



Comparaison économique d'itinéraires sylvicoles pour le hêtre en futaie régulière



Mémoire de fin d'études

Nicolas TOQUARD

17^e promotion – 2006/2009

Juin 2009

Photographies de la page de garde :

1-2

3-4

1 : détournage en Rhénanie-Palatinat : Emmanuel Bonaimé

2 : hêtre de taillis sous futaie en Haute-Marne : Nicolas Toquard

3 : hêtraie dense, forêt domaniale du Ban d'Uxegney : Daniel Lhuillier

4 : hêtraie menée de façon dynamique en plein : ONF

AgroParisTech-ENGREF
Formation des ingénieurs forestiers

Institut national de recherche agronomique

Office national des forêts

Laboratoire d'économie forestière

Comparaison économique d'itinéraires sylvicoles pour le hêtre en futaie régulière

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Nicolas TOQUARD

17e promotion – 2006/2009

Juin 2009

FICHE SIGNALÉTIQUE D'UN TRAVAIL D'ÉLÈVE DE LA FIF

Formation des ingénieurs forestiers de l'ENGREF Agro Paris Tech	TRAVAUX D'ÉLÈVES
TITRE : <i>Comparaison économique d'itinéraires reflués pour le hêtre</i>	Mots clés : <i>forêt régulière hêtre détourage dessilage</i>
AUTEUR(S) : <i>Nicolas TOQUARD</i>	Promotion : <i>FIF 2006-2009</i>
Caractéristiques : <i>1 volume 107 pages ; 41 figures ; 3 annexes ;</i> bibliographie.	

CADRE DU TRAVAIL		
ORGANISME PILOTE OU CONTRACTANT : <i>Laboratoire d'économie forestière</i>		
Nom du responsable :	<i>Sandrine Costa</i>	
Fonction :		
Nom du correspondant ENGREF (pour un stage long) : <i>Sandrine Costa</i>		
Tronc commun <input type="checkbox"/>	Stage en entreprise <input type="checkbox"/>	Autre <input type="checkbox"/>
Option <input type="checkbox"/>	Stage à l'étranger <input type="checkbox"/>	
D. d'approfondissement <input type="checkbox"/>	Stage fin d'études <input checked="" type="checkbox"/>	
Date de remise : <i>19 juin 09</i>		
Contrat avec Gref Services Nancy <input type="checkbox"/> OUI <input checked="" type="checkbox"/> NON		

SUITE À DONNER (réservé au service des études)	
<input checked="" type="checkbox"/> Consultable et diffusable	
<input type="checkbox"/> Confidentiel de façon permanente	
<input type="checkbox"/> Confidentiel jusqu'au / / , puis diffusable	

Résumé

Le mémoire compare économiquement différents itinéraires sylvicoles pour le hêtre en futaie régulière. Les sylvicultures envisagées reposent sur des éclaircies plus ou moins dynamiques utilisant éventuellement le détournage ou le dépressage. Le travail confirme l'intérêt des sylvicultures très énergiques qui permettent d'améliorer la production de bois de qualité en moins longtemps. Il indique également que le choix de la sylviculture dépend de la situation économique du propriétaire. Enfin, la variation des prix du bois joue un rôle très important. C'est ainsi que la capacité de la sylviculture à accentuer les prélèvements quand les marchés sont demandeurs constitue un fort avantage concurrentiel.

Abstract

This report makes an economic comparison of different silvicultural practices for beech in even-aged forests. Intensive practices that increase growth and wood quality production are shown to be more beneficial than other ones. This report takes into account financial and economical situation of forest owner, as well as price fluctuations. It is shown that flexibility of silvicultural practices allows to increase benefits as it allows to increase timber sales when prices are high.

Remerciements

Ce travail n'a été possible que grâce à l'appui d'un comité scientifique aux compétences variées. Chacun des membres m'a fait part de ses connaissances sur son domaine et m'a apporté un regard différent sur le travail à réaliser.

Il n'a d'ailleurs pas toujours été possible de satisfaire toutes les attentes. L'objectif était en effet non seulement d'évaluer la production possible dans les différents itinéraires mais aussi de parvenir à donner une forte connotation économique au sujet.

J'espère néanmoins que les différentes personnes qui m'ont aidé auront trouvé autant de satisfaction que moi dans ce travail.

1	INTRODUCTION.....	9
2	DESCRIPTION DES ITINERAIRES SYLVICOLES.....	10
2.1	CONTEXTE	10
2.2	DIVERSITE DES ITINERAIRES ENVISAGES.....	10
2.3	ITINERAIRE TEMOIN.....	11
2.4	ITINERAIRES N2 D'OSWALD.....	11
2.5	ITINERAIRE DYNAMIQUE SANS DEPRESSAGE.....	11
2.6	ITINERAIRE DYNAMIQUE AVEC DEPRESSAGE.....	11
2.7	ITINERAIRE DE DETOURAGE APRES UN NETTOIEMENT	12
2.8	ITINERAIRE DE DETOURAGE PRECOCE	12
2.9	RECAPITULATIF DES ITINERAIRES ENVISAGES, COMPARAISONS 2 A 2.....	13
3	ÉVALUATION DENDROMETRIQUE DES ITINERAIRES,.....	13
3.1	FERTILITE DU PEUPEMENT.....	14
3.2	SIMULATION DES SYLVICULTURES.....	14
3.2.1	LE RECOURS AUX PEUPELEMENTS REELS	14
3.2.2	PRINCIPES DES ECLAIRCIES DANS LES DIFFERENTS ITINERAIRES	16
3.3	RESULTATS DES SIMULATIONS	18
3.3.1	DESCRIPTION DE L'ÉVOLUTION DES PEUPELEMENTS	18
3.3.2	LA CROISSANCE EN DIAMETRE	19
3.3.3	LA PRODUCTION	22
3.4	INCERTITUDES SUR LES RESULTATS.....	25
4	ÉVALUATION ECONOMIQUE.....	27
4.1	CRITERES ECONOMIQUES APPLICABLES EN GESTION FORESTIERE.	27
4.1.1	LES CRITERES DE PRODUCTIVITE PHYSIQUE.....	28
4.1.2	LE BENEFICE MOYEN ANNUEL	28
4.1.3	CRITERES ECONOMIQUES REPOSANT SUR LA VALEUR ACTUALISEE	30
4.1.4	BENEFICE ACTUALISE SUR UNE INFINITE DE REVOLUTIONS (BASI)	32
4.1.5	LES CRITERES FINANCIERS : LE TAUX INTERNE DE RENTABILITE.	32
4.1.6	AUTRES INDICATEURS POSSIBLES	33
4.1.7	GRANDEURS ANNEXES	35
4.1.8	COMPARAISON DES INDICATEURS	38
4.1.9	CONCLUSION SUR LES INDICATEURS ECONOMIQUES	39
4.2	ÉVALUATION DES RECETTES ET DES DEPENSES	40
4.2.1	LES RECETTES.....	40
4.2.2	LES PRINCIPALES DEPENSES	44
4.3	RESULTATS DES COMPARAISONS ECONOMIQUES	46
4.3.1	CRITERE DE PRODUCTIVITE PHYSIQUE : ACCROISSEMENT MOYEN ANNUEL VENTILE PAR QUALITE 46	
4.3.2	GENERALITES SUR LES RESULTATS DE COMPARAISON AVEC LES INDICATEURS PRENANT EN COMPTE LA VALEUR.....	48
4.3.3	BENEFICE MOYEN ANNUEL.....	49
4.3.4	TAUX INTERNES DE RENTABILITE.....	49
4.3.5	BENEFICE ACTUALISE SOUS CONTRAINTE BUDGETAIRE	49
4.3.6	ANNUITE CONSTANTE EQUIVALENTE DU CHIFFRE D'AFFAIRE ACTUALISE	49
4.3.7	BENEFICES ACTUALISES	49

4.4	ANALYSES ECONOMIQUES COMPLEMENTAIRES	50
4.4.1	DE L'IMPORTANCE DE LA QUALITE DES BOIS PRODUITS	50
4.4.2	LE BENEFICE : UNE DIFFERENCE ENTRE CHIFFRE D'AFFAIRES ET CHARGES	51
4.4.3	DIAMETRE D'EXPLOITABILITE.....	54
4.4.4	UNE VARIABILITE DES PRIX DANS LE TEMPS A METTRE A PROFIT ?	55
5	CONCLUSION.....	58
6	BIBLIOGRAPHIE.....	60
7	ABREVIATIONS ET SIGLES	65
8	LISTE DES CONTACTS.....	66
9	ANNEXES.....	67
9.1	ANNEXE 1 : ÉCHEANCIER DES TRAVAUX RETENUS POUR CHAQUE ITINERAIRE.	68
9.2	ANNEXE 2 : ÉVOLUTION DE LA PRODUCTION MOYENNE ANNUELLE REPARTIE PAR QUALITE POUR LES DIFFERENTS ITINERAIRES SYLVICOLES ENVISAGES, SELON LES HYPOTHESES FAITES SUR LE NOMBRE DE TIGES DE QUALITE POTENTIELLE « A+B ».....	69
9.3	ANNEXE 3 : INFLUENCE DES PRINCIPALES HYPOTHESES.....	74
9.4	ANNEXE 4 : EXEMPLES DE COMPARAISONS DE RESULTATS ECONOMIQUES	76

1 Introduction

Le hêtre est une essence importante de la forêt française. Avec 1,3 million d'hectares, c'est en effet la troisième essence feuillue en surface derrière les deux chênes (AFOCEL, 2006, d'après IFN). Elle est proportionnellement plus importante encore pour les forêts publiques, puisque la hêtraie représente 20 % des forêts domaniales (SARDIN et al., 2007) et aussi beaucoup en forêt communale. Cette espèce compte parmi les plus touchées par la tempête de 1999 (ARMAND, 2000,a) de sorte qu'il existe des enjeux de reconstitution très importants. En outre, ces efforts de renouvellement sont accentués par le fait que l'histogramme des classes d'âge des hêtraies en futaie régulière bénéficiant du régime forestier est mal équilibré, plus précisément largement vieilli au regard des objectifs actuels de production (LE THERY et ROMAN-AMAT, 1996).

S'il est acquis que cette essence présente de meilleures qualités technologiques avec une croissance rapide (POLGE, 1980), les simulations de modification de l'aire de répartition avec les changements climatiques interpellent les forestiers (BADEAU et al., 2004).

Plusieurs techniques ont fait leur apparition au cours des 20 dernières années afin de dynamiser la sylviculture, comme le dépressage et le détournage. Mais les avis ne sont pas unanimes. Entre intérêt technique, coût des opérations, influence sur la productivité et la qualité, les arguments s'opposent. Alors que les changements climatiques se sont traduits jusqu'à présent par une augmentation significative de la productivité du hêtre - et une diminution correspondante de la révolution - (BONTEMPS et al., 2005), jusqu'à quelle vitesse est-il raisonnable de chercher à faire pousser cette essence ? Est-il par ailleurs encore souhaitable d'investir pour un objectif si lointain et incertain ?

Ce travail de fin d'études d'ingénieur forestier cherche ainsi à réaliser des comparaisons économiques entre différents itinéraires sylvicoles. La valeur permet de réaliser une conversion d'unités entre le travail nécessaire, le niveau de la production, ou encore la qualité de cette dernière. L'importance accordée au temps qui passe est abordée à l'aide de différentes techniques économiques, comme par exemple l'actualisation. La réalisation de cette étude a nécessité la définition assez précise des conditions de validité de la comparaison (contexte biogéographique, fertilité...). Parfois même, il a fallu formuler des hypothèses du comportement attendu des peuplements quand les éléments disponibles ne permettaient pas de les évaluer de façon impartiale (qualité des bois produits, contexte commercial...).

Certes, la thématique abordée est très précise. Cependant, la plupart des techniques utilisées dans ce travail sont facilement extrapolables pour d'autres projets. Et c'est bien là un des principaux enjeux de cet exercice : cerner les effets du temps pour des cycles de production très longs, dimensionner raisonnablement le niveau des investissements, évaluer la variabilité de la qualité des bois produits, relativiser la production au capital immobilisé sans perdre de vue la dimension forestière du sujet (techniques forestières) et les aspects biologiques (croissance-production, dendrométrie). Il s'agit également de comprendre la signification des différents indicateurs économiques possibles ainsi que leurs réactions à différents événements et dans différents contextes. On peut ainsi adapter au mieux la sylviculture aux attentes de chaque propriétaire et des bénéficiaires.

Le travail s'est déroulé avec plusieurs phases successives qui servent de trame au présent rapport. Dans un premier temps, différents itinéraires sylvicoles ont été formulés en regard des idées actuelles. Il a ensuite été procédé à leur simulation puis à leur évaluation dendrométrique en vue de disposer des volumes exploités en éclaircie ainsi que du volume restant sur pied, réparti par qualités, tout au long du cycle de production. La dernière partie constitue l'évaluation économique à proprement parler. Après avoir rappelé les fondements des différents indicateurs économiques possibles, différents contextes commerciaux envisageables pour le hêtre sont définis. Ces éléments permettent la comparaison des différents itinéraires. Enfin, la réflexion s'achève par une approche thématique sur quelques enjeux forts comme l'intérêt de la production de qualité ou bien la prise en compte du risque économique.

2 Description des itinéraires sylvicoles

2.1 Contexte

Jusqu'au XIX^e siècle, le hêtre est cultivé en taillis-sous-futaie comme la plupart des autres essences feuillues en France. Sous l'impulsion de l'École forestière de Nancy, les peuplements de hêtre vont faire l'objet d'une conversion en futaie régulière dans de nombreux massifs forestiers, en particulier en forêts domaniales. C'est ainsi que le traitement en futaie équienne a été adopté pour 79 % de la surface des hêtraies domaniales et 53 % des hêtraies communales (SARDIN et al., 2007). Même dans les forêts non converties, parallèlement à une baisse des besoins en bois de chauffage, le traitement en taillis-sous-futaie a progressivement été abandonné de sorte qu'il n'existe presque plus en tant que tel. Le traitement en futaie irrégulière - bien très adapté au hêtre - est pour sa part relativement peu répandu tant en forêts publiques qu'en forêts privées.

On remarquera que seul le traitement en futaie régulière est envisagé dans cette comparaison. La notion de mélange a également volontairement été exclue des investigations car les multiples configurations de mélange associées à des hypothèses potentiellement très variables sur les prix rendent difficile la prise en compte de cet aspect pourtant essentiel. On fait ainsi comme si toute la surface de la parcelle était consacrée au hêtre alors que tous les itinéraires reconnaissent l'intérêt d'inclure une part significative de mélange. Les itinéraires par plantation ne sont pas non plus envisagés.

Jusqu'au milieu du XX^e siècle, la sylviculture du hêtre a été très conservatrice. Elle a conduit à des peuplements très capitalisés avec des accroissements très faibles sur le diamètre. Le bois ainsi produit est souvent de qualité médiocre car très nerveux. Face aux besoins des industriels, la sylviculture s'est progressivement dynamisée à partir de 1970. C'est ainsi qu'il existe un consensus pour une sylviculture au moins aussi dynamique que celle traduite par la norme « éclaircie moyenne » d'Oswald (INRA, 1982). On observe d'ailleurs que les préconisations en vigueur à l'Office national des forêts (LE THERY, ROMAN-AMAT, 1996) sont beaucoup plus énergiques. Cette intensification de la sylviculture du hêtre semble d'autant plus nécessaire que le hêtre a bénéficié jusqu'à présent d'une forte augmentation de sa productivité dans la moitié nord de la France sous l'effet des changements climatiques observés au cours du XX^e siècle.

2.2 Diversité des itinéraires envisagés

Pendant la phase juvénile, on compare la réalisation ou non d'un dépressage. Cette intervention est l'équivalent d'une première éclaircie à bois perdu très précoce qui vise à améliorer la croissance et la vigueur des tiges au cours de la phase de compression, moment où les arbres se livrent une concurrence effrénée. Par rapport aux différentes préconisations en vigueur (CORDONNIER et al., 2007 ; CHOPARD, 2005 ; ONF, 2005 ; ONF, 2006), le dépressage envisagé dans cette étude ramène un peuplement de 8 m de hauteur dominante à une densité de 4000 tiges/ha cadastral. À défaut de dépressage, il est seulement réalisé un nettoyage qui se limite à doser le mélange et à enlever les tiges malades (en particulier chancreuses). La phase d'installation consiste en 4 dégagelements de semis totalisant 3 à 6 jours de travail par hectare.

Les sylvicultures simulées et évaluées correspondent à différentes intensités d'éclaircies pendant la phase adulte, depuis l'absence d'intervention (témoin) jusqu'à la mise en croissance libre des arbres objectifs (détourage). A la différence des interventions « en plein », les détourages concentrent les interventions uniquement au profit d'un nombre limité de tiges. Ce nombre est défini au regard des dimensions qu'occuperont les houppiers des arbres arrivés à maturité. Pour toutes les modalités, le dixième de l'âge du peuplement est un bon ordre de grandeur de la rotation des coupes.

Les sylvicultures dynamiques de peuplement correspondent aux sylvicultures proposées dans les guides de l'ONF postérieurs à 2000 (ONF, 2005 ; ONF, 2009) qui confortent les objectifs d'intensification de la sylviculture du hêtre, comme proposé dans le *Bulletin technique n°31* (ONF, 1996).

Si ces documents envisagent désormais une sylviculture d'arbre au travers de la méthode du détourage, elles la restreignent la plupart du temps à des contextes particuliers. Ainsi *les itinéraires sylvicoles en futaie régulière de hêtre* (ONF, 2009a) n'envisagent la sylviculture de détourage que face à des contraintes insurmontables de commercialisation qui n'autorisent pas une sylviculture de peuplement.

Pourtant, cette sylviculture d'arbre - compatible avec un traitement régulier, du moins au cours de la première révolution - est préconisée de façon explicite par d'autres sources. Bien qu'elle semble trouver ses fondements en France sous la plume de SAINT-VAULRY (1967), MORMICHE ou encore HUBERT (1981), elle a jusqu'à présent surtout été mise en œuvre en Allemagne, plus particulièrement en Rhénanie-Palatinat et en Sarre sous l'impulsion de WILHELM. Elle semble s'appliquer particulièrement bien au hêtre, puisque la rapidité de sa croissance est un paramètre essentiel de la qualité du bois, comme en témoigne la réputation des grumes issues de taillis-sous-futaie dans le quart Nord-Est de la France. L'enjeu devient alors de « produire en futaie des arbres de TSF » (propos attribué à MORMICHE). Néanmoins, les éclaircies importantes pratiquées font craindre des pertes de production substantielles d'autant qu'elles ne procurent plus de grumes de dimensions intermédiaires et que le nombre de tiges objectif est généralement moins important.

2.3 Itinéraire témoin

Cet itinéraire correspond à l'évolution d'un peuplement sans intervention. Si cette sylviculture est rarement préconisée, elle permet d'illustrer le gradient de l'intensité des éclaircies, notamment les conséquences de sylvicultures très conservatrices. En outre, cette simulation permet de fournir des informations pour des peuplements où les interventions sont hétérogènes, en l'occurrence le peuplement interstitiel dans les itinéraires par détournement.

2.4 Itinéraires N2 d'Oswald

Cet itinéraire a vocation à représenter une sylviculture intermédiaire entre la situation témoin et les sylvicultures de peuplement actuellement en vigueur. Cette sylviculture était préconisée en 1980 pour le Nord-Est de la France (INRA, 1982). Elle est en adéquation avec la table de production N°9 de Schober. Ce type de sylviculture vise à récolter 70 % de l'accroissement biologique à partir du début des éclaircies. L'idée est d'éviter d'avoir à déplorer des pertes de production liées à la mortalité ou à la trop forte ouverture du couvert, tout en améliorant la croissance radiale des arbres.

On distingue 2 modalités, selon qu'un dépressage a été réalisé ou non au cours de la phase juvénile. Ces itinéraires sont respectivement notés « dep + N2 » et « net + N2 » dans les graphiques.

2.5 Itinéraire dynamique sans dépressage

Comme son nom l'indique, cette sylviculture se veut dynamique. Les interventions correspondent aux préconisations actuelles de l'ONF (ONF, 1996 ; ONF, 2005 ; ONF, 2009). La phase juvénile ne fait pas l'objet de dépressage. La sortie de la phase de compression s'opère progressivement vers 15 m de hauteur dominante (CORDONNIER et al., 2007) soit vers 35 ans pour la fertilité retenue, au fur et à mesure que les tiges-objectif ont atteint l'objectif d'élagage d'environ 8 m. S'engage alors une sylviculture de peuplement orientée principalement en faveur de 50 à 70 tiges-objectif, dont une cinquantaine de hêtre. Cet itinéraire a aussi vocation à réaliser une sélection dans le peuplement interstitiel car les revenus intermédiaires sont jugés intéressants. Cet itinéraire est noté « net + dyn » dans les graphiques.

2.6 Itinéraire dynamique avec dépressage

Après un dépressage à 8 m de hauteur totale, la phase de grossissement commence en général un peu plus tard dans cette modalité car l'élagage naturel s'est ralenti après le dépressage. C'est ainsi qu'elle est évaluée aux alentours de 17-18 m dans les bonnes fertilités (CORDONNIER et al., 2007 ; ONF, 2009). La sylviculture pendant la phase de grossissement est similaire à celle proposée en 2.5. Outre le grossissement des tiges objectif, le dépressage cherche à améliorer la croissance de l'ensemble du peuplement pour faciliter la commercialisation de la première éclaircie grâce à des dimensions de produits plus importantes. Cette différence de taille des produits sera prise en compte au travers des prix appliqués (ou du coût de l'opération), selon la grille de prix utilisée. Afin de faciliter les comparaisons entre itinéraires, la simulation de cet itinéraire fait commencer les éclaircies au même stade que les autres itinéraires ($H_0 = 15$ m) en considérant que la hauteur élaguée objectif est néanmoins quasiment atteinte. Cet itinéraire est nommé « dep + dyn »

2.7 Itinéraire de détournage après un nettoyage

Cet itinéraire constitue la méthode officielle en Rhénanie Palatinat. Il est dénommé Q-D, ce qui signifie « Qualifizieren, Dimensionieren », et pourrait se traduire ainsi : « obtenir la qualité puis faire grossir ».

Cette sylviculture a vocation à produire des tiges de qualité irréprochable (sur le quart de la hauteur totale de l'arbre) et de très gros diamètres (BASTIEN et WILHELM, 2000) qui apparaissent - d'après BASTIEN et WILHELM - comme les seuls à pouvoir bénéficier d'un intérêt économique dans la période actuelle. Elle cherche à limiter au maximum les investissements avec une exploitation attentionnée qui préserve une quarantaine d'îlots de régénération, ainsi que des travaux légers de dégagement à la rotation de 4 - 5 ans. Il en est de même dans la phase de qualification : de 3 à 15 m de hauteur totale, des travaux ne sont réalisés que s'il existe un risque qui puisse compromettre la qualité ou la survie d'une population limitée de tiges d'élite (de haute qualité potentielle et très vigoureuses ; nommées « options »). Au fur et à mesure que les tiges d'élite s'individualisent et qu'elles atteignent l'objectif de hauteur élaguée, elles sont vigoureusement détournées. Un complément d'élagage artificiel peut être apporté s'il est jugé nécessaire. Au plus sont travaillées 30 à 50 tiges par hectare d'essences terminales, c'est à dire celles qui ont vocation à constituer le peuplement final.

Enfin, cet itinéraire a vocation à individualiser les arbres qui deviennent stables de façon autonome et qui peuvent ainsi être récoltés selon les souhaits du gestionnaire, en limitant le risque de coup de vent ou de coup de soleil. On peut ainsi attendre une régénération naturelle qui évite des investissements (BASTIEN et WILHELM, 2000) mais aussi à tirer profit des variations de cours du bois entre périodes de forte demande et période d'atonie (propos recueillis auprès de WILHELM). Au cours de la phase de maturation, qui commence quand l'accroissement en hauteur devient limité, les houppiers peuvent tolérer une légère concurrence.

En dehors des essences transitoires qui seront elles aussi récoltées à leur diamètre d'exploitabilité, cette méthode ne fonde aucun objectif sur les produits intermédiaires même s'ils sont valorisés autant que possible.

Cet itinéraire est noté « net+det »

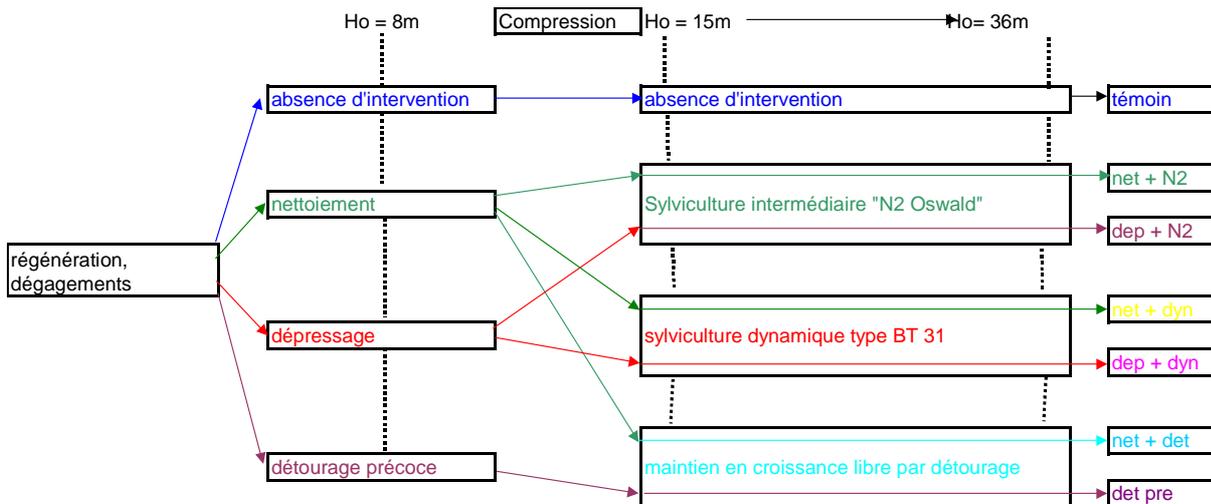
2.8 Itinéraire de détournage précoce

Cet itinéraire est en particulier préconisé par ARMAND (2002) dans *Le hêtre autrement*. Il vise à engager une phase de croissance très active d'arbres objectifs identifiés très précocement ($H_o = 7$ à 10 m). A partir de ce stade, les détournages réguliers doivent maintenir 120 tiges en croissance libre. Ils sont associés à des élagages progressifs qui permettent, en association avec une sélection au sein de la population pré-désignée, d'atteindre une hauteur élaguée de 6 à 7 m sur 60 à 70 tiges par hectare (le peuplement final) et de 4 à 6 m sur 60 tiges supplémentaires (celles qui ont vocation à partir en éclaircie ou à être progressivement abandonnées car déficientes). Il faut compter deux détournages à bois perdu avant d'atteindre le stade de 13 m de hauteur totale où les éclaircies deviennent éventuellement commercialisables. L'auteur préconisait de réaliser au préalable un dépressage à $H_o = 4$ m pour les peuplements issus de régénération naturelle. Compte tenu de l'importance des prélèvements réalisés autour de chaque tige objectif, il apparaît en fait peu raisonnable de travailler plus de 80 tiges au-delà du deuxième détournage. En cas de déficience d'une tige, il reste toujours possible de trouver une remplaçante dans le peuplement interstitiel. L'auteur fournit la fourchette de 17 m²/ha de surface terrière maximum avant éclaircie et 12 m²/ha de surface terrière après éclaircie jusqu'à 60 ans.

Cet itinéraire est noté « det pre »

2.9 Récapitulatif des itinéraires envisagés, comparaisons 2 à 2

A. Schéma : Récapitulatif des différents itinéraires évalués



Afin de simplifier les comparaisons, et en particulier de permettre des comparaisons 2 à 2 en croisant les phases juvéniles et les phases adultes, la phase juvénile des 2 itinéraires en peuplements avec nettoyage (respectivement « net + N2 » et « net + dyn ») est assimilée à la phase juvénile de l'itinéraire avec détourage tardif de la méthode QD (« net + det »).

Pour des questions de facilité de comparaison également, hormis l'itinéraire avec détourage précoce, les éclaircies commencent au même âge dans tous les itinéraires. En effet, la hauteur d'environ 15 m fait consensus pour la plupart des itinéraires. Les itinéraires avec dépressage nécessitent parfois une prolongation de la phase de compression pour compenser un élagage naturel plus long du fait de l'ouverture du peuplement. Néanmoins, l'intensité du dépressage retenu semble compatible avec un début des éclaircies à 15 m, même s'il s'accompagne d'un léger retard d'élagage qui sera pour l'occasion négligé. La hauteur élaguée de référence est donc de 8 m dans tous ces itinéraires, à l'exception de l'itinéraire par détourage précoce où elle est fixée à 7 m du fait de l'important développement des branches qu'il est difficile de maîtriser même en recourant à l'élagage artificiel.

Les sylvicultures du hêtre peuvent se décliner de façon infinie selon la nature des travaux, l'intensité des éclaircies ou encore l'état initial des peuplements. Le présent travail a surtout vocation à cerner les ordres de grandeur des conséquences de tel ou tel choix sylvicole. Il s'agissait donc avant tout d'illustrer la gamme possible de sylvicultures, en s'appuyant sur les stratégies en vigueur. Une fois identifiés les paramètres qui influencent les résultats selon tel ou tel critère économique, les sylvicultures les plus performantes pourront être affinées.

3 Évaluation dendrométrique des itinéraires,

Cette partie vise à estimer la production attendue dans chaque itinéraire. Elle est divisée en plusieurs phases.

La première a consisté à identifier une fertilité représentative des contextes écologiques rencontrés mais aussi des enjeux de production.

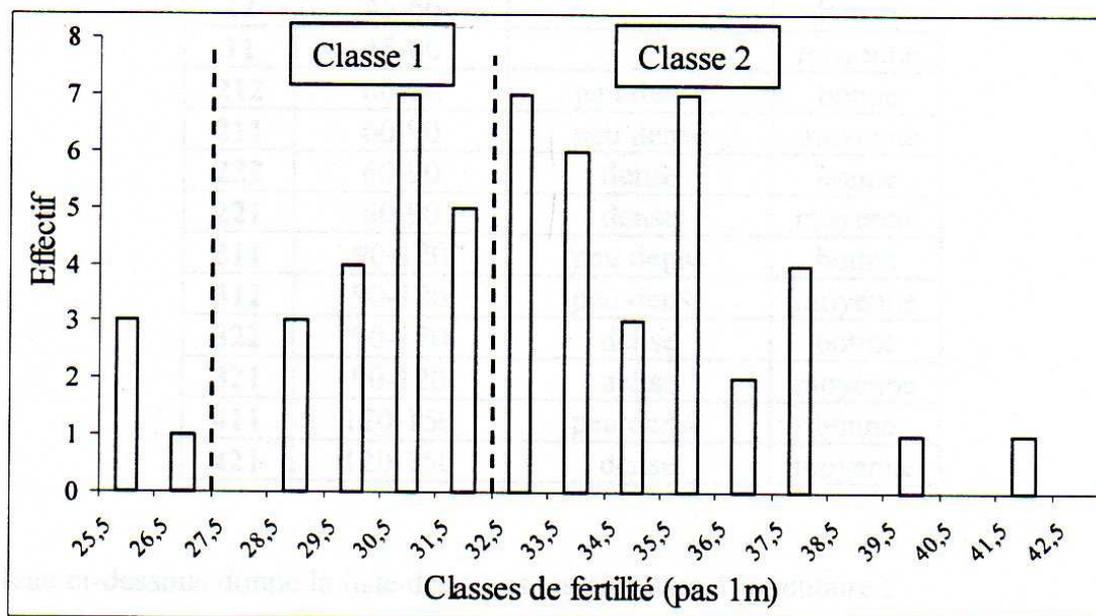
Ensuite, il s'est agi de simuler le développement des peuplements sous différentes sylvicultures. Cette phase s'est principalement appuyée sur le modèle de croissance d'arbres indépendant des distances *Fagacées* incorporé à la plate-forme de simulation Capsis (BONTEMPS et al., 2005 ; DHÔTE, 2007). Les résultats des expérimentations sylvicoles pour la hêtraie ont également été pris en compte. Les simulations ont ainsi été confrontées autant que possible à des situations réelles, en particulier pour la phase juvénile et les détourages.

Enfin, les évaluations dendrométriques des peuplements et des éclaircies ont été réalisées. On dispose ainsi dans chaque itinéraire de la nature des produits avec les volumes correspondant. Il s'agit du maximum attendu, qui peut ensuite être modulé dans le cadre d'analyses de sensibilité.

3.1 Fertilité du peuplement.

Fagacées permet de prendre en compte différentes gammes de fertilité. Étant donné les différences de croissance entre contextes biogéographiques (BONTEMPS et al., 2007), il a été retenu de ne réaliser cette étude que pour le Nord-Est de la France car il n'était pas envisageable de multiplier les évaluations. L'indice de fertilité de 32 m à 100 ans en 2000 a été retenu puisqu'il correspond d'après SEYNAVE (1999) à une situation moyenne en Lorraine quand on met de côté les surfaces à faible productivité sans enjeux de production.

