplements en terme sylvicole, et sur le choix de leur gestion future, d'autant que certains événements climatiques majeurs et récents sont venus nous rappeler la fragilité de ces boisements en l'absence de

gestion dynamique. Par ailleurs, ces boisements d'épicéas, de douglas, et plus généralement de conifères, sont perçus négativement par bon nombre d'utilisateurs de l'espace, tant sur un plan paysager qu'écologique. Il nous a donc paru intéressant d'explorer les potentialités d'une régénération de feuillus pour aboutir à une gestion tendant vers la mixité feuillu/résineux, plus favorable à la résistance aux vents et aux attaques parasitaires, et permettant d'assurer les 3 fonctions principales de la forêt : économique, écologique et culturelle. Ayant constaté la présence de semis ligneux feuillus, et notamment de hêtre, sous le couvert de certains peuplements de conifères

(à proximité de semenciers), nous avons orienté notre travail vers la caractérisation de cette régénération dans des boisements de douglas et d'épicéas.

### Résultats

Les peuplements étudiés (Tableau 1) sont âgés de 20 à 45 ans et sont en général de petite taille (1 à 5 hectares). La surface terrière varie de 18 m<sup>2</sup> par hectare à près de 48 m<sup>2</sup> (valeur mesurée dans un boisement d'épicéas de 35 ans). Quatre peuplements n'ont pas encore été éclaircis (2 de douglas et 2 d'épicéas). La croissance en

#### Méthodologie

La région forestière de Moyenne Combraille, choisie comme zone d'étude, se situe à l'ouest du Puy de Dôme, en limite du Limousin. L'altitude avoisine les 700 mètres, la pluviométrie y est de 900 à 1 100 mm et la température moyenne annuelle de 9 °C environ. Les sites retenus se situent sur arènes granitiques (sol acide et filtrant).

Huit peuplements ont été échantillonnés, 3 d'épicéas et 5 de douglas, de densité et d'âge variés et à proximité de hêtres potentiellement semenciers. Les relevés ont eu lieu sur des placettes carrées (40 x 40 mètres), divisées en 4 sous-placettes de surface égales (400 m<sup>2</sup>) face à un hêtre produisant des faines, de l'aplomb de sa couronne et jusqu'à 40 mètres à l'intérieur du peuplement. Nous avons noté l'espèce et l'âge de tous les semis rencontrés. Plus spécifiquement, pour les semis de hêtre, nous avons mesuré leur hauteur, l'épaisseur de litière à leur pied, ainsi que la distance au semencier. **Une mesure de lumière (photographie hémisphérique) a été réalisée au-dessus de chacun des semis de hêtre pour avoir une idée des conditions d'éclairement favorisant leur apparition ; cette mesure donne le degré d'ouverture du couvert arboré et peut être convertie en pourcentage d'éclairement par rapport au plein découvert par des relations préalablement établies.** Les caractéristiques principales du peuplement ont été notées (âge, inventaire des diamètres, hauteur moyenne).



**Tableau 1 : Caractéristiques des peuplements, répartition et listes des espèces de semis ligneux**

Site	Âge (Année)	Densité (tige/ha)	Surface terrière (m <sup>2</sup> )	Nombre d'espèces de semis			Nom des espèces*
				Entre 0 et 20 m	Entre 20 et 40 m	Au total	
Charensat 1 (E)	30/35	1 200	23,9	10	3	10	Sapin blanc (4) Érable champêtre (2)
Charensat 2 (E)	20	1 510	17,8	1	3	3	Érable sycomore (1) Bouleau verruqueux (2)
St Etienne des Champs (E)	30/35	1 670	47,4	6	5	6	Hêtre (7) Frêne (7)
Condat en Combrailles (D)	25/30	650	32,9	5	8	8	Houx (7) Chêne (8)
Condat en Combrailles (D)	20	1 060	28,5	8	7	8	Épicéa (3) Pin sylvestre (1)
Condat en Combrailles (D)	25	1 190	32,6	6	4	6	Tremble (2) Merisier (7)
Miremont (D)	35	375	35,8	10	8	10	Douglas (5) Saule marsault (2)
St Priest des Champs (D)	45	225	34	11	13	13	Alisier blanc (1) Sorbier (5)

\* Entre parenthèses : nombre de relevés où l'espèce était présente.  
(E) : Épicéa, (D) : Douglas

hauteur est très correcte. Ces données reflètent assez bien les caractéristiques des peuplements de cette région.

## Potentiel de régénération

Les espèces présentes sous couvert d'épicéa et de douglas sont très diverses (Tableau 1). Cela représente 16 essences au total, dont 12 feuillues. Les peuplements où la diversité est la plus importante sont souvent les plus âgés, mais aussi les moins denses, avec un niveau d'éclaircissement plus important qui résulte parfois de la tempête de 1999.

