



## Scénarios pour le volet forestier

Jean-Francois Dhote

► **To cite this version:**

| Jean-Francois Dhote. Scénarios pour le volet forestier. 2008. hal-02815214

**HAL Id: hal-02815214**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02815214>**

Submitted on 6 Jun 2020

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

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

*Ce chapitre offre une synthèse des éléments de prospective pour la forêt et propose deux scénarios d'évolution de la production, de la récolte et des utilisations des produits de la forêt et leur traduction en termes d'évolution des stocks de carbone.*

## Introduction

Pour établir des projections d'émissions/absorptions de gaz à effet de serre sur la période 2006-2020, dans le secteur forestier, nous nous sommes concentrés dans un premier temps sur l'évolution et la mobilisation de la ressource en place. En effet, la forêt métropolitaine n'est exploitée, depuis quatre bonnes décennies, qu'environ à hauteur de 60% de ce que permettrait sa production biologique (80% si l'on considère la fraction physiquement accessible de la production). Cette sous-exploitation conduit à un puits de carbone considérable dans la biomasse, qui représente en moyenne sur 1996–2005 17 MtC/an, soit 15% des émissions nationales de carbone fossile. Une des raisons principales en est que la productivité forestière a augmenté depuis 25 ans au rythme de 1% par an, comme le volume unitaire par ha, et la production globale de la forêt française est aujourd'hui supérieure de 40% à ce qu'elle était en 1980. Cette capitalisation est porteuse de risques sérieux à moyen-terme : densité excessive des peuplements, fortes hauteurs et volumes, d'où une vulnérabilité accrue vis-à-vis des aléas (tempêtes, sécheresses).

L'approche retenue consiste à simuler la réaction à quelques scénarios de récolte de l'ensemble de la forêt de métropole. Un modèle a été conçu et calibré à cet effet : les principes en sont exposés dans ce rapport, ainsi que des éléments sur sa calibration et de premiers résultats en termes de stocks de carbone et de mobilisation de bois-énergie.

Pour établir les scénarios, nous nous sommes inspirés d'une étude du secteur forestier réalisée par la FAO en 2005, et qui concerne l'Europe occidentale, l'Europe de l'Est et la Communauté des États Indépendants (UNECE-FAO, 2005). Cette étude est basée sur une analyse des tendances de 1960 à 2000, et propose des prévisions à l'horizon 2020 tenant compte, pour chacune des trois sous-régions, des perspectives d'évolution : macroéconomie, marchés des bois, gestion forestière, capacités de mobilisation et de transformation, flux internationaux dans et hors zone. Les prévisions sont déclinées pour trois scénarios, un tendanciel et deux alternatifs, l'un à croissance lente où le secteur forestier mettrait plus l'accent sur les fonctions de conservation (récoltes moindres, augmentation des prix), le second à croissance soutenue avec une intégration plus poussée de la filière (mobilisation accrue, baisse des prix). Faute d'éléments statistiques fiables et de visibilité pour le segment du bois-énergie, l'étude n'a pas chiffré les impacts de politiques incitatives aux énergies renouvelables. Elle signalait toutefois que cela constituerait un driver majeur de l'évolution du secteur, sans compromettre la durabilité de la gestion forestière ni l'approvisionnement des industries en place, du fait de l'accélération générale de la productivité en Europe depuis 30 ans, de l'augmentation des stocks sur pied et de la sous-exploitation qui en résultent (les récoltes représentent en 2000 60% de l'accroissement pour toute la zone, 70% pour l'Europe occidentale).

Pour l'Europe occidentale, les principales évolutions attendues seraient les suivantes entre 2000 et 2020 :

- accroissement du recyclage et de la transformation des résidus : la consommation de bois ronds passerait de 52 à 44% dans le total des matières premières d'origine forestière.
- dans le scénario tendanciel, la progression moyenne serait la plus forte pour le secteur papier (+2%) et les panneaux de fibres et particules (+1,9%); pour les sciages, elle serait de +0,9%, les sciages résineux progressant un peu plus (+1%) que les feuillus (+0,7%); à noter que la production de sciages résineux de la zone (89 Mm<sup>3</sup>) couvrirait exactement la consommation, tandis que la consommation de sciages

- feuillus progresserait nettement plus vite que la production (1,1% contre 0,7%), avec un accroissement des importations en provenance des pays tropicaux, d'Amérique du Nord et d'Europe de l'Est.
- dans le scénario tendanciel, la production et la consommation de bois ronds progresseraient en moyenne de 1 et 0,8% ; le taux de couverture des besoins en bois ronds (production/consommation) resterait compris entre 86 et 89%.
  - en ce qui concerne la sensibilité des projections précédentes vis-à-vis des trois scénarios : sous le scénario dit *Conservation*, la production et la consommation de bois ronds ne progresseraient que de 0,3%, contre 1,3% sous le scénario *Intégration*.

## 1 Résumé des scénarios

Nous avons décliné, pour la situation française, les options de l'étude FAO en deux scénarios intitulés T et I, comme Tendanciel et Intensif. Ces scénarios sont définis et résumés ici. Dans les paragraphes suivants, des commentaires justifient les choix qui ont été faits et détaillent les principales caractéristiques et conséquences attendues de chaque option.