B. Graphique : Distribution des indices de fertilité des placettes de l'échantillon support de l'analyse des peuplements de hêtre en Lorraine.
(D'après SEYNAVE, 1999).



Les peuplements simulés dans cette étude débutent en 2000 et bénéficient ainsi de l'ensemble des changements de productivité observés jusqu'à présent de sorte que la hauteur attendue est de l'ordre de 35 m à 100 ans en 2100. Cette date de départ est représentative d'une surface forestière importante dans la mesure où elle concerne les peuplements en cours de reconstitution suite à la tempête de 1999 ainsi que les régénérations entamées peu de temps auparavant. **Avant d'extrapoler les résultats obtenus à des situations qui s'éloignent du contexte étudié, il s'agit d'en vérifier la validité.**

3.2 Simulation des sylvicultures

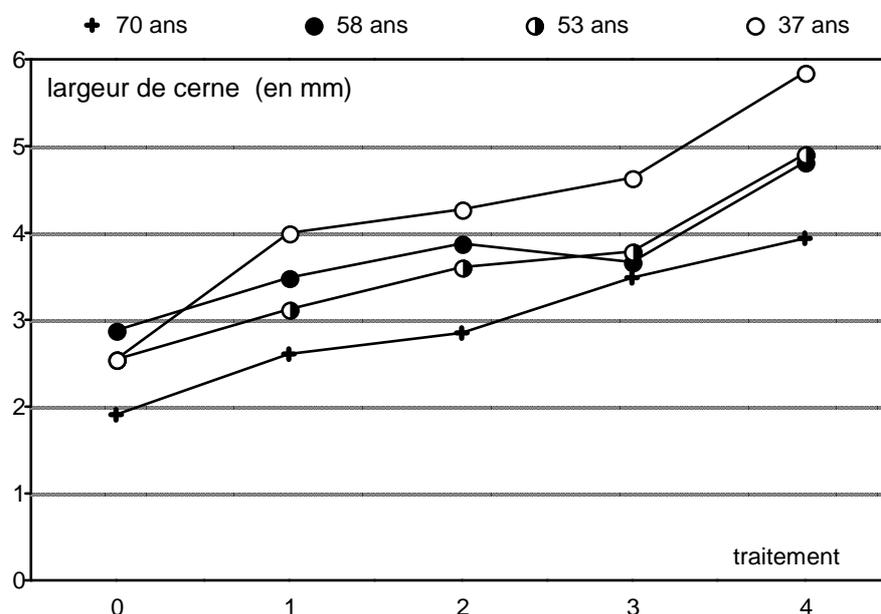
3.2.1 Le recours aux peuplements réels

Fagacées est surtout dimensionné pour simuler l'évolution des peuplements adultes éclaircis de façon homogène. Il est donc mal adapté pour obtenir les informations concernant les tiges détournées ou bien les jeunes peuplements.

► L'estimation de la croissance en diamètre des arbres détournés se réfère donc avant tout aux observations faites en situation réelle. Il est ainsi fait l'hypothèse d'une croissance moyenne de 1 cm par an sur le diamètre, compatible avec les mesures du réseau de démonstration en Rhénanie-Palatinat (WILHELM, communication personnelle), de l'ONF Lorraine (GOMEZ, 2008) ou encore le dispositif expérimental INRA de la route de Frouard (DHÔTE, 1993) illustré avec le graphique C. Dès que le peuplement retrouve le

domaine de validité de *Fagacées* (peuplement constitué uniquement par les arbres-objectif), la croissance est évaluée sous la seule dépendance de *Fagacées*.

C. Graphique : Expérimentation INRA dite de « la route de Frouard » : largeurs de cerne moyennes (en mm) sur la période 1976-1987, en fonction de l'âge initial du peuplement et de l'intensité des éclaircies (éclaircies de plus en plus forte : 0 = absence d'éclaircie à 4 = croissance libre par détourage). D'après DHÔTE, 1993.



► De même, l'état des peuplements jusqu'au stade de 15 m de hauteur dominante a été évalué en analysant les dispositifs expérimentaux de sylviculture juvénile de l'ONF.

Les dispositifs de Liesles et du Ban d'Harol disposent de suffisamment de recul pour évaluer l'influence sur la croissance d'un dépressage à $H_0 = 8$ m ramenant la densité à environ 4000 tiges/ha. Ils sont en outre d'une fertilité tout à fait comparable à celle retenue pour la simulation. L'accroissement sur le diamètre des tiges de la population d'avenir (tableau D) est typiquement représentatif des observations faites sur la plupart des dispositifs expérimentaux (graphique E) : la croissance sur le diamètre est nettement supérieure au témoin dans un premier temps (de l'ordre de 2 fois l'accroissement annuel les premières années) puis lui redevient petit à petit équivalente avec l'augmentation du RDI.

D. Tableau : Évolution de l'accroissement radial moyen après un dépressage à 4000 tiges/ha résultats au cours du temps dans l'essai « Ban d'Harol », intervention en 1990.

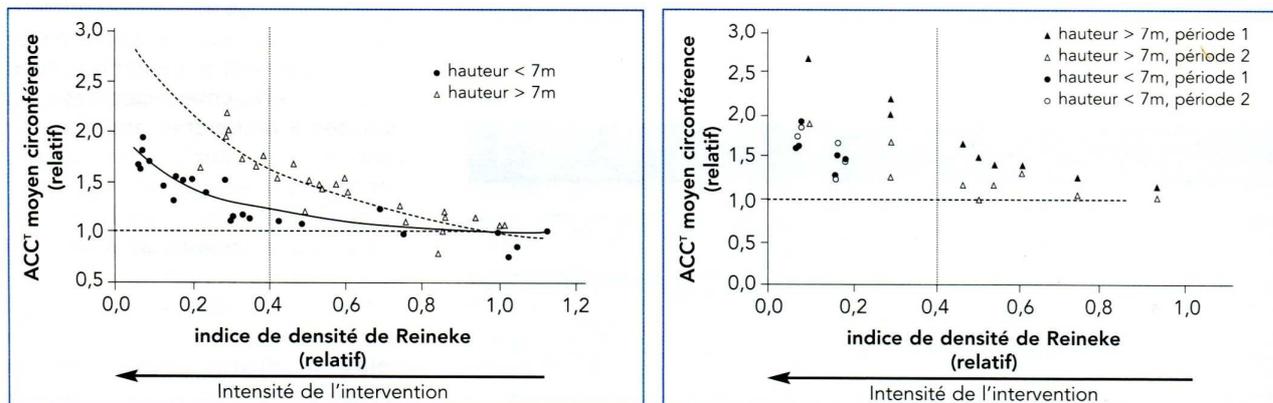
Population représentative des 650 puis 200 plus grosses tiges /ha. Largeur des cernes en cm.

	témoin	dépressage	Accroissement relatif du dépressage par rapport au témoin
cerne 89-94	0,15	0,34	2,3
cerne 94-00	0,15	0,25	1,7
cerne 00-02	0,25	0,29	1,2
cerne 02-04	0,20	0,21	1,1

Grâce au dépressage, on peut ainsi tabler sur un gain en diamètre dominant et en diamètre moyen de l'ordre de 3 cm au cours de la phase de compression par rapport à un peuplement « nettoyé ».

E. Graphique : Influence du dépressage sur l'accroissement sur la circonférence, selon l'intensité et le temps écoulé. (d'après CORDONNIER et al., 2007)

La référence d'accroissement est constituée par les peuplements témoin. la période 1 correspond à la réaction immédiate du peuplement alors que la période 2 correspond à l'accroissement 5 ans après l'intervention.



► L'itinéraire de détournage précoce est très peu expérimenté. Il n'est testé que dans le dispositif de Liesles (ONF). L'hypothèse d'une croissance radiale de l'ordre de 4 mm/an pour les tiges objectif pendant la phase juvénile est conforme à la vitesse de croissance observée juste après un dépressage ainsi que dans les dispositifs de détournage en perchis. Il s'agit sans doute d'un minimum puisque la largeur moyenne de cerne des tiges objectif à Liesles est plutôt de l'ordre de 5 mm (ONF, 2000). Cet accroissement sur le diamètre permet d'atteindre le diamètre de 21,5 cm à 33 ans.

Par conséquent, l'influence des interventions juvéniles sur la croissance de la population objectif potentielle est résumée dans le tableau F ci-dessous.

F. Tableau : Hypothèses sur le diamètre dominant à 33 ans dans les différents itinéraires

itinéraire	1. Suite à dépressage	2. Suite à nettoyage	3. Suite à détournage précoce	4. Suite à nettoyage, itinéraire détournage
Diamètre dominant	19 cm	16 cm	21,5 cm	Environ 17 cm

On observe une différence de diamètre suite au nettoyage entre l'itinéraire par détournage et les autres (modalités 2 et 4 du tableau F.). Il s'agit en fait d'un simple effet technique puisqu'on isole les 46 plus grosses dans l'itinéraire de détournage.

3.2.2 Principes des éclaircies dans les différents itinéraires

La simulation des éclaircies a été réalisée avec la modalité « standard » du logiciel *Fagacées* afin d'éviter un choix subjectif de l'opérateur.

◆ Pour l'itinéraire dynamique après dépressage (« dep + dyn »), le RDI a été fixé tel que la surface terrière après éclaircie soit du même ordre de grandeur que les préconisations des guides sylvicoles ONF de Lorraine et de Bourgogne-Champagne-Ardenne.

◆ L'itinéraire dynamique sans dépressage (« net + dyn ») suit une évolution en RDI similaire à celle de l'itinéraire dynamique avec dépressage à partir de la deuxième coupe. En effet, le matériel accumulé pendant la phase de compression ne permet pas de rejoindre l'objectif en une seule opération.

◆ L'itinéraire selon la norme 2 d'Oswald, avec dépressage (« dep + N2 ») suit un RDI tel que la surface terrière après éclaircie corresponde à la table de production N° 9 de Schober.

◆ L'itinéraire selon la norme 2 d'Oswald, sans dépressage (« net + N2 ») suit une évolution en RDI similaire à celle de l'itinéraire avec dépressage (« dep + N2 ») dès la deuxième coupe car là aussi, le

peuplement paraît trop dense à la sortie de la phase de compression pour rejoindre l'objectif de RDI en une seule fois.

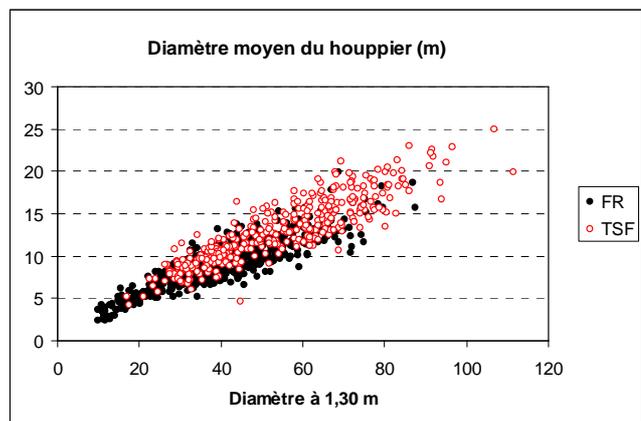
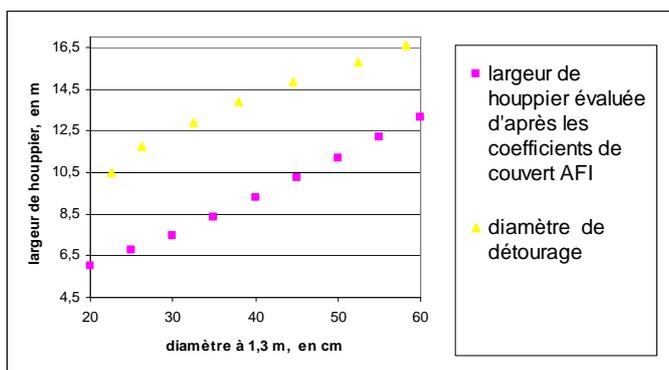
◆ Le peuplement témoin évolue sous la seule influence de la croissance et de la mortalité naturelle. (RDI = 1)

◆ La simulation des peuplements en détournement a distingué 2 sous-populations : d'une part la population objectif et d'autre part la matrice (peuplement interstitiel). La simulation de la croissance de la population objectif a été obtenue avec *Fagacées* en réalisant des opérations fictives qui permettent à la population objectif de croître initialement à la vitesse de 1 cm sur le diamètre par an jusqu'au moment où le peuplement interstitiel a disparu. Ensuite, la croissance des tiges est générée uniquement par *Fagacées* dans le respect d'une gamme de surface terrière objectif. Le peuplement interstitiel est considéré comme un peuplement témoin dont la surface évolue sous l'influence de l'extension des rayons de détournement. Par simplification, on ne tient pas compte du fait que le peuplement interstitiel bénéficie à sa périphérie des ouvertures provoquées autour des arbres objectifs. L'évolution du rayon de détournement retenu s'inspire à la fois :

- des préconisations pour le détournement du guide de sylviculture *le hêtre en Lorraine* (ONF, 2005). Le détournement doit enlever tous les arbres qui risqueraient d'entrer en contact avec la tige-objectif au cours de la rotation. Au regard de la croissance attendue sur le diamètre du houppier, il s'agit d'enlever tous les houppiers à moins de 1,2 m pour une rotation de 4 ans ou bien 2 m pour une rotation de 6 ans. Le diamètre du houppier est estimé d'après les relations entre le diamètre des tiges et le diamètre de leur houppier (BADEAU) ou bien à partir des données de coefficient de couvert de l'AFI pour le hêtre.
- des « réflexions sur le détournement des feuillus à croissance rapide » (CLAESSENS, 2004). Cet article fournit une abaque des rayons de détournement en fonction de la hauteur et de la circonférence des tiges objectif.
- Les observations de développement du houppier pour des hêtres détournés (PERRIN et CLAESSENS, 2009)

G. Graphiques : Diamètre du houppier en fonction du diamètre des tiges, rayon de détournement

Le graphique de gauche illustre le diamètre de détournement retenu pour la simulation de détournement après nettoyage (QD) par rapport aux données issues du coefficient de couvert de l'AFI (BRUCIAMACCHIE et al., 2005). Ces hypothèses peuvent être rapprochées du jeu de données de BADEAU prises respectivement en futaies régulières et en taillis-sous-futaie.



Connaissant l'évolution du rayon de détournement d'une éclaircie à l'autre, on en déduit la surface de peuplement interstitiel qui disparaît à chaque éclaircie. La nature et la quantité des produits récoltés sont évaluées à partir des données de la simulation du peuplement témoin, au prorata de la surface exploitée.

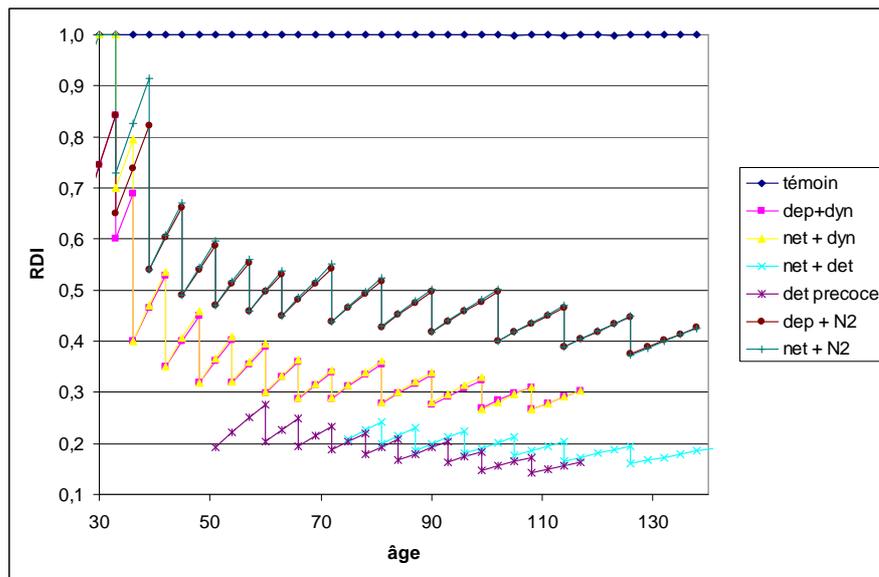
Les itinéraires évoluent chacun dans une gamme de surface terrière assez régulière. L'idée de la simulation des itinéraires est de ne pas en définir a priori le terme d'exploitabilité. Chacun des itinéraires a donc été poursuivi au delà de l'optimum technique défini par ses auteurs. On peut ainsi identifier a posteriori l'optimum de chaque itinéraire en fonction du critère économique retenu.

3.3 Résultats des simulations

3.3.1 Description de l'évolution des peuplements

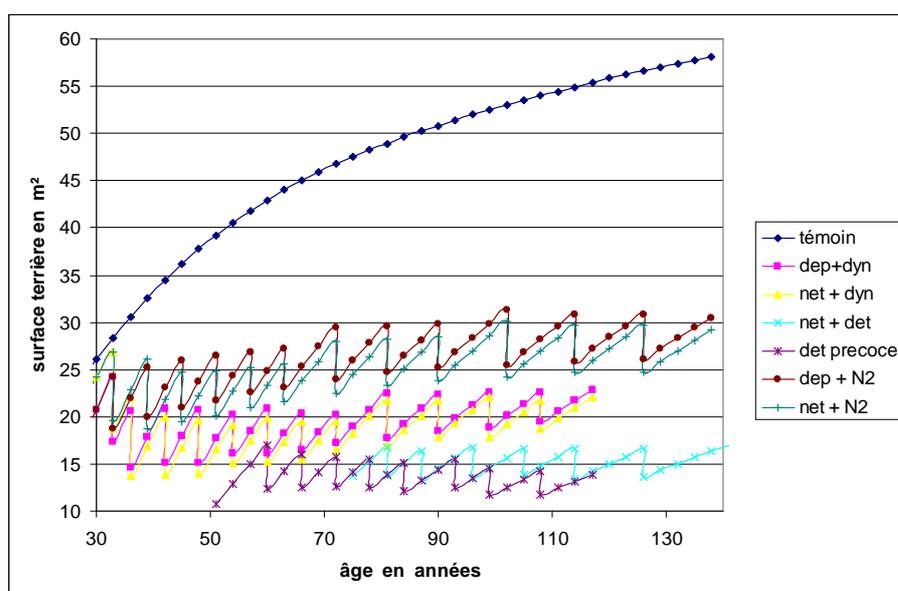
Une sylviculture peut être décrite par diverses grandeurs dendrométriques. Les itinéraires ont été formulés d'après les surfaces terrières indiquées par les guides de sylviculture actuels, mais également en faisant référence aux RDI. Les graphiques qui suivent illustrent l'évolution des peuplements dans les différents itinéraires. Dans les graphiques de cette partie, les scénarii de détournage sont représentés par les seules données du peuplement objectif, une fois que le peuplement interstitiel a été complètement exploité.

H. Graphique : Évolution du RDI en fonction de l'âge pour les 7 itinéraires simulés



Par définition, les itinéraires en plein suivent des évolutions en RDI similaires deux à deux. Les simulations explorent une large gamme de densité de peuplement, depuis le peuplement témoin qui représente le maximum biologique, jusqu'aux peuplements en détournage qui sont particulièrement clairs au regard des sylvicultures habituellement préconisées.

I. Graphique : Évolution de la surface terrière au cours du temps pour les 7 itinéraires simulés.

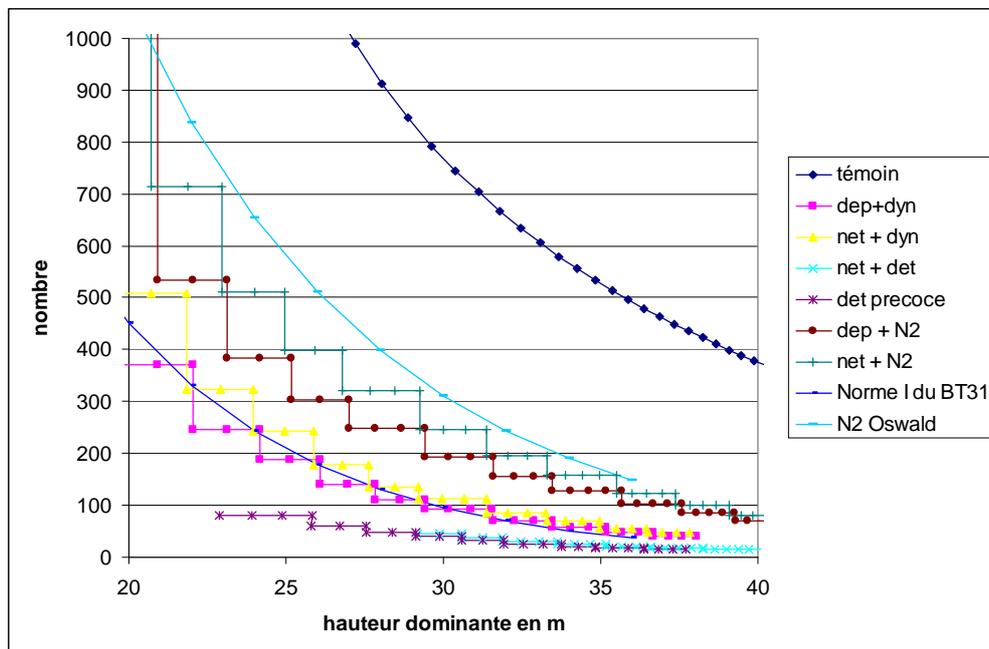


Les peuplements dépressés suivent typiquement les hypothèses d'évolution de surface terrière après coupe. À RDI équivalents, les peuplements n'ayant pas bénéficié d'un dépressage sont légèrement moins

capitalisés en surface terrière. Cet indicateur illustre lui aussi la gradation du capital sur pied d'un itinéraire à l'autre. Les niveaux de surface terrière des peuplements détournés laissent imaginer des peuplements particulièrement clairs.

J. Graphique : Évolution du nombre de tige en fonction de la hauteur dominante

Pour les sept itinéraires simulés et deux normes sylvicoles de référence.



En nombre de tige, l'évolution des densités est confrontée à trois références intéressantes :

- d'une part la densité maximale figurée par le peuplement témoin.
- d'autre part la norme I du Bulletin technique n° 31 (ONF, 1996).
- enfin la norme N2 d'Oswald (INRA, 1982).

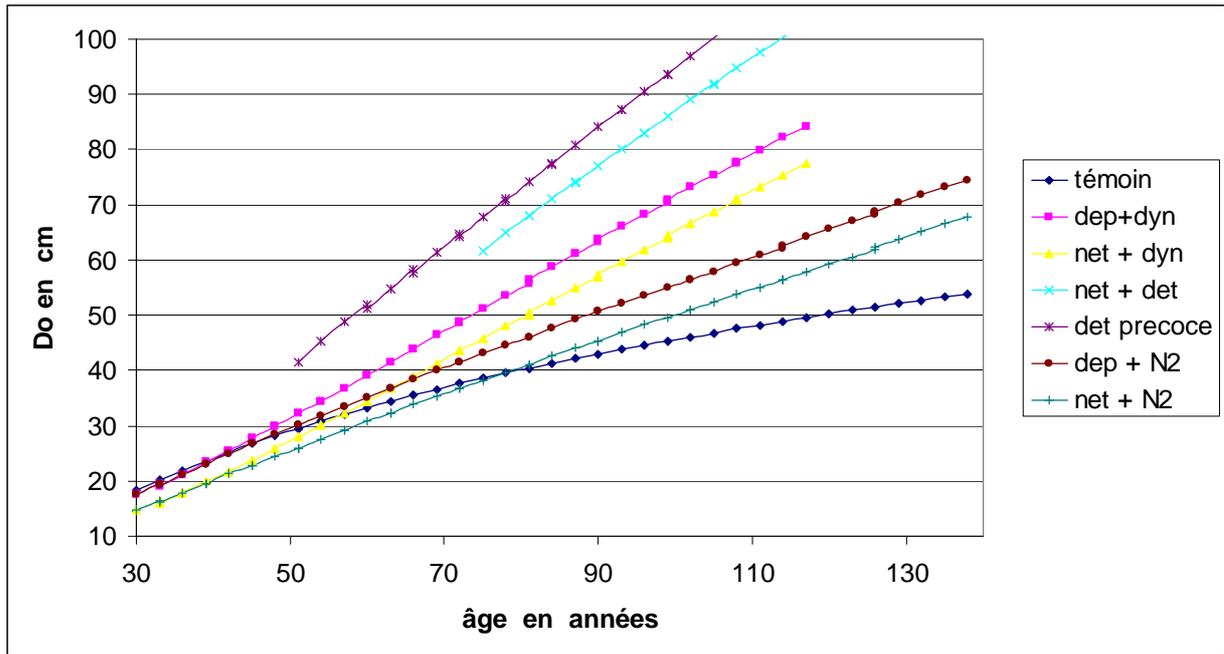
Même si les itinéraires n'ont pas été dimensionnés en nombre de tiges, les itinéraires dynamiques sont relativement satisfaisants dans cette unité qui était plus volontiers utilisée avant que les indications en surface terrière ne se généralisent. L'itinéraire sans dépressage est régulièrement ramené à la norme I du BT31 à l'occasion des éclaircies. L'itinéraire avec dépressage est quant à lui un petit peu plus intensif mais reste dans l'ordre de grandeur des préconisations.

En revanche, les densités obtenues pour la simulation des itinéraires « selon la norme N2 d'Oswald » sont nettement plus faibles que celles préconisées par l'auteur. Étant donné que les niveaux de surface terrière sont respectés, il est vraisemblable que les éclaircies simulées sont moins réalisées « par le haut » que ne le préconise Oswald. Pourtant, il est couramment conseillé de taper fort par le haut dans les éclaircies de hêtre. Ce problème est en lien avec le fait que dans toutes les simulations de peuplement, il a été retenu d'utiliser la fonction de simulation d'éclaircie automatique proposée par *Fagacées* afin d'éviter un effet opérateur. Les premières éclaircies ont donc certainement un diamètre inférieur à ce que l'on peut attendre alors que les dernières éclaircies ont un diamètre moyen plus élevé. On peut aussi s'attendre à une concurrence plus forte à l'égard des arbres dominants qui diminue fictivement leur croissance en diamètre, du fait du mode de répartition de l'accroissement biologique dans le modèle *Fagacées*.

3.3.2 La croissance en diamètre

Même si la comparaison est délicate à établir car les moyennes ne concernent pas le même nombre de tiges (D_0 = moyenne des diamètres des 100 plus gros ou seulement des tiges restantes), on voit sur les graphiques K et M que la progression du diamètre dominant est d'autant plus rapide que l'itinéraire est dynamique vis-à-vis de la population dominante.

K. Graphique : Évolution du diamètre dominant en fonction de l'âge pour les 7 itinéraires



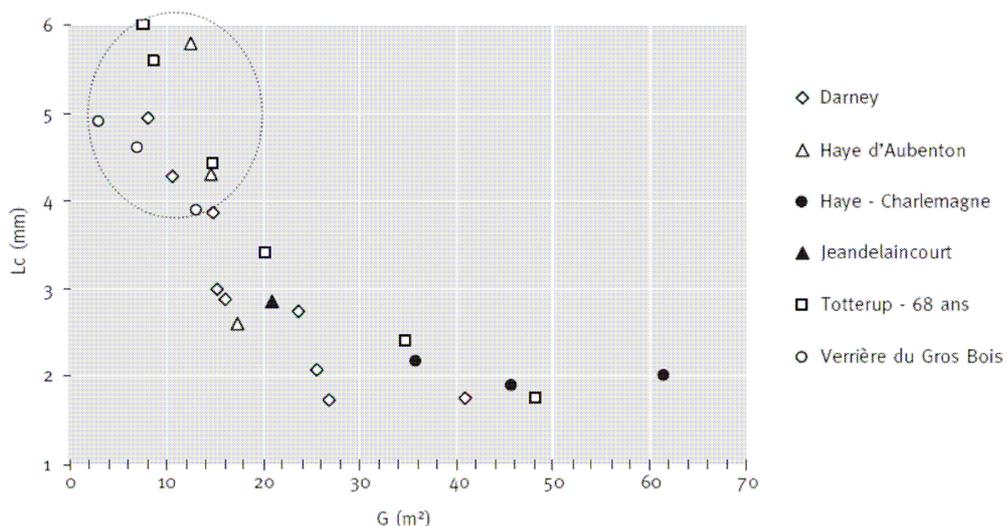
Ce résultat était attendu. Mais il va à l'encontre d'une affirmation parfois véhiculée selon laquelle les éclaircies n'auraient pas d'influence sur la croissance des arbres dominants. On retrouve ainsi des résultats conformes à ceux présentés par BASTIEN et al. (2005) présentés dans le graphique L. Une croissance de 1 cm sur le diamètre paraît tout à fait accessible avec des itinéraires dynamiques. L'accroissement en diamètre des arbres dominant apparaît fortement corrélé de capital sur pied. Cette observation est assez nette pour les peuplements d'une surface terrière inférieure à 30 m²/ha. En revanche, au-delà de ce seuil, les ressources libérées par l'enlèvement d'arbres lors des éclaircies sont tellement faibles qu'elles n'améliorent presque plus la croissance des nombreux arbres restants.

L. Graphique : corrélation de la vitesse de croissance en diamètre avec l'intensité des éclaircies par le biais de la surface terrière du peuplement, (d'après BASTIEN et al., 2005).

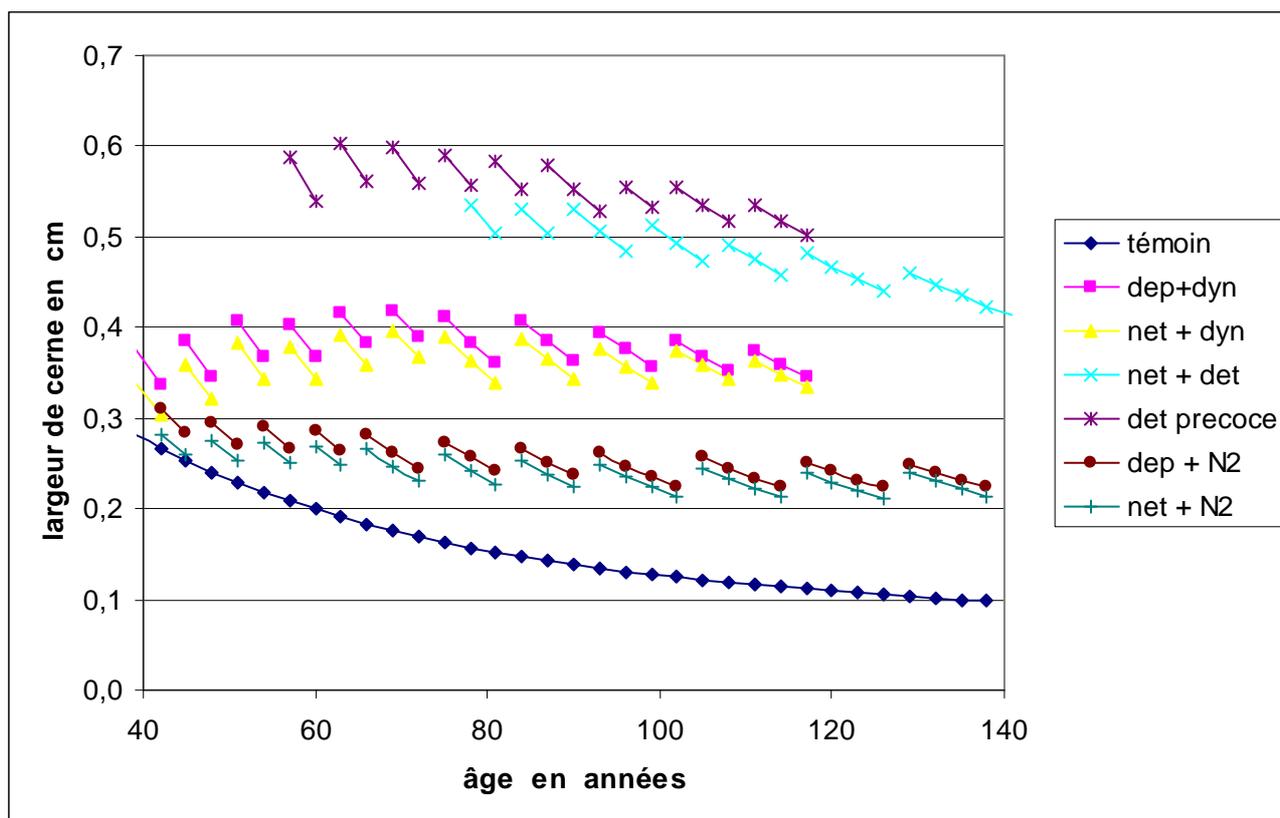
FIGURE 1 LIAISON LARGEUR (Lc) DE CERNES/SURFACE TERRIÈRE APRÈS ÉCLAIRCIE (G)

Les largeurs moyennes de cernes sont calculées à partir des diamètres quadratiques moyens (Dg) ou des diamètres dominants (Do) et par différence sur les diamètres correspondants en début et fin de périodes de croissance indiquées entre parenthèses :

- Dg peuplement pour Darney (60-77 ans), Totterup (19-68 ans),
- Dg arbres-objectifs : 400 arbres pour Haye d'Aubenton (16-26 ans), 66 arbres pour Jeandelaincourt (1-77 ans), 80 à 100 arbres pour La Verrière du Gros Bois (30-35 ans),
- Do pour Haye-Charlemagne (49-134 ans).