Les semis rencontrés sont âgés d'un an pour 70 % d'entre eux (58 % pour les feuillues et 77 % pour les résineux), et moins de 10 % ont plus de 3 ans. Ce résultat montre que bon nombre de semis dispa-

raissent assez rapidement. C'est surtout vrai pour les espèces les plus héliophiles (chêne, douglas), ce qui laisse penser que les conditions d'éclaircissement sont peu favorables.

Le tableau 2 donne l'effectif total de semis comptabilisés sur chaque site ainsi que leur nombre rapporté au m<sup>2</sup>. Les plantules sont plus nombreuses dans les 20 premiers mètres à partir de la lisière et ce, quelle que soit l'espèce. La densité de semis, toutes essences confondues, est divisée par 2 entre 20 et 40 mètres. Cette densité est proche de 0,5 semis en moyenne au m<sup>2</sup> au total (0,24 pour les feuillues + 0,25 pour les résineux). Elle peut atteindre 0,6 semis/m<sup>2</sup> pour les feuillues et 1,3 semis/m<sup>2</sup> pour les résineux sur certains sites étudiés. Ces chiffres montrent bien l'importance du potentiel de régénération, notamment pour les feuillues, dans les 40 premiers mètres à l'intérieur des peuplements résineux lorsque des semenciers sont présents à proximité.

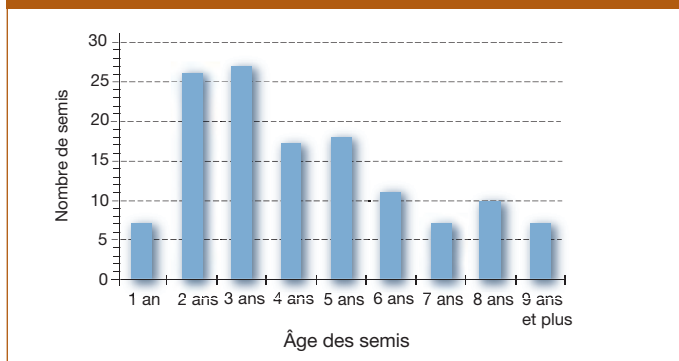
## Cas particulier du hêtre

Le hêtre, plus largement étudié, n'atteint pas des densités très élevées (0,02 semis au m<sup>2</sup>). Il est cependant présent sur tous les sites et à tous âges (Figure 1). Les plantules âgées de plus de 4 ans repré-

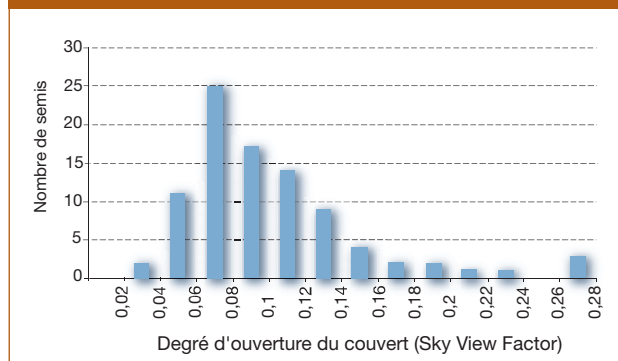
**Tableau 2 : Nombre total de semis comptabilisés par site et rapporté au m<sup>2</sup>**

Site	Feuillues		Résineux	
	Nombre	Densité	Nombre	Densité
Charensat 1	307	0,192	2	0,001
Charensat 2	7	0,004	0	0
St Etienne des Champs	115	0,096	331	0,276
Condat en Combrailles 1	965	0,603	17	0,011
Condat en Combrailles 2	467	0,292	50	0,031
Condat en Combrailles 3	191	0,119	400	0,250
Miremont	298	0,186	2 153	1,346
St Priest des Champs	688	0,430	131	0,082

**Figure 1 : Répartition des effectifs de semis de hêtre en fonction de leur âge (pour les 8 peuplements confondus)**



**Figure 2 : Effectif de semis de hêtre en fonction du degré d'ouverture de la canopée**



sentent 40 % des effectifs. La variabilité interannuelle est forte. Par exemple la classe « 1 an » est très peu représentée. L'explication la plus probante est une faible faînée l'année précédant l'étude (2003) ou un faible taux de germination. Cette variation se retrouve d'une façon moins marquée pour les années précédentes.

Si nous nous intéressons maintenant aux semis de 1 à 4 ans, en relation avec le degré d'ouverture de la canopée (couvert arboré) au-dessus de chacun d'eux, nous pouvons constater (Figure 2) que leur nombre est plus élevé pour des valeurs de 0,04 à 0,14. Cela correspond en termes d'éclairement à des valeurs d'environ 5 à 15 % du plein découvert, avec un maximum de semis pour des valeurs de 8 à 12 %. Ces valeurs tendent à montrer que le hêtre, s'il peut survivre à des niveaux faibles de lumière, a besoin d'un minimum de 10 à 12 % pour se développer.