Pour l'évolution de la surface forestière, nous retenons dans les deux scénarios une même hypothèse de progression de 47 500 ha/an, essentiellement sous forme d'accrûs spontanés. Cette estimation est le solde entre une progression de 50 000 ha/an en métropole et une diminution de 2 500 ha/an en Guyane, en supposant la prolongation jusqu'en 2020 du taux de déboisement estimé dans une étude récente ONF-CIRAD-CNRS (2006). Selon la même source (stock moyen de 230 tC/ha), la diminution annuelle de stock de carbone induite par le déboisement guyanais serait de 575 000 tC/an. Cette valeur étant 40 fois plus faible que le stockage annuel de métropole, et compte-tenu de la faible précision de nos projections, nous ne considérons dans toute la suite que les chiffres métropolitains en considérant qu'ils donnent une image correcte des valeurs nationales.

Nous considérons que l'accroissement de surface se réalisera intégralement sous forme de boisements spontanés. Depuis 25 ans (IFN, 2007), la progression de la forêt s'est faite, à un rythme proche de 80 000 ha/an, essentiellement dans des régions en déprise agricole (Sud-Est, régions montagneuses) et secondairement dans l'inter-région Nord-Ouest (Centre, Bretagne). Pignard (in Loustau, 2004) indiquait que l'accroissement de surface se fait à 80% sous forme de boisement naturel.

La manière plus ou moins rapide dont la surface forestière va progresser d'ici 2020 n'a pas d'impact sur l'évolution des volumes sur pied, production et disponibilité dans les forêts constituées : ces 3 facteurs-clés sont en effet déterminés par des forêts d'au moins 20 ans (le temps que les arbres atteignent le diamètre de précomptage de 7,5 cm). Compte-tenu des résultats sur l'économie des TCR (voir chapitre 5), leur émergence ne devrait pas jouer un rôle majeur pour la disponibilité en bois-énergie. Pour le bois-énergie, on fait les hypothèses suivantes :

- la consommation des ménages en bois-bûche restera constante, à son niveau de 2005 estimé par le CEREN<sup>1</sup>, soit 7,4 Mtep/an ou 31,6 Mm<sup>3</sup>/an : cette consommation est approvisionnée à 70% par du bois forestier, dont les houppiers des coupes de bois d'œuvre et de trituration et des prélèvements en unités de volume IFN, non comptabilisés dans les EAB.
- la consommation industrielle est approvisionnée par les rebuts de transformation du bois d'œuvre (on parlera pour simplifier de connexes de scierie).
- le secteur des plaquettes forestières est encore insensible à l'échelle de la ressource nationale ; on suppose qu'il se développe rapidement entre 2008 et 2020, avec un objectif final de Q millions de m<sup>3</sup>/an, où Q dépend du scénario ; le taux de réalisation de cet objectif est de 10% en 2009, 35% en 2011, 65% en 2013 et atteint 100% en 2020.
- l'objectif Q doit bien s'entendre comme une mobilisation complémentaire aux quantités de bois-énergie déjà consommées (bûches, connexes de scieries, bois hors forêt et déchets).

1. Voir <http://www.industrie.gouv.fr/energie/statisti/pdf/historique-enr02.pdf>

## Définition des scénarios

**Scénario T** (comme tendanciel) : les débouchés pour les usages traditionnels poursuivent sur leurs tendances passées, et un nouveau marché dynamique se crée pour le bois-énergie. Les récoltes de bois d'œuvre et de bois de trituration résineux progressent annuellement de 1,8% et 1,2% de 2005 à 2020 ; ces rythmes sont plus rapides que ceux de l'étude FAO, et traduisent un rattrapage progressif de la crise post-tempête. En prenant 1999 comme année de référence (année standard, avant les tempêtes), les taux de croissance calculés jusqu'à 2020 sont respectivement de 1% et 1,3%. Pour les bois ronds feuillus, le marché reste peu porteur, et les volumes récoltés stagnent au niveau moyen de prélèvement qui ressort des enquêtes annuelles de branche : 8,2 Mm<sup>3</sup>/an pour le bois d'œuvre (niveau rejoint en 2010) et 5,4 Mm<sup>3</sup>/an pour le bois de trituration. L'objectif Q pour la mobilisation additionnelle de bois-énergie (plaquettes forestières) est de 13 Mm<sup>3</sup>/an, c'est-à-dire dans le bas de la fourchette estimée par Vallet *et al.* (2007).

**Scénario I** (comme intensif) : il est marqué par un prix du pétrole qui reste durablement très élevé, un intérêt croissant des consommateurs pour le bois, des politiques publiques très incitatives, des progrès dans la mobilisation des bois et un relatif consensus pour accepter les impacts d'une exploitation accrue. Les récoltes de bois de trituration et de bois d'œuvre résineux progressent annuellement de 2% de 2005 à 2020. Par rapport à 1999, les taux de croissance jusqu'à 2020 seraient de 1,2% pour le BO résineux, 1,9% et 1,3% pour les bois de trituration résineux et feuillus. Pour le bois d'œuvre feuillu, on suppose une croissance annuelle des prélèvements de 0,7%, proche du scénario Baseline de l'étude FAO. L'objectif Q pour le bois-énergie est de 25 Mm<sup>3</sup>/an. Il s'agit là d'une mobilisation un peu supérieure aux disponibilités estimées par Vallet *et al.* (2007) ; néanmoins, nous estimons qu'elle constitue un futur possible, qui mérite d'être pris en considération.