M. Graphique : Évolution de la largeur des cernes en fonction de l'âge pour les sept itinéraires



Le graphique M sur la largeur courante des cernes illustre la rapidité de croissance des tiges dominantes dans les 7 simulations. Il est intéressant d'observer que *Fagacées* évalue la croissance radiale des peuplements détournés à un niveau tout à fait conforme avec les hypothèses proposées à partir des peuplements existants.

Les résultats d'accroissement sur le diamètre des arbres dominants dans les sylvicultures de peuplement sont sans doute un peu sous-estimés car les simulations ne prennent pas en compte la consigne habituelle d'effectuer les éclaircies principalement au profit des arbres objectifs.

Comme le confirment de nombreux essais, la concurrence se rétablit rapidement après les coupes, ce qui entraîne de petits à-coups sur la largeur des cernes et surtout justifie une rotation des coupes assez courtes à la différence de ce qui se faisait dans le traitement du taillis sous futaie. Ces variations de la largeur des cernes sont tout de même moins importantes que celles liées aux variations annuelles du climat (non illustrées ici). Elles n'entraînent donc pas de conséquences défavorables sur la qualité technologique des bois.

Il est particulièrement intéressant d'observer que les effets du dépressage ne sont pas limités à la phase de compression. En effet, si les itinéraires suivent une même évolution de RDI, l'itinéraire non dépressé présente un accroissement annuel sur le diamètre toujours un peu plus faible que l'accroissement observé dans le peuplement dépressé correspondant. En effet, les tiges dominantes sont plus petites dans l'itinéraire non dépressé. Elles sont donc confrontées à la concurrence de tiges proportionnellement plus grosses, et surtout plus nombreuses car un même RDI se traduit par une densité supérieure pour un diamètre moyen plus faible. Cette différence d'accroissement est encore accentuée si les 2 itinéraires de peuplement suivent la même évolution en surface terrière : la concurrence vis-à-vis des tiges objectif y est encore plus forte et des simulations (non présentées) indiquent une différence de vitesse d'accroissement radial encore plus marquée.

En suivant un itinéraire dynamique équivalent en RDI, la différence de diamètre dominant à l'horizon de 90 ans est ainsi doublée par rapport à ce qu'elle est à la sortie du dépressage (respectivement 6 et 3 cm). Avec des itinéraires équivalents en surface terrière, la différence de diamètre dominant à l'horizon de 90 ans est triplée (de l'ordre de 9 à 10 cm). Des différences du même ordre de grandeur sont obtenues vers 105 ans pour des itinéraires suivant la norme 2 d'Oswald.

Ce phénomène (concurrence plus forte en absence de dépressage) est assez similaire aux conséquences d'une prise de retard dans le calendrier des éclaircies par rapport à un itinéraire donné (SIMON et al., 2007) : il est plus facile d'accumuler le retard que de le rattraper. En effet, rattraper le retard nécessite de diminuer encore davantage le capital producteur en particulier dans les codominants pour orienter l'accroissement au maximum sur les arbres dominants. Au passage, c'est l'opération fictive qui a été réalisée afin de « doper » la croissance des arbres détourés dans les simulations. C'est tout le sens des éclaircies « par le haut » préconisées par la plupart des guides de sylviculture du hêtre.

3.3.3 La production

Fagacées fournit des volumes bois fort « arbre » dont le calcul repose sur la formule de BOUVARD.

$$V = 0,5 \times D^2 \times H$$

V : volume bois fort

D : diamètre à hauteur de poitrine

H : hauteur totale

On en déduit :

$$V = 4 \times 0,5 / \pi \times H \times G = 0,64 \times G \times H$$

La hauteur de forme (F x H dans la formule $V = FGH$) s'établit donc à $0,64 \times H$

Il est intéressant de rapprocher ce résultat à d'autres références comme par exemple celle de la typologie de peuplements forestiers des plateaux calcaires de Lorraine (ANCEL et MESSANT, 2004) basée sur des données de l'IFN.

N. Illustration : Comparaison de différentes sources du coefficient « Hauteur de forme », pour le hêtre, permettant d'obtenir le volume « bois fort » (découpe 7 cm).

	Hauteur totale (en m)	15	20	25	30	35	40	45
Hauteur de forme	<i>Fagacées</i> d'après Bouvard	9,5	12,7	15,9	19,1	22,3	25,5	28,6
	Typologie de peuplement	6,96	9,15	11,08	12,82	14,58	16,28	17,85
	Différence relative	-27%	-28%	-30%	-33%	-35%	-36%	-38%

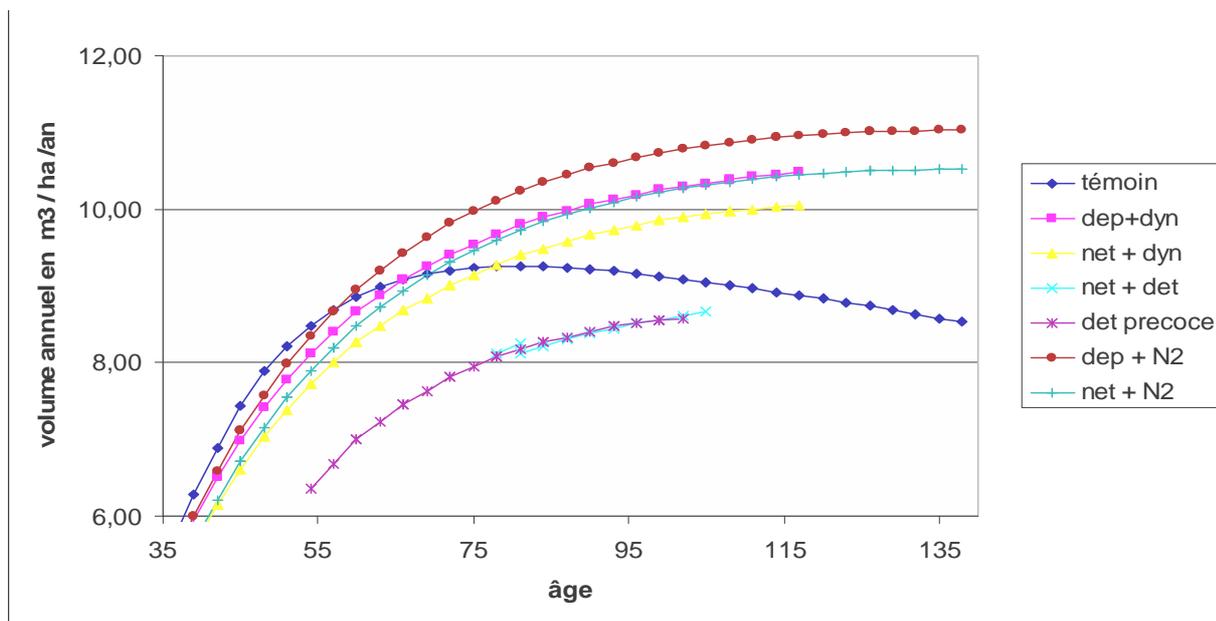
La différence trouve en partie sa source dans le fait que les volumes de l'IFN sont des volumes « tiges » alors que les volumes obtenus avec le tarif de BOUVARD sont des volumes « arbre ». Néanmoins, la différence reste élevée. C'est pourquoi un effort particulier a été fait au cours de l'étape d'évaluation des différentes qualités en confrontant les évaluations fournies par *Fagacées* à d'autres sources (cubage à partir de la surface terrière, vérification des volumes unitaires de bille de pied avec le barème de l'administration, le barème Adrian, ou encore le barème régional modifié utilisé en Champagne-Ardenne).

En mettant le témoin à part dans un premier temps, on observe sur le graphique O que l'accroissement moyen annuel net de mortalité est d'autant plus élevé que les peuplements sont denses. On retrouve ainsi la relation du graphique P qui permet à *Fagacées* d'évaluer la production. Cette relation s'explique par le fait que la production est bien corrélée à la possibilité de mobilisation des ressources (lumière, eau). Le peuplement témoin permet certes d'optimiser la production biologique brute (RDI de 1), mais cette forte productivité est largement contrebalancée par le phénomène de mortalité à partir de 60 ans. L'ensemble des données de production correspond en effet à la production nette.

La stationnarité des courbes de productivité moyenne pour les âges élevés indique que les accroissements moyens maximums sont atteints, ou presque, dans le domaine envisagé. A 138 ans, on n'est cependant pas encore tout à fait au maximum de production moyenne pour les peuplements menés selon la norme 2 d'Oswald, avec respectivement un accroissement moyen égal à $11,05 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{an}$ et un accroissement courant de $11,32 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{an}$. Les autres maxima de productivité en volume bois fort arbre sont de l'ordre de 10 à $10,5 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{an}$ pour les sylvicultures dynamiques et de l'ordre de $8,5 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{an}$ pour les sylvicultures en détourage.

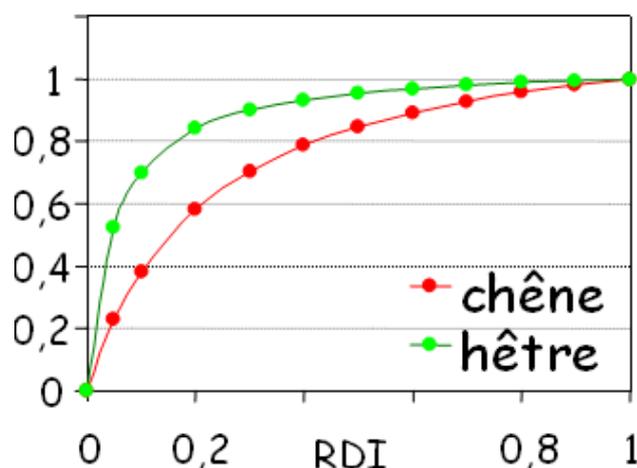
O. Graphique : Évolution de l'accroissement moyen annuel net pour les sept itinéraires en fonction du temps

= (volume total sur pied + volume cumulé des éclaircies) / âge du peuplement, volume bois fort arbre.



P. Graphique : Accroissement relatif en surface terrière en fonction du niveau de RDI

par rapport à l'accroissement maximum au même âge (Source : DHÔTE cité par VINKLER, 2006-2008)



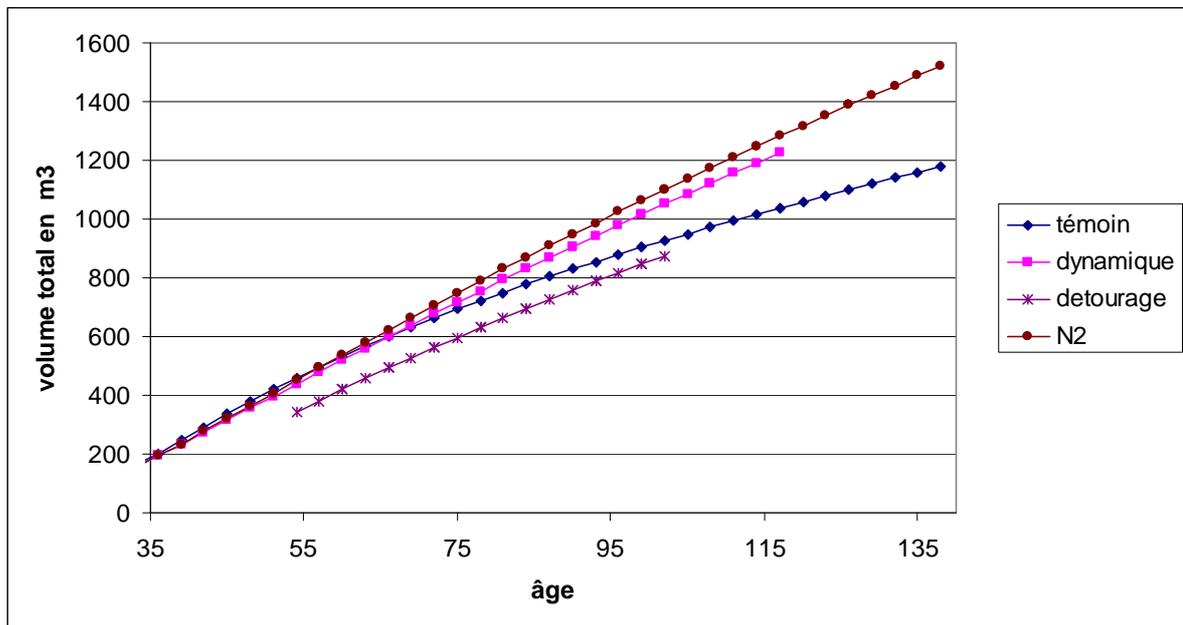
Les niveaux de RDI atteints pour les peuplements gérés en plein (RDI > 0,25 d'après le graphique H) maintiennent la productivité sur le plateau de la courbe du graphique P de sorte que la perte de production reste très faible, tant pour l'itinéraire dynamique que pour l'itinéraire N2 Oswald. Au-dessus d'un RDI de 0,4, la perte de production est quasiment insensible dans un peuplement de hêtre. C'était d'ailleurs l'objectif de la norme N2 d'Oswald : sélectionner les plus belles tiges et améliorer leur croissance sans perdre en production biologique et en évitant la mortalité.

Ainsi, un itinéraire selon la norme 2 d'Oswald est légèrement plus productif qu'un itinéraire dynamique tel que proposé par le bulletin technique N°31. En revanche, les RDI atteints en détournement, en particulier une fois que le peuplement interstitiel a disparu, laissent attendre une perte de productivité de l'ordre de 20 % à 25 %.

Il est tout de même étonnant que, avec une même évolution de RDI, deux itinéraires dynamiques, ou bien deux itinéraires selon la norme N2 d'Oswald ne produisent pas le même volume.

Le graphique ci-dessous relate la production attendue pour les différents itinéraires sylvicoles. Son échelle permet de relativiser plus facilement les niveaux de production relatifs.

Q. Graphique : Évolution de la production dans les différentes gammes d'itinéraires sylvicoles
Production bois fort arbre incluant la superficie et les éclaircies.



Les 2 itinéraires par détourage conduisent à des estimations de production très similaires. L'estimation de la perte de production paraît proche de 20%. La mortalité dans le peuplement interstitiel affecte relativement peu le volume de bois fort puisque la mortalité des tiges de diamètre supérieur à 7 cm à hauteur de poitrine ne semble pas commencer avant 45-50 ans. Par conséquent, une bonne partie du peuplement interstitiel est récoltée sans conséquences importantes de la mortalité sur le volume. La perte de production résulte donc avant tout de l'ouverture excessive du couvert qui fait que la lumière n'est pas totalement captée par la canopée. Cette situation est néanmoins inhérente à l'objectif de l'itinéraire : maintenir les arbres en croissance libre en préférant une perte de production sur le peuplement qu'une perte de production des arbres-objectif. On peut toutefois s'attendre à une limitation de ces pertes par trois phénomènes :

- Le captage de l'énergie lumineuse par le peuplement interstitiel, qu'on a volontairement négligé.
- L'installation d'un sous-étage (la nature ayant horreur du vide, cette énergie sera vraisemblablement utilisée par l'écosystème). Il faut bien reconnaître que cet aspect est plutôt défavorable car la production envisagée est difficilement valorisable, et ces tiges de sous étage seront gênantes si elles concurrencent le houppier des arbres objectif alors que la démarche vise justement à prémunir les branches charpentières de toute gêne.
- L'anticipation du renouvellement : une fois le peuplement ouvert, les semis vont pouvoir se développer et installer le futur peuplement sans empêcher la maturation du peuplement adulte. Cette production se traduit davantage par un gain de temps (raccourcissement de la révolution) que par une production en volume substantielle.

S'il existe des sources de minimisation de la perte de production dans les itinéraires de détourage, il y a également une source d'augmentation. Il s'agit de la baisse de l'accroissement en hauteur observée la plupart du temps en situation de faible concurrence. Cette différence de croissance s'observe couramment entre traitements de taillis sous futaie et traitement en futaie dans des situations stationnelles équivalentes.

Cet abaissement de l'accroissement en hauteur reste à confirmer car il n'est pas mentionné dans le premier compte-rendu sur l'expérience de la route de Frouard (BOUCHON et al., 1989) et qu'il n'est pas non plus constaté dans les dispositifs allemands.

Même en accentuant la perte de production, si on intègre la baisse de hauteur totale, la perte de production apparaît dans le tableau R sensiblement moins forte que celle évaluée au travers du dispositif d'éclaircie très dynamique de l'expérimentation danoise de Totterup (d'après BASTIEN, 1995).

R. Tableau : évaluation des pertes de production entre situations d'éclaircies plus ou moins intensives.

Totterup 68 ans			Simulation 69 ans			Simulation 81 ans	
	production (en m ³)	perte de production		production (en m ³)	perte de production	production (en m ³)	perte de production
témoin sans éclaircie	816	3%	témoin sans éclaircie	632	5%	750	10%
éclaircie faible	843	0%	éclaircie N2	664	0%	830	0%
éclaircie danoise	820	3%	éclaircie dynamique	639	4%	794	4%
éclaircie très forte	762	10%	détourage	530	20%	665	20%
éclaircie ultra forte	618	27%					
éclaircie extrême	512	39%					

On remarquera que le niveau de surface terrière pour les éclaircies « très fortes » de Totterup varie entre 12 et 17 m²/ha (mini-maxi) entre 30 et 70 ans (ARMAND, 2002). Par conséquent, l'évaluation du niveau de perte de production lié au scénario de détourage à 20-25 % paraît un bon ordre de grandeur.

Si 20 % peut paraître raisonnable au premier abord, cela représente tout de même potentiellement 2 millions de m³ à l'échelle d'un pays comme la France, au regard d'une production de hêtre estimée à 10 millions de m³ (AFOCEL, 2006). On observera que l'absence d'intervention pendant 100 ans se traduit elle aussi, sous l'effet de la mortalité, par une perte de récolte du même ordre de grandeur (16 % à 102 ans).

3.4 Incertitudes sur les résultats.

Il s'agit d'une thématique difficile à traiter compte tenu des informations disponibles. Il s'agit pourtant d'un aspect indispensable pour ce type d'étude.

Ces deux premières étapes de construction des itinéraires sylvicoles puis d'évaluation dendrométrique ont pour objet de fournir des informations les plus vraisemblables possibles pour réaliser l'évaluation économique.

Plusieurs croisements d'information ont déjà mis en lumière certaines faiblesses. Ce ne sont sans doute pas les seules. Il est vrai que ce simple travail d'évaluation dendrométrique aurait pu occuper le stage tout entier. Pourtant, l'objectif fixé va bien au-delà. Il s'agit donc de garder à l'esprit la gamme de validité probable des résultats. Ces résultats suffiront peut-être à identifier des itinéraires dont les résultats économiques se différencient fondamentalement. Pour d'autres situations, il faudra faire appel à des analyses complémentaires. En effet, on peut avoir recours à des analyses de sensibilité dans les études économiques : il s'agit d'évaluer jusqu'à quel niveau un itinéraire reste supérieur à un autre. Les ordres de grandeur sur les variables dendrométriques évaluées suffiront parfois. Dans d'autres situations, il s'agira d'améliorer les évaluations.

Par exemple, malgré l'incertitude qui entache les différentes productions estimées, il est tout de même vraisemblable :

- que les itinéraires de détourage se traduisent par une perte de production en volume bois fort (production moyenne annuelle) d'au moins 15 % par rapport au maximum et d'au moins 10 % par rapport à une sylviculture dynamique. Il est peu probable en revanche qu'elle soit supérieure à 25 %.
- La pratique du détourage peut accroître significativement la vitesse de croissance des arbres objectif. Si la croissance des arbres objectifs d'un peuplement conduit de façon dynamique peut de toute évidence atteindre 4 mm sur le rayon avec une rotation suffisamment courte, tout porte à croire qu'on peut atteindre 5 à 6 mm par détourage complet, soit au moins 1 mm de plus sur le cerne.
- La réalisation d'un dépressage a non seulement un effet sur le diamètre des arbres dominants à la sortie de la phase de compression (à condition que le dépressage n'ait pas d'effet sur l'égilage et ne retarde pas la sortie de phase de compression), mais aussi sur la croissance en diamètre des tiges objectif pendant la

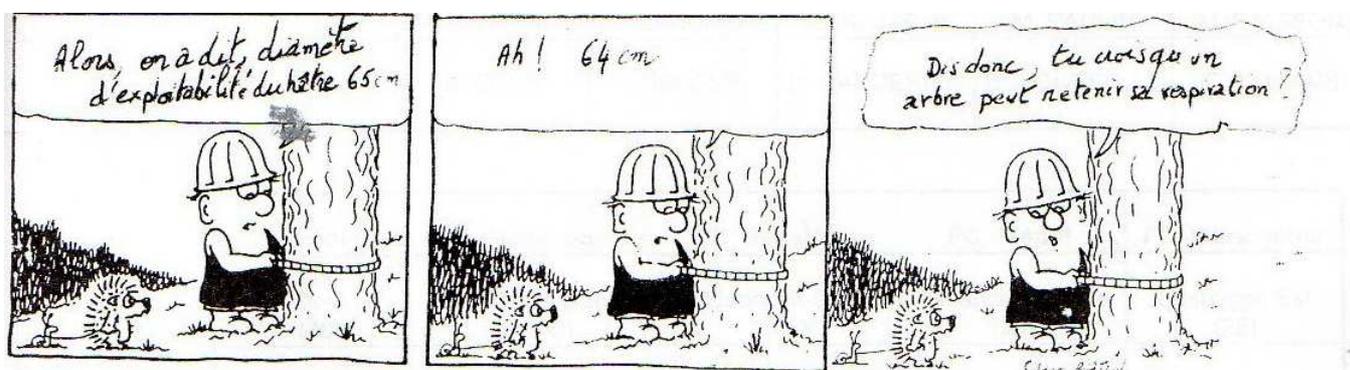
phase de grossissement. En maintenant une même évolution de surface terrière que pour des peuplements dépressés et nettoyés, cela se traduit par au moins 5 cm de différence sur le diamètre à l'horizon de la révolution (même évolution de RDI), qui peut attendre 10 cm quand les peuplements suivent une même norme de surface terrière.

- La perte de production reste modérée avec une sylviculture dynamique du type BT31. L'ordre de grandeur de 5 % apparaît très vraisemblable même s'il est difficile d'en évaluer l'intervalle de confiance.
- L'absence d'intervention se traduit par l'absence de sélection au profit des plus beaux, une perte de croissance radiale, mais aussi une perte de production par mortalité à un niveau significatif pour une révolution d'une centaine d'année.

Ces incertitudes par rapport à la production en volume paraissent moins handicapantes que les énormes incertitudes sur la qualité des produits attendus. Combien de tiges de qualité supérieure peut-on raisonnablement attendre dans les différents itinéraires ? Quel sera l'impact global des pertes de vitalité, des changements qualitatifs (apparition de fibre torse...) et des dégradations sanitaires sur le nombre final de tiges de qualité ? De même, les hypothèses de hauteur élaguée, en particulier entre des scénarii dépressés ou non sont très variables selon les experts consultés. Ces évaluations pourtant essentielles apparaissent difficiles à réaliser au regard des informations techniques disponibles. L'annexe 3 dresse néanmoins la liste des principales hypothèses qui influencent les résultats.

Au regard des résultats dendrométriques, l'enjeu de l'étude économique est d'incorporer la dimension du temps dans les réflexions ou d'évaluer le niveau raisonnable des investissements à consentir dans un but de production de hêtre. C'est également d'aider le gestionnaire à choisir entre la limitation des pertes de production et la recherche d'une croissance individuelle maximale pour les tiges de qualité. Les calculs économiques permettent aussi de relativiser l'importance des prélèvements intermédiaires ou des billes de pied, par rapport à l'ensemble des recettes attendues. Il s'agit aussi d'évaluer l'optimum économique d'exploitabilité : peut-être se distingue-t-il de l'optimum technique qui recherche habituellement la production d'arbres de soixante centimètres de diamètre ?

S. Illustration : diamètre d'exploitabilité du hêtre. (D'après ONF, 2000)



4 Évaluation économique

Pour certains, les approches économiques apparaissent incompatibles avec la gestion de la nature.

Pourtant, l'économie, de sa traduction grecque « administration de la maison », est l'« ensemble des activités d'une collectivité humaine relatives à la production, à la distribution et à la consommation des richesses » (LAROUSSE, 2005). Ne peut-elle pas être source de bonne gestion en forêt ?

À moins de considérer que la forêt ne serve qu'à abriter nos rêves ou égayer nos promenades - ce qui serait tout de même bien réducteur au regard de ses multiples fonctions - l'économie est sans doute en mesure d'apporter aux gestionnaires forestiers des conseils précieux pour effectuer leurs choix. D'ailleurs, « une gestion non rentable peut-elle être durable ? ». (Titre d'un article de CINOTTI, 2003.)

Le Commissariat général du plan (2005) préconise ainsi « de renforcer le bon usage du calcul économique – voire son usage – comme outil d'aide à la décision, apte à augmenter grandement la «production d'utilité publique » et « à enrichir les débats sur l'utilité sociale des projets envisagés ».

Différents types d'indicateurs peuvent être utilisés pour réaliser des études économiques forestières. Ils traduisent souvent l'évaluation de résultats en rapport avec des attentes de nature un peu différentes. Ce sont souvent des façons différentes de prendre en compte le temps qui passe, cette dimension si importante en foresterie au regard de la longueur des cycles de production.

La multifonctionnalité de la forêt est une grande richesse. Certains objectifs sont parfois contradictoires. L'économie est une façon de pondérer les résultats obtenus vis-à-vis de telle ou telle fonction au travers d'une même grandeur -la valeur monétaire- afin d'identifier les projets qui répondent globalement le mieux aux besoins. Dans le présent travail, l'analyse économique sera faite avant tout dans le domaine de la production. Il s'agit en outre d'un calcul microéconomique (ou calcul économique privé) qui vise à estimer l'intérêt d'un seul acteur (le propriétaire) vis à vis des projets possibles pour sa forêt. Il est bien évident qu'il s'agit d'une forte limitation de sa validité. Cela ne revient pas à nier les autres fonctions car certaines sont tout à fait concomitantes et conciliables. Une fonction peut bénéficier d'une modification de la conduite sylvicole sans pour autant gêner une autre. Par ailleurs, en France comme dans de nombreux pays, les différentes fonctions de la forêt sont financées par la fonction de production. C'est le fameux « effet de sillage ». Ce travail a vocation à aider les gestionnaires à cerner les enjeux de production.

Cette troisième partie est structurée autour de quatre thèmes :

- d'abord seront présentés les indicateurs usuels d'évaluation de la gestion forestière.
- seront ensuite élaborées des grilles de prix possibles au regard des contextes économiques passés (il s'agit de la conversion des volumes en euros, unité plus facile à manipuler). On expliquera alors comment s'est faite la ventilation des volumes par qualités. De même, on présentera les modalités d'évaluation du coût des travaux et des autres frais.
- enfin, on évaluera les itinéraires de la première partie au regard des différents critères économiques, avec les données dendrométriques de la deuxième partie et les éléments de prix obtenus.
- enfin, on cherchera à prendre du recul face à ces premiers résultats.

4.1 Critères économiques applicables en gestion forestière.

Cette partie s'inspire largement de l'article de PEYRON et al. (1998).

Les critères de choix pour optimiser la gestion sylvicole varient d'un propriétaire à l'autre, selon les attentes de celui-ci. On distingue :

4.1.1 Les critères de productivité physique

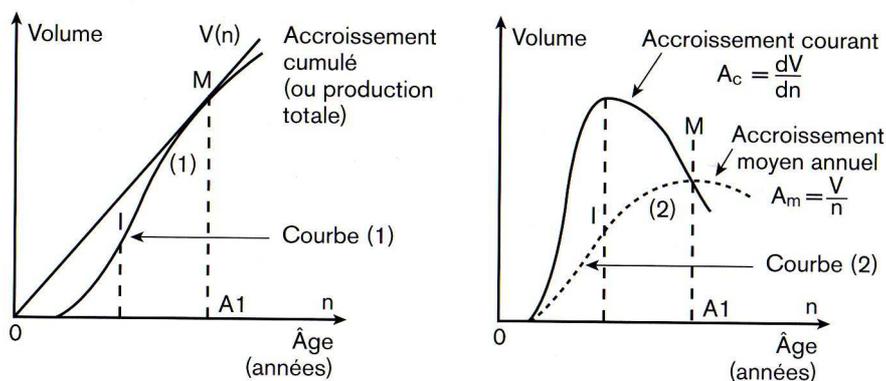
Il s'agit ici d'optimiser le volume annuel moyen produit, ou bien le volume annuel moyen d'une catégorie de produit. Cette démarche se fonde notamment sur les tables de production ou les modèles de croissance. Étant donné que dans des conditions de couvert complet, la production totale d'une futaie régulière (volume sur pied + éclaircies passées) est surtout dépendante de l'âge du peuplement dans des conditions de fertilité données, l'âge devient un critère d'exploitabilité très important.

$$production_moyenne_annuelle = \frac{production}{\hat{a}ge}$$

Lorsque l'accroissement moyen est maximum (point M des courbes (1) et (2) des graphiques T), on a égalité de l'accroissement moyen avec l'accroissement courant.

T. Graphiques du choix du terme d'exploitabilité en futaie régulière

en vue d'optimiser la production moyenne en volume (d'après DUBOURDIEU, 1997)



Parfois, ce critère concerne non pas la production totale mais la production d'une catégorie de bois, comme par exemple les gros bois, ou bien les bois de qualité supérieure qui assurent une meilleure valorisation unitaire (tranchage, merrain ...) ou bien encore ceux qui correspondent à l'approvisionnement en matière première d'une unité de transformation dans laquelle la propriété forestière est intégrée.

4.1.2 Le bénéfice moyen annuel

L'idée est ici d'optimiser les recettes moyennes annuelles nettes du propriétaire.

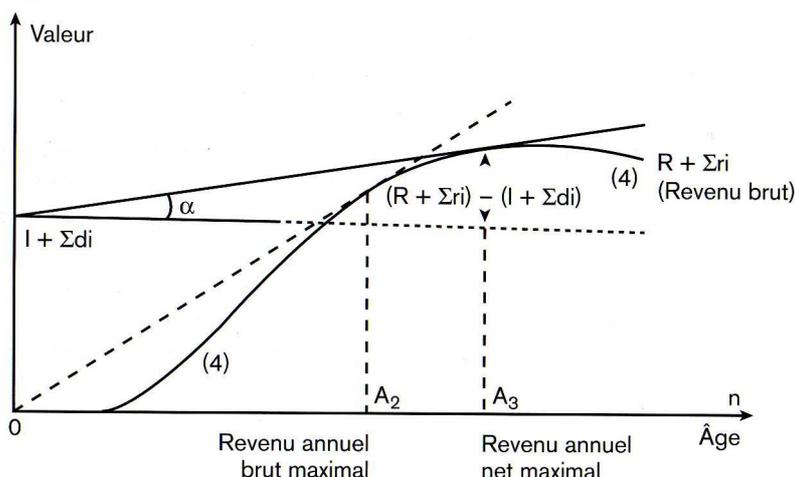
$$Bénéfice_moyen = \sum_{i=0}^n \frac{prix_unitaire_i \times volume_i - dépenses_i}{n}$$

n = révolution du cycle de production en années

i = année

Par rapport au critère précédent, il s'agit donc de pondérer les volumes attendus par les prix correspondants, mais aussi de prendre en compte les dépenses.

U. Calcul de l'âge optimum d'exploitabilité en futaie régulière,
d'après le critère de maximisation du bénéfice moyen annuel. (d'après DUBOURDIEU, 1997)



$I + \Sigma di$ représente l'ensemble des dépenses réalisées pendant la durée du cycle de production.

$R + \Sigma ri$ représente l'ensemble des recettes obtenues pendant la durée du cycle de production, nommées également « revenu brut ».

Ce critère est couramment adopté pour les forêts publiques. Il est ainsi exposé dans le manuel d'aménagement forestier (DUBOURDIEU, 1997) et dans les directives nationales de gestion de la forêt domaniale en France (ONF, 1990), mais aussi dans la loi américaine : National Forest Management Act de 1976 (Peyron et al., 1998). Les directives nationales de gestion de la forêt domaniale précisent que « maximiser durablement le revenu moyen net annuel revient à adopter un âge d'exploitabilité un peu plus élevé que celui qui maximise la production en volume, de façon à prendre en compte les frais de régénération » tout en admettant que « pour les qualités exceptionnelles (chêne de tranchage, épicéa de résonance), l'âge d'exploitabilité correspondra au maximum de l'accroissement moyen, en volume, dans la qualité recherchée ». Ce document précise également que « d'une manière générale, l'accroissement moyen en volume d'un peuplement plein dépend peu de la sylviculture pratiquée alors que le diamètre en dépend beaucoup ». Ainsi, ayant observé au préalable que le diamètre avait une forte influence sur les prix unitaires, il insiste sur le fait qu'une croissance soutenue en diamètre doit être recherchée aussi souvent qu'elle ne détériore pas les propriétés mécaniques du bois.