La lumière n'est pas le seul facteur qui agisse dans la réussite d'installation du hêtre, l'épaisseur de la litière joue également un rôle non négligeable. Une valeur moyenne de 1,3 cm de litière a été observée au pied des semis de 1 an (entre 1,5 et 2 cm pour les semis de 2 à 4 ans). La majorité des semis de 1 à 4 ans (70 %) ont été observés pour

une litière inférieure ou égale à 2 cm. Ce résultat tendrait à montrer que plus la litière est épaisse, moins il est facile pour le hêtre de s'installer. La végétation autour des semis, et surtout son abondance en termes de recouvrement, intervient aussi dans la réussite de l'installation et dans le développement des hêtres. Un couvert trop dense d'une ou plusieurs espèces très envahissantes (ronce, fougère aigle...), résultat d'un éclaircissement trop important, est un frein pour l'installation et le développement des semis de hêtre.

### Croissance du hêtre

La mesure systématique de la hauteur des hêtres répertoriés nous a permis d'établir une pseudo-courbe de croissance de 1 à 8 ans. La croissance en hauteur, sans être exceptionnelle, n'est pas ridicule. Il existe une relation entre cette croissance et l'éclairement sous couvert et, à âge égal, le hêtre se développe plus vite sur les sites où le niveau de lumière se situe autour de 10 à 15 %. Au-delà de 20 %, la croissance des jeunes semis de 1 à 4 ans est moins importante (compétition pour la lumière avec les adventices). Une comparaison avec d'autres études corrobore ce résultat.

### Pistes de gestion

Pour les peuplements étudiés, nous avons montré qu'il existait un véritable potentiel de régénération, tant résineux que feuillu, aussi bien sous épicéa que sous douglas. La diversité des essences rencontrées, 16 au total, offre la possibilité de diversifier les peuplements existants et pourquoi pas, dans certains cas, de convertir les boisements résineux en boisements feuillus mélangés. L'étude en Moyenne Combraille montre que, non seulement les feuillus se régénèrent sous résineux, mais qu'en plus, ils sont capables de se développer lorsque les conditions d'éclairement le permettent et, bien entendu, lorsque la fructification est importante. Des travaux réalisés ailleurs en Europe montrent l'intérêt d'installer les feuillus, et notamment le hêtre, sous un couvert résineux dans le but de diversifier les peuplements. Un couvert boisé léger joue alors un rôle protecteur, favorise l'élancement et améliore la forme des arbres. La régénération naturelle feuillue, à partir de semenciers potentiels présents à proximité du boisement de conifères, semble actuellement la technique la plus appropriée pour favoriser une

conversion en douceur vers un boisement feuillu ou mixte. Si les semenciers ne sont pas ou peu présents, cette régénération naturelle pourrait être assistée par un semis artificiel de graines naturelles prélevées aux alentours.

L'installation de semis naturels feuillus peut être améliorée par un travail superficiel du sol avant et après le semis permettant, d'une part de mettre les graines en contact avec le substrat (une litière importante étant un frein à l'installation), et d'autre part de protéger les graines des prédateurs (geais, campagnols, mulots...). Ces derniers étant aussi à l'origine de la régénération naturelle plus à l'intérieur des peuplements (grâce aux réserves cachées qu'ils constituent pour l'hiver).

La lumière joue, quant à elle, le rôle de déclencheur de la levée des semis, certains auteurs ayant montré qu'un éclaircissement de 6 à 12 % augmente les chances d'apparition de la plantule ; notre étude conforte ce résultat. Par contre, un taux de lumière trop important, favorisant l'explosion de la végétation au sol, est défavorable à l'apparition de semis. Pour les semis plus âgés, afin de favoriser leur croissance, il est nécessaire d'augmenter l'éclaircissement en effectuant des éclaircies progressives. D'un point de vue sylvicole, cet éclaircissement optimum peut être calculé à partir de la surface terrière du peuplement car il existe une très bonne relation entre ces deux critères. Des travaux du Cemagref donnent des valeurs d'éclaircissement en fonction de la surface terrière sous couvert pour plusieurs essences dont le douglas et l'épicéa. Sachant qu'il faut un éclaircissement moyen de 10 % pour favoriser l'apparition de semis, on peut, à partir de ces travaux, donner une

valeur de surface terrière moyenne (variable selon l'âge et l'essence du peuplement). Une surface terrière de 28 à 35 m<sup>2</sup> pour un boisement de 35 à 45 ans permet d'obtenir un éclaircissement moyen d'environ 10 %. Pour favoriser la croissance de semis dans des peuplements de même âge, il suffit d'éclaircir un peu plus pour avoir une surface terrière d'environ 25 à 30 m<sup>2</sup> (10 à 15 % de lumière).