## 2 Un modèle de production et de récolte à l'échelle nationale

Pour construire des projections de stocks de carbone en forêt à l'horizon 2020, nous avons dû construire un modèle dynamique *ad hoc*, assez simple et permettant de comparer des stratégies de récolte. Ce modèle fonctionne à l'échelle du territoire métropolitain dans son ensemble. Une désagrégation de ces prédictions nationales entre grandes inter-régions avait été envisagée initialement, notamment pour affiner le pronostic et améliorer les interactions avec les autres composantes de cette étude (carbone des sols). Elle n'a pas été possible compte-tenu du temps que nous pouvions investir.

La ressource nationale est décrite par les grandeurs accessibles dans les publications de synthèse de l'IFN (2007) : surface forestière totale, surface forestière de production, volumes sur pied pour les feuillus et les résineux, accroissement annuel de ces volumes (production). Un sous-modèle décrit la ventilation des récoltes par catégories d'usages (bois d'œuvre, bois de trituration, bois énergie), les scénarios précisant les perspectives d'évolution de chacune. Les processus décrits sont les suivants (on indique les valeurs de paramètres retenues) :

- la progression de la surface est linéaire, au rythme de 78 000 ha/an entre 1975 et 2005, ensuite 50 000 ha/an (la première valeur est ajustée pour reproduire les données observées, la seconde fait partie des hypothèses des scénarios) ; la surface des forêts de production en représente une fraction constante égale à 95%.
- le taux de croissance global  $a$  ( $\Delta V = aV$ ) du volume sur pied prend des valeurs différentes pour les feuillus et résineux ; entre 1975 et 2005, ces taux spécifiques varient linéairement de manière à reproduire les observations : augmentation de 4,96 à 5,16% entre 1980 et 2005 pour les résineux, diminution de 3,83 à 3,78% pour les feuillus ; pour les projections vers 2020, il est apparu souhaitable d'anticiper un ralentissement de la productivité ; pour ce faire,  $a$  diminue linéairement avec le volume moyen par hectare, avec pour valeurs de référence quand  $V/ha$  vaut 160 et 200 m<sup>3</sup>/ha : 5,16 et 4,50% pour les résineux, 3,78 et 3,50 % pour les feuillus.
- la mortalité en volume est composée de trois parties : une mortalité "de fond", proportionnelle au volume sur pied avec un taux constant de 0,4% ; des dégâts d'exploitation estimés à 10% du volume récolté ; des pertes par chablis : entre 1975 et 2005, celles-ci ont été estimées ponctuellement pour les années de forts

dégâts (1987, 88, 90, 2000 et 01) ; en projection, les chablis augmentent linéairement avec le volume moyen par hectare, les valeurs de référence quand V/ha vaut 160 et 200 m<sup>3</sup>/ha étant 1,5 et 5 Mm<sup>3</sup> ; la production nette se déduit de la brute par soustraction de ces trois composantes.

- la production dite "nette accessible" correspond à la fraction des peuplements bien équipés et sans trop de contraintes pour l'exploitation ; cette fraction est estimée à 75%, en minorant nettement le taux estimé par Vallet *et al.* (2007), mais plus proche du taux de 77% estimé récemment par Antoine Colin (IFN), que nous remercions pour son aide.

Outre les variables d'état et les quantités récoltées, les sorties fournies concernent le bilan de carbone national et le bilan de bois-énergie :

- pour transformer des volumes sur pied de résineux et de feuillus en tonnes de carbone dans la biomasse (aérienne et souterraine), on utilise la procédure et les paramètres présentés par Pignard (in Loustau, 2004) : les coefficients d'expansion sont de 0,361 tC/m<sup>3</sup>IFN pour les résineux, 0,535 tC/m<sup>3</sup>IFN pour les feuillus.
- pour estimer le volume de bois-fort des branches utilisables en bois-énergie, on utilise un taux unique de 0,34 m<sup>3</sup>branches/m<sup>3</sup>IFN. Nous insistons sur le fait que, comme l'ont fait Vallet et al (2007), nous ne considérons ainsi que la récolte du bois-fort des branches, ce qui laisse sur la coupe les menus bois très riches en éléments nutritifs. Notre scénario de récolte est donc relativement précautionneux en ce qui concerne la fertilité des sols.
- pour convertir des volumes en énergie, on applique un taux unique de 4,26 m<sup>3</sup>/tep ; les produits connexes de scierie, utilisés comme énergie, sont estimés en considérant un rendement moyen à la transformation de 60% (Vallet *et al.*, 2007).

Le sous-modèle dédié aux récoltes est décrit dans le paragraphe suivant. La figure 3.1 donne un aperçu des principales sorties : malgré le caractère schématisé de la prise en compte des perturbations, l'ensemble des séries s'ajustent bien à la fois aux résultats de l'IFN, les données CEREN pour le bois de feu et les statistiques EAB pour les bois-ronds industriels ayant servi d'entrée pour calibrer le modèle. Le niveau de stockage actuel est très proche de celui estimé par le CITEPA (77,9 MtCO<sub>2</sub>/an, voir tableau 2.6, écart relatif d'environ 1%).