En substance, le manuel d'aménagement forestier conclut que maximiser le revenu net annuel revient à maximiser la production moyenne annuelle de bois de qualité en recherchant à faire atteindre aux arbres le diamètre qui permet d'obtenir les meilleurs prix unitaires, sans pour autant s'éloigner beaucoup (par excès) de l'âge qui maximise la production moyenne annuelle en volume (accroissement moyen maximum).

D'ailleurs, en consultant les services de l'ONF chargés de définir les objectifs d'âge d'exploitabilité, on confirme effectivement que l'objectif est de pousser les arbres vers le diamètre qui permet d'atteindre les meilleurs prix unitaires. (La courbe des prix unitaires a en effet tendance à atteindre un plateau, voire même parfois à avoir l'aspect d'une courbe en cloche quand les gros diamètres sont boudés comme par exemple pour le sapin pectiné dans les Vosges).

Pour une forêt équilibrée, cet indicateur revient à rechercher le revenu net annuel maximum :

$$\text{bénéfice}_{\text{moyen}} = R - D$$

avec R : recettes annuelles
 D : dépenses annuelles

4.1.3 Critères économiques reposant sur la valeur actualisée

4.1.3.1 Bénéfice actualisé simple (BAS)

Cet indicateur permet de prendre en compte l'actualisation, c'est-à-dire la préférence pour le présent des acteurs économiques.

« L'actualisation est l'opération mathématique qui permet de comparer des valeurs économiques qui s'échelonnent dans le temps : il s'agit de ramener la valeur future d'un bien ou d'une dépense (V_{t+n} à l'année $t + n$) à une valeur actuelle (V_t). L'actualisation repose sur deux éléments essentiels : l'appréciation des flux monétaires (échancier des dépenses et recettes immédiates et futures, réelles ou fictives) et le taux d'actualisation (coefficient permettant de ramener le futur au présent). Le taux d'actualisation est un taux de substitution entre le futur et le présent ; il traduit la valeur du temps pour une entreprise ou une collectivité : c'est en quelque sorte le « prix du temps ». L'actualisation constitue l'un des éléments de tout calcul économique inter temporel en permettant de répondre aux deux questions fondamentales : comment mesurer la rentabilité d'un investissement et comment choisir entre plusieurs investissements rentables ? Le calcul économique est de ce fait un outil privilégié d'aide à la décision pour tous les décideurs, qu'ils soient privés ou publics. » (Commissariat général du Plan, 2005).

$$V_t = \frac{V_{t+n}}{(1+a)^n} = V_{t+n} \times K$$

V_t : valeur à la date t ¹

a : taux d'actualisation.

n : nombre d'années entre la date du flux réel ($t + n$) et l'année de référence (t) de la valeur actualisée.

$$K = \frac{1}{(1+a)^n} \approx e^{-n.a}$$

K : coefficient d'actualisation

En rapportant les valeurs à la date de commencement du projet, le bénéfice net actualisé (BAS) peut s'écrire :

$$BAS = \sum_{i=0}^{i=n} \frac{R_i - D_i}{(1+a)^i}$$

R_i : recette à l'année i

D_i : dépense à l'année i

a = taux d'actualisation

n = durée du projet, ou révolution.

¹ On considère en général des taux d'actualisation réels et des prix réels (prix en euros constants ou à parité de pouvoir d'achat). Hormis les analyses sur la variabilité du prix du bois, on fera l'hypothèse d'un prix du bois évoluant de façon assez similaire à l'inflation (PERRON, 2002 ; CHAISSAC et al., 2000)

$$1 + Tn = (1 + I) \times (1 + Tr)$$

d'où le développement limité pour des taux faibles $Tn = I + Tr$

Tn : taux nominal, celui indiqué par un banquier dans un placement ou un emprunt

Tr : taux réel ou taux d'actualisation

I : taux d'inflation.

Le coefficient K, calculé au tableau V, est assez sensible à la valeur retenue pour le taux d'actualisation, notamment sur des durées très longues. Cela illustre le décalage de valeur qui existe du fait du temps qui passe, entre des investissements et des recettes dans le cadre de projets forestiers qui portent la plupart du temps sur le très long terme. Ainsi, dans l'exemple fictif d'un investissement et d'une recette unique, pour un agent économique ayant un taux d'actualisation de 4 %, le projet est simplement équilibré – c'est-à-dire le bénéfice est nul - si les recettes en euros constants au bout de 60 ans représentent 10 fois les investissements initiaux (coefficient d'actualisation de 10 %).

V. Tableau : Influence du temps et du taux d'actualisation sur le coefficient d'actualisation (K) :

durée	taux d'actualisation		
	4%	3%	2%
20 ans	45%	56%	67%
40 ans	21%	30%	45%
60 ans	10%	17%	30%
80 ans	4%	9%	20%
100 ans	2%	5%	14%
120 ans	1%	3%	9%

4.1.3.2 Bénéfice actualisé intégrant la valeur du fond (BASF)

Cette notion est équivalente à la précédente avec la particularité de prendre en compte l'immobilisation du capital constitué par le sol (nommé fonds en économie forestière = F). En effet, la valeur du fonds est comptabilisée comme une dépense au début du projet puis elle est restituée comme une recette à la fin du projet.

$$BASF = \sum_{i=0}^{i=n} \frac{R_i - D_i}{(1+a)^i} - F \times \left(1 - \frac{1}{(1+a)^n}\right)$$

n = durée du projet

a = taux d'actualisation

i = indice de l'année

R et D respectivement recettes et dépenses.

Ainsi, cela revient en quelque sorte à amortir la valeur du sol. Le terme $F \cdot (1 - 1/(1+a)^n)$ représente en effet la différence de valeur actualisée du sol entre le début et la fin du projet. Cette valeur est parfois dénommée coût d'immobilisation du sol forestier (CIF). Vu la longueur des projets forestiers, cela revient finalement la plupart du temps à défalquer la valeur du sol des recettes actualisées attendues, en tous cas dès lors que la révolution excède 70 ans quand on utilise des taux d'actualisation correspondant aux préconisations du Commissariat général du plan. Ainsi, la capacité du sol à produire ultérieurement est prise en compte au travers de la valeur résiduelle du sol, mais l'enjeu est moindre en termes de résultat économique.

Dans la situation particulière d'une forêt en équilibre, l'optimisation du bénéfice actualisé passe par l'optimisation de la valeur :

$$BAS(F) = R - D - a \cdot C$$

Avec

R : recettes moyennes annuelles

D : dépenses moyennes annuelles

C : capital immobilisé (intégrant la valeur du bois et éventuellement celle du fonds).

a : taux d'actualisation

4.1.4 Bénéfice actualisé sur une infinité de révolutions (BASI)

Cette notion prend en compte le fait que sur une parcelle donnée, on peut répéter à l'infini un itinéraire sylvicole. Développé par Faustman au XIX^e siècle, cet indicateur a le double intérêt de comparer des itinéraires de révolutions différentes, mais aussi de déduire une valeur du fonds révélée par le taux d'actualisation propre au propriétaire, selon l'itinéraire sylvicole choisi. Cela permet notamment de rendre endogène la valeur du fonds dans le calcul de l'optimum de la durée de révolution.

$$\begin{aligned} BASI &= \sum_{i=0}^{i=n} \frac{R_i - D_i}{(1+a)^i} + \sum_{i=n}^{i=2n} \frac{R_i - D_i}{(1+a)^i} + \sum_{i=2n}^{i=3n} \frac{R_i - D_i}{(1+a)^i} + \dots \\ &= \sum_{i=0}^{i=n} \frac{R_i - D_i}{(1+a)^i} \times \left(1 + \frac{1}{(1+a)^n} + \frac{1}{(1+a)^{2n}} + \dots\right) \\ &= BAS \times \frac{(1+a)^n}{(1+a)^n - 1} \end{aligned}$$

n = durée du projet ou révolution

a = taux d'actualisation

i = indice de l'année

R et D respectivement recettes et dépenses.

C'est l'indicateur qui semble avoir la préférence de la plupart des économistes forestiers. PEYRON et al. d'écrire : « Assis sur une infinité de révolutions, le critère du BASI est le plus conforme à la théorie microéconomique ».

4.1.5 Les critères financiers : le taux interne de rentabilité.

Le TIR est en fait le taux d'actualisation qui annule un bénéfice actualisé sur un projet. On distingue le TIR simple du TIRF selon que l'on prend en compte ou non la valeur du sol immobilisé dans le projet. Le TIRF est le taux qui rend le BASI égal à la valeur du fonds, ce qui est aussi équivalent à annuler la valeur du BASF. Un des intérêts de taux interne de rentabilité est de se départir de l'évaluation d'un taux d'actualisation qui est une donnée très discutée voire polémique. Ce taux est ainsi endogène et il sert justement d'indicateur de comparaison (de façon assez équivalente au sol dans le cas du BASI).

Pour un investisseur financier qui n'est pas attaché à un actif donné, le critère économique de référence est de maximiser le taux de rentabilité de l'argent disponible. Ainsi, s'il a une somme à investir, il va rechercher les projets qui lui apportent le meilleur rendement annuel. C'est le même principe que lorsqu'un épargnant compare les taux d'intérêt entre les banques pour placer son argent.

Pour une forêt en équilibre, l'optimisation du TIR revient à optimiser :

$$\frac{R - D}{C}$$

Avec

R : recettes annuelles

D : dépenses annuelles

C : capital immobilisé, incluant ou non le fonds.

La forêt n'est pas réputée attractive pour les investisseurs car les rendements sont souvent faibles par rapport aux autres placements. Néanmoins, à long terme, la baisse des taux d'actualisation et la baisse des niveaux de rendement la rendent un peu plus compétitive. En outre, elle peut présenter un aspect de diversification du capital. La forêt a alors vocation à constituer un patrimoine peut-être moins rémunérateur mais aussi moins volatil que d'autres actifs, comme les actions par exemple. Elle présente également l'intérêt de constituer une bonne protection contre l'inflation et encore d'avoir une corrélation négative avec l'évolution des marchés action (PIERMONT, 2007,a).

Les taux internes de rentabilité des forêts sont estimés par la SFCDC, entre 1 et 4% sur son site internet. Compte tenu de l'effet du temps, les essences à croissance rapide apparaissent nettement plus intéressantes.

W. Typologie des placements forestiers et rentabilité associée

	"Ligniculture"	Forêt "Patrimoniale"	Forêt "Riche"
Essences dominantes	Résineux (ou peupliers)	Mixte	Feuillus
Sylviculture	Intensive : Grande quantité de bois de valeur unitaire moyenne	Peu intensive : Valorisation foncière	Production modérée : Bois de valeur
Facteur de rentabilité	La croissance des bois	- Proche du marché immobilier - La date d'achat	- Les cours du bois - La date d'achat
Rentabilité annuelle moyenne*	2 à 4 %	Très variable de - 5 % à + 5 %	1,5 à 2,5 %

* Observée sur une longue période, ne préjugant pas du futur.
Données SFCDC

D'après http://www.forestiere-cdc.fr/index.php/sfo/public/investir_en_foret/les_fondamentaux_1, consulté le 16/12/2008

4.1.6 Autres indicateurs possibles

4.1.6.1 Bénéfice actualisé par euro dépensé.

Cet indicateur permet de prendre en compte la situation financière du propriétaire, en particulier sa difficulté à financer l'ensemble des projets qui s'offrent à lui. TERREAUX (1990) démontre sans ambiguïté dans sa thèse que dans le cadre d'un marché financier parfait² et d'impossibilité d'extension du foncier forestier, l'optimisation du BASI permet d'optimiser la création de richesse pour le propriétaire. Néanmoins, cette situation d'égalité des taux d'emprunts et de prêts est rarement constatée de sorte qu'il ne faut pas utiliser un même taux selon que le propriétaire est en mesure d'autofinancer les investissements, ou bien qu'il doit avoir recours à l'emprunt (MOREL et TERREAUX, 1995 ; BRAZEE, 2003). Le tableau des coefficients d'actualisation (tableau V au § 4.1.3.1) illustre que cet aspect est loin d'être anodin sur les résultats obtenus ainsi que sur la stratégie sylvicole à suivre. Il s'agit donc pour le gestionnaire d'estimer comment peut être répartie la capacité d'investissement à l'échelle de l'ensemble des biens du propriétaire. Rien ne sert en effet de mettre parfaitement en valeur un hectare d'une propriété si parallèlement, les trente hectares restants sont loin de cet optimum, que les ressources du propriétaire ne lui permettent pas d'intervenir davantage et que le recours à l'emprunt rendrait les autres projets complètement inintéressants du fait du différentiel entre le taux d'actualisation propre du propriétaire et le taux d'un emprunt. **Cet argument plaide en faveur de la détermination d'une stratégie sylvicole adéquate non seulement avec l'écosystème (conditions de production), mais aussi avec la situation de l'ensemble des biens du propriétaire intégrant notamment sa capacité financière.**

Dans la situation de choix d'investissements sous contrainte budgétaire, un indicateur est parfois proposé. Il s'agit de calculer le revenu net actualisé par euro investi (MOREL et TERREAUX, 1995 ; GALESNE,

² Un marché financier parfait signifie que les emprunts et les prêts se font au même taux. Cela permet au marché de révéler un taux d'actualisation partagé. Et surtout, cela rend un emprunt « pas plus coûteux » que le taux d'actualisation.

1996). Cet aspect est d'ailleurs souligné également par le Commissariat général au Plan (2005) : « le rapport sépare nettement la question du taux d'actualisation des questions de la contrainte budgétaire et du coût d'opportunité des fonds publics (...) il recommande par ailleurs de renforcer les mécanismes de sélection des projets de manière à utiliser les ressources financières disponibles au mieux des intérêts de la collectivité en s'appuyant sur le ratio bénéfice actualisé par euro public dépensé. »

Ce critère de bénéfice actualisé par euro dépensé (BA/inv) peut se formaliser de la façon suivante :

$$BA/inv = \frac{BAS}{\sum_{i=0}^{i=s} \frac{D_i}{(1+a)^i}} \quad (\text{équation 1})$$

$$\text{ou bien } BA/inv = \frac{BASF}{\sum_{i=0}^{i=s} \frac{D_{Ti}}{(1+a)^i}} \quad (\text{équation 2})$$

i = années

s = seuil de la durée prise en compte pour la dépense d'investissement

D_T = dépense en travaux sylvicoles

a = taux d'actualisation

La difficulté dans le cas d'un projet forestier est de définir quel critère économique on retient (BAS, BASF, ou BASI) et surtout la durée des investissements pris en compte car les projets sont souvent fortement étalés dans le temps. Afin d'être compatible avec les règles de comptabilité publique, on peut par exemple retenir $s = 15$ puisque au-delà, les dépenses ne sont plus considérées comme de l'investissement mais comme du fonctionnement. Le temps écoulé entre-temps peut par ailleurs avoir permis de lever la contrainte budgétaire. On pourrait aussi retenir seulement les travaux sylvicoles (D_T), en jugeant que les autres dépenses sont quasiment indépendantes du choix sylvicole réalisé. Les dépenses peuvent alors s'étaler sur 40 ans. Dans le présent travail, cette notion sera abordée avec l'équation 2, c'est-à-dire l'ensemble des travaux sylvicoles et le BASF.

Face à l'imperfection du marché financier, certains auteurs conseillent de chercher à régulariser le revenu (MOREL et TERREAUX, 1995), d'autres incitent à accroître les récoltes en période d'investissements (y compris dans des projets hors forêt) et à les temporiser en absence de projet (BRAZEE, 2003). En tous cas, le passage d'une situation créditrice à une situation débitrice incite à modifier le taux d'actualisation. Le différentiel de taux peut être estimé entre 0,5 et 1,5 %, ce qui peut modifier considérablement les choix sylvicoles.

4.1.6.2 La création de valeur ajoutée.

Il est souvent souligné que la production forestière contribue à l'aménagement du territoire par le maintien d'une activité dans des zones peu dynamiques économiquement. Les élus ruraux sont d'ailleurs régulièrement attentifs à cet aspect quand ils investissent en forêt. Cette remarque se vérifie d'autant plus que les activités forestières, en particulier la sylviculture, sont caractérisées par une forte consommation de main d'œuvre relativement à l'activité générée. Il a ainsi été fait l'approximation

valeur ajoutée = chiffre d'affaires.

en estimant que les consommations intermédiaires (hors main d'œuvre), sur la base de prix de vente sur pied, étaient négligeables par rapport aux intrants en main d'œuvre.

Afin de prendre en compte le temps qui passe, le chiffre d'affaire cumulé des coupes possibles au cours d'une révolution est actualisé. Étant donné que les itinéraires possibles s'étendent sur des révolutions variables, l'indicateur est basé sur une annuité constante équivalente (ACE).

$$ACE \text{ création de richesse} = \sum_{i=0}^{i=n} \frac{R_i}{(1+a)^i} \times \frac{a \times (1+a)^n}{(1+a)^n - 1}$$

On peut ainsi rechercher comment produire le maximum de richesse sur une surface limitée, en respectant le principe d'actualisation.

4.1.7 Grandeurs annexes

Ces grandeurs ne constituent pas des critères de choix à proprement parler mais elles permettent de comprendre les liens entre indicateurs, de décomposer certains raisonnements, ou bien encore de prendre facilement en compte des modifications des hypothèses dans les calculs afin de réaliser rapidement des analyses de sensibilité. Cette partie est aussi l'occasion de s'attarder sur le choix du taux d'actualisation.

4.1.7.1 Le taux de fonctionnement (r)

$$r = \frac{dR_n}{dt} \times \frac{1}{C}$$

avec C : capital incluant ou non le fonds
R_n : revenu net= R-D

Cette grandeur représente en fait le taux de rendement instantané.

Cette grandeur est intéressante car elle entre souvent dans le calcul des optima.

On remarque en effet que l'optimisation du taux interne de rentabilité d'une forêt en équilibre revient à rechercher le meilleur taux de fonctionnement de la forêt. Mais aussi que la détermination de la révolution idéale d'une futaie régulière revient à réaliser la coupe définitive quand le taux de fonctionnement de la forêt ne dépasse plus le taux d'actualisation retenu (HESHMATOL, 2006). Cette propriété est intéressante dans la mesure où la forêt peut être assimilée à une somme d'arbres et qu'à l'approche de la régénération, le capital représenté par le sol est souvent négligeable par rapport à la superficie. De même, les coûts de gestion sont souvent négligeables vis-à-vis de peuplements aussi capitalisés. Avec une vision à l'échelle « arbre », cela permet de déterminer les arbres qui méritent le plus de rester au cours des coupes de régénération secondaires selon leurs dimensions, leur accroissement respectif et l'évolution des prix unitaires observée en fonction du diamètre. « Le gain annuel traduit l'accroissement annuel en valeur de l'arbre. Il intègre son augmentation en volume et l'augmentation du prix unitaire qui en découle ». (Bruciamacchie et al., 2005). Le gain peut donc aisément être calculé à partir de la croissance en volume du peuplement, et de sa croissance en diamètre qui conditionne la variation de prix unitaire à qualité constante. Les informations sur la croissance des peuplements peuvent provenir des tables de production ou de modèles de croissance dans le cas de peuplements réguliers, ou bien d'estimations de la croissance en diamètre pour des arbres individualisés (notamment par un suivi périodique d'arbres au travers des placettes permanentes par exemple). Les grilles de prix en fonction du diamètre correspondent à des analyses de ventes de bois assez homogènes en qualité.

Pour un capital bois C = V . PU

Avec V : volume

PU : prix unitaire

$$r = \frac{dC}{dt} \times \frac{1}{C} = \frac{\partial V}{\partial t} \times \frac{1}{V} + \frac{\partial PU}{\partial t} \times \frac{1}{PU}$$

Compte tenu qu'on raisonne souvent les prix par classe de diamètre, on peut réaliser l'approximation suivante permise quand les taux sont assez faibles :

$$\frac{\partial PU}{\partial t} \times \frac{1}{PU} = \frac{(PU_{(D+5)} - PU_{(D)}) \times \text{AccD}}{5 \cdot PU_{(D)}}$$

avec AccD = accroissement annuel moyen sur le diamètre en cm

PU_(D) = prix unitaire volumique d'un arbre de diamètre D

Il faut prendre garde à ne pas raisonner uniquement sur le capital bois comme présenté dans le cadre de la réflexion précédente. En effet, le capital d'une forêt est constitué à la fois par le bois (=superficie) et par le sol (=fonds ou tréfonds). Si la valeur du sol peut être négligée quand la forêt est fortement capitalisée, cela devient de moins en moins le cas quand on diminue la valeur de la superficie, car la valeur du sol, elle reste stable. Ainsi, la recherche d'un abaissement du capital producteur est intéressante tant qu'elle n'altère pas le niveau de production en valeur.

L'équation Taux de fonctionnement = $r = dC / (C.dt)$ reste valable

dC/dt est toujours la production annuelle de bois. Il suffit d'incorporer au capital la valeur du sol.

L'expression du taux de fonctionnement écrite avec les taux de progression annuels du prix unitaire des bois et du volume devient

$$r = \left[\frac{\partial V}{\partial t} \times \frac{1}{V} + \frac{(PU_{(D+5)} - PU_{(D)}) \times AccD}{5.PU} \right] \times \frac{C_{bois}}{C_{bois+sol}}$$

que l'on peut traduire par « le taux de fonctionnement est la somme des taux d'accroissement annuel en volume et taux d'accroissement annuel du prix unitaire que multiplie un facteur correctif prenant en compte les proportions relatives de bois et de sol dans la valeur de la forêt.

4.1.7.2 Coefficient de passage du BAS au BASI

X. Illustration : Influence du temps et du taux d'actualisation sur le coefficient de passage du BAS au BASI:

durée	taux d'actualisation		
	4%	3%	2%
20 ans	1,84	2,24	3,06
40 ans	1,26	1,44	1,83
60 ans	1,11	1,20	1,44
80 ans	1,05	1,10	1,26
100 ans	1,02	1,05	1,16
120 ans	1,01	1,03	1,10

On observe ainsi que dès lors que les rotations sont longues, comme c'est le cas pour les feuillus sociaux comme le hêtre, on obtient d'abord une très bonne approximation du BASI par le BAS, ainsi que le mentionnent DUER et al. (1956, cité dans HESHMATOL, 2006). Cela rejoint également le résultat du 4.1.3.2. obtenu avec le BASF selon lequel les enjeux inhérents aux révolutions ultérieures existent mais sont négligeables par rapport à la révolution en cours. Ainsi, le choix du taux d'actualisation –qui sert à quantifier la préférence pour le présent- permet d'évaluer les sacrifices que l'on est prêt à faire dans le présent pour améliorer le futur. Si la recherche d'un équilibre à long terme en amputant les recettes présentes est envisageable pour un acteur ayant un très faible taux d'actualisation, cela est beaucoup plus difficilement envisageable pour un agent économique avec un fort taux d'actualisation. L'utilisation directe du BAS ou du BASF permet en outre de lever l'hypothèse très forte faite sur la répétitivité de l'itinéraire à l'infini, en particulier si des améliorations techniques s'avèrent possibles sur les cycles ultérieurs. Et surtout, la différence de résultat est minime au regard des incertitudes qui existent sur de nombreuses variables d'entrée du problème pour les taux d'actualisation couramment préconisés.

4.1.7.3 Le capital d'administration

Quand une dépense se répète de façon régulière au cours du temps, comme les frais de gestion, les impôts, une recette de chasse, etc. la notion de capital d'administration permet d'évaluer rapidement le capital équivalent, à l'année 0, de l'ensemble des flux financiers actualisés qui se succèdent à l'infini. C'est une façon très rapide de cerner des ordres de grandeur compatibles avec les BASI, BASF et BAS avec les taux d'actualisation et durées adaptés au hêtre.

$$\text{Capital_d'administration} = Ka = \frac{F_m \times (1+a)}{a} \approx \frac{F_m}{a}$$

F_m : flux financier annuel
a = taux d'actualisation

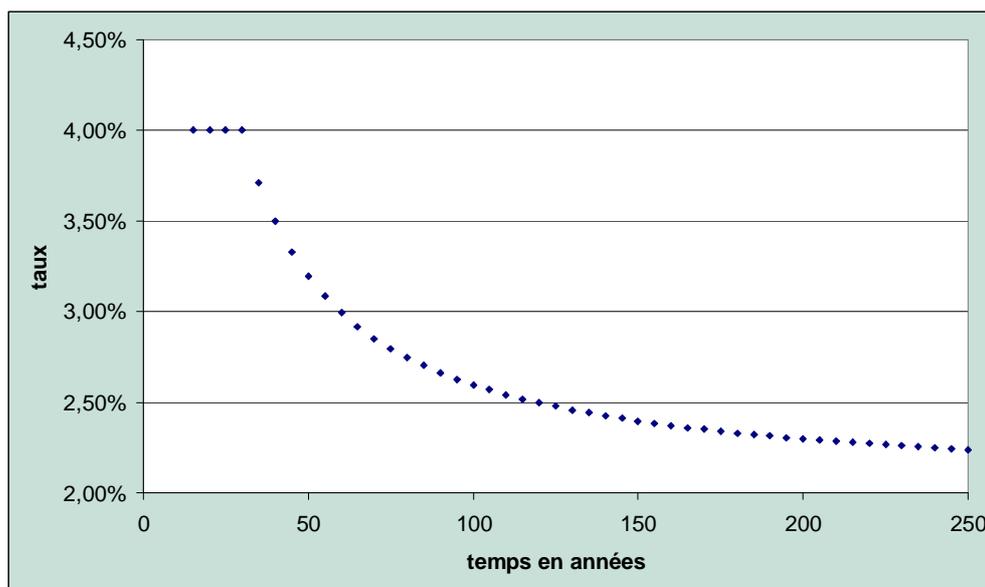
4.1.7.4 Choix du taux d'actualisation

Si les critères d'accroissement moyen et de bénéfice moyen mettent sur le même plan les recettes obtenues de façon décalée dans le temps, tous les autres critères présentés conduisent à utiliser un coefficient d'actualisation qui illustre la préférence de l'agent économique pour le présent. Les résultats présentés dans le tableau V du 4.1.3.1 illustrent que le choix du taux d'actualisation a une importance capitale vis-à-vis des résultats attendus et donc de la stratégie à adopter. L'utilisation d'un taux d'actualisation revient notamment à intégrer un coût d'immobilisation financière, souvent nommé « coût d'opportunité du capital ».

Le choix du taux d'actualisation est un exercice difficile car cela conditionne énormément les résultats d'autant que les pratiques sont variables. Ainsi, les références de taux d'actualisation utilisées parfois intègrent les variations de prix. Le présent travail a pour sa part vocation à travailler en € constants, c'est à dire d'enlever la part liée à l'inflation, comme le préconise le Plan (2005) « Le taux d'actualisation est un taux d'actualisation réel et doit donc être utilisé dans des calculs effectués en monnaie constante (hors inflation) ».

Il n'en reste pas moins que le choix du taux reste difficile. Néanmoins, de nombreuses sources indiquent qu'il est raisonnable de choisir un taux d'actualisation d'autant plus faible que le projet est à long terme, tant pour des investissements publics que pour des investissements privés. Effectivement, pour les investissements privés, les projets à long terme sont rarement aussi rentables que les projets à court terme (FOSTER, 1979 cité in TERREAUX, 1990 ; CHAPMAN, 1931 cité in HESHMATOL, 2006). Pour les investissements publics, il est souvent question de considérer le taux d'actualisation comme la représentation d'une préférence pure pour le présent (de l'ordre de 1 %), et d'un effet richesse indexé sur la croissance économique attendue et variable en fonction de l'horizon de temps considéré. C'est ainsi que le commissariat général au Plan fournit des indications précises sur l'évolution du taux d'actualisation selon l'horizon de temps sur lequel on se projette. Le taux est fixe tout au long d'un projet mais sa valeur varie selon la durée du projet considéré.

Y. Estimation du taux d'actualisation à long terme, selon la durée du projet. D'après TERREAUX, 2008.



On trouve parfois même des taux d'actualisation plus faibles, dans le cadre des réflexions sur le développement durable, en particulier dès lors qu'il est question de consommation de biens non renouvelables, ou que les décisions s'accompagnent d'une destruction de l'environnement. De telles approches permettent de justifier des taux d'actualisation relativement faibles, comme celui de 1,6 % utilisé dans le rapport STERN (NOCETTI, 2009).

Dans ces conditions, même si un taux de 3 à 3,5 % apparaît bien adapté au regard de la révolution standard du hêtre, il apparaît raisonnable d'explorer une fourchette de taux d'actualisation de l'ordre de 2 à 4 %.

Compte tenu de la difficulté à fixer le taux d'actualisation, alors qu'il a une influence très importante sur les résultats obtenus, il est parfois préconisé d'utiliser le taux qui rend le BASI égal à la valeur du fonds constaté sur le marché (donc le TIRF) pour un itinéraire sylvicole de référence comme par exemple la sylviculture mise en œuvre habituellement pour une même essence. On peut cependant se demander si la répétition de cette démarche avec des sylvicultures de référence variables (en fonction des résultats successifs obtenus), ne conduit pas à retenir au final la sylviculture ayant le meilleur taux interne de rentabilité.

4.1.8 Comparaison des indicateurs

4.1.8.1 Reproches respectifs faits aux indicateurs

Le principal reproche fait au bénéfice moyen annuel est de ne pas avoir recours à l'actualisation. La conséquence manifeste est de ne pas donner de coût d'opportunité au capital immobilisé dans la production, comme en témoigne la formule de cette grandeur en situation d'équilibre. On peut se demander si le choix traditionnel de ce critère (bénéfice moyen annuel) pour les forêts publiques peut avoir une influence sur l'habitude de l'ONF de ne pas évaluer la valeur économique du patrimoine forestier dont il a la charge, ni de ses variations d'une période d'aménagement à l'autre. En effet, un bilan d'aménagement fait en général état des dépenses et des recettes sans s'intéresser à la variation de la valeur du stock (ni à la hausse, ni à la baisse). Il faut néanmoins reconnaître une exception à cette règle : l'inscription de la valeur forfaitaire des forêts domaniales à l'actif du bilan de l'établissement public à caractère industriel et commercial « ONF » (ONF, 2006.b).

Comme le signale PEYRON et al. (1998), les critères excluant la valeur du fonds (BAS, TIR) supposent le fonds de valeur nulle, c'est-à-dire inaliénable ou présent en quantité illimitée. Bien que « l'inaliénabilité de terrains forestiers [appartenant à des collectivités publiques] ne puisse pas être garantie », on peut tout de même concevoir que cet indicateur puisse être retenu pour des forêts publiques, ou en tous cas pour des propriétaires qui tiennent absolument à ne pas se démunir de leur bien.

Le BASI est clairement identifié et rejeté par le manuel d'aménagement forestier (et par voie de conséquence par les gestionnaires de forêts publiques) comme l'illustre cet extrait (DUBOURDIEU, 1997) : « Maximiser le revenu net actualisé (l'actualisation sur une séquence infinie de cycles), conduirait à réduire l'âge d'exploitabilité et à diminuer le revenu annuel net de la forêt ; il en résulterait à la fois un impact accru des opérations de régénération sur le milieu et une diminution des moyens financiers pour la gestion ». La critique semble être faite davantage à l'encontre d'un changement d'habitude que sur des fondements économiques. La question entre ces deux indicateurs serait par conséquent plutôt : « doit-on utiliser l'actualisation ou non ? ». À cet égard, les recommandations du Plan dans le cadre des investissements publics apparaissent assez claires.

Le TIR est lui aussi réfuté pour la gestion des forêts publiques en France, même si les directives nationales de gestion de la forêt domaniale concèdent que cet indicateur mérite d'être utilisé pour comparer « plusieurs opérations d'amélioration ou d'investissement techniquement souhaitables ». L'indicateur de taux interne de rentabilité est également réfuté par TERREAUX et al. (FRAYSSE et al., 1990 ; MOREL et TERREAUX, 1995), notamment au motif que l'on n'est pas forcément en mesure de réinvestir les sommes récoltées à un aussi bon taux que celui du projet évalué. Pourtant, si la valeur du sol correspond à celle du marché, il n'y a normalement pas de problème pour réaliser d'autres projets similaires. Il faut tout de même reconnaître que la liquidité des forêts est relativement faible. Il ne s'échange en moyenne annuellement que 1 % des surfaces forestières privées.

4.1.8.2 Comparaison bénéfice actualisé et taux internes de rentabilité.

Quand la durée de deux projets est équivalente, que les projets ne consistent qu'à un investissement initial (I) identique et une recette finale (respectivement R_1 et R_2), les comparaisons des taux internes de rentabilité respectifs ou bien des bénéfices actualisés sont équivalents.

En effet, si le taux du projet 1 est supérieur au taux du projet 2, on a :

$$\frac{R_1}{I} > \frac{R_2}{I} \Leftrightarrow R_1 > R_2 \Leftrightarrow R_1 - K.I > R_2 - K.I$$

le bénéfice actualisé du projet 1 est ainsi supérieur à celui du projet 2.

Sous réserve que R_1 et R_2 sont positifs, K étant le coefficient d'actualisation, lui aussi strictement positif.