## Conclusion

Ce travail réalisé en Moyenne Combraille montre que les boisements résineux mal gérés, sans grande valeur sylvicole, souvent fragiles, sont nombreux mais que la régénération naturelle, tant résineuse que feuillue, est bien présente dans les secteurs prospectés. Ce potentiel de régénération doit permettre une diversification ou une conversion de ces peuplements en boisements mixtes conifères/feuillus ou feuillus divers, moins fragiles face aux aléas climatiques et sanitaires contrairement aux peuplements monospécifiques. Cette gestion associant production et protection (sols, biodiversité...) et améliorant la perception des boisements par les différents utilisateurs de l'espace naturel est une solution intéressante et surtout réalisable.

La réflexion est engagée : ne rien faire, améliorer l'existant ou au contraire permettre une diversification des peuplements réunissant les conditions favorables à l'installation d'essences feuillues ? Dans ce dernier cas la régénération naturelle, lorsqu'elle est possible, doit être assistée par des actions sylvicoles permettant d'optimiser les condi-

tions de lumière et de sol pour accroître les chances de succès. Une telle réussite passe évidemment par une information et une formation adressée aux propriétaires et gestionnaires, mais aussi par un approfondissement des recherches dans ce sens. ■

### Remerciements

Nous tenons à remercier tout particulièrement Damien Provendier, Monique Bouchaud et René Juvie pour leur aide précieuse sur le terrain, ainsi que les autres membres de l'équipe forêt du Cemagref de Clermont-Ferrand, récemment très amputée. Remerciements également à Ariane Angelier de l'ONF Auvergne-Limousin et Dominique Jay du CRPF Auvergne pour leur participation à la recherche de peuplements.

### Résumé

Une étude menée en Auvergne montre que la régénération naturelle de feuillus, et notamment du hêtre, est possible sous couvert de résineux (épicéa et douglas). La lumière, l'épaisseur de la litière, la végétation concurrente et la distance au semencier sont les principaux éléments intervenant dans le processus d'installation des semis. Une gestion favorisant la mixité feuillu/résineux pourrait dès lors être engagée en utilisant ce potentiel de régénération naturelle.

**Mots-clés :** régénération naturelle, mixité feuillu/résineux, hêtre, lumière.

## Bibliographie

Disponible sur demande auprès des auteurs.

(1) Cemagref de Clermont-Ferrand, *Écologie appliquée des milieux boisés*, 24 avenue des Landais, BP 50085, 63172 Aubière cedex. Courriels : [fabrice.landre@clermont.cemagref.fr](mailto:fabrice.landre@clermont.cemagref.fr) et [philippe.balandier@clermont.cemagref.fr](mailto:philippe.balandier@clermont.cemagref.fr)

# Quelles pertes de croissance pour 7 cultivars de peuplier face aux attaques de la rouille E4 du mélèze ?

Eric Paillassa, ingénieur à l'IDF et le Réseau peuplier de la Forêt privée (1)



*Le réseau expérimentations peuplier suit un grand nombre d'essais à travers la France. Outre l'évaluation de la performance des différents cultivars, la diversité de ces dispositifs peut permettre, par une approche multisite, d'apprécier les pertes de croissance de certains cultivars suite aux récentes attaques de rouille. Ce résultat illustre l'intérêt de la mise en commun des données expérimentales.*

L'expérimentation peuplier abondante en France, en particulier sur le thème de l'évaluation des cultivars, permet d'obtenir des résultats annexes tout aussi intéressants pour les populteurs. En effet, avoir un ordre de grandeur des pertes de croissance dues aux attaques de rouille est une information non recherchée au moment de l'installation des essais, mais obtenue par une utilisation optimale des données dans le cadre d'un réseau d'expérimentations.

### Des résultats regroupés

Le réseau expérimentations peuplier regroupe l'activité expérimentale d'une vingtaine d'organismes forestiers régionaux (CRPF, Cetef...) qui suivent plusieurs centaines d'essais. L'objectif principal de ces expérimentations est de suivre le comportement des différents cultivars dans les conditions variées

existantes au niveau national, en particulier du point de vue de la station. L'avantage de ce réseau est le regroupement des données obtenues sur une seule base de données.

À partir de cette base de données, des études multisites peuvent être réalisées sur des sujets variés, qui ne sont généralement pas l'objectif premier de ces dispositifs, et qui ne pourraient être que difficilement abordés sur des dispositifs spécifiques. Ainsi, évaluer l'impact global des attaques de rouille E4 sur 7 cultivars de peuplier, au niveau national, est un sujet qui peut être traité dans le cadre d'une telle approche multisites.