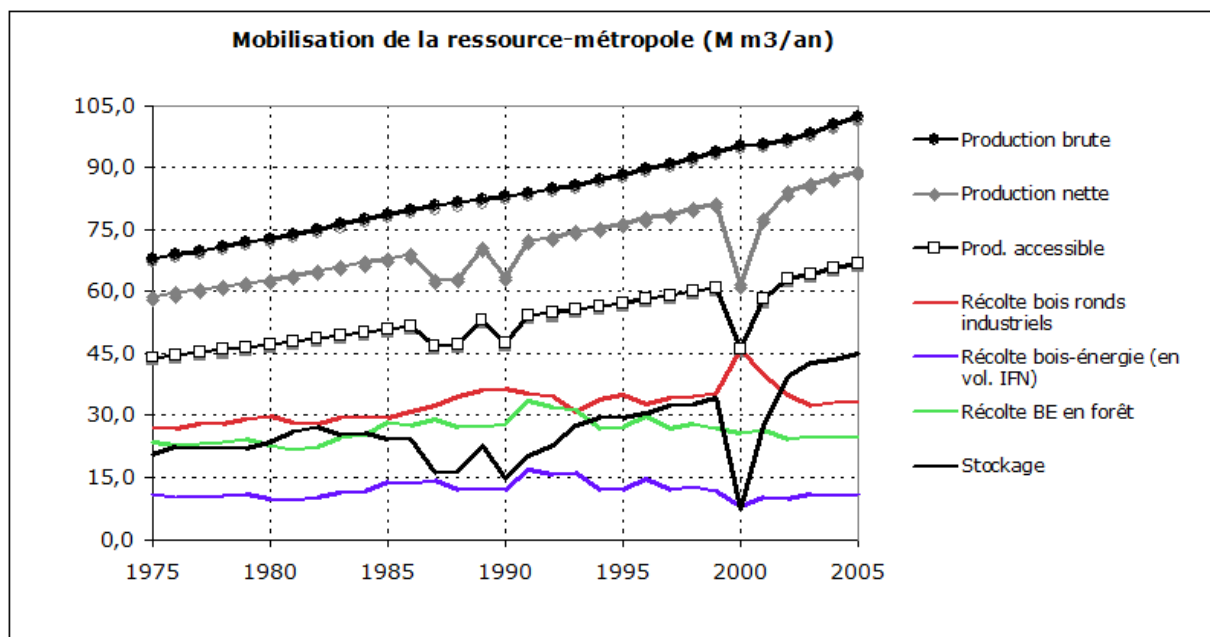


FIGURE 3.1 – Principales sorties du modèle production-récoltes pour la période 1975–2005.

### 3 Analyse rétrospective et prévision des récoltes

#### 3.1 Bois d'œuvre, bois de trituration et autres bois d'industrie

Pour ces catégories de produits, nous avons utilisé les statistiques d'exploitation forestière de l'Enquête Annuelle de Branche (EAB), qui sont produites et diffusées par le SCEES. La période analysée s'étend de 1975 à 2005, et les données ont été traitées en reprenant les agrégats utilisés par Cinotti (2006) :

- bois d'œuvre subdivisé en Sapin-Épicéa-Douglas-Mélèze, Pins et autres résineux, Chêne, Hêtre, Peuplier, autres feuillus ;
- bois de trituration subdivisé en Sapin-Épicéa-Douglas-Mélèze, Pins et autres résineux, feuillus ;
- autres usages comptabilisés subdivisés en autres bois d'industrie (bois de mines, poteaux, divers), bois de feu commercialisé.

Les données sont des volumes sur écorce, obtenus avec une correction de 10% (cf Peyron *et al.*, 2004) appliquée aux agrégats qui étaient renseignés jusqu'à 2004 en volume sous-écorce (bois d'œuvre résineux et bois d'industrie Pin et autres).

Les volumes récoltés par essence (ou groupe d'essences) présentent des tendances très similaires, d'une part à l'intérieur du groupe des feuillus, d'autre part à l'intérieur du groupe des résineux, aussi bien pour le bois d'œuvre que pour le bois de trituration : une augmentation tendancielle très nette pour les résineux, ponctuée de crises et de contrecoups au voisinage des années de forts chablis, avec la même vitesse de progression pour le groupe Sapin-Épicéa-Douglas-Mélèze et pour le groupe Pins et autres résineux ; une stagnation durable et semblable pour toutes les catégories de feuillus, malgré des perturbations des récoltes synchrones de celles des résineux. Du fait de ces similarités, les données ont été traitées en deux groupes, les résineux et les feuillus (figures 3.2 et 3.3).

Les autres bois d'industrie ne présentent aucune tendance nette sur les quinze dernières années, avec une récolte moyenne de 800 000 m<sup>3</sup>/an. Cette catégorie a été agrégée avec les bois de trituration, en la partageant par moitiés entre résineux et feuillus. Le bois de feu commercialisé ne représente qu'une partie minimale du total consommé pour cet usage, avec une moyenne de 2,9 Mm<sup>3</sup>/an. Dans un but de cohérence entre séries statistiques rétrospectives et prévisions, nous maintiendrons ce compartiment à l'identique entre 2006 et 2020, et les quantités correspondantes seront agrégées dans le total bois-énergie.