Quand les projets ne portent pas sur la même durée, qu'il y a des recettes et dépenses intermédiaires, que l'investissement initial n'est pas le même, la différence entre les deux projets revient un peu au fait d'actualiser les flux intermédiaires avec le taux d'actualisation de l'agent dans le cas d'un bénéfice actualisé ou avec le taux de rendement dans le cas du TIR. La préférence pour l'un ou l'autre des indicateurs dépend donc en partie de l'existence ou non de projets aussi rentables pour « placer » l'argent des recettes intermédiaires.

C'est d'ailleurs ce qui est souvent à l'origine des critiques vis-à-vis du TIR : « l'objection conceptuelle destinée au TIRF est liée à son hypothèse sous-jacente selon laquelle les revenus engendrés par l'investissement peuvent être réinvestis de façon perpétuelle à un taux maximal de rendement (NEWMAN, 1988, in HESHMATOL, 2006). À l'inverse, le choix d'un bénéfice actualisé handicape un projet procurant rapidement des recettes, alors justement que cette caractéristique est souvent recherchée par les investisseurs.

4.1.8.3 Des liens intimes entre les indicateurs

Mis à part les indicateurs de production moyenne (en valeur ou en volume) qui ne réalisent pas d'actualisation, il est intéressant de remarquer que tous les autres indicateurs sont étroitement reliés par la quantité :

$$X = \sum_{i=0}^{i=n} \frac{R_i - D_i}{(1+a)^i}$$

R_i : recette à l'année i

D_i : dépense à l'année i

n = durée du projet, ou révolution.

Ainsi, le TIR est la valeur de a qui annule le BAS ($X=BAS$). Le TIRF est la valeur de a qui annule le BASF ($X=BASF+CIF$; avec CIF = coût d'immobilisation du fonds forestier). Le TIRF rend par ailleurs le BASI égal à la valeur de référence du sol forestier. En conséquence, un taux d'actualisation choisi au delà du taux de rentabilité rend les bénéfices actualisés (respectivement BAS, BASF) négatifs. De même, le choix d'un taux d'actualisation inférieur au TIRF rend le BASI inférieur à la valeur exogène du fonds. Les liens sont ainsi très étroits entre les différents indicateurs. Leur analyse conjointe est ainsi complémentaire, notamment pour comprendre les analyses de sensibilité, en particulier sur les grandeurs qui nécessitent des hypothèses (taux d'actualisation, valeur du fonds).

4.1.9 Conclusion sur les indicateurs économiques

En tout état de cause, **cette réflexion sur les indicateurs économiques laisse envisager qu'il n'existe pas une solution sylvicole unique pour tout type de propriétaire forestier. La situation financière, de même que l'état de l'ensemble du patrimoine forestier doivent absolument être pris en compte par le gestionnaire afin de prodiguer le meilleur conseil.** Différents critères peuvent donc être utilisés afin de répondre au mieux aux attentes et aux contraintes du propriétaire. **L'utilisation d'un ensemble d'indicateurs paraît plus pertinente que de se limiter à un seul car on obtient ainsi des indications complémentaires et l'analyse de sensibilité est facilitée.**

En outre, il est primordial de garder à l'esprit que seules les fonctions économiques de la forêt sont prises en compte ici. Par conséquent, il s'agit davantage de comparer les résultats « à égalité de services rendus » que d'en interpréter uniquement la valeur absolue. Un projet n'est pas déraisonnable s'il a un BASI négatif, du moment que c'est l'itinéraire le moins déficitaire et qu'il existe d'autres bénéfiques que la production de bois. Ce peut être le cas d'une forêt dont le propriétaire est confronté à un taux d'actualisation très élevé avec lequel aucune solution sylvicole ne parvient à fournir un résultat positif sur la production, mais qui tient à conserver le patrimoine car l'utilité des fonctions non marchandes est jugée largement supérieure au déficit évalué. En effet, la forêt peut apporter d'autres biens et services non pris en compte tant pour un propriétaire privé que pour un propriétaire public (paysage, zone de loisir, chasse, préservation de biodiversité ...).

Après avoir présenté les indicateurs de performance, il s'agit de fabriquer les données utilisables tant pour l'évaluation des recettes que pour l'estimation des charges.

4.2 Évaluation des recettes et des dépenses

4.2.1 Les recettes

Les recettes évaluées ici se fondent uniquement sur les produits bois. En effet, les différentes sylvicultures évaluées n'ont d'effet différentiel que sur la production de bois. Les recettes de l'année i (R_i) se décomposent ainsi :

$$R_i = \sum_j V_{ij} \times P_{ij}$$

i : année

j : qualité

P_{ij} : prix unitaire de la qualité j l'année i .

V_{ij} : volume de la qualité j l'année i .

Autrement dit, les ventes de bois sont égales au produit des volumes de bois -distingués par qualité- par le prix unitaire de la catégorie de bois en question.

Cette distinction par qualité a semblé opportune car les objectifs de qualité sont variables d'un itinéraire à l'autre. Il s'agit donc de vérifier si une perte de production peut être compensée par un accroissement de la qualité produite ou par une limitation des frais de sylviculture.

D'autres recettes, telles les recettes de chasse, ou bien la valorisation des services non marchands peuvent se traduire par un capital d'administration dans le cas de l'utilisation d'indicateurs tels que le BASI ou le BASF. Mais sous l'hypothèse que la gestion mise en œuvre dans les différents itinéraires ne modifie pas ces aménités (toutes les éventualités maintiennent l'état boisé), il est inutile de les prendre en compte dans le calcul car les dites recettes améliorent de façon équivalente les bénéfiques associés aux différentes sylvicultures.

4.2.1.1 Définition des qualités

La qualité du bois de hêtre prend en compte la grosseur et la rectitude du tronc, la présence/absence de défauts et de singularités du bois (cœur rouge, fibre torse), ainsi que la largeur des cernes.

Certaines caractéristiques font l'objet d'une approche aussi objective que possible, mais d'autres doivent faire l'objet d'hypothèses, dont on doit bien reconnaître qu'elles sont très fortes. Il a été fait l'hypothèse que 100 tiges au plus à l'hectare étaient capables d'être de qualité A/B dans les peuplements traités en plein. Ces tiges, choisies parmi les plus grosses du peuplement évalué, sont dénommées population d'élite. L'effet d'un éventuel dépressage (+ 3 cm sur le diamètre dominant) leur est donc accordé. Cette hypothèse a été retenue malgré la polémique qui existe entre les gestionnaires. Il est en effet difficile d'évaluer l'impact du dépressage sur la forme des tiges dominantes au regard des essais techniques disponibles. La hauteur potentielle de qualité supérieure a été fixée à 8 m (sauf 7 m pour l'itinéraire de détournage précoce). Les itinéraires en détournage sont bâtis de telle sorte que le détournage précoce ne peut pas

produire plus de 80 tiges de qualité supérieure et que seulement 46 tiges/ha atteignent des dimensions de bois d'œuvre dans l'itinéraire de détournage après nettoyage. Les données ont été organisées de façon à pouvoir ensuite déclasser une proportion variable de ces populations d'élite respectives afin de réaliser des analyses de sensibilité. Les tiges déclassées sont soit estimées avec des prix de qualité C, soit non prises en compte.

4.2.1.1.1 Dimensions.

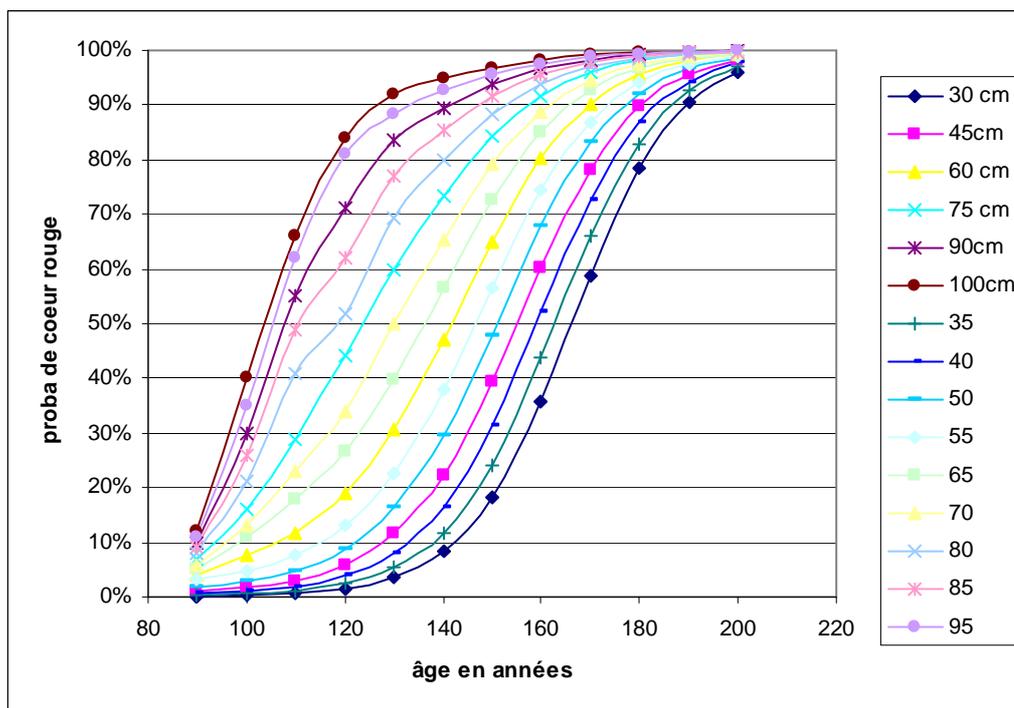
Le modèle de croissance *Fagacées* dispose d'un module de billonnage. C'est-à-dire qu'à partir des estimations sur les dimensions des arbres qui ont été obtenues par simulation, le logiciel évalue la qualité potentielle des billons successifs dans la tige en fonction de leurs dimensions et de leur position. Le cubage des différentes qualités est automatisé. Les volumes sont ventilés par classe de diamètre des tiges à hauteur de poitrine.

4.2.1.1.2 Qualité

Au-delà des simples dimensions des billons, la qualité est modifiée pour le bois de hêtre par la nervosité des bois qui est très liée à la largeur de cerne. Ce paramètre a été pris en compte par la largeur de cerne moyenne de la population d'élite entre le moment de la sortie de la phase de compression et la date d'évaluation. Des seuils de largeur de cerne ont ainsi été fixés au regard des préconisations des normes, en accordant une petite tolérance compte tenu des modalités de l'exercice.

La qualité est également impactée par la présence ou non de cœur rouge. Cet aspect est pris en compte par une relation liant la probabilité de cœur rouge à l'âge et au diamètre de la tige (légèrement modifiée, d'après KNOCKE, 2003).

Z. Graphique : Probabilité de cœur rouge en fonction de l'âge et du diamètre



Conformément aux idées en vigueur, cette relation indique qu'à diamètre donné, le cœur rouge est d'autant plus fréquent que les arbres sont âgés et qu'à âge donné, le cœur rouge est d'autant plus fréquent que les diamètres sont importants. Les résultats à l'âge de 120 ans sont très similaires à ceux de l'enquête réalisée par l'ONF en Haute-Marne et en Haute-Saône (ONF, 2000). L'étude de KNOCKE (2003) souligne que la présence de fourche, de blessure ou bien encore de cicatrices de branches élaguées tardivement accentue le risque de cœur rouge. Ces caractéristiques ne peuvent cependant pas être prises en compte dans la présente étude. La proportion de cœur rouge est appliquée à la population d'élite et indique le volume qui sera déclassé en qualité C.

L'influence de la branchaison est mentionnée dans le tableau récapitulatif ci-dessous. Les caractéristiques liées à la branchaison peuvent paraître très exigeantes vis-à-vis de la qualité C, mais il se trouve que le simulateur *Fagacées* estime des hauteurs de premières branches très élevées, qui peuvent ainsi correspondre assez bien à une hauteur de découpe de surbille de qualité C.

Les autres caractéristiques de qualité sont intégrées dans les hypothèses faites sur la population d'élite. On estime ainsi que les conditions de rectitude, de fibre torse, d'absence de nœuds et de fourches sur la hauteur objectif sont respectées pour les arbres de la population d'élite. Comme cela a déjà été souligné, ces hypothèses paraissent difficiles à vérifier au regard des données disponibles dans les dispositifs de sylviculture, tant d'ailleurs en ce qui concerne les résultats atteints à la fin de la phase de compression que pour leur évolution au cours du temps. Elles ne font donc ici que l'objet d'une analyse de sensibilité qui consiste à faire des hypothèses plus ou moins optimistes sur le nombre de tiges de haute qualité dans les différents itinéraires.

AA. Tableau récapitulatif des conditions objectives de qualité

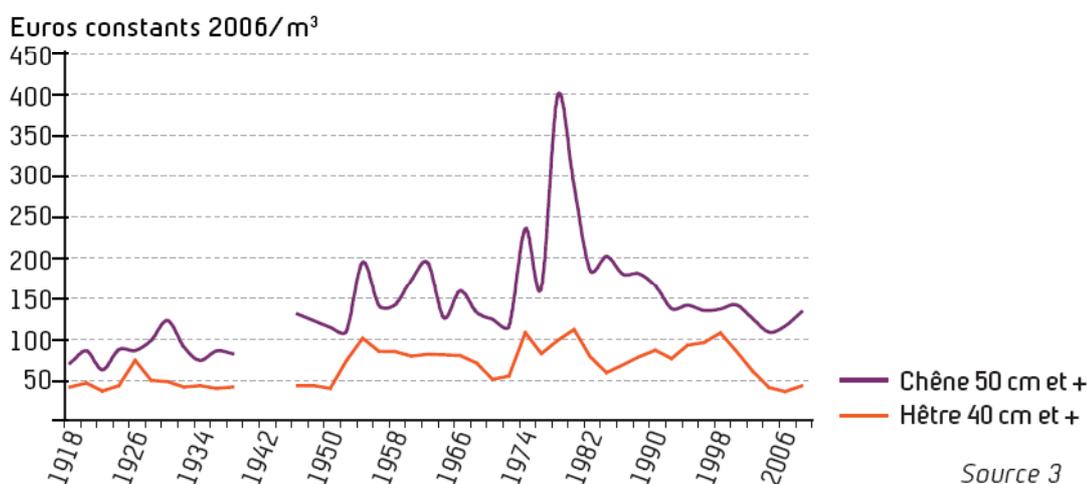
Diamètre fin bout minimum (en cm)	Longueur minimale (en m)	hauteur maximale (en m)	découpe possible au delà de la première branche	Largeur de cerne minimale	Cœur rouge accepté	Qualité correspondante
55	2	8	Non	4 mm	Non	A
55	2	8	Non	2,5 mm	Non	B1
40	2	8	Non	2,5 mm	Non	B2
40	2	14	Non	Non	Oui	C1
30	2	15	Non	Non	Oui	C2
30	2	15	Oui	Non	Oui	D
20	2	17	Oui	Non	Oui	Tritu sup
7						Tritu

4.2.1.2 Hypothèses sur les prix des bois

Les variations de prix sont très importantes en fonction de la grosseur des tiges et de la qualité des bois. Ces constatations peuvent être faites à partir de la plupart des analyses de ventes de bois. C'est cette raison qui a incité à identifier différentes catégories de produits et d'en évaluer les quantités respectives au cours du temps dans les différents itinéraires.

BB. Graphique : Évolution du prix du hêtre et du chêne de 1918 à 2007, en euros constants

(Source : Les chiffres clés de la forêt privée, Édition 2008-2009, d'après des statistiques de l'Office National des Forêts)



Les effets respectifs de la qualité et de la grosseur peuvent être évalués à une date donnée soit à partir de la méthode des prix hédonistes, soit par la méthode de la valeur résiduelle (HESHMATOL et al., 2007). Mais il est évident que les prix du bois subissent en outre des variations conjoncturelles très fortes, même sans

changement d'utilisation, comme on peut s'en souvenir sur la période 1996-2008 où les prix moyens des « hêtres 40 cm et + » explorent quasiment toute la variabilité historique.

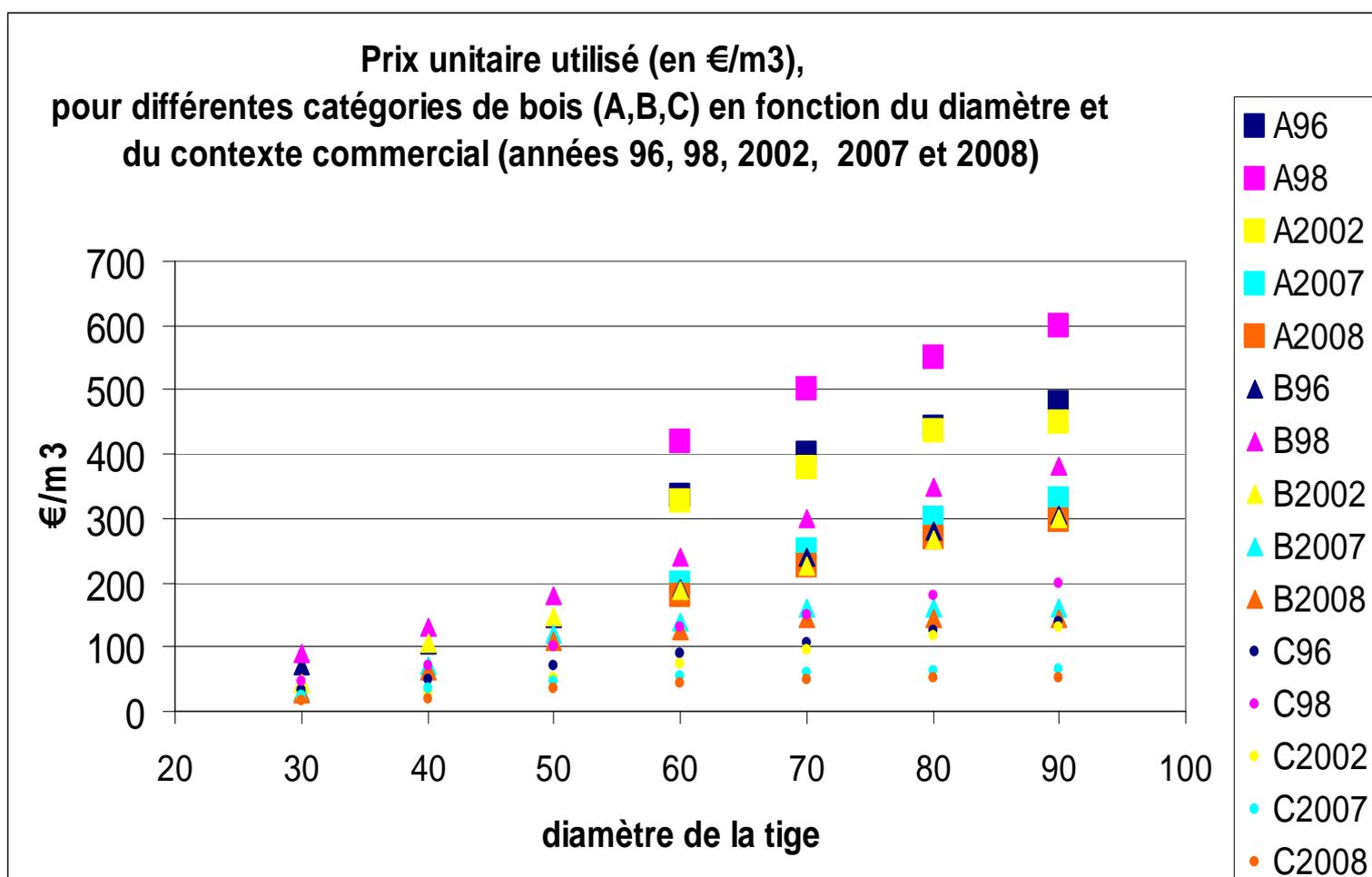
Des suivis sur des temps aussi longs et sur une étendue géographique aussi importante que la série présentée dans le graphique BB sont très riches. Ils illustrent, comme le montre PEYRON (2002), que l'on peut considérer que, malgré des variations importantes, les prix évoluent à long terme sur un plancher qui présente une augmentation de l'ordre de 1 % / an en euros constants pour le chêne et le hêtre. Au regard du graphique BB, on pourrait avoir l'impression que les prix du chêne et du hêtre évoluent entre un plancher et un plafond relativement stables en euros constants, en l'occurrence entre 50 et 100 € constant 2006 pour le hêtre de diamètre 40 cm et +.

Il a ainsi paru intéressant de tester les effets des variations de prix observées au cours du temps. Plusieurs grilles de prix ont donc été élaborées en regard de contextes passés. La précision de ces grilles de prix est toute relative mais il est bien entendu qu'elles sont avant tout des hypothèses de situations futures possibles. Les contextes de prix utilisés en référence ont à la fois vocation à explorer la variabilité des prix au cours du temps (en € constant) mais aussi des situations où les prix relatifs des produits sont variables.

Les grilles de prix ont été construites grossièrement à la lueur des analyses de prix de la revue « la forêt privée » et des analyses internes de prix de bois façonnés de l'Office national des forêts (en particulier dans le département de la Haute-Marne) ainsi que par la consultation d'acheteurs de bois.

Les ordres de grandeur de prix des grumes étaient ainsi les suivants :

CC. Graphique : Prix retenus dans les différentes grilles de prix



DD. Tableau : Situation relative des prix du bois de trituration et du bois d'œuvre dans les différents contextes commerciaux étudiés

		prix des grumes		
		faible	moyen	fort
trituration	faible	2008	2002	
	moyen		1996	
	fort	2007		1998

Quel que soit le contexte commercial, les hypothèses de prix proposés ici illustrent de nettes différences entre les qualités. Des hypothèses de tassement de cette variabilité en fonction de la qualité pourraient être faites, par exemple dans l'optique d'une transformation de l'industrie du sciage du hêtre semblable à celle qu'ont connu les résineux au cours des 20 dernières années et à une disparition des industries exigeant les plus hautes qualités (tranchage). Une évaluation rapide de cette situation consiste par exemple à utiliser des références de prix indépendantes de la qualité. On peut néanmoins s'attendre à un maintien du différentiel de prix entre les qualités supérieures et les sciages courant compte tenu de l'impact de la nodosité, par exemple, sur les propriétés esthétiques du bois de hêtre. Mais comme souligné à plusieurs reprises, les grilles de prix présentées ne constituent pas une prophétie de l'évolution future des prix. **Il est néanmoins évident que le choix d'un contexte de prix influence fortement les résultats respectifs des différents itinéraires et que, corrélativement, le choix réfléchi d'un itinéraire sylvicole constitue un véritable pari sur la demande future vis-à-vis des bois produits.**

4.2.2 Les principales dépenses

4.2.2.1 Les travaux sylvicoles.

L'évaluation de ces travaux s'est faite à partir :

- des normes et des itinéraires techniques de travaux sylvicoles en vigueur à l'Office national des forêts,
- de l'expérience de gestionnaires,
- d'une analyse des rendements à partir des chantiers réalisés à l'Office national des forêts (PRESTA).

Cela a permis de définir des échéanciers par itinéraire avec les rendements correspondant. Ces calendriers de travaux sont détaillés dans l'annexe 1.

On peut estimer que chaque passage en dégagement représente 6 à 12 heures d'ouvrier par hectare selon l'intensité d'intervention, en situation facile, hors ouverture et entretien de cloisonnements.

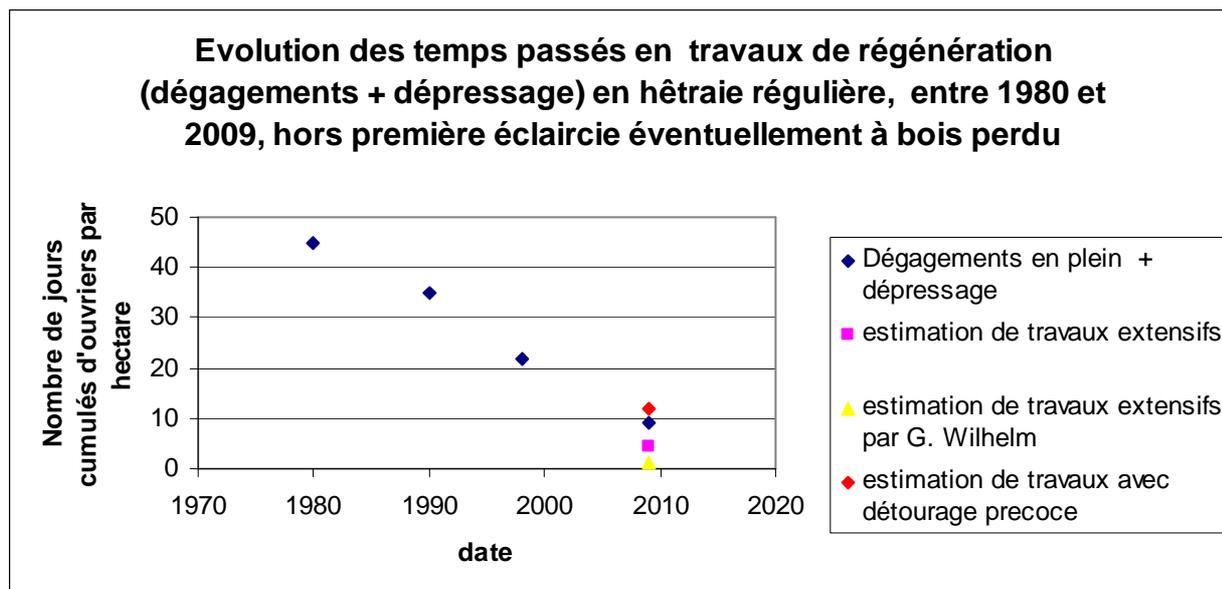
Plusieurs sources indiquent qu'un dépressage en plein peut être réalisé en 2,5 jour/ha, voire 1,5 jour/ha quand il s'agit d'une intervention en point d'appui (PRESTA ; CHOPARD, 2005).

Les estimations réalisées correspondent à la fourchette basse des évaluations de temps nécessaires, c'est-à-dire à un contexte facile. Néanmoins, WILHELM soutient que les travaux extensifs peuvent être moins exigeants encore (graphique EE). Une des difficultés de ces estimations de travaux pour le hêtre est liée au fait que la plupart des personnes rencontrées estiment que les travaux extensifs sont faits non pas pour le hêtre mais quasi exclusivement pour le mélange, ce qui peut rejoindre la suggestion faite par WILHELM. On gardera néanmoins le prix consenti pour le maintien du mélange car les interventions plus intensives favorisent également le mélange donc le différentiel de coût reste le même.

Pour les travaux en détourage précoce, le prix indiqué pour chaque détourage représente 12 minutes par arbre si on en travaille 80 par hectare (ou bien 8 minutes par arbre pour 120 tiges/ha) pour chacun des 3 passages ce qui paraît un bon ordre de grandeur afin de réaliser les détourages localisés forts, les tailles de formation et l'élague à 7 mètres.

Le prix de main d'œuvre est fixé à 30 €/heure, prixnet client.

EE. Graphique : Évolution des rendements de travaux sylvicoles en futaie régulière de hêtre



Source : aménagements et normes de sylviculture de l'ONF en Haute-Marne ainsi que les préconisations actuelles pour les travaux en futaie régulière de hêtre dans le Nord-Est de la France.

On observe au passage que les travaux sylvicoles en régénération naturelle de hêtraie en futaie régulière ont fait l'objet de gains de productivité significatifs au cours des trente dernières années sous l'effet de l'utilisation des cloisonnements sylvicoles et surtout d'une évolution des objectifs fixés. Il y a certes des enjeux à réduire les coûts. Mais les gains de productivité passés ont permis d'atteindre des niveaux de plus en plus difficilement compressibles.

Dans le cadre d'un calcul micro-économique, il s'agit de prendre en compte le coût réel des travaux. On pourra donc garder à l'esprit que ce coût peut être fortement modulé à la baisse dans le cadre de subventions à la production. En Lorraine par exemple (préfecture de la Lorraine, 2008), les taux de subvention pour les types de travaux envisagés sont de 50 %. Cela indique que l'absence de subvention pour une modalité de sylviculture peut entraîner un handicap notable pour cette modalité.

4.2.2.2 Le coût de gestion

Cette dépense est évaluée par le biais d'un coût moyen par hectare, fixe quelle que soit la période de la vie du peuplement, fixe également quelle que soit l'intensité de la gestion pratiquée.

FF. Tableau : Ordre de grandeur du coût de gestion

Source	ONF national (=masse salariale de personnels fonctionnaires / surface gérée)* source : ONF, 2006b	Coût moyen facturé aux communes (frais de garderie / surface) Source : ONF, 2006b	Résultats en Allemagne avec la méthode QD (45 minutes/ha /an à 60 €/heure de technicien. Source : G.J. WILHEM	Coût habituellement facturé par les sociétés privées. Sources : BRUCCIAMACCHIE et al., 2005 ; stages en entreprises.
montant	68 €/ha /an	7 €/ha	45 €	25 à 50 €/ha

* même si l'ONF assume d'autres fonctions que la gestion forestière dans un but de production, cette référence est tout de même intéressante.

Les coûts moyens de gestion à l'hectare sont en effet des données accessibles (rapport annuel de l'ONF, réseau AFI, cabinets d'expert). Les données disponibles illustrent déjà une forte variabilité.

Dans ces conditions, on peut raisonnablement envisager une fourchette de 25 à 60 €/ha/an.

En revanche, il est difficile de moduler ces données en fonction de l'âge des peuplements. La variation de l'intensité de gestion d'une sylviculture à l'autre ne laisse pas non plus envisager de fortes variations des dépenses pour un suivi équivalent de la forêt. La comptabilité analytique de l'ONF confirme ainsi que le martelage et le suivi des coupes constituent des postes d'activité importants, de l'ordre respectivement de 15 à 20 % du temps. Mais même en envisageant qu'une sylviculture permette de réaliser un gain de temps de moitié sur ces postes par rapport à une autre, le gain attendu est de l'ordre de 20 % au plus. Dans ces conditions, l'analyse de sensibilité se contentera d'explorer la fourchette générale.

La variation de durée de révolution n'a qu'une influence à la marge sur le coût actualisé de la gestion (sur la base d'un même montant annuel dans les différents itinéraires). En effet, l'hypothèse de régularité du coût annuel fait que l'on peut assimiler la dépense à un capital d'administration équivalent dans chaque itinéraire, ce qui ne modifie pas l'ordre relatif des résultats de BASI.

Dans le cadre d'un calcul microéconomique, on peut estimer que le coût de gestion est inférieur pour les forêts communales puisque le versement compensateur atténue sensiblement le montant des frais déboursés.

4.2.2.3 Influence de l'imposition

Dans le cadre d'une exonération cinquantenaire possible pour les peuplements feuillus, l'impôt sur le foncier non bâti n'a quasiment pas d'influence sur les résultats économiques puisque les valeurs actualisées au-delà de cinquante ans sont fortement amoindries.

L'impôt sur le revenu n'a pas été pris en compte car il est très variable selon la situation du propriétaire (individuel ou entreprise, niveau de revenu...). Par ailleurs, le mode d'imposition forfaitaire pour les propriétaires individuels ne modifie pas l'optimum d'exploitabilité et peut lui aussi se traduire par un capital d'administration équivalent dans les différents itinéraires sylvicoles.

4.3 Résultats des comparaisons économiques

4.3.1 Critère de productivité physique : accroissement moyen annuel ventilé par qualité

Dans la partie 3.3.3. (résultats des simulations en matière de production), l'évaluation dendrométrique s'était arrêtée à la production volumique bois fort. La prise en compte des qualités permet de moduler le jugement. La production moyenne annuelle s'entend comme la somme des volumes sur pied et des récoltes passées divisée par l'âge du peuplement. Dans l'annexe 2, on observe d'abord que la ventilation de la production par qualité varie au cours du temps pour un itinéraire donné. Mais surtout, cette répartition par qualité est significativement différente d'un itinéraire à l'autre. La comparaison de 2 graphiques concernant un même itinéraire mais des hypothèses de qualité différentes illustre à nouveau l'enjeu fondamental de ces hypothèses sur les résultats.

Néanmoins, des tendances fortes se dessinent. D'abord la sylviculture témoin confirme son manque d'intérêt du fait que, comme on l'a vu par le passé, sa productivité est moins bonne que celles des sylvicultures en peuplement qui évitent les pertes par mortalité. Sa situation est aggravée par les faibles proportions de bois de qualités supérieures.

La largeur de cerne, significativement plus faible dans les itinéraires traités selon la norme N2 que dans les itinéraires plus dynamiques (en plein ou en détournement), fait que la production attendue de qualité A est très faible. Même si les résultats sont en partie altérés par les effets de seuil (largeur de cerne), la comparaison faite avec les itinéraires dynamiques en plein est intéressante. Elle montre en effet que, avec ou sans dépressage, les résultats respectifs de production moyenne annuelle de qualité « A+B » sont moins bons avec la sylviculture suivant la norme N2 qu'avec la sylviculture dynamique. Ainsi, même sans l'impact de la largeur de cerne (dont l'effet principal est d'empêcher le classement en A), on obtient non seulement des maxima moins élevés de productivité moyenne, mais en plus, ces maxima sont atteints sensiblement plus tard qu'avec une sylviculture dynamique. On remarquera tout de même que le différentiel de production totale (vu au titre 1) au profit des itinéraires menés selon la norme N2 d'Oswald par rapport aux itinéraires plus dynamiques en plein se retrouve au niveau de la production totale de grumes (A+B+C).