### 426 dispositifs pris en compte

Pour évaluer ces pertes de croissance, l'analyse proposée porte sur 426 essais du quart Nord-est de la France (Picardie, Champagne-

Ardenne, Bourgogne, Lorraine) plus les régions Centre, Pays de la Loire et Poitou-Charentes. Ce choix a été dicté par la nécessité d'une présence suffisante des cultivars étudiés dans les essais, et à celle des attaques de rouille.

Sept cultivars sont comparés : 4 interaméricains (Beaupré, Boelare, Unal, Raspalje) et 3 euraméricains (I 214, Dorskamp, Ghoy). Ces 7 cultivars sont considérés comme sensibles à très sensibles, face à la race E4 de la rouille du mélèze (Tableau 1).

Il est à noter que le I 214, l'Unal et le Raspalje subissaient déjà, avant l'arrivée de la rouille E4 du mélèze, des attaques de rouilles E1 et E2 du mélèze, mais ces attaques, généralement tardives (septembre), n'ont jamais induit de perte de croissance. L'évaluation de la perte de croissance est réalisée à partir des variations d'accroissement courant sur la circonférence aux différents âges du peuplement. Ce critère est un indicateur simple et fiable permettant d'identifier une croissance à un instant donné.

**Tableau 1 : Niveau de sensibilité des 7 cultivars face aux races de la rouille du mélèze (d'après Pinon et Valadon)**

Cultivar	Rouille du mélèze
Beaupré	très sensible à E4
Boelare	très sensible à E4
Dorskamp	moyennement sensible à E4
Ghoy	sensible à E4
I 214	sensible à E1, E2, E3, E4
Raspalje	sensible à E1, E2, E3, E4
Unal	très sensible à E1, E2, E3, E4

## Courbe moyenne de croissance annuelle

Les données expérimentales regroupées permettent, pour un même cultivar, de tracer en fonction de l'âge une courbe d'évolution de l'accroissement courant pour une année donnée, tous essais confondus : c'est la courbe moyenne de croissance annuelle. Dans ce regroupement, il n'est pas fait de distinction entre les stations et les populecultures (extensive ou intensive) (2). Cette courbe moyenne est donc construite à partir des valeurs d'accroissement courant de l'ensemble des dispositifs du cultivar, qui ont des âges différents, ce qui permet ainsi d'obtenir une courbe avec l'ensemble des âges pour une année donnée.

Comme les dispositifs utilisés pour le tracé des courbes sont les mêmes pour les différentes années,

et donc que la variabilité globale des dispositifs entre eux est stable, les courbes moyennes des différentes années sont proches, voire confondues, excepté dans les cas où intervient, sur une ou plusieurs années, un événement majeur et global. Un tel événement sera par exemple l'arrivée de la rouille E4, ou un effet climatique particulier comme une année de sécheresse.

À ce moment là, l'effet de l'événement sera d'autant plus important (en intensité et en ampleur géographique) que la courbe moyenne de croissance de l'année considérée se détache notablement des autres courbes moyennes de croissance annuelle. La rouille E4 intervenant depuis plusieurs années, il a été possible de tracer une courbe de croissance moyenne d'années avec rouille, sur 5 ans (1998-2002). Une courbe de croissance moyenne d'années sans rouille a été calculée aussi sur 5 ans (1993-1997). L'évaluation de la perte de croissance due à la rouille est alors possible en comparant ces deux courbes de croissance moyenne annuelle.

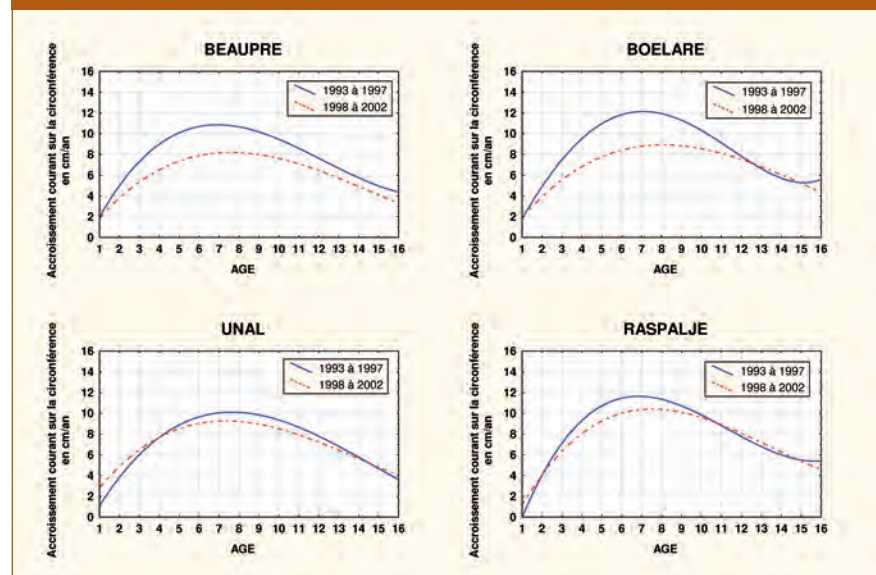
## Beaupré et Boelare les plus touchés

Les graphiques ci-dessous présentent les résultats obtenus pour les 4 cultivars interaméricains.