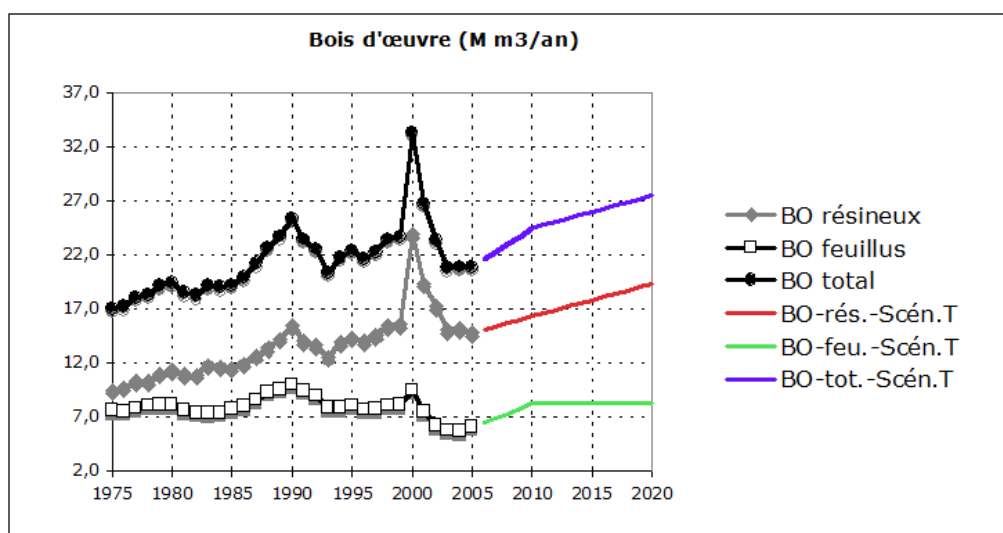


FIGURE 3.2 – Évolutions des récoltes annuelles de bois d'œuvre sur les 30 dernières années, et prévisions pour la période 2006-2020 sous le scénario T. Volumes de bois rond sur écorce. Source : SCEES, EAB exploitation forestière.

Dans la période récente, on note la forte perturbation occasionnée par les tempêtes de décembre 1999 : explosion des récoltes, logiquement plus marquée pour le bois d'œuvre, suivie d'une dépression dont la

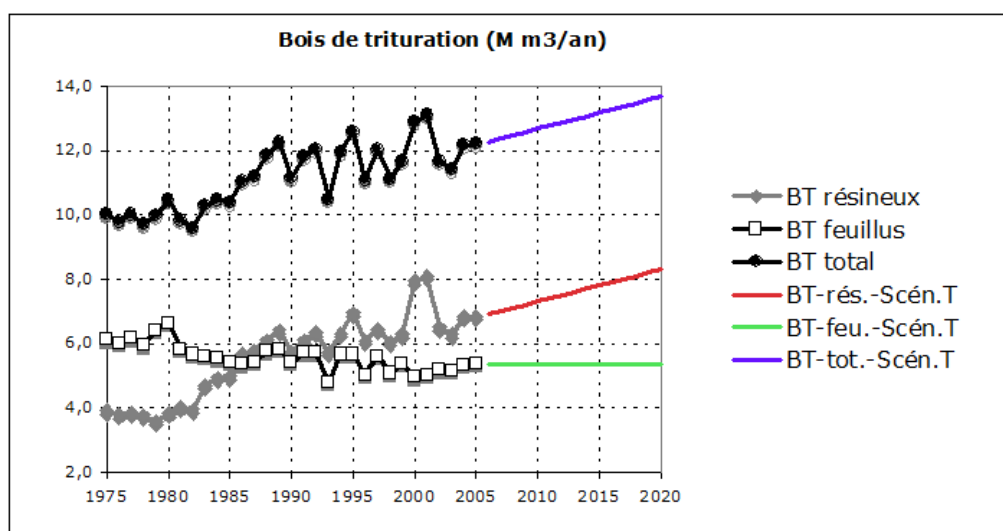


FIGURE 3.3 – Évolutions des récoltes annuelles de bois de trituration sur les 30 dernières années, et prévisions pour la période 2006-2020 sous le scénario T. Volumes de bois rond sur écorce. Source : SCEES, EAB exploitation forestière

sortie est différenciée selon les catégories de produits. Pour le bois de trituration, la dépression n'a concerné que les années 2002 et 2003, tandis que les récoltes de 2004 et 2005 sont en ligne avec les tendances précédentes. Pour le bois d'œuvre, la crise reste profonde, en particulier pour les feuillus dont certains clients étrangers importants ont déserté les marchés français après des déconvenues sur la qualité des bois achetés en 2000 et 2001 (voir l'analyse du marché pour le Hêtre dans Rubio et Marquette, 2007). Le diagnostic de marchés saturés en bois d'œuvre feuillus, fait par Cinotti (2006) sur la base des données de 2004, reste d'actualité.

Le marché de la construction, fort consommateur de sciages résineux, est actuellement dynamique ; nous avons supposé qu'il le resterait d'ici à 2020. Les scieries se sont équipées au cours des sept dernières années, et de nouvelles capacités de sciage se sont implantées au voisinage des grands massifs résineux de création récente, comme les plantations de Douglas du Morvan (Janny, 2007). Le nombre d'ingénieurs formés par l'ENSTIB pour le secteur de la construction et du génie civil a triplé en 10 ans, et ne suffit pas à satisfaire la demande des industriels. Ces indicateurs témoignent de bonnes anticipations des acteurs pour ce marché. *A contrario*, nous supposons que la mobilisation des bois feuillus restera difficile, dans les usages traditionnels en bois d'œuvre et bois de trituration. Un débouché nouveau en bois-énergie peut offrir de bonnes perspectives de valorisation pour cette ressource, dont une part importante est constituée de bois de petite dimension et/ou de mauvaise qualité (IFN, 2007).