Les résultats en termes de production de qualités supérieures A+B sont pourtant essentiels au regard des différences de prix retenues entre les qualités. Les aspects qualitatifs ont certainement un intérêt plus grand

que le volume total quand on prend en compte les prix unitaires. Cet avantage au niveau de la production totale, ou de la production grume pour des itinéraires conservateurs, ne peut donc se retrouver qu'en cas d'hypothèses sur les prix présentant un différentiel entre qualités beaucoup plus faible que ce qui a été retenu.

Les comparaisons entre itinéraires dépressés ou non indiquent la plupart du temps un avantage aux itinéraires dépressés puisqu'ils atteignent plus rapidement des fortes dimensions, caractéristique importante de la qualité des tiges. Les maxima pour la production moyenne de tiges de haute qualité semblent en outre être atteints un petit peu plus précocement, sans que cela soit très significatif au regard de la précision des résultats.

Le classement observé entre les itinéraires de peuplement avec des hypothèses optimistes de qualité est conservé avec des hypothèses pessimistes.

Mais l'évolution majeure par rapport au § 3.3.3. concerne les itinéraires en détournage. En effet, malgré une production moyenne annuelle totale évaluée à peu près à seulement 80 % de celle des itinéraires en plein, ces itinéraires parviennent, en concentrant la production sur des tiges de haute qualité, à devenir particulièrement compétitifs vis à vis des itinéraires dynamiques du point de vue de la production de bois de haute qualité, du moins avec des hypothèses de qualité respectives optimistes. C'est ainsi qu'avec seulement 46 tiges de qualité supérieure, l'itinéraire de nettoiement suivi d'une phase d'éclaircie en détournage parvient à un niveau de production moyenne annuelle de qualité A très comparable à celui des itinéraires dynamiques disposant de 100 tiges de qualité. En outre, le maximum de productivité moyenne présente l'intérêt d'être sensiblement plus précoce, d'une dizaine d'années environ, à 85 ans au lieu de 95 ans. Mais l'absence de produits intermédiaires se traduit par des niveaux de production des qualités B et C sensiblement plus faibles.

L'itinéraire de détournage précoce a justement pour objectif d'obtenir un peu de produits intermédiaires supplémentaires. Il permet effectivement de produire des grumes intermédiaires de qualité satisfaisante de plus faibles dimensions (diamètre 50 environ), ce qui améliore un peu la production des qualités B et C. Il rattrape ainsi les productivités moyennes annuelles A+B des itinéraires dynamiques en plein. Il bénéficie par ailleurs d'un maximum encore plus précoce (vers 80 ans).

En revanche, en cas d'hypothèses pessimistes (30 tiges de qualité dans les itinéraires par détournage), l'itinéraire de détournage précoce perd sensiblement son avantage vis à vis du détournage après nettoiement car les produits intermédiaires ne sont valorisés qu'en qualité C. La différence de production sur les seules qualités C paraît peu opportune au regard du surcroît d'investissement nécessaire. Néanmoins, dans ces conditions pessimistes, les itinéraires par détournage avec nettoiement conservent un niveau de production pour les qualités A et B très concurrentiel vis-à-vis des itinéraires dynamiques en plein quand ces derniers sont eux aussi basés sur des hypothèses pessimistes de qualité (50 tiges de qualité potentielle). Ils présentent certes un niveau de production moyenne de qualité C inférieur, mais contrebalancent sans doute cet inconvénient grâce à un maximum de production moyenne annuelle de qualités A sensiblement plus précoce (les optima sont observés à des dates assez proches avec des hypothèses de qualité faible ou forte pour un itinéraire donné).

Quand les hypothèses de qualité sont plus faibles, les tiges sont récoltées à un diamètre tel qu'il n'y a plus de production de qualité B ni dans les itinéraires de détournage, ni dans les itinéraires en plein, ce qui signifie que toutes les tiges de qualité potentielle sont récoltées au-delà du diamètre de 60 cm qui permet d'atteindre les critères dimensionnels fixés pour la qualité A.

Comme mentionné à plusieurs reprises, la comparaison des itinéraires sylvicoles est très tributaire des hypothèses faites sur la qualité. Si les comparaisons entre les itinéraires en plein paraissent relativement aisées parce que les potentiels de tiges de qualité sont assez équivalents et que la capacité à remplacer les tiges perdues par accident apparaît semblable, la situation est en revanche très différente entre les itinéraires en plein et les itinéraires par détournage. La comparaison de résultats optimistes pour un type d'itinéraire avec des résultats pessimistes dans un autre donne de façon relativement claire l'avantage aux itinéraires pour lesquels l'hypothèse de qualité est plutôt optimiste. Cela permet ainsi aux praticiens de situer la compétitivité des différents itinéraires selon les niveaux de qualité qu'ils pensent pouvoir atteindre avec les différentes sylvicultures. Grosso modo, cela signifie que du point de vue de l'indicateur « production moyenne annuelle

de tiges de qualité », un itinéraire de détournage est à peu près compétitif avec un itinéraire en plein avec presque seulement la moitié de tiges de qualité supérieure « A+B ». Cette observation illustre bien les transferts de production opérés par des éclaircies fortes.

Ainsi, si les résultats dendrométriques de production moyenne annuelle de bois fort donnent l'avantage à une sylviculture assez conservatrice, la prise en compte des facteurs de qualité du bois (forts diamètre, cernes larges) indique que **la recherche d'une productivité accrue en bois de qualité passe par une sylviculture dynamique, en plein ou en détournage**. L'intérêt des éclaircies dynamiques, qui orientent la production vers les meilleures qualités et augmentent le diamètre des produits, est donc confirmé, même si cela doit se faire au prix d'une perte de productivité en volume.

4.3.2 Généralités sur les résultats de comparaison avec les indicateurs prenant en compte la valeur

Coûts variables entre les itinéraires, niveaux de production différents dans le temps, variabilité des résultats en volumes et en qualité ; la comparaison reste tout de même difficile à réaliser en restant sur des résultats purement techniques comme les volumes. C'est justement le cœur de cette étude que de chercher à comparer des ensembles de résultats non homogènes. La comparaison économique permet ainsi d'obtenir une vision plus globale en transformant l'ensemble des résultats dans une même unité : la valeur.

Avant d'analyser le moindre résultat chiffré, il s'agit bien d'avoir à l'esprit que les résultats peuvent être très variables d'un indicateur à un autre, mais aussi en fonction des hypothèses faites. En faisant varier les hypothèses, ce qui constitue en soi une analyse de sensibilité, on montre que des résultats très différents peuvent être obtenus. Tout résultat doit donc être systématiquement accompagné de l'ensemble des hypothèses qui ont permis de l'obtenir. En particulier, le choix du taux d'actualisation, les hypothèses de qualité, le coût de la gestion, le coût des travaux, les prix retenus, etc. ont souvent un impact considérable.

L'illustration des résultats de la comparaison économique est assez difficile car elle doit associer une analyse de sensibilité sur de nombreuses hypothèses aux effets non corrélés (niveau de qualité du peuplement, coût de la gestion, taux d'actualisation, prix du bois). Cette analyse de sensibilité a été réalisée manuellement, de sorte qu'elle a pu ignorer des sources de variabilité significatives. Elle n'a en outre pas pu être structurée afin d'explicitier clairement comment les hypothèses agissent et surtout comment elles interagissent.

Néanmoins, des tendances assez fortes se sont suffisamment illustrées pour mériter d'être mises en lumière. D'abord les sylvicultures dynamiques au sens large (en plein ou par détournage) surpassent systématiquement les résultats des autres sylvicultures, quelles que soient les hypothèses (en tous cas dans une large gamme), quels que soient les indicateurs retenus, sauf pour la production moyenne annuelle en volume bois fort où l'avantage est aux sylvicultures assez conservatrices qui maintiennent un couvert dense en évitant les pertes par mortalité.

En l'absence de précision, les comparaisons qui suivent sont établies à hypothèses équivalentes d'objectifs de qualité (respectivement hautes, ou faibles). En effet, la comparaison d'un itinéraire en hypothèse haute avec un autre itinéraire en hypothèse basse donne de façon assez systématique l'avantage à l'itinéraire bénéficiant d'hypothèses hautes, pour presque tout type d'indicateur.

Les indicateurs de bénéfice actualisés BAS, BASI, BASF sont très largement convergents comme le montre le graphique MM. Les différences d'indication qu'ils donnent sont en général négligeables par rapport à la précision espérée des résultats.

4.3.3 Bénéfice moyen annuel

De façon assez incontestable, l'itinéraire « dépressage + sylviculture dynamique en plein » est leader indiscutable du point de vue de l'indicateur « bénéfice moyen annuel ». Et on le comprend très facilement : les dépenses et les recettes sont mises sur le même pied d'égalité. Étant donné la faible importance des dépenses dans les normes de travaux envisagées par rapport aux recettes, cela revient quasiment à chercher à optimiser la recette moyenne annuelle, très liée aux résultats de la production moyenne annuelle par qualité (4.3.1) où on a vu la prédominance de cet itinéraire.

4.3.4 Taux internes de rentabilité

La sylviculture par détournage après phase de compression (net + det), qui limite les dépenses tout en visant l'essentiel des recettes constitué par les tiges de qualité supérieure et en cherchant à anticiper au plus ces recettes (croissance rapide), obtient des résultats significativement supérieurs aux sylvicultures en plein du point de vue des taux internes de rentabilité (incluant ou non le sol), et ce dans une assez large gamme de situations, malgré l'importance relative des charges fixes. Elle surpasse ainsi de 20 à 40 points de base les sylvicultures dynamiques en plein à parité d'hypothèses (un point de base = un centième de pour cent). Elle parvient même presque à rester compétitive avec des hypothèses faibles de qualité vis à vis d'itinéraires en plein bénéficiant d'hypothèses optimistes (à frais de gestion équivalents) avec moins de 5 points de base de différence. L'écart vis à vis de l'autre itinéraire par détournage (détournage précoce) est tantôt positif (avec des prix du bois faibles, des hypothèses de qualité faible ...) tantôt négatif dans les situations inverses. Les résultats restent cependant fréquemment assez proches entre ces deux itinéraires.

Avec des cycles aussi longs que ceux observés en production forestière, l'inertie du taux de rentabilité est très forte. L'amélioration des résultats de rentabilité, même mineure, nécessite des hypothèses sensiblement plus optimistes. En effet, sur un exemple simplifié faisant seulement intervenir une dépense et une recette, on voit que le taux interne de rentabilité augmente de façon logarithmique avec la recette pour une durée donnée :

$$R = D \times e^{t \times r} \Leftrightarrow \ln(R) = \ln(D) + t \times r \Leftrightarrow r = \frac{\ln(R) - \ln(D)}{t}$$

avec R : recette
 D : dépense
 t : temps
 r : taux interne de rentabilité

4.3.5 Bénéfice actualisé sous contrainte budgétaire

Le niveau très honorable des résultats techniques (production moyenne annuelle de bois de qualité) conjugué à une révolution relativement courte, et surtout un niveau d'investissement relativement faible consacre la suprématie de l'itinéraire par détournage après nettoyage (net + det) du point de vue des résultats économiques sous contrainte budgétaire (BASF/INV), dans une large gamme de taux d'actualisation. Les données de l'annexe 3 témoignent du niveau toujours très supérieur obtenu avec cet indicateur.

4.3.6 Annuité constante équivalente du chiffre d'affaire actualisé

L'annuité constante équivalente du chiffre d'affaire actualisé est un peu un indicateur de création de richesse prenant en compte l'actualisation. Et là, de par ses performances élevées de création de richesse (quantité et qualité des produits), associées à un optimum très précoce, l'itinéraire de détournage précoce se montre la plupart du temps meilleur que tous ses autres concurrents.

4.3.7 Bénéfices actualisés

Ce sont les indicateurs le plus souvent utilisés. Cependant leur interprétation est beaucoup plus difficile car les résultats sont beaucoup moins tranchés. En effet, d'une part les analyses de sensibilité sont souvent

divergentes et d'autre part le choix du taux d'actualisation conditionne fortement les résultats. Pourtant, on a vu que la détermination de ce taux fait l'objet de nombreuses polémiques. Les résultats ci-dessus peuvent néanmoins aider à comprendre le mécanisme de l'ordination des résultats.

Le taux d'actualisation permet de relativiser la valeur des recettes futures avec les dépenses actuelles. Plus le taux est fort, moins il donne d'importance aux recettes futures.

Les bénéficiaires actualisés utilisant des taux très faibles sont ainsi favorables à l'itinéraire de dépressage avec une sylviculture dynamique en plein. Par conséquent, en utilisant les taux internes de rentabilité des sylvicultures conservatrices (qui sont très faibles), on privilégie plutôt la pratique du dépressage.

Comme on l'a vu précédemment, le taux interne de rentabilité (TIRF) est le taux qui rend le BASF nul et qui égalise le BASI à la valeur du fonds (§ 4.1.5.). Ainsi, dès lors que le taux d'actualisation est compris entre le TIRF d'un itinéraire et le TIRF d'un autre itinéraire, les indicateurs de bénéfice (BASF ou BASI) donnent l'avantage à l'itinéraire ayant le meilleur TIRF. La différence de TIRF entre itinéraire dynamique avec dépressage et itinéraires par détournement laisse une large gamme de valeurs du taux d'actualisation pour lesquelles le BASF du détournement est forcément positif alors que celui du dépressage est négatif, ou pour lesquelles le BASI est supérieur à la valeur du fonds alors que celui du dépressage y est inférieur. Les TIRF s'échelonnant couramment entre 2,5 et 4 %, on imagine que le choix du taux d'actualisation, à quelques dizaines de points de base près, conditionne les résultats à lui seul de façon un peu artificielle. On comprend aussi dans ces conditions, que les analyses de sensibilité, décalant de quelques dixièmes de points de base les TIRF obtenus, soient très difficiles à interpréter.

On confirme ainsi que l'ensemble de ces indicateurs gagnent à être utilisés simultanément afin de constituer un faisceau de preuves. Un indicateur n'est pas une fin en soi, c'est un outil d'aide à la décision. Les différents indicateurs répondent en général à une logique, à un objectif mais ils gagnent à être confortés par des indications complémentaires.

Sur la base des bénéficiaires actualisés, on peut proposer la typologie suivante :

GG. Tableau : Comparaison des itinéraires d'après les critères de bénéfice actualisé.

Potentiel de qualité du peuplement	Forte contrainte financière ³	Contrainte financière limitée	
		Fort taux d'actualisation	Faible taux d'actualisation
faible	Nettoiement +	détournement	Dépressage + sylviculture dynamique en plein
fort		Détournement précoce	

4.4 Analyses économiques complémentaires

La manipulation des données permet d'envisager des interprétations supplémentaires qui peuvent donner lieu à des conseils de gestion utiles pour améliorer la gestion de la forêt ou déterminer la sylviculture la mieux adaptée.

4.4.1 De l'importance de la qualité des bois produits

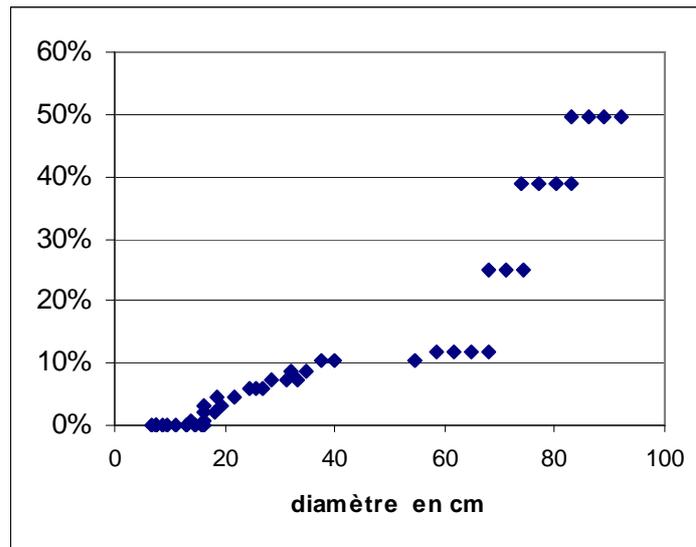
La présentation des prix unitaires des bois laisse facilement imaginer que l'enjeu essentiel est l'optimisation de la qualité des bois produits. Même si leur importance relative est variable selon les grilles de prix utilisées, les bois de haute qualité (la population d'élite identifiée) représentent la majeure partie du chiffre d'affaires. Par exemple, on voit sur le graphique HH que les recettes actualisées afférentes aux seuls arbres de plus de 60 cm de diamètre pour les itinéraires en détournement représentent entre 80 et 90 % de

³ On peut considérer qu'il existe une forte contrainte financière dès lors que le propriétaire n'est pas en mesure de financer l'ensemble des travaux qui seraient souhaitables pour mettre en valeur son patrimoine forestier de façon optimale d'après un critère de bénéfice actualisé.

l'ensemble des recettes actualisées de l'itinéraire. Cette observation est valable pour une gamme variée d'hypothèses. Bien qu'un peu plus faible pour les itinéraires dynamiques en plein, cette proportion est souvent très élevée également (toujours plus de 70 % du chiffre d'affaires actualisé est réalisé par les seuls arbres de plus de 55 cm de diamètre ; un niveau aussi bas n'est atteint que dans les conditions de prix les plus défavorables). Dans le cadre d'une hiérarchie des prix telle que celle qui a été retenue parce qu'elle a manifestement été en vigueur pendant les deux dernières décennies, **la qualité des produits a une importance fondamentale qui dépasse celle de la quantité.**

HH. Graphique : Proportion cumulée de la valeur actualisée des coupes

par rapport au chiffre d'affaires total actualisé généré lorsque le BASF est maximal dans le cas d'un itinéraire « net + det », des prix du bois de 1996 avec un différentiel entre les qualités A et B, un taux d'actualisation de 3 %, des hypothèses élevées de qualité. Les repères temporels sont donnés par rapport à l'évolution du diamètre moyen de la population d'arbres objectifs.



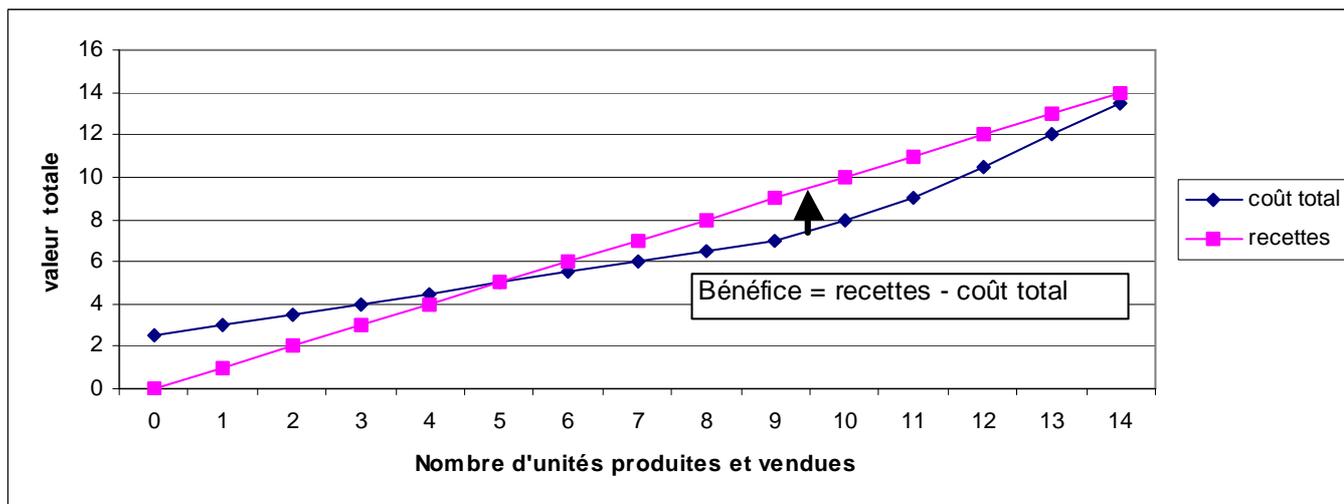
Les itinéraires dynamiques (au sens large, par détourage ou en plein), dont l'objectif est de faire croître rapidement un nombre limité de tiges de qualité, restent supérieurs aux itinéraires moins dynamiques même avec un prix de gestion de 50 €/ha/an pour les sylvicultures dynamiques au lieu de 25 €/ha/an pour les sylvicultures plus conservatrices et même avec des prix des qualités supérieures A et B lissés sur ceux de la qualité B, dans une large gamme d'hypothèses sur le taux d'actualisation.

C'est ainsi que le choix économique se fait manifestement entre les sylvicultures dynamiques, en plein ou en détourage, avec ou sans travaux précoces d'accélération de la croissance. C'est une bonne nouvelle puisque ce sont les sylvicultures les plus préconisées actuellement. L'observation des peuplements en place semble néanmoins indiquer qu'une marge de progression sylvicole considérable existe dans le Nord-Est de la France pour s'orienter vers cet objectif. Ce travail n'ouvre cependant encore aucune solution pour les peuplements âgés et très denses qui restent pourtant nombreux.

4.4.2 Le bénéfice : une différence entre chiffre d'affaires et charges

L'actualisation des données ne facilite pas la compréhension de cet aspect. Alors raisonnons dans un premier temps sans actualiser. Dans l'exemple qui suit (graphique II), on imagine que les charges sont constituées de coûts fixes et de coûts variables. Les charges fixes sont de 3. Les coûts marginaux de production sont variables et croissants au cours du temps : d'abord 0,5 par unité produite de 0 à 9 unités, puis 1 entre 9 et 11 unités puis 1,5 par unité. Le prix de vente est de 1 par unité fabriquée. Le bénéfice est la différence entre la valeur de la production et son coût. La théorie microéconomique indique que l'optimum du bénéfice est obtenu quand le coût marginal de production devient inférieur au prix de vente, c'est-à-dire ici entre 9 et 11 unités.

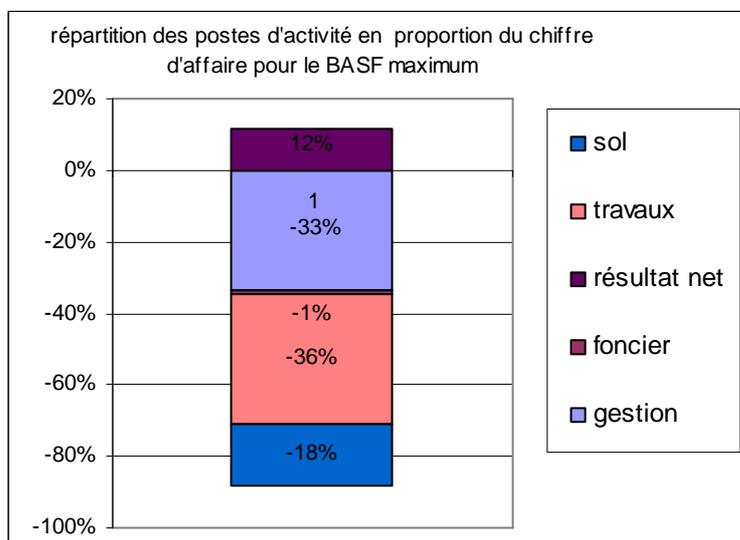
II. Graphique : recherche de la quantité produite pour de maximiser le bénéfice
Évolution des recettes et du coût total de production en fonction de la quantité produite.



En faisant maintenant la comparaison avec la forêt, il semblerait, d'après les résultats de cette étude, que les coûts fixes soient fréquemment relativement importants (graphique JJ). Ainsi, même si la gestion présente une part variable, les évaluations indiquent que son coût actualisé est souvent au moins aussi important que celui des travaux. La réduction des coûts des travaux sylvicoles ne doit pas être le seul objectif, même si on recherche à optimiser le niveau de rendement, sans quoi on risque de ne plus produire assez de valeur pour financer la gestion. Les raisonnements qui basent l'évaluation des charges sur le seul coût des travaux sylvicoles sont donc incomplets.

JJ. Graphique : Exemple de répartition des postes de charges

(hypothèses : prix 1996, itinéraire dépressage + éclaircies dynamiques, taux d'actualisation 3 %, dépense en travaux correspondant à l'annexe 1, valeur du sol 1000 €/ha, coût annuel de la gestion 50 €/ha/an, impôt foncier 12 € avec exonération cinquantenaire, hypothèse haute sur la qualité des tiges objectif)



Par conséquent, même si on doit veiller à ce qu'il ne soit pas déraisonnablement élevé, l'investissement en travaux est indispensable, d'autant que, comme on l'a vu, la production de valeur passe par la production de qualité. Toute la difficulté est bien de parvenir à connaître l'évolution du coût marginal de production et de connaître également le prix de vente espéré pour les produits.

Ces coûts marginaux de production sont de toute évidence croissants (on peut par exemple estimer que les 10 premières tiges de qualité s'en sortent souvent seules, les quelques dizaines suivantes coûtent un peu, et puis les suivantes coûtent de plus en plus cher). Les itinéraires pourraient ainsi être affinés en recherchant à partir de quel nombre de tiges on ne parvient plus à augmenter le résultat. Par exemple, si ma soixante-

septième tige coûte 45 € et se vend 46€, mais que la soixante-huitième coûte 46€ et se vend 45€, je ne chercherai pas à produire plus de soixante-sept tiges de qualité. Les données manquent de toute évidence pour évaluer le coût marginal de production, d'autant que celui-ci dépend énormément de l'état de la parcelle forestière. Mais cette évaluation semble pourtant plus facile à faire que celle de la valeur actualisée des produits. En effet, en forêt, avec les temps très longs de production, le chiffre d'affaires actualisé est largement conditionné par le taux d'actualisation retenu, qui consiste à donner plus ou moins d'importance aux recettes futures par rapport aux dépenses initiales. C'est ainsi que la valeur actualisée d'une recette obtenue dans 80 ans représente 5 fois plus avec un taux d'actualisation de 2 % qu'avec un taux de 4 % (voir § 4.1.3.1.). Les recettes dépendent en outre énormément du contexte commercial utilisé en référence : on a vu au § 4.2.1.2. que les prix varient presque du simple au double.

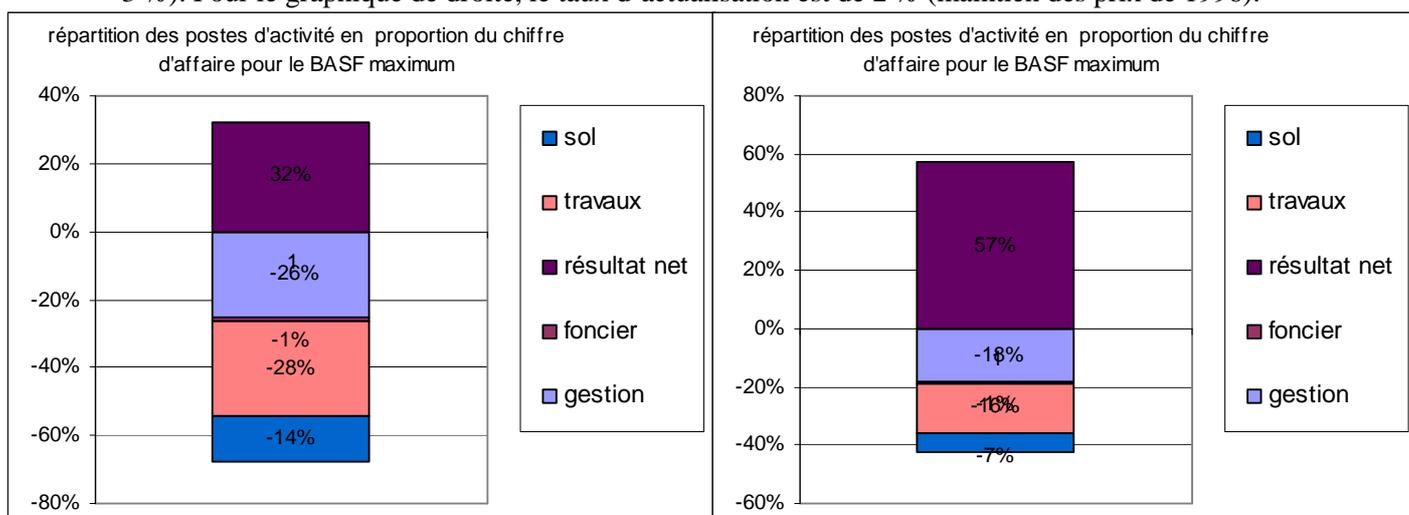
Les remarques de ce paragraphe ne sont pas directement opérationnelles. Elles permettent néanmoins de comprendre qu'un acteur économique ayant un faible taux d'actualisation va pouvoir rechercher une production plus intensive de sa forêt car en donnant plus de valeur relative aux produits, les coûts marginaux de production restent plus longtemps en dessous du prix de vente espéré. Une remarque équivalente peut être faite avec un acteur économique faisant le pari de prix du bois élevés. La situation de la parcelle est elle aussi importante, car plus une parcelle permet d'obtenir des coûts marginaux de production faibles alors que la qualité des produits est élevée donc que les prix de vente attendus sont eux-mêmes élevés, plus on va pouvoir rechercher une quantité élevée de tiges de qualité.

On a vu que les dépenses étaient certes variables, mais dans une moindre mesure que la simple dépense en travaux ne le laisse imaginer. Comme le bénéfice est la différence entre le chiffre d'affaires et les dépenses, il existe un fort effet de levier sur les bénéfices selon le niveau attendu des recettes. Pour illustrer cette notion avec un exemple simple, considérons uniquement des charges fixes d'un montant de 100. Imaginons des recettes de 110. Le bénéfice est donc $110 - 100 = 10$. Si le chiffre d'affaires est de 120, ce qui constitue une augmentation de moins de 10 %, le bénéfice passe à $120 - 100 = 20$ soit le double de ce qu'il était dans la situation précédente. C'est d'ailleurs ce qui explique les difficultés à fixer une valeur du sol à partir de l'indicateur BASI quand on connaît les polémiques qui existent pour fixer le taux d'actualisation. Par exemple, les résultats de l'annexe 3 indiquent que pour une hypothèse basse de qualité, avec une sylviculture « dep+dyn », des frais de gestion de 25 €/ha/an, des prix de 1996 avec une différence entre les qualités A et B, le BASI passe de 1805 € avec un taux d'actualisation de 3 % à 9037 € avec un taux de 2 %.

KK. Graphique : exemple sylvicole illustrant l'impact de la variation du chiffre d'affaire sur le bénéfice, à charges fixes

Ces graphiques reprennent la situation du graphique JJ avec une modification à chaque fois :

Pour le graphique de gauche, la référence de prix est celle de 1998 (maintien du taux d'actualisation de 3 %). Pour le graphique de droite, le taux d'actualisation est de 2 % (maintien des prix de 1996).



Ces exemples (graphiques JJ et KK) montrent la variabilité des résultats selon les hypothèses faites. Le fait que les charges soient les mêmes dans ces 3 exemples indique les variations d'échelle entre les 3 graphiques. (BASF respectifs de 619, 2250 et 7924 €/ha, alors qu'une seule donnée a changé à chaque fois !)

Ces remarques permettent de comprendre que la modification du taux d'actualisation ou le changement des références de prix modifient le classement des sylvicultures pour un indicateur de bénéfice actualisé comme le montre l'exemple du tableau LL suivant :

LL. Tableau : impact de l'effet de la modification de la référence de prix dans une comparaison de bénéfice entre 2 sylvicultures

	dépense	recette A	bénéfice A	recette B	bénéfice B
sylviculture 1	100	110	10	154	54
sylviculture 2	150	150	0	210	60

Entre les situations A et B, les dépenses sont identiques pour une sylviculture donnée, mais les recettes sont multipliées par 1,4. Une telle variation est largement permise par le choix du taux d'actualisation ou par les variations de niveau de prix observées. Dans le cas A, c'est la sylviculture 1 qui est la plus bénéficiaire, alors que dans la situation B, c'est la sylviculture B. Cela explique les difficultés rencontrées dans les analyses de sensibilité : le bénéfice et le chiffre d'affaires varient différemment. Ce type d'évolution s'observe typiquement entre sylvicultures de détournement (respectivement « net + det » et « det pre ») quand on passe d'un contexte de prix élevé à un contexte de prix bas (hypothèses faibles de qualité), ou bien entre une sylviculture par détournement après nettoyage (« net+det ») et une sylviculture dynamique après dépressage (« dep + dyn ») en modifiant le taux d'actualisation (voir annexe 3).

Ces observations appellent deux commentaires :

- ▶ D'abord, le choix d'une sylviculture ne peut se faire sans une analyse précise de la situation financière du propriétaire (taux d'actualisation).
- ▶ En outre, le choix d'un itinéraire est fortement conditionné par la grille de prix choisie. Autrement dit, le choix d'une sylviculture constitue un véritable pari sur l'évolution future des prix.