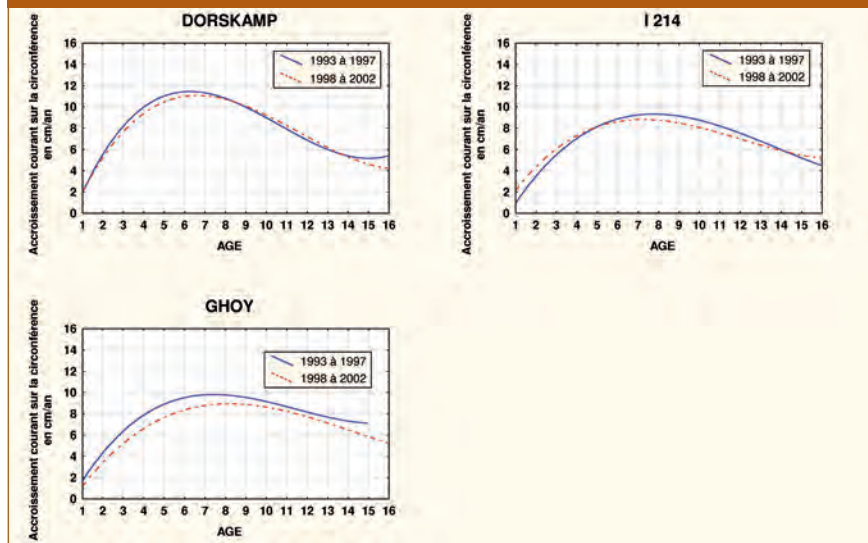
D'après les courbes obtenues, nous pouvons dire que, en moyenne et pour les régions considérées :

- la perte de croissance sur Beaupré intervient à tout âge. La perte de croissance moyenne maximum est de l'ordre de 27 % pour une année ;
- la perte de croissance sur Boelare intervient plutôt sur les années de croissance active (avant 10 ans). Par contre, la perte de croissance moyenne maximum est de l'ordre de 29 % pour une année ;
- la perte de croissance sur Unal est faible et plus restreinte dans le temps. Elle peut atteindre au maximum 10 % ;
- la perte de croissance sur Raspalje est limitée à la phase de croissance active (entre 3 et 8 ans). Elle peut atteindre un maximum de 13 %. Par contre au-delà de 10 ans, il n'y aurait pas de perte de croissance.

**Graphique 1 : Courbes moyennes de croissance annuelle pour Beaupré, Boelare, Unal et Raspalje pour les périodes 1993-1997 et 1998-2002**



**Graphique 2 : Courbes moyennes de croissance annuelle pour Dorskamp, I 214 et Ghoj pour les périodes 1993-1997 et 1998-2002**



## Ghoj relativement peu touché

Le graphique 2 présente les résultats obtenus pour les 3 cultivars euraméricains.

D'après les courbes obtenues, nous pouvons dire que :

- le Dorskamp ne subit aucune perte de croissance due à la rouille E4 ;
- le I 214 ne subit aucune perte de croissance due à la rouille E4 ;
- le Ghoj subit une légère perte de croissance à tous les âges. Cette perte est au maximum de 10 %.

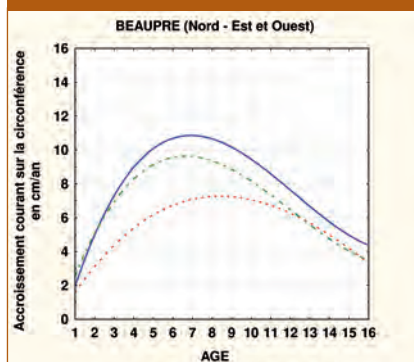
## Un effet régional fort

Les résultats obtenus précédemment peuvent être précisés en prenant en compte la région. En effet, le graphique 3 montre que, pour Beaupré, lors de la période 1998-2002, la chute de croissance est moindre dans l'Ouest de la France (-11 % au maximum) que dans le Nord-est (-36 % au maximum), par

rapport à la période de croissance sans rouille (1993-1997). La présence de mélèzes dans le Nord-est explique cette forte différence par des primo infections plus précoces (fin mai début juin dans le Nord-est contre mi-juillet dans l'Ouest). La précocité a donc bien un effet fort sur la perte de croissance.

Par ailleurs, pour la région Ouest la perte de croissance intervient surtout après 4 ans et reste assez constante par la suite.