Le tableau 3.1 présente les récoltes attendues sous les deux scénarios. Les chiffres indiqués sont des volumes bois-fort total (tige et branches). Il ne peuvent être comparés aux chiffres IFN qu'avec précaution, car le volume IFN ne comprend que le bois-fort tige et la fraction de volume dans les branches est élevée en France (beaucoup de feuillus et de structures lâches de type TSF, où les arbres sont très branchus).

Ce tableau donne, outre les deux années de référence 1999 et 2005, les projections pour 2010 et 2020. Pour chaque catégorie de récolte, on a indiqué le taux de croissance sur une période aussi proche que possible de celle de l'étude FAO, à des fins de comparaison. Ces taux de croissance annuels ont été calculés en prenant 1999 comme année de référence. En effet, 2000 a été une année très atypique, avec des récoltes très élevées pour écouler les chablis, alors que 1999 était bien en ligne avec les évolutions précédentes. Enfin, la dernière ligne renseigne le différentiel de récolte par rapport à la situation de 2005, la dernière année pour laquelle nous ayons des statistiques.

Pour les résineux, on aboutit à des taux de progression cohérents avec ceux des trois scénarios FAO (2005). Pour les feuillus par contre, nos projections donnent des taux de progression nettement inférieurs. Actuelle-

ment, aucun signal n'indique un retour proche à l'expansion du marché pour le bois d'œuvre feuillu. Dans les années 1990, quand la demande internationale en hêtre était vive, les prix ont monté mais les quantités mises en vente sont restées stables (Rubio et Marquette, 2007). La transformation locale des grumes feuillues reste atone, et l'abondante ressource française subit une concurrence croissante des pays d'Europe de l'Est, notamment à l'exportation. Pour les bois de trituration, il est vraisemblable que les industriels ont préféré jusqu'ici mobiliser des résineux, ce qui a contribué à la stagnation du BT feuillu. Ces choix d'approvisionnement pourraient évoluer à l'avenir, surtout dans les régions bien équipées où une compétition s'est installée entre les usages en papier, panneau et bois-énergie : pour les panneaux, par exemple, il y a peu d'obstacles techniques à la substitution des essences. On pourrait donc imaginer une progression plus forte pour ce marché, ainsi qu'une mobilisation accrue des bois feuillus de petite dimension et/ou de qualité secondaire. Les prémisses d'une telle évolution ne se manifestent pas pour l'instant, mais nous en avons admis la possibilité dans le scénario I.

Nous avons comparé les récoltes à la production annuelle. Pour ce faire, nous avons utilisé la production nette considérée comme accessible, estimée à partir de la production brute fournie par les documents IFN (2006; 2007). Ensuite, nous considérons que seule une fraction de cette production nette est physiquement accessible, pour des raisons liées à l'état du terrain, aux pistes, distances de débardage. Avec un barème assez pénalisant, Vallet *et al.* (2007) ont montré que 11% de la disponibilité théorique nationale ne serait pas physiquement accessible. Nous avons appliqué ici un taux plus sévère de 25%. Les scénarios T et I mobiliseraient respectivement 81 et 98% au maximum de cette production accessible : même avec des récoltes en forte progression, la forêt resterait un puits de carbone.

Les scénarios T et I conduisent à des récoltes accrues respectivement de 21 et 37 Mm<sup>3</sup>/an par rapport à 2005. Pour les résineux, la récolte atteindrait 28 à 29 Mm<sup>3</sup> en 2020. La ressource nationale disponible en résineux est en croissance rapide et peut suffire pour satisfaire cette demande, même en tenant compte des impacts des tempêtes de 1999 : une étude de Pignard *et al.* (2004, *in* IFN, 2004) estime que la disponibilité passerait de 23,5 Mm<sup>3</sup> en 2005 à 29 Mm<sup>3</sup> en 2020. Quant aux feuillus, leur production brute actuelle est de 57 Mm<sup>3</sup> (IFN, 2007), ce qui laisse une large marge.

### **3.2 Bois-énergie : estimation des consommations actuelles**

Pour le bois-énergie, nous avons utilisé deux sources de données : l'EAB-Exploitation forestière fournit les quantités de bois de feu commercialisé (cf supra) ; le CEREN fournit quant à lui une série de consommations énergétiques des ménages (en ktep) depuis 1970, qui ont été converties en volume avec le coefficient 4,26 m<sup>3</sup>/tep : ce coefficient résulte d'un taux de 0,43 tep/tonne de matière sèche et de l'application des infradensités du bois pour les feuillus et les résineux qui ont été utilisées dans le projet CARBOFOR (Loustau, 2004) ; la valeur 4,26 m<sup>3</sup>/tep est la moyenne pondérée par la proportion des feuillus et résineux dans la ressource nationale (en toute rigueur, il conviendrait de considérer une moyenne pondérée par l'usage des catégories d'essences en bois de feu, qui est certainement plus à l'avantage des feuillus).