4.4.3 Diamètre d'exploitabilité

Même si les consignes techniques indiquent couramment des âges ou des diamètres d'exploitabilité, la démarche a pris soin de déduire a posteriori l'âge qui optimise l'indicateur économique retenu au regard de l'évolution envisagée du peuplement à la fois au niveau du peuplement sur pied et des coupes réalisées. Ainsi, l'étude confirme les diamètres d'exploitabilité couramment préconisés : 60 à 70 cm en itinéraire dynamique en plein, autour de 80 cm en détournement, autour de 60 cm en futaie dense quand l'indicateur est un bénéfice actualisé (BA, BASF, BASI). L'optimum est obtenu quand la production marginale ne dépasse plus le coût marginal d'opportunité, en d'autres termes quand le taux de fonctionnement du peuplement devient inférieur au taux d'actualisation retenu. Comme les peuplements ont souvent un taux de fonctionnement qui varie assez rapidement au voisinage de l'optimum, le taux d'actualisation (à 1 % près) a relativement peu d'influence sur l'âge d'exploitabilité (à 5 ans près). Le contexte de marché utilisé intervient peu car, même si les prix sont variables, les évolutions relatives sont assez similaires (le taux annuel d'augmentation des prix unitaires est donc équivalent d'un contexte commercial à l'autre). Et on a vu au § 4.1.7.1 grâce à la décomposition du taux de fonctionnement, que du point de vue des données de prix, seule intervient l'évolution relative de prix d'une classe à l'autre.

Les diamètres d'exploitabilité respectifs des différents itinéraires sont assez logiques aussi quand on se rappelle de la décomposition du taux de fonctionnement proposée au § 4.1.7.1: le taux d'accroissement en volume est d'autant moins fort pour un diamètre donné que l'accroissement diamétrique annuel est lui même faible. Une contribution du taux d'accroissement en valeur est donc de plus en plus nécessaire. Or ce dernier diminue avec le diamètre. Ainsi, moins les tiges poussent vite, plus le diamètre d'exploitabilité est faible à un taux d'actualisation donné.

Les diamètres d'exploitabilité sont plus faibles quand l'objectif est d'optimiser le TIRF, a fortiori le TIR. (sous réserve que le taux d'actualisation retenu ne soit pas supérieur au TIR, situation qui correspond néanmoins à un bénéfice négatif). À l'inverse, ils sont plus forts avec un objectif d'optimisation du bénéfice moyen annuel.

4.4.4 Une variabilité des prix dans le temps à mettre à profit ?

Le § 4.4.1 indique que l'enjeu principal est la production de bois de qualité car ces produits constituent l'essentiel des recettes. Le § 4.2.1.2. a présenté l'importante variabilité des prix du bois tandis que le § 4.4.2. indique qu'il existe un fort effet de levier du chiffre d'affaire sur le bénéfice. Dans ces conditions, on peut se demander si la variabilité des prix ne constitue pas un avantage à mettre à profit, plutôt qu'un inconvénient laissant peser de fortes incertitudes sur les résultats attendus.

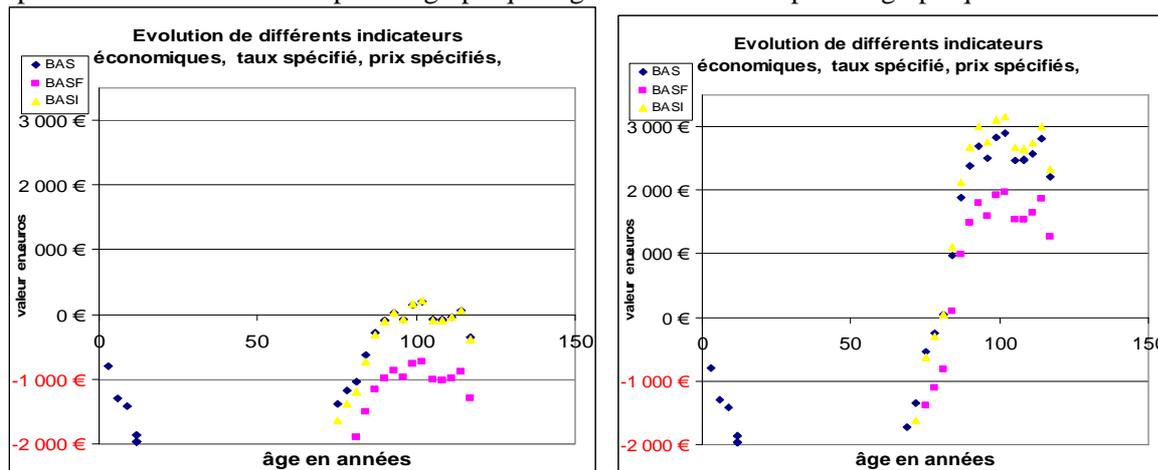
Si cette variabilité peut apparaître déconcertante, plusieurs auteurs démontrent que l'importance des variations peut être source de plus-values significatives par rapport à un contexte moyen fixe (BRAZEE et MENDELSON, 1988 ; HAIGHT, 1990). Encore faut-il :

- que la sylviculture pratiquée tolère de telles variations du calendrier des récoltes. Pour ce qui concerne les éclaircies, la perte liée à la mauvaise valorisation du bois doit être comparée à l'intérêt d'obtenir une meilleure croissance sur les arbres restant.
- que le propriétaire puisse se satisfaire de recettes irrégulières, en acceptant des revenus variables ou en parvenant à couvrir ces variations par d'autres mécanismes financiers, comme la constitution de réserves, l'endettement ou bien encore l'émission de contrats de vente à terme (BILLOT, 2008).
- que l'on parvienne à déterminer une méthodologie qui permette de tirer profit des variations de prix à la hausse et d'éviter de vendre en contexte déprimé. On observera tout de même le risque afférent à la manœuvre, qui s'apparente typiquement à de la spéculation en bourse. Un compromis avec la recherche de ventes régulières doit sans doute être recherché. Néanmoins, cette démarche a l'avantage de contribuer à la régulation de l'offre en fonction de la demande, ce qui est tout à fait le principe de fonctionnement du marché : diminution des ventes en période de faible demande et augmentation dans les périodes de forte demande. On peut d'ailleurs observer que dans le contexte actuel marqué par un marché très bas, le corollaire est une faible demande : quand bien même un vendeur chercherait à céder du hêtre, même à un prix faible, la tâche est difficile. On est donc bien en adéquation avec la théorie de régulation du marché par les prix. Cela indique que cette démarche d'adaptation des ventes en fonction du prix du bois ne relève pas seulement d'une volonté, mais aussi d'une obligation.
- que l'organisation des gestionnaires supporte ces variations d'activité.
- que soit mis en œuvre un suivi des stocks précis qui raisonne la pertinence des écarts par rapport à une situation de référence.
- que le risque pris soit contrebalancé par une diversification des actifs (théorie de portefeuille), en particulier par le recours au mélange d'essences si on en reste seulement sur les aspects sylvicoles.

Plusieurs de ces questions sortent du cadre de ce rapport. Néanmoins, on peut se demander ici si on a effectivement une latitude de choix sur les dates d'exploitation. Concernant les peuplements mûrs, on observe en contexte de prix fixes que le bénéfice actualisé varie généralement peu en fonction du temps, autour de l'optimum. En tous cas beaucoup moins que d'un contexte commercial à l'autre. Dans l'exemple qui suit (graphique MM), on a utilisé les prix de 2002 et de 2008.

MM. Graphiques : Évolutions au cours du temps des principaux indicateurs de bénéfices actualisés

(BAS, BASF, BASI) pour un itinéraire « dépressage + sylviculture dynamique », avec un fonds de 1000 €, un taux d'actualisation de 2,5 %, des hypothèses optimistes sur la qualité (potentiel 100 tiges/ha), un investissement correspondant à l'annexe 1, un coût annuel de gestion de 50 €/ha/an. Les prix sont respectivement ceux de 2008 pour le graphique à gauche et de 2002 pour le graphique à droite.

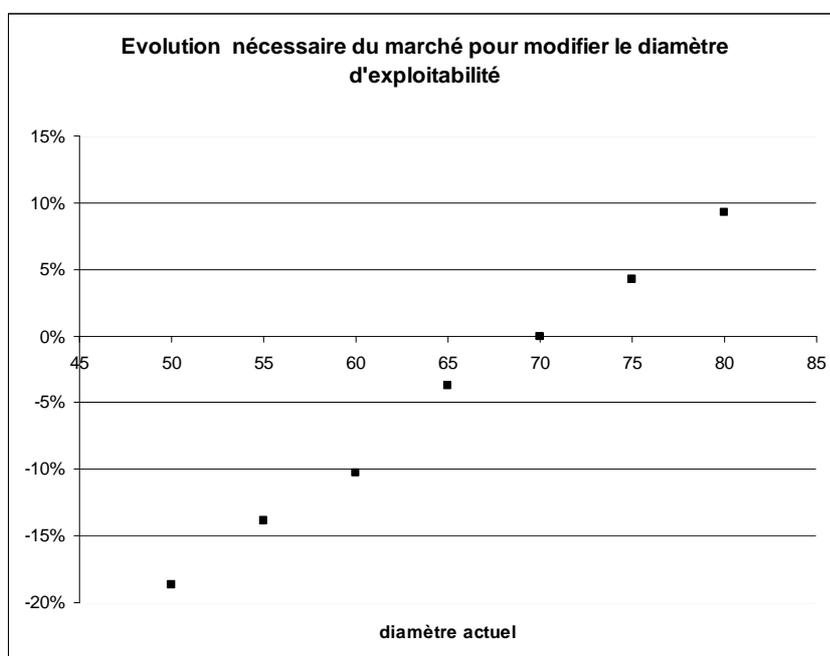


Les prix des produits secondaires sont assez équivalents pour ces deux contextes de prix mais ceux des grumes sont beaucoup plus faibles avec les prix de 2008 qu'avec les prix de 2002. On voit que les variations autour de l'optimum (environ 100 ans) pour un graphique donné, n'ont rien à voir avec les variations attendues par le simple changement de contexte commercial, si tant est que l'on peut parvenir à prélever l'essentiel des bois mûrs dans un contexte commercial donné. Autrement dit, la latitude sur la date d'exploitabilité est assez importante et il y a beaucoup à gagner à essayer de vendre les bois dans un contexte commercial favorable.

Ces observations faites à l'échelle « peuplement » sont largement conformes à celles que l'on peut faire à l'échelle « arbre » en recherchant, pour un accroissement en diamètre donné et une évolution relative de prix unitaires, les variations de marché qui compensent l'anticipation ou le prolongement d'un diamètre d'exploitabilité.

NN. Graphique : Ordre de grandeur des variations de marché compensant le changement de diamètre d'exploitabilité

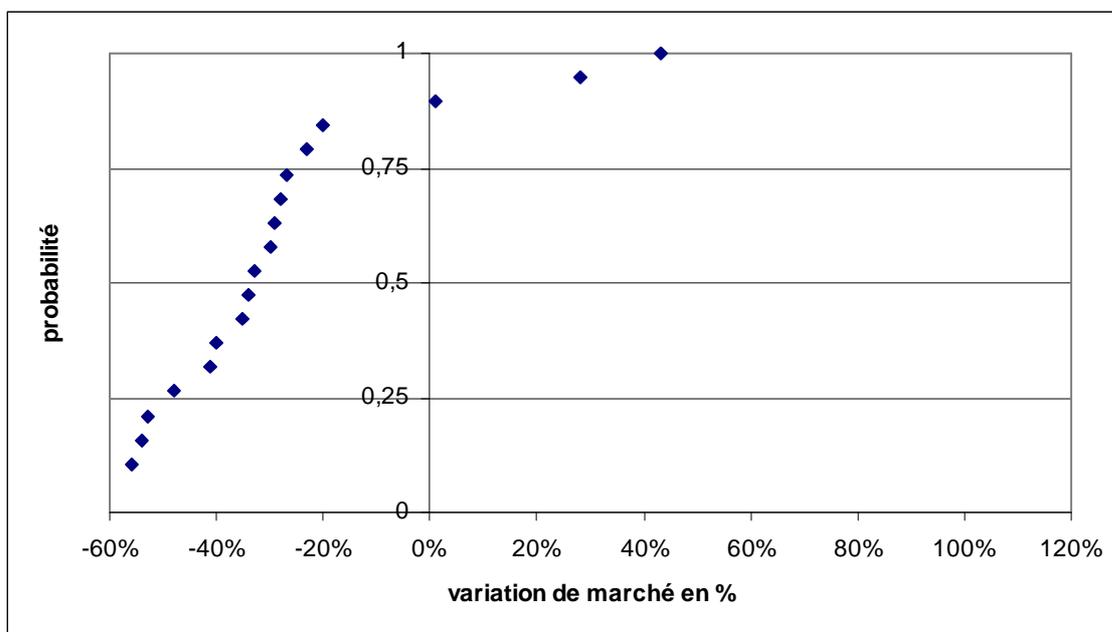
diamètre d'exploitabilité de 70 cm pour des tiges ayant un accroissement de 1 cm/an sur le diamètre, une bille de pied de 6 m de qualité B. Prix unitaires 2008 de l'ONF de la Haute-Marne, avec un taux d'actualisation de 3 %. Le calcul intègre donc la variation de volume et l'évolution de prix unitaire du bois en fonction du diamètre.



Cet exemple indique qu'une tige de 70 cm, qui atteint pourtant son diamètre d'exploitabilité, peut être prolongée de 2 classes de diamètre si la grille de prix a entre-temps évolué à la hausse de 10 %. (Étant donné qu'entre-temps la tige a gagné 2 classes de diamètre, l'évolution de 10 % correspond à l'évolution du prix en euro constant d'un arbre de diamètre 80 cm entre la date t et la date t + 10). Inversement, une tige de diamètre 55cm mérite d'être récoltée si l'on pense que d'ici 15 ans (ou 3 classes de diamètre), le prix aura baissé de plus de 15 %. Ces taux de variation des cours compensant la valeur actualisée des tiges sont à rapprocher des variations de prix observées dans le passé. Ainsi, le graphique OO indique qu'en moyenne, quand les prix étaient supérieurs au troisième quartile sur la période 1920-2008, les prix 10 ans plus tard avaient 10 % de chance d'être supérieurs, mais aussi 15 % de chance d'avoir subi une baisse comprise entre 0 et 25 % et donc 75 % de chances de subir une baisse de plus de 25 %. Par conséquent, quand les prix sont hauts, il ne faut pas hésiter à abaisser le diamètre d'exploitabilité ; inversement, quand le contexte est déprimé, il semble souhaitable de repousser l'exploitation des bois apparemment mûrs, du moins tant qu'on ne craint pas de problèmes sanitaires.

OO. Graphique : Fonction de répartition des probabilités d'évolution du marché de hêtre 40 et + sur 10 ans par rapport à des années de référence avec des prix élevés.

d'après les résultats annuels de vente de l'ONF sur la période 1920-2007, variations observées par rapport à un contexte de prix hauts (supérieurs au 3e quartile) : chaque fois que les prix sont supérieurs au troisième quartile, on calcule la variation de prix suivie sur les 10 années suivantes et on crée une fonction de répartition avec l'ensemble des données disponibles. Ces variations de prix concernent les prix des « hêtres 40 et + ». Elles sont sans doute à tempérer un petit peu pour des bois haut de gamme car la volatilité des prix des « bois chers » semble moins forte que la volatilité des bois de qualité courante.



Cette démarche permet de s'orienter vers la recherche d'un prix de réservation (BRAZEE et MENDELSON, 1988). Le principe de l'établissement d'un prix de réservation consiste à évaluer pour chaque diamètre un prix de l'arbre qui constitue « une proposition qui ne se refuse pas », c'est-à-dire le prix pour lequel la probabilité d'avoir une offre aussi intéressante dans le futur est trop faible pour tenter raisonnablement sa chance. Ce prix de réservation tient compte de la probabilité des prix actualisés envisagés dans le futur pour cette tige au regard de la croissance attendue et de la variabilité passée des cours du bois. Cette stratégie n'est cependant raisonnable que si on estime que les prix varient simplement de façon conjoncturelle autour d'un prix de référence, et qu'il ne s'agit pas de variations structurelles à long terme.

Au regard des améliorations de résultats escomptés, la capacité d'un itinéraire à tirer profit des variations de marché apparaît comme un indicateur essentiel de performance économique quand le propriétaire et le gestionnaire sont en mesure d'amortir les variations de revenu. Cette capacité de l'itinéraire se traduit par une notion sylvicole qui fait peu à peu son apparition : « l'élasticité » reflète la possibilité d'anticiper les récoltes quand les cours sont bons et à retarder les prélèvements en période d'atonie économique sans altérer la capacité de production en valeur de la forêt.

5 Conclusion

À maintes reprises, les sylvicultures dynamiques sont apparues plus intéressantes que les sylvicultures conservatrices. D'un point de vue économique, les intérêts de la rapidité et de la qualité de la production surpassent en effet celui de la quantité. Ces résultats liés à la dynamisation de la sylviculture illustrent la capacité de transfert de la production vers les arbres de meilleure qualité grâce aux éclaircies. Cette première conclusion doit néanmoins être pondérée par l'enjeu croissant de la séquestration du carbone. Une récente étude sur la biodiversité (Centre d'analyse stratégique, 2009) évalue en effet l'intérêt du stockage de carbone en forêt comme deux à sept fois plus important que celui de la production de bois. D'un point de vue micro-économique on peut donc s'attendre à de fortes répercussions des mesures liées au stockage du carbone programmées d'ici la fin de l'année 2009 (discours du président de la République à Urmatt, 2009).

Même si l'impact des risques n'a pas pu être évalué, les sylvicultures dynamiques semblent aussi aller dans le sens d'une meilleure prévention des risques. On s'attend en effet à une limitation de l'évaporation (économie d'eau grâce à une baisse du LAI), à une diminution de la durée d'exposition au risque de tempête par abaissement de l'âge d'exploitabilité, et à une amélioration de la stabilité des peuplements.

Croire à l'intérêt de la sylviculture de production pour le hêtre, c'est néanmoins croire à une embellie des cours du bois par rapport à leur situation actuelle, car il est évident que :

- la production forestière avec une essence telle que le hêtre ne peut trouver son salut qu'avec le bois de qualité. La vente de produits de trituration n'est qu'un appoint, certes toujours apprécié, mais incapable de récompenser ni les travaux nécessaires du forestier, ni le temps indispensable à leur production. D'ailleurs, d'autres essences sont beaucoup mieux adaptées à la production de biomasse grâce à une productivité plus élevée et plus précoce.
- les cours observés ces dernières années ne suffisent pas à rémunérer une quelconque production de bois d'œuvre, surtout au regard des risques qui paraissent pourtant importants.

Il semble y avoir tout de même une raison de rester optimiste : après avoir exploité sans retenues les richesses naturelles, l'Homme se rend peu à peu compte de l'intérêt d'une ressource renouvelable, produite sur place, stockant du carbone et consommant peu d'énergie pour sa mise en œuvre.

Les comparaisons économiques des itinéraires mettent en évidence que le choix d'un itinéraire sylvicole ne peut être déconnecté d'une étude attentive de la situation financière du propriétaire et de l'état du patrimoine forestier dans son ensemble. Certaines sylvicultures apparaissent en effet particulièrement adaptées à certains contextes. C'est ainsi qu'une sylviculture selon une norme N2 d'Oswald permet d'optimiser la production moyenne annuelle en volume bois fort. Sous réserve des hypothèses faites tant sur les prix que sur les résultats techniques, une sylviculture dynamique avec dépressage s'illustre de son côté avec un indicateur de bénéfice moyen annuel, mais elle devient de moins en moins compétitive par rapport aux sylvicultures en détournement dès lors que l'on recourt à l'actualisation avec un taux supérieur à 2,5 %. Les sylvicultures par détournement semblent les plus efficaces quand on utilise des taux d'actualisation de plus de 3 %. La différence entre ces deux techniques se fait surtout selon la capacité d'investissement du propriétaire et la qualité potentielle du peuplement. La sylviculture de détournement après nettoyage semble en outre présenter un avantage considérable dans un contexte risqué comme celui que nous connaissons actuellement. Elle permet d'atteindre des résultats au moins aussi bons que ceux du détournement précoce mais en limitant les risques de pertes grâce à un investissement moins élevé dans la phase juvénile. Elle correspond aussi visiblement très bien aux propriétaires disposant de peu de moyens financiers. Si les résultats confirment la nécessité de réaliser les travaux sylvicoles indispensables à une production de qualité, ils incitent aussi à investir des sommes en relation avec la valeur ajoutée actualisée apportée par ces travaux. Il s'agit par conséquent d'éviter tout dérapage des dépenses, sauf si le propriétaire a un très faible taux d'actualisation et qu'il fait le pari d'une revalorisation future du prix du bois.

Le présent travail a mis l'accent sur l'amélioration possible des résultats grâce à une sylviculture qui permettrait d'adapter les prélèvements en fonction du niveau des prix du bois. Cette adaptation nécessite néanmoins une forte flexibilité du point de vue budgétaire et organisationnel.

Il apparaît que les comparaisons techniques des différents itinéraires devront prendre en compte cet aspect à l'avenir, tant pour la phase d'éclaircie que pour la phase de récolte, d'autant plus que l'enjeu paraît plus

important que la différence de résultat évaluée entre les itinéraires les plus dynamiques. Il serait également souhaitable d'évaluer les conséquences économiques d'un report de la phase de sortie de compression en absence de débouchés pour les bois d'éclaircie et de la comparer avec le coût d'une intervention en travaux, puisque cette question se pose aux gestionnaires. Dans ce travail de comparaison économique, l'élaboration des hypothèses sur les caractéristiques techniques des différents itinéraires a constitué une difficulté majeure. Il n'a parfois pas pu être trouvé de consensus satisfaisant pour l'ensemble des membres du comité scientifique. Ce travail économique permet de mettre l'accent sur les propriétés des différents itinéraires qui mériteraient d'être précisées. En particulier, la connaissance de la croissance des tiges détournées mérite d'être approfondie. On peut en effet se demander si l'hypothèse retenue n'est pas un peu défavorable. Mais la croissance des tiges objectif dans les itinéraires en plein est sans doute elle aussi sous-estimée, car *Fagacées* fait l'hypothèse d'une éclaircie homogène dans le peuplement alors que les prélèvements sont couramment réalisés principalement autour des tiges objectif. Le travail a aussi confirmé l'enjeu essentiel lié à la production de tiges de qualité. Mais là encore, les hypothèses ont été difficiles à formuler. Afin de faciliter les comparaisons deux à deux, il a été fait l'hypothèse d'une sortie de phase de compression aussi précoce et avec une même hauteur élaguée pour l'itinéraire « dep + dyn » que pour les autres itinéraires. Ces deux hypothèses posent fortement question. En effet, les essais techniques semblent indiquer un important retard de l'élagage et une grande abondance de fourche. Cela conduit certains auteurs à remettre en cause l'effet bénéfique du dépressage sur la croissance de la population objectif. Il y a certes une amélioration du diamètre dominant mais la désignation ne peut se faire parmi les tiges les plus vigoureuses puisque ces dernières présentent trop de problèmes de forme. Pourtant, les hypothèses de qualité conditionnent très nettement le niveau des résultats atteints par cette sylviculture. Si la réalisation d'un dépressage conduit à la nécessité de prolonger sensiblement la phase de compression ou à limiter la qualité des arbres dominants, cette pratique perd l'essentiel de ses intérêts. Enfin, il serait intéressant de parvenir à estimer les risques qui pèsent sur une tige répondant aux critères de désignation. On pourrait ainsi préciser les hypothèses de qualité finale du peuplement objectif et surtout évaluer l'intérêt de disposer de tiges de remplacement. En même temps, il s'agit de préciser l'efficacité d'une désignation précoce comme proposé dans l'itinéraire de détournement précoce.

L'intérêt du mélange n'a pas été abordé. Il n'en reste pas moins que la recherche d'un peuplement objectif diversifié présente plusieurs intérêts. D'abord, en disposant d'essences variées, on limite les risques d'un point de vue sanitaire mais aussi d'un point de vue économique puisque toutes les essences ne suivent pas les mêmes évolutions de prix. Il s'agit typiquement d'une application de la théorie de portefeuille. En outre, la recherche de produits intermédiaires avec d'autres essences que le hêtre paraît plus pertinente qu'avec le hêtre. En effet, les données techniques semblent indiquer que les houppiers des jeunes hêtres occupent beaucoup plus de place que ceux des autres essences pour un diamètre de tige équivalent. Par conséquent, d'autres essences beaucoup plus précoces et au houppier moins volumineux permettent sans doute de tirer bien mieux profit de la surface forestière avant que cette dernière ne soit totalement occupée par les essences terminales. Cette remarque vis-à-vis du développement des houppiers de hêtre incite à beaucoup de précautions avec la simulation de détournement précoce. En effet, les peuplements visités donnent l'impression qu'il est peu probable de maintenir 80 tiges en croissance libre sur un hectare jusqu'à un diamètre de 50 cm.

Cette étude n'aborde que très peu le risque catastrophique qui constitue pourtant une dimension de plus en plus importante dans le cadre des changements climatiques. L'actualité nous a pourtant rappelé à plusieurs reprises que cet aspect est devenu incontournable au travers des sécheresses et tempêtes qui ont marqué la dernière décennie. Mais cet aspect nécessite de formuler des hypothèses de risque et d'évolution du risque en fonction du temps qu'il est encore difficile d'évaluer au regard de l'avancée des recherches sur le climat.

« La réflexion sur les tempêtes a moins progressé que la protection contre l'incendie. En admettant l'installation d'un cycle tempétueux, une sylviculture est-elle concevable, qui ne l'intégrerait pas ? Hier on décrivait la forêt comme un placement de père de famille. Avec la multiplicité des aléas, deviendrait-elle un placement à risques ? » (CORVOL, 2009)

6 Bibliographie

AFOCEL, 2006. Mémento.

ANCEL, P., MESSANT, D., 2004. Peuplements forestiers des plateaux calcaires de Lorraine : typologies et sylvicultures. CRPF Lorraine.

ARMAND, G., 2000. a. A l'Est, le hêtre est le feuillu le plus touché. *Forêt-Entreprise* n° 131 / 2000.

ARMAND, G., 2000. b. Un itinéraire de taille et élagage du hêtre. *Forêt-Entreprise* n° 132 / 2000.

ARMAND, G., 2002. *Le hêtre autrement*. Les guides du sylviculteur. Institut pour le développement forestier.

BADEAU, V., DUPOUEY, J.-L., CLUZEAU, C., DRAPIER, J., LE BAS, C., 2004. Projet CARBOFOR. Tâche D1 : Modélisation et cartographie de l'aire climatique potentielle des grandes essences forestières françaises".

BAKOUMA, J., 2002. Recherche et évaluation économique d'itinéraires sylvicoles pour les peuplements équiennes de hêtre. LEF, Nancy.

BASTIEN, Y., 1995. Expérience danoise d'éclaircie de hêtre de Totterup. *Revue forestière française* N°2, 1995).

BASTIEN, Y., WILHELM, G., 2000. Une sylviculture d'arbres pour produire des gros bois de qualité. *Revue forestière française* LII, N°5-2000. Pp 407-424.

BASTIEN, Y., HEIN, S., CHAVANE, A., 2005. Sylviculture du hêtre : contraintes, enjeux, orientations de gestion. *Revue forestière française*. N°2, 2005.

BILLOT, E., 2008. Monétisation d'actifs forestiers, une solution d'avenir. *La forêt privée*.

BOCK, J., 2006. Différentes modalités de dépressage dans une régénération naturelle de hêtre. Forêt domaniale du Ban d'Harol. Parcelles 111 et 112. Dispositif AR 89 14 03.

BONAIME, E., TOQUARD, N., 2008. Rapport de stage à l'étranger, Formation des ingénieurs forestiers. La sylviculture « Q-D » en Rhénanie-Palatinat et en Sarre.

BONTEMPS, J.-D., VALLET, P., HERVE, J.-C., RITTIE, D., DUPOUEY, J.-L., DHÔTE, J.-F., 2005. Des hêtraies qui poussent de plus en plus vite : vers une diminution de leur âge d'exploitabilité ?

BONTEMPS, J.-D., DUPLAT, P., HERVE, J.-C., DHÔTE, J.-F., 2007. Croissance en hauteur dominante du hêtre dans le Nord de la France : des courbes qui intègrent les tendances à long terme. *RDV techniques*. Hors-série N°2. Gestion des hêtraies dans les forêts publiques françaises.

BOUCHON, J., DHÔTE, J.-F., LANIER, L., 1989. Réaction individuelle de Hêtres (*Fagus sylvatica* L.) d'âges divers à diverses intensités d'éclaircie. *Annales des Sciences forestières*, vol. 46, no3, pp. 251-259.

BRAZEE, R.J., 2003. The Volvo Theorem : From myth to behavior model. *Forestry sciences*. Recent Accomplishments in Applied Forest Economics Research. F. Helles, N. Strange, L. Wichmann editors. Kluwer academic publishers.

BRAZEE, R., MENDELSON, R., 1988. Timber Harvesting with Fluctuating Prices. *Forest science*, Vol 34, N°2, pp 359-372.

- BREDA, N., GRANIER, A., AUSSENAC, G., 2004. La sécheresse de 2003 dans le contexte climatique des 54 dernières années : Analyse écophysiological et influence sur les arbres forestiers. *Revue forestière française*. LVI, 2-2004.
- BRUCIAMACCHIE, M. ; de TURCKHEIM, B., 2005. *La futaie irrégulière*. Edisud.
- BRUCIAMACCHIE, M. ; TOMASINI, J. ; SUSSE, R., 2005. Gestion des peuplements irréguliers. Réseau AFI, synthèse 1991-2005. Association Futaie Irrégulière.
- BRUCIAMACCHIE M.,2008. Cours d'aménagement forestier. Formation des ingénieurs forestiers 2006-2009.
- BRUCIAMACCHIE M.,2008. Travaux dirigés d'aménagement forestier. Formation des ingénieurs forestiers 2006-2009.
- Centre d'analyse stratégique, 2009. Approche économique de la biodiversité et des services liés aux écosystèmes. Rapport du groupe de travail présidé par Bernard Chevassus-au-Louis.
- CHAISSAC, F. ; CHAMBADE, E. ; LEDUC, N., 2000. Le Placement forestier dans la gestion de patrimoine. Editions de Verneuil, Paris.
- CHOPARD, B., 2003. Forêt Domaniale des DHUITS (Haute Marne).11.97.01.Dépressage sur fourré de hêtre et charme avec et sans engrillagement - Analyse 2002 - version corrigée de décembre 2003.
- CHOPARD, B., 2005. Fiches techniques en Bourgogne Champagne-Ardenne. Les nettoiemnts et depressages. Office national des forêts.
- CHOPARD, B., NIEDERLENDER, F., 2005. Forêt Domaniale d'ORMANCEY (52). AR n° 92-13-4. Compromis entre élagage naturel et forte croissance en diamètre du hêtre. Compte rendu des mesures de l'hiver 2004-05 (analyse 1992-2004).
- CHOPARD, B, 2006. Comparaison de 4 sylvicultures juvéniles du hêtre. AR 1989.17.02. Forêt Domaniale de Mont de l'Echelle Parcelle 47. - Compte-rendu simplifié des mesures de tiges d'avenir (hiver 02/03),de gourmands (étés 2003 et 2005) et de circonférence (hiver 05/06).
- CHOPARD, B, 2007. Forêt Domaniale de BEAUMONT (Aube) (parcelle 16).AR 89.13.1. Comparaison de 5 sylvicultures dans un peuplement naturel de hêtre. Compte rendu simplifié des mesures du 6 novembre 2006.
- CINOTTI, B., 2003. Une gestion non rentable peut-elle être durable ? *Revue forestière française*. N°1-2003.
- CLAESSENS, H., 2004. Réflexions sur le détournage des feuillus à croissance rapide. Forêt wallonne N°71. Juillet / août 2004.
- Commissariat général du Plan, 2005. Révision du taux d'actualisation des investissements publics.
- CONRARD, F., 2003. Forêt Domaniale de Verrière du Grosbois (Doubs) Parcelle 20. Essai n° 92.16.5. Sylviculture d'arbres objectifs (hêtre).
- CORVOL, A., 2009. Forêts et tempêtes. Groupe d'Histoire des Forêts Françaises. N°19.
- CORDONNIER, T., PILARD-LANDEAU B., CHOPARD B., 2007. Sylviculture juvénile du hêtre : compromis entre élagage naturel et croissance radiale. Hors série °2, *RDV techniques*. ONF.
- COSTA, S., 2007. Cours d'économie forestière. Formation des ingénieurs forestiers 2006-2009.