**Graphique 3 : Beaupré pour 1993-1997 et 1998-2002 (régions ouest et Nord-est)**



- 1993 -1997 : Nord-est et Ouest
- 1998 -2002 : Nord-est
- 1998 -2002 : Ouest

Sur Boelare, les résultats sont du même ordre que sur Beaupré. Le

différentiel de perte de croissance sur Boelare existe aussi entre le Nord-est et l'Ouest.

## Deux conclusions

Pour les expérimentateurs forestiers, l'harmonisation et la mise en commun des résultats expérimentaux peuvent apporter des réponses globales et robustes à des questions de portée nationale. Par ailleurs, un réseau d'essais important (en nombre de sites) et bien réparti, permet aussi, avec des suivis annuels, de mettre en évidence des effets d'événements annuels (rouille, sécheresse) pour lesquels il serait très difficile de mettre en place des dispositifs spécifiques afin de les étudier.

Pour les popuiculteurs, au vu de ces résultats expérimentaux, nous avons la confirmation que les attaques de rouille produisent des effets sur la croissance, différenciés en fonction des cultivars, et que l'impact est plus ou moins fort en fonction des régions (proximité des mélèzes).

Pour les sept cultivars, trois situations se définissent : Pour le Beaupré et le Boelare, il est clair que leur abandon est justifié, en particulier dans le quart Nord-est de la France. En effet, les pertes de croissance par rapport à la normale se cumulant, la production obtenue devient alors incompatible avec une popuiculture rentable. Les dimensions obtenues sur certains de ces peuplements les confirment. Par ailleurs, ces peuplements subissant une chute précoce des feuilles (en août), les mises en réserve sont difficiles, ils sont alors affaiblis ce qui aboutit à un risque fort de mortalité précoce.

Pour le Raspalje et l'Unal, les pertes de croissance sont moindres, mais il convient de rester prudent et d'utiliser ces cultivars de façon modérée c'est-à-dire en diversification quand la surface à planter est importante, et non comme cultivar de base. Pour le Ghoy, même si les pertes de croissance sont modérées, sa faible dynamique de croissance incite à éviter de l'utiliser dans les secteurs très favorables au développement des rouilles, comme les zones confinées avec un fort taux d'humidité. Pour le Dorskamp et le I 214, actuellement, les effets de la rouille E4 n'apportent aucune contre-indication à leur utilisation. ■

## Résumé

Le suivi de plusieurs centaines d'expérimentations au travers du Réseau expérimentations peuplier qui regroupe l'activité expérimentale d'une vingtaine d'organismes forestiers régionaux a permis d'évaluer l'impact des attaques de rouille E4 sur 7 cultivars de peuplier, au niveau national. Les deux cultivars les plus touchés par la rouille E4 sont Beaupré et Boelare. Dorskamp et I 214 ne subissent pas de perte de croissance. Il convient de rester prudent pour Raspalje, Unal et Ghoy.

**Mots-clés :** rouille, peuplier, perte de croissance.

## Bibliographie

■ Pinon, J. et Valadon, A. (1997).

*Comportement des cultivars de peupliers commercialisables dans l'Union européenne vis-à-vis de quelques parasites majeurs.*  
Annales des Sciences Forestières n°54, p. 19-38.

(1) Réseau peuplier de la Forêt privée : Adep Poitou-Charentes, Cetef de la Sarthe, Cetef de l'Indre, Cetef de l'Yonne, Cetef des Landes, Cetef du Berry, Cetef du Finistère, Cetef du Morbihan, Cetef garonnais, Chambre d'Agriculture du Morbihan, Chambre d'Agriculture Ille-et-Vilaine, CRPF Aquitaine, CRPF

Auvergne, CRPF Bourgogne, CRPF Champagne-Ardenne, CRPF Franche-Comté, CRPF Ile-de-France-Centre, CRPF Nord-Pas-de-Calais-Picardie, CRPF Pays de la Loire, CRPF Poitou-Charentes, CRPF Rhône-Alpes, GDF des Deux-Sèvres, Gipa, GPF 47, Peuplier du Centre Val de Loire, et l'IDF.

(2) L'impact des quelques rares parcelles de l'échantillonnage traitées une ou plusieurs fois entre 1998 et 2002 n'a pas été pris en compte. Leur effet éventuel sur le résultat ne pourrait être qu'une minoration légère des pertes de croissance observées.

## Forêt-entreprise

La revue technique des forêts et des arbres

Pour vous aider dans vos choix présents et futurs, pour répondre à toutes vos questions, retrouvez tous les deux mois dans Forêt-entreprise ● des conseils techniques de pointe en matière de sylviculture, adaptés aux besoins de la forêt privée ● des études de rentabilité comparée tenant compte des contraintes particulières de la forêt privée ● des pistes nouvelles en matière de gestion de l'environnement et de l'aménagement du territoire ● des témoignages ou expériences de sylviculteurs ● et toutes les nouveautés forestières.