Pour établir quelle part du bois de feu CEREN provient du volume au sens de l'IFN (volume bois-fort tige), il faut estimer la proportion qui vient d'arbres non forestiers (haies, boqueteaux, recyclage) et celle qui provient des branches des arbres comptabilisés par l'IFN. La proportion de bois de feu non-forestier a été fixée à 30%, selon les résultats d'une étude Arthur Andersen pour l'ADEME. Les autres coefficients ont été estimés de façon à ce que les évolutions prédites des volumes soient cohérentes avec les chiffres de l'IFN sur la période 1975-2005. Pour la proportion de branches, on a utilisé les résultats du projet CARBOFOR : pour rester cohérents avec le travail de Vallet *et al.* (2007), nous n'avons considéré que le volume bois-fort des branches, ce qui donne une valeur moyenne de 0,34 m<sup>3</sup> branches/m<sup>3</sup> de volume IFN. On peut finalement appliquer ce taux aux récoltes EAB, et déduire les récoltes non comptabilisées en fermant le bilan.

Cette méthode donne les résultats suivants, en moyenne sur la période 1996-2005 : la consommation des ménages a été de 33,9 Mm<sup>3</sup>, dont 7,6 viennent d'arbres non-forestiers, 15,1 des branches d'arbres forestiers récoltés pour des usages industriels, 2,5 sont déclarés par des professionnels à l'EAB et 8,6 sont du volume IFN. Si l'on compare la partie "branches" de ce total à l'accroissement net des branches de la ressource



| Date                     | BO   |      | BT   |      | Totaux |      |      |      | Récolte   |         |       | Taux prélev. |
|--------------------------|------|------|------|------|--------|------|------|------|-----------|---------|-------|--------------|
|                          | Rés. | Feu. | Rés. | Feu. | BO     | BT   | Rés. | Feu. | Industrie | Énergie | Total |              |
| <b>Valeurs observées</b> |      |      |      |      |        |      |      |      |           |         |       |              |
| 1999                     | 15,6 | 8,1  | 6,3  | 5,4  | 23,7   | 11,7 | 21,9 | 13,5 | 35,3      | 27,0    | 62,3  | 76%          |
| 2005                     | 14,8 | 6,1  | 6,8  | 5,4  | 20,9   | 12,2 | 21,7 | 11,4 | 33,1      | 25,0    | 58,1  | 65%          |
| <b>Scénario T</b>        |      |      |      |      |        |      |      |      |           |         |       |              |
| 2010                     | 16,3 | 8,2  | 7,3  | 5,4  | 24,5   | 12,7 | 23,6 | 13,6 | 37,2      | 27,6    | 59,8  | 71%          |
| 2020                     | 19,3 | 8,2  | 8,3  | 5,4  | 27,5   | 13,7 | 27,6 | 13,6 | 41,2      | 38,0    | 79,2  | 81%          |
| Taux var. (%)            | 1,0  | 0,1  | 1,3  | 0,0  | 0,7    | 0,8  | 1,1  | 0,0  | 0,7       | 1,6     | 1,1   | -            |
| Surplus récolte          | 4,5  | 2,1  | 1,5  | 0,0  | 6,6    | 1,5  | 5,9  | 2,1  | 8,1       | 13,0    | 21,1  | -            |
| <b>Scénario I</b>        |      |      |      |      |        |      |      |      |           |         |       |              |
| 2010                     | 16,3 | 8,2  | 7,4  | 5,9  | 24,5   | 13,3 | 23,7 | 14,1 | 37,8      | 30,0    | 67,8  | 74%          |
| 2020                     | 19,9 | 8,8  | 9,3  | 6,9  | 28,7   | 16,2 | 29,2 | 15,7 | 44,9      | 50,0    | 94,9  | 98%          |
| Taux var. (%)            | 1,2  | 0,4  | 1,9  | 1,2  | 0,9    | 1,6  | 1,4  | 0,7  | 1,1       | 2,9     | 2,0   | -            |
| Surplus récolte          | 5,1  | 2,7  | 2,5  | 1,5  | 7,8    | 4,0  | 7,5  | 4,2  | 11,8      | 25,0    | 36,8  | -            |

*Lecture du tableau* : Récoltes en unités de volume bois-fort total (tiges et branches) ; valeurs observées en 1999 et 2005, projections en 2010 et 2020 (millions de m<sup>3</sup>/an). Deux dernières lignes : taux de croissance entre 1999 et 2020, surplus de récolte en 2020 par rapport à 2005. Dernière colonne : ratio entre récolte totale et la production nette considérée comme accessible.

TABLE 3.1 – Présentation des deux scénarios pour le volet forêt.

accessible, on obtient un taux de 75%, proche du taux équivalent pour le volume bois-fort tige (79%). Les estimations semblent donc assez robustes. Pour compléter le bilan de bois-énergie, nous ajoutons les produits connexes de scierie, estimés à 40% du volume de bois d'œuvre (cf Vallet *et al.*, 2007).