- DHÔTE J-F., 1993. Compte-rendu du dispositif INRA de la route de Frouard. Document interne.
- DHÔTE, J-F., 1997. Effet des éclaircies sur le diamètre dominant dans les futaies régulières de hêtre ou de chêne sessile. *Revue forestière française*. N°6, 1997.
- DHÔTE, J-F., 2007. Le modèle de croissance *Fagacées* dans la plate-forme de simulation CAPSIS. In SIMON, E., OTTORINI, J-M., LE GOFF, N., 2007. Les interventions sylvicoles dans la hêtraie adulte : connaissances sur la croissance en grosseur. *RDV techniques*. Hors-série N°2. Gestion des hêtraies dans les forêts publiques françaises.
- DUBOURDIEU J, 1997. *Manuel d'aménagement forestier*. Office national des Forêts.
- DUCRAY, P., 2008. Cours FIF 2 : « Commercialisation des bois ; coopération forestière ».
- ETCHEGOYEN, A., 2005. Révision du taux d'actualisation des investissements publics. Commissariat général du Plan. Avant-propos.
- Forêt Privée de France, 2008. Les chiffres clés de la forêt privée française. Édition 2008-2009.
- FELDER, C., 2007. Bilan et approches pour une désignation objective en sortie de phase de compression. Mémoire de fin d'études de la formation des ingénieurs forestiers.
- FRANÇOIS, Damien, 2008. Cours FIF3, option filière bois : « Le bois énergie ».
- FRANÇOIS, Didier, 2007. Forêt communale de LIESLE (25). Essai AR 1988.16.7. Comparaison de 4 sylvicultures du hêtre. ONF – DT Franche-Comté – Direction Forêt.
- FRAYSSE, J., MOREAUX, M., TERREAUX, J.-P., 1990. Actualisation et gestion forestière. Cahiers d'économie et sociologie rurales, n°15-16.
- GALESNE, A., 1996. Choix des investissements dans l'entreprise. Chapitre 4 : la sélection des investissements en situation de rationnement du capital. <http://cerfia.univ-rennes1.fr/cerfia/Manuels/Invest/default.html> Consulté le 12 mai.
- GERKENS M., GERARD E., 2004. Évolution des prix de l'épicéa, du chêne et du hêtre entre 1960 et 2003. *Forêt Wallonne* N°68.
- GOMEZ, N., 2008. Compte-rendu de mesures – FD de Haye – N° AR 06.14.01. ONF Lorraine.
- HAIGHT, R., G., 1990. Feedback Thinning policies for Uneven-Aged Stand Management with Stochastic Prices. *Forest-Science*, Vol 36, N°4, pp1015-1031.
- HESHMATOL VAEZIN, S.M., 2006. Modèles économiques de gestion des peuplements réguliers, irréguliers ou en transition : illustrations dans le cas du hêtre dans le Nord-Est de la France. Thèse. ENGREF, Nancy.
- HESHMATOL VAEZIN, S.M., BARKAOUI, A ; PEYRON, J-L., 2007. Estimation du prix des bois sur pied en fonction des caractéristiques du lot : le cas du Hêtre en Lorraine avant les tempêtes de 1999. *Revue forestière française* LIX, 6-2007.
- HUBERT, M., 1981. Cultiver des arbres feuillus pour récolter du bois de qualité. IDF.
- Institut National de Recherche Agronomique, 1982. *Le hêtre*.
- KNOCKE, T., 2003. Predicting red heartwood formation in beech trees (*Fagus sylvatica* L.). *Ecological Modelling* 169 (2003) 295–312.

- KNOCKE, T., MOOG, M., PLUSEZYK, N., 2001. On the effect of volatile stumpage prices on the economic attractiveness of a silvicultural transformation strategy. *Forest policy and Economics* 2 (2001). 229-240.
- LE THERY, R., ROMAN-AMAT, B., 1996. *Bulletin technique* n°31. Office national des forêts.
- Landesforsten Rheinland-Pfalz. Qualifizieren-Dimensionieren. Walbastrategie.
- LAROUSSE, 2005. Le petit Larousse illustré.
- LE GOFF, N., OTTORINI, J-M., 1979. Normes de densité pour la hêtraie du Nord-Est et du Nord-Ouest de la France. *Annales de Sciences Forestières*, 36 (4) 281-298.
- MOREL, M., TERREAUX, J-P., 1995. L'estimation de la valeur des forêts à travers un exemple : entre simplification abusive et complexité du réel. *Revue forestière française*, XLVII. 2-1995.
- NOCETTI, D., 2009. Une méthode pour analyser les coûts et les bénéfices des projets sociaux et écologiques. Interview dans « Le Monde ». 20 janvier 2009.
- Office National des Forêts, 1990. *Directives nationales de gestion de la forêt domaniale*.
- Office national des forêts, Direction Technique, 1996. *Bulletin technique* N° 31.
- Office national des forêts, Direction régionale de Champagne-Ardenne, 1998. *Guide de sylviculture pour le hêtre en Champagne-Ardenne*. Document interne.
- Office national des forêts, Section technique interrégionale Est, 2000. Bulletin d'information, N°6 juin 2000. P35 : Conduite des gaulis et perchis de hêtre issus de régénération naturelle. P81 : Pour en savoir plus sur le cœur rouge du hêtre.
- Office national des forêts, Direction territoriale de Lorraine. Service régional de progrès technique. 2003. Dépressage dans un gaulis de hêtre. F.D. de Saverne. AR 87 15 01
- Office national des forêts, Direction territoriale de Lorraine, 2005. *Le hêtre en Lorraine*. Guide de sylviculture.
- Office national des forêts, Direction territoriale de Franche-Comté. Service régional de progrès technique. 2006. *Sylviculture des jeunes peuplements réguliers de hêtre*.
- Office national des forêts, Direction territoriale de Lorraine. Service régional de progrès technique. 2006, a. Données brutes de mesures sur le dispositif « Ban d'Harol », AR 89 14 03.
- Office national des forêts, 2006, b. *Rapport de développement durable et synthèse financière* de 2006.
- Office national des forêts, Direction territoriale de Lorraine, document de travail en cours en 2008. *Itinéraires techniques de travaux sylvicoles pour la hêtraie*.
- Office national des forêts, Direction territoriale de Bourgogne-Champagne-Ardenne, 2009,a. *Itinéraires sylvicoles en futaie régulière de hêtre*.
- Office national des forêts, Direction territoriale de Bourgogne-Champagne-Ardenne, 2009,b. Référentiel des prestations sylvicoles (PRESTA) pour l'agence de Haute-Marne. Aide à l'élaboration des devis. Document interne.
- PERRIN, J., CLAESSENS, H., 2009. Considérations sur la désignation et le détournage en chêne et hêtre. *Forêt Wallone* N°98, janvier-février 2009. pp 39-51.

PEYRON J-L., TERREAUX J-Ph, CALVET P, GUO B, 1998. Principaux critères économiques de gestion des forêts : analyse critique et comparative. *Annales de sciences forestières* N°55

PEYRON J-L., 2002. Économie du bois et aménagement forestier : une approche considérée comme privilégiée et pourtant encore à étoffer. *Ingénieries* N° spécial

PIERMONT, L., 2007, a. Cours d'économie forestière. ENGREF.

PIERMONT, L., 2007, b. Changement climatique : l'inflexion de la sylviculture engagé par la société forestière de la caisse des dépôts. *Revue forestière française* vol. n°2 p129-135

PREFECTURE DE LA REGION LORRAINE, 2008. Arrêté SGAR 2008-105 en date du 18 avril 2008 relatif aux conditions de financement par les aides publiques des investissements pour l'amélioration économique de la valeur des forêts.

POLGE, H., 1980. Un défaut méconnu du Hêtre : les contraintes de croissance. *Bulletin technique* de l'ONF, n° 12, 1980, pp. 31-39.

PUECH, J., 2009. *Mise en valeur de la forêt française et développement de la filière bois*. Rapport remis à M. Nicolas SARKOSY, Président de la République.

ROCHET, B., 2008. Sylviculture juvénile du hêtre en futaie régulière. FD. Gobessart - parcelle 12 – AR 1997-14-04. Compte-rendu de mesures du 14 décembre 2006.

ROMAN-AMAT, B., 2007. *Préparer les forêts françaises au changement climatique*. Rapport à MM les Ministres de l'Agriculture et de la Pêche et de l'Écologie, du Développement et de l'Aménagement Durables.

SARDIN, T., PILARD-LANDEAU, B., MICHON, J-M, 2007. Le hêtre, une essence majeure des forêts publiques en France. *RDV techniques*. Hors-série N°2. Gestion des hêtraies dans les forêts publiques françaises.

de SAINT-VAULRY, M., 1967. Méthode d'individualisation précoce des arbres d'avenir.

SARKOSY, N., 2009. Discours de M. le Président de la République sur le développement de la filière-bois. Urmatt (Bas Rhin), Mardi 19 mai 2009.

SEYNAVE, I., 1999. *Propositions de scénarios sylvicoles pour les futaies régulières de hêtre en Lorraine*. Rapport technique. ONF Lorraine.

SIMON, E., OTTORINI, J-M., LE GOFF, N., 2007. Les interventions sylvicoles dans la hêtraie adulte : connaissances sur la croissance en grosseur. *RDV techniques*. Hors-série N°2. Gestion des hêtraies dans les forêts publiques françaises.

TERREAUX, J.-P., 1990. Principes de gestion des investissements en forêt. Thèse de doctorat. Université de Toulouse 1.

TERREAUX, J.-P., 2008. Taux d'actualisation décroissants et cohérence temporelle des décisions de sylviculture. *Revue forestière française*. LX. 4-2008.

VAUTIER, F., 2007. Forêt Domaniale de CHATILLON SUR SEINE (Côte d'Or). AR 95-17-1. Sylviculture juvénile du hêtre. Compte rendu simplifié des mesures et intervention de l'hiver 2006/2007.

VINKLER, 2006-2008. Cours de dendrométrie. Cours de croissance-production. Formation des ingénieurs forestiers première et deuxième année.

WILHELM, G.J., 2008. Tournée forestière « reconstitution après chablis » en Sarre et palatinat.

WILHELM, G.J., HETTESHEIMER, B., BOHMER, O., WITZ, M., 2005. Waldbaustrategie. Qualifizieren, Dimensionieren. Landesforsten Rheinland-Pfalz.

WISSELMANN, R., 2008. De l'arbre sur pied à la plaquette livrée chez le client. Étude technico-économique de la filière plaquette forestière.

http://www.forestiere-cdc.fr/index.php/sfo/public/investir_en_foret/les_fondamentaux_1, consulté le 16/12/2008

http://www.forets-et-climat.fr/?page_id=79 consulté le 17/12/2008.

<http://seine-et-marne.evous.fr/Quelle-foret-pour-nos-enfants,2336.html> consulté le 20 mars 2009. Paru le 26 novembre 2008.

7 Abréviations et sigles

AFOCEL : association forêt cellulose (fusionnée depuis avec le CTBA (centre technique du bois et de l'ameublement pour donner le FCBA : l'Institut technologique FCBA (forêt, cellulose, bois-construction, ameublement)

BT31 : Bulletin technique n° 31 de l'ONF.

FFN : Fond forestier national, compte spécial du trésor abondé par une taxe sur les produits bois, destiné à financer l'investissement forestier. Ce système a été abandonné en 2000.

IFN : Inventaire forestier national.

ITTS : Itinéraires techniques de travaux sylvicoles

LAI : leaf area index : rapport entre la surface cumulée des feuilles de la canopée et la surface forestière

ONF : Office national des forêts

QD : Qualifizierung-Dimensionierung. Dénomination allemande de l'itinéraire nettoyage puis détourage.

RDI : Reineke density index. Indice de densité des peuplements forestiers basé sur une relation entre le nombre maximum de tiges vivantes et le diamètre quadratique moyen du peuplement. Cet indice varie entre 0 et 1.

SFCDC : société forestière de la caisse des dépôts et consignation.

8 Liste des contacts

Nom	Organisme	Contact
Sandrine Costa	LEF-AgroParisTech/Engref	costa@nancy-engref.inra.fr
Isabelle Vinkler	LERFOB-AgroParisTech/Engref	isabelle.vinkler@engref.agroparistech.fr
Éric Lacombe	LERFOB-AgroParisTech/Engref	eric.lacombe@engref.agroparistech.fr
Georg Wilhelm	Landesforsten Rheinland-Pfalz	Craincourt@aol.com
Noël Le Goff	INRA Champenoux	le_goff@nancy.inra.fr
Jérôme Bock	ONF. Service recherche et progrès technique. Lorraine	jerome.bock@onf.fr
Thierry Sardin	Direction technique ONF	thierry.sardin@onf.fr
François Moyses	Campus ONF	francois.moyses@orange.fr
Max Brucciamacchie	LEF-AgroParisTech/Engref	max.bruciamacchie@engref.agroparistech.fr
Bruno Chopard	ONF. Service recherche et progrès technique. Bourgogne Champagne Ardenne.	bruno.chopard@onf.fr
Vincent Bénard	ONF Haute-Marne	vincent.benard@onf.fr
Jean-Marc Ottorini	INRA Champenoux	ottorini@nancy.inra.fr
Cyril Vitu	CRPF Lorraine-Alsace	cyril.vitu@crpf.fr
J.F. Ningre	INRA Champenoux	ningre@nancy.inra.fr
Laure Heinrich	Service travaux ONF, Haute-Marne.	laure.heinrich@onf.fr
Stéphane Hudolin	Service travaux ONF, Haute-Marne.	stephane.hudolin@onf.fr
Philippe Durand	Service travaux ONF, Lorraine	philippe-eric.durand@onf.fr
Hubert Loye	Chef d'UT ONF Haute-Marne	hubert.loye@onf.fr
François Conrard	ONF. Service recherche et progrès technique. Franche Comté	francois.conrard@onf.fr >
Michel et Marc Perru	Scierries Perru, Malaincourt, Vosges.	scierie.perru@wanadoo.fr
Daniel Rittié	INRA Champenoux	rittie@nancy.inra.fr
Ingrid Seynave	LERFOB-AgroParisTech/Engref	seynave@nancy.inra.fr
Carine Gasti	DT ONF Lorraine	carine.gasti@onf.fr
Emmanuel Cuchet	Secrétaire général du Gipeblor	e.cuchet@wanadoo.fr
Lise Frappier	LEF-AgroParisTech/Engref	lise.frappier@nancy-engref.inra.fr
Bénédicte Rochet	ONF. Service recherche et progrès technique. Lorraine	benedicte.rochet@onf.fr
Nicolas Gomez	ONF. Service recherche et progrès technique Lorraine	nicolas.gomez@onf.fr
David Bastien	ONF. Service recherche et progrès technique. Bourgogne Champagne Ardenne.	david.bastien@onf.fr
Sylvie Beaugeois-Geller	LEF-AgroParisTech/Engref	geller@nancy-engref.inra.fr
Alexandra Niedzwiedz	LEF-AgroParisTech/Engref	niedzwiedz@nancy-engref.inra.fr
Frédéric Mothe	INRA Champenoux	mothe@nancy.inra.fr
Jérémy Caussin	UT ONF Haute-Marne	jeremie.caussin@onf.fr
David Gasparotto	Bibliothèque ENGREF	david.gasparotto@engref.agroparistech.fr
Nathalie Briot	Bibliothèque ENGREF	nathalie.briot@engref.agroparistech.fr
Patrick Vallet	CEMAGREF Nogent/Vernisson	patrick.vallet@cemagref.fr
Christian Courrivault	CRPF Lorraine-Alsace	courrivault.christian@wanadoo.fr

9 Annexes

Table des annexes

Annexe 1 : Échéancier des travaux retenus pour chaque itinéraire

Annexe 2 : Évolution de la production moyenne annuelle répartie par qualité pour les différents itinéraires sylvicoles envisagés, selon les hypothèses faites sur le nombre de tiges de qualité potentielle « A+B ».

Annexe 3 : Influence des principales hypothèses

Annexe 4 : Exemples de comparaisons de résultats économiques

9.1 Annexe 1 : Échéancier des travaux retenus pour chaque itinéraire.

Travaux pour les itinéraires bénéficiant d'un dépressage (dep + dyn ou dep + N2)

année	nature	rendement retenu (en heures)	prix retenu (en €)
4	création cloisonnement 10m		180
4	dégagement 1	12	360
7	entretien cloisonnement		80
7	dégagement 2	12	360
11	entretien cloisonnement		80
11	dégagement 3	12	360
15	dégagement 4	12	360
18	entretien cloisonnement		50
18	- Nettoiement (5/6 m)	10	300
22	Nettoiement-dépressage (7/8 m)	15	450
35	complément Elagage 60 tiges		240

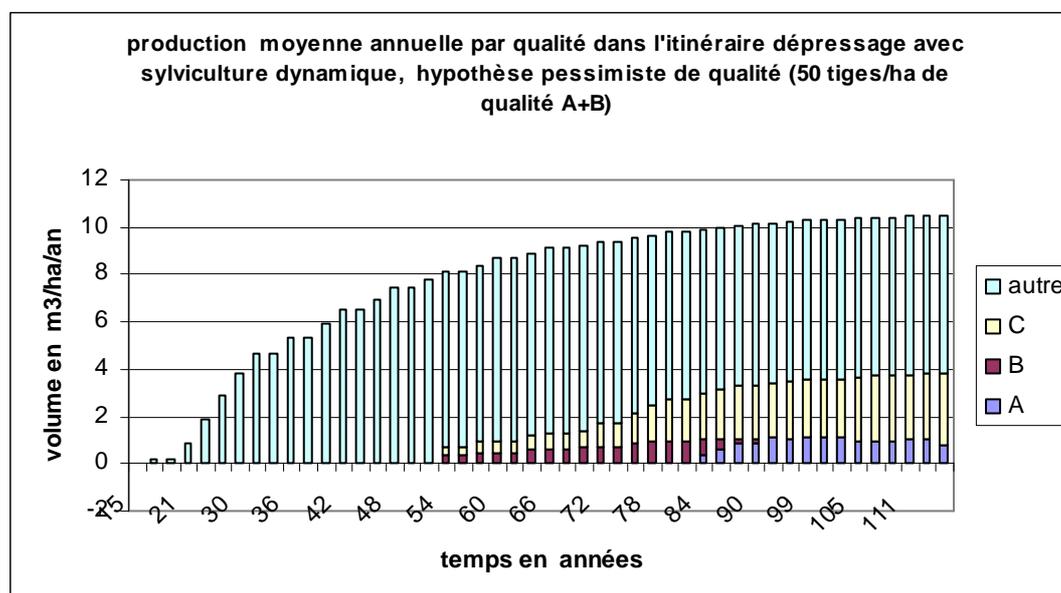
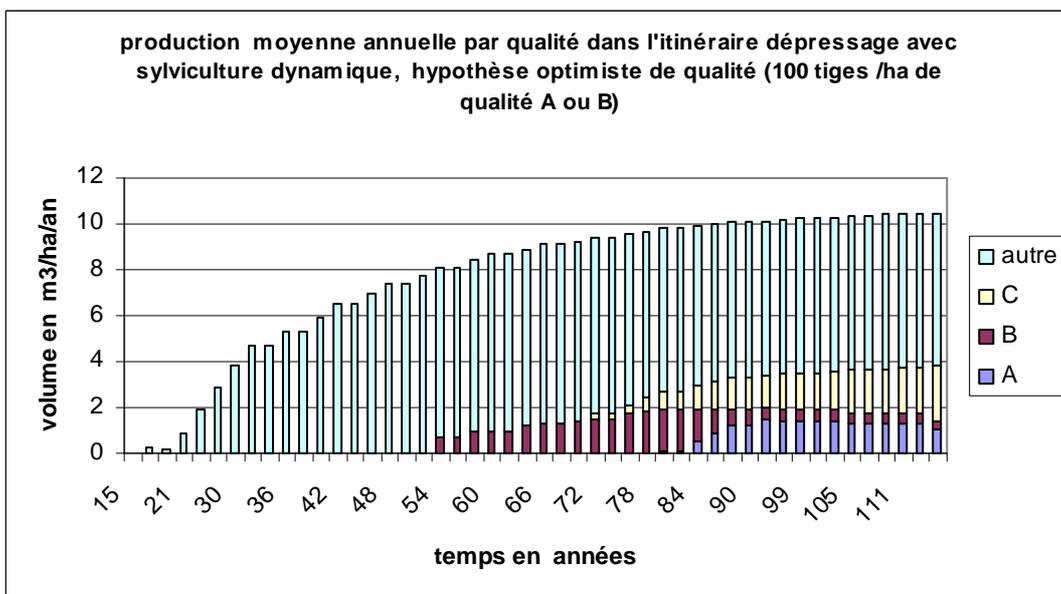
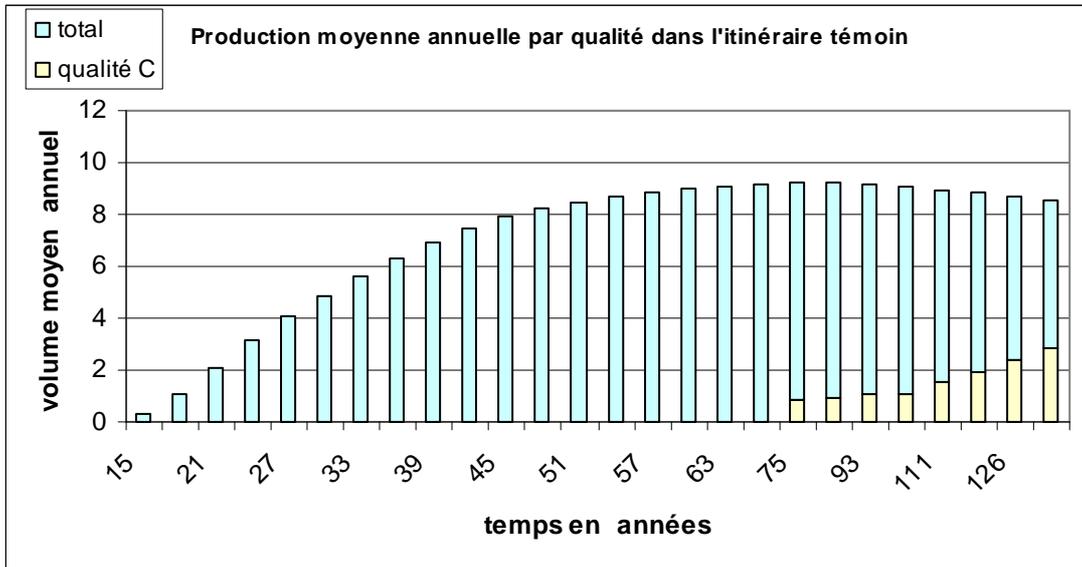
Travaux extensifs pour les itinéraires commençant par un nettoiement (net + det, net + dyn ou net + N2)

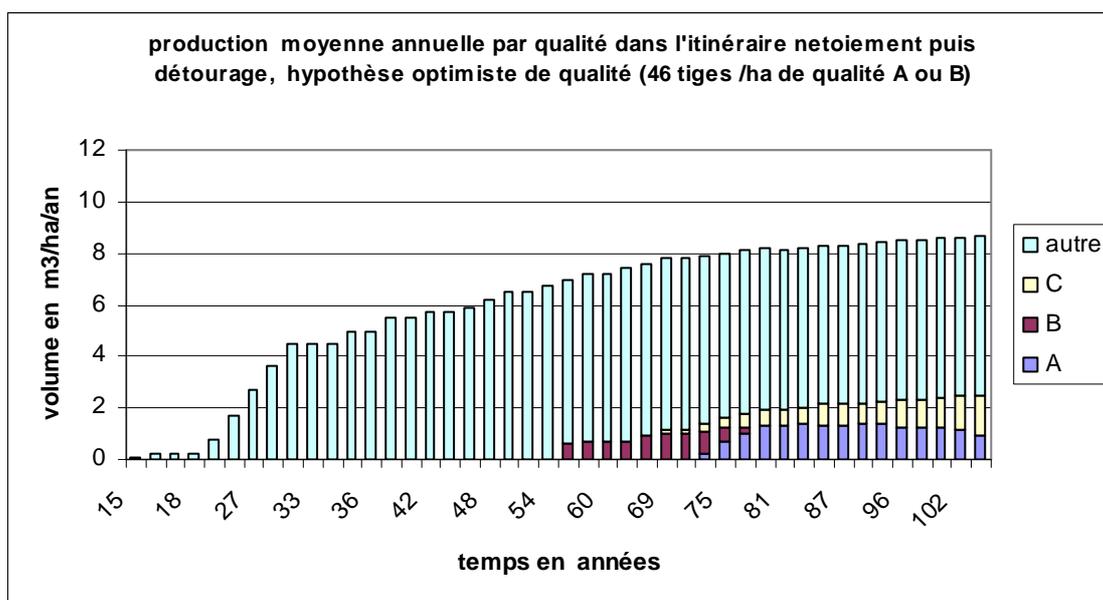
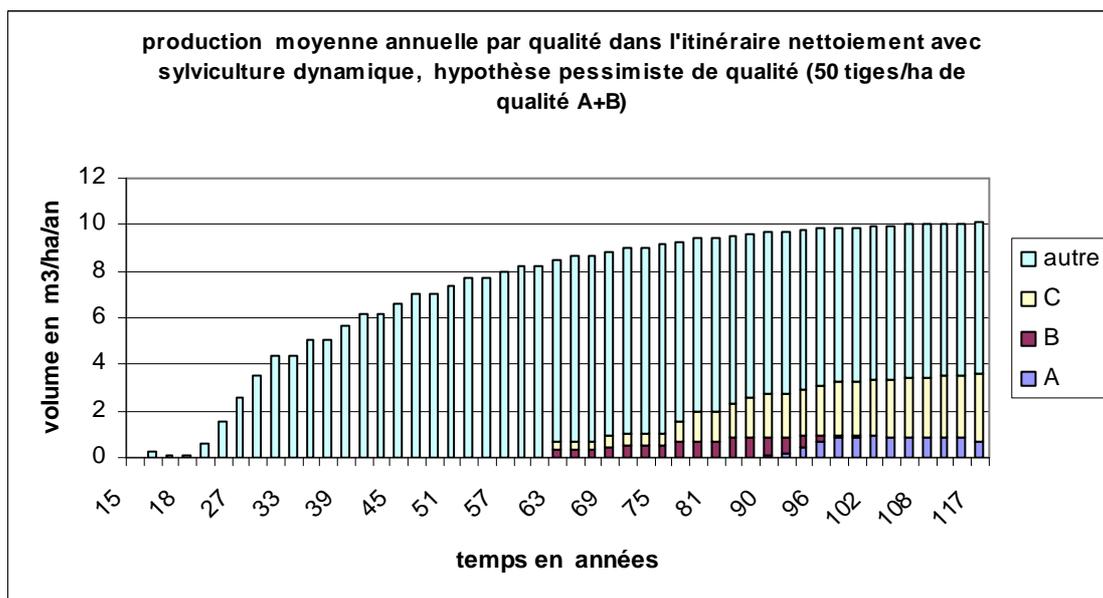
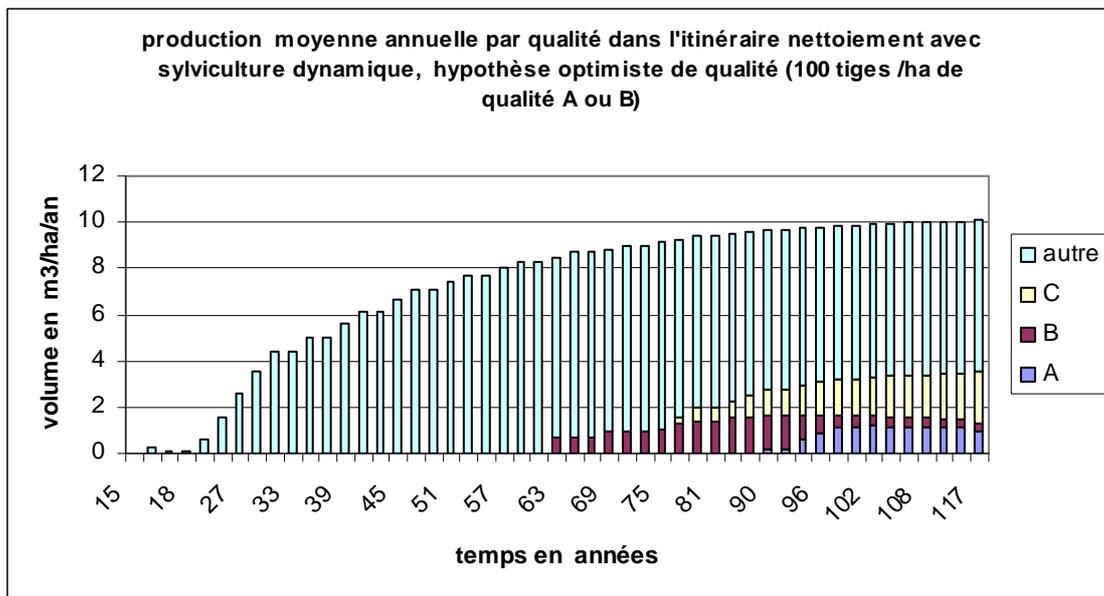
année	nature	rendement retenu (en heures)	prix retenu (en €)
4	création cloisonnement 20m		90
4	dégagement 1	6	180
7	entretien cloisonnement		50
7	dégagement 2	6	180
11	entretien cloisonnement		50
11	dégagement 3	6	180
15	dégagement 4	6	180
18	entretien cloisonnement		50
18	- Nettoiement (5/6 m)	4	120
22	- Nettoiement (7/8 m)	4	120
26	- Nettoiement (10/12 m)	4	120
35	complément Elagage 60 tiges		240

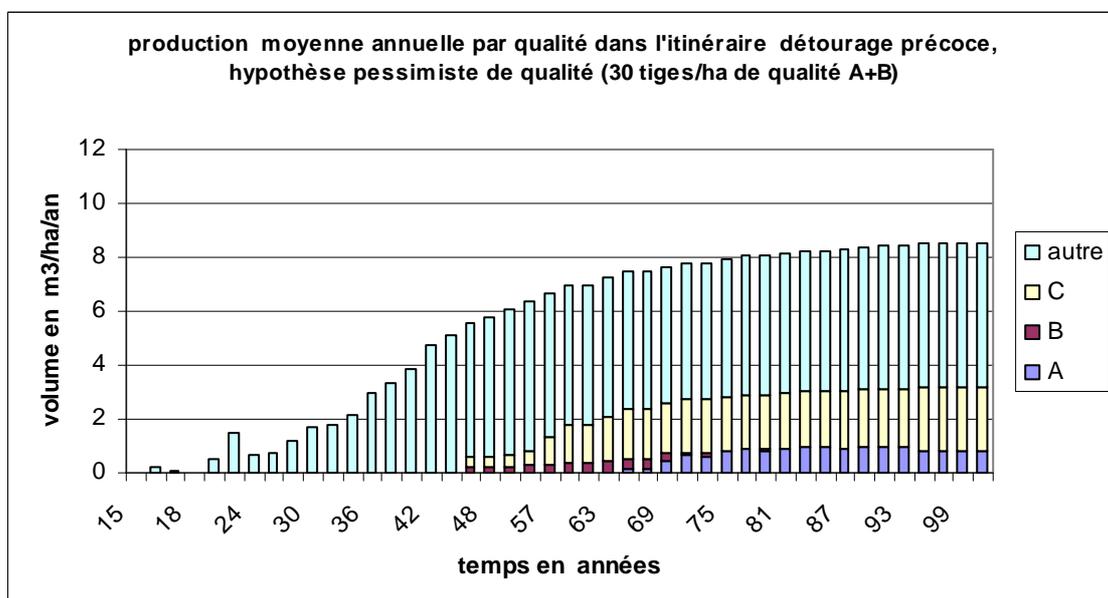
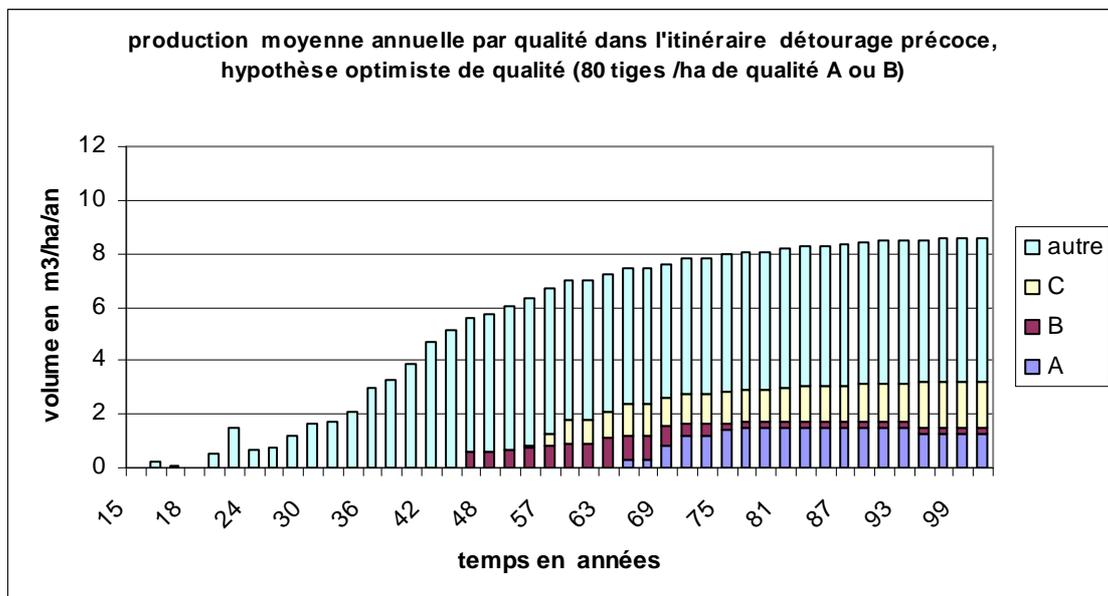