Oui, je m'abonne\*

Abonnement France :

1 an - 6 numéros 46 €

\* Tarifs 2006

Abonnement étranger :

1 an - 6 numéros 60 €



Bulletin d'abonnement

RAISON SOCIALE : .....

NOM : ..... PRÉNOM : .....

ADRESSE : .....

CP : ..... VILLE : ..... TÉL : .....

Je règle par chèque libellé à l'ordre de Agent comptable SUF IDF et retourne l'ensemble (bulletin + chèque) dûment complété sous enveloppe affranchie à : SUF IDF-CNPPF, 23 avenue Bosquet, 75007 Paris, Tél. : 01 40 62 22 81.

## Du nouveau dans Sylvélite

Olivier Picard et Michel Chartier, IDF (1)

*Lancé en 2000, Sylvélite en est aujourd'hui à la version 2.5. Les nouveautés concernent les éditions des descriptions des parcelles forestières et des unités de gestion, les accès à la cartographie qui ont été simplifiés, et la possibilité de développer un module environnement (soumis à la disponibilité de cartes numériques).*

### Une aide à la gestion

Prévu pour une large gamme d'utilisateurs, propriété forestière, groupement forestier, association syndicale, indivision, société civile immobilière, Sylvélite 2.5, assure les fonctions principales suivantes :

**Gestion fiscale et cadastrale.** Les nouvelles dispositions fiscales liées à la Loi de 2001 sont prises en compte, comme les durées d'exonération et l'introduction des dispositions sur les régénérations naturelles notamment en futaie irrégulière. Il s'agit de faciliter le suivi administratif et fiscal de la propriété, par la création, la modification, et la suppression des parcelles cadastrales, et de leur statut en fonction de l'historique. Le suivi des changements de nature de culture (IL 6704) constitue une opération simple qui permet d'optimiser le revenu cadastral annuel et le bénéfice agricole forfaitaire.

**Gestion parcellaire et forestière.** Suivi de la description du parcellaire forestier, comme les essences présentes, la station, le sol, la pente, la desserte et de son évolution, comme l'état sanitaire. La parcelle forestière est le lieu où s'applique un peuplement, un programme de travaux (itinéraire technique), un inventaire. Un peuplement peut être régulier ou irrégulier, pur ou mélangé, le logiciel gère toutes ces situations. Sylvélite permet également une concordance

entre le parcellaire forestier et cadastral.

**Gestion technique et économique des peuplements forestiers.** Un itinéraire technique est appliqué à un type de peuplement. Il s'agit d'une succession prévisionnelle d'interventions sylvicoles depuis la création jusqu'à la coupe finale ou bien d'une série d'interventions pour la gestion irrégulière. À tout moment, il est possible de modifier et d'actualiser les programmes de travaux du plan de gestion. L'évolution des peuplements se fait au travers des itinéraires techniques.

**Gestion cartographique.** La convivialité de ce module a été améliorée avec un accès à la cartographie à toutes les étapes de l'utilisation de Sylvélite. Localisation des parcelles, des essences, des opérations sylvicoles... Ce module permet de visualiser l'évolution des peuplements forestiers, mais aussi d'organiser le travail sur la propriété. Ce module nécessite au préalable, la numérisation des plans forestiers et/ou cadastraux et leur géo-référencement.

**Gestion environnementale.** Dernière nouveauté de Sylvélite, le logiciel prévoit un module environnement. Celui-ci permet (grâce aux informations fournis par la Diren) de connaître parcelle par parcelle les contraintes environnementales et ainsi d'y associer une gestion adaptée. Ces informations peuvent être

visualisées grâce au module cartographie.

### Une gestion du futur

Ces fonctionnalités, facilitant la vie du gestionnaire, sont reliées à un outil d'édition permettant des sorties papiers. Ainsi, les sorties automatiques dans un objectif de PSG sont les suivantes : descriptifs des parcelles forestières, programme des interventions sur la durée du PSG et les listes des parcelles cadastrales, forestières...

Sylvélite, tableau de bord de la gestion forestière, offre l'opportunité aux propriétaires forestiers de mettre à jour les parcellaires cadastraux et forestiers. La conception modulaire du logiciel permet aux utilisateurs de saisir progressivement les données et de se familiariser avec les outils. Des outils d'exports Sylvélite favorise le partage et la diffusion de l'information entre propriétaires et gestionnaires.

Compatible avec les configurations courantes existant sur PC actuel, Sylvélite se personnalise facilement, grâce aux tables de données qui constituent les menus déroulants.

### Tarifs indicatifs :

Version monoposte avec module de cartographie (numérisation des cartes non comprises) : 747,5 € TTC  
Propriété supplémentaire : 95,68 € TTC.

(1) Contact technique : michel.chartier@cnppf.fr