### 3.3 Bois-énergie supplémentaire : mobilisation de plaquettes forestières

Pour construire le volet bois-énergie des deux scénarios, le plus simple était de maintenir fixés à leur niveau actuel les usages existants, et de leur ajouter un plan de mobilisation additionnel en plaquettes forestières. Le principe de ce compartiment a été présenté à la section 1. Le plus délicat était d'estimer le niveau final (en 2020) de cette consommation de plaquettes. Il est clair que nous sommes au début d'un processus, dans la phase exponentielle. On le mesure bien en consultant les statistiques publiées par l'ADEME (décisions d'investissement des collectivités, par exemple) ou les études de cas réalisées par les étudiants d'Agro-ParisTech à Nancy. Au moment où nous sommes dans le processus, il est très spéculatif d'estimer où il va plafonner, les outils de modélisation globale faisant défaut. Une chose est claire toutefois : une mobilisation complémentaire massive de bois-énergie ne sera pas limitée d'abord par la ressource physique. Celle-ci est abondante et suffirait à fournir 25 M m<sup>3</sup>/an, même en se restreignant aux sites relativement faciles à exploiter et en n'exploitant que le bois-fort. Les opportunités et freins principaux relèvent de l'économie, des déterminants sociaux et psychologiques sous-jacents aux stratégies des acteurs (propriétaires privés à 75%, coopératives, collectivités locales) et des politiques mises en œuvre.

L'étude de gisements bois-énergie réalisée par IFN-SOLAGRO (IFN, 2005) a estimé la sensibilité au prix du baril de pétrole du taux de gisement effectivement mobilisé. Sur la base d'un gisement estimé à 34 M m<sup>3</sup>/an, la sensibilité est très élevée : quand le pétrole augmente de 31 à 49\$, le taux de mobilisation passe de 20 à 69%, et les volumes de 7 à 23 M m<sup>3</sup>/an. Même si les représentants des industries de la pâte à papier (interview dans la même source) remarquent que cette mobilisation n'a pas été observée depuis fin 2002, alors que le prix du pétrole dépasse la valeur de 31\$, on peut penser que nous avons affaire à une réaction différée (inertie pour mettre en place des méthodes et circuits de mobilisation) mais réelle, comme en témoigne l'envolée des prix du bois-bûches dans certaines régions.

Nous avons donc choisi de proposer deux niveaux de consommation en 2020 : 13 et 25 M m<sup>3</sup> pour les scénarios T et I. Le premier est dans la fourchette, le second un peu supérieur, si l'on se réfère aux estimations de l'étude Cemagref (Vallet *et al.*, 2007). La valeur plus de 25 Mm<sup>3</sup> nous semble envisageable, si l'on considère que l'étude Cemagref prévoit une disponibilité théorique maximale de 40 Mm<sup>3</sup> en bois d'industrie

ou énergie (hors branches), plus 37,5 Mm<sup>3</sup> de bois d'œuvre. Le total (77,5 Mm<sup>3</sup>) est nettement inférieur à l'accroissement brut actuel (103 Mm<sup>3</sup>). Il en va de même si l'on restreint la comparaison aux peuplements accessibles (69 contre 73 Mm<sup>3</sup>). Les données IFN sur lesquelles a travaillé l'équipe du Cemagref sont celles obtenues par l'ancienne méthode, avec une année moyenne 1998 : depuis, la productivité annuelle a augmenté de 8,5%, et il n'y a pas de signaux de ralentissement. Le scénario I permettrait donc de ralentir fortement la capitalisation en cours, tout en alimentant une filière très dynamique de bois-énergie. L'idée de substituer aussi complètement que possible la consommation de bois-énergie au stockage en forêt est présente dans les travaux de prospective que nous avons pu consulter (Dessus *et al.*, 1998; UNECE-FAO, 2005). Enfin, insistons sur le fait que la montée en charge est prévue très rapide : 10% de l'objectif réalisé en 2009, 50% en 2012, achèvement en 2020.

## 4 Résultats

| Date                     | Stocks de carbone - biomasse forestière |             |                      |                          | Quantité de bois-énergie mobilisée |            |                    |            |                 |       |
|--------------------------|---|-------------|----------------------|--------------------------|------------------------------------|------------|--------------------|------------|-----------------|-------|
|                          | Forêt de production (MtC)               | Forêt (MtC) | Stock par ha (tC/ha) | Stockage annuel (MtC/an) | Bûche                              | Plaquettes | Total forêt (Mtep) | Hors forêt | Connex scieries | Total |
| <b>Valeurs observées</b> |   |             |                      |                          |                                    |            |                    |            |                 |       |
| 1999                     | 1 010                                   | 1 060       | 70                   | 16                       | 6,3                                | 0,0        | 6,3                | 1,9        | 2,2             | 10,4  |
| 2005                     | 1 100                                   | 1 160       | 74                   | 21                       | 5,9                                | 0,0        | 5,9                | 1,5        | 2,0             | 9,4   |
| <b>Scénario T</b>        |   |             |                      |                          |                                    |            |                    |            |                 |       |
| 2010                     | 1 200                                   | 1 280       | 81                   | 21                       | 5,9                                | 0,6        | 6,5                | 1,5        | 2,3             | 10,3  |
| 2020                     | 1 340                                   | 1 470       | 90                   | 19                       | 5,9                                | 3,1        | 8,9                | 1,5        | 2,6             | 13,1  |
| <b>Scénario I</b>        |   |             |                      |                          |                                    |            |                    |            |                 |       |
| 2010                     | 1 200                                   | 1 280       | 81                   | 20                       | 5,9                                | 1,2        | 7,1                | 1,5        | 2,3             | 10,9  |
| 2020                     | 1 300                                   | 1 430       | 87                   | 13                       | 5,9                                | 5,9        | 11,7               | 1,5        | 2,7             | 16,0  |

TABLE 3.2 – Projections sous les deux scénarios T et I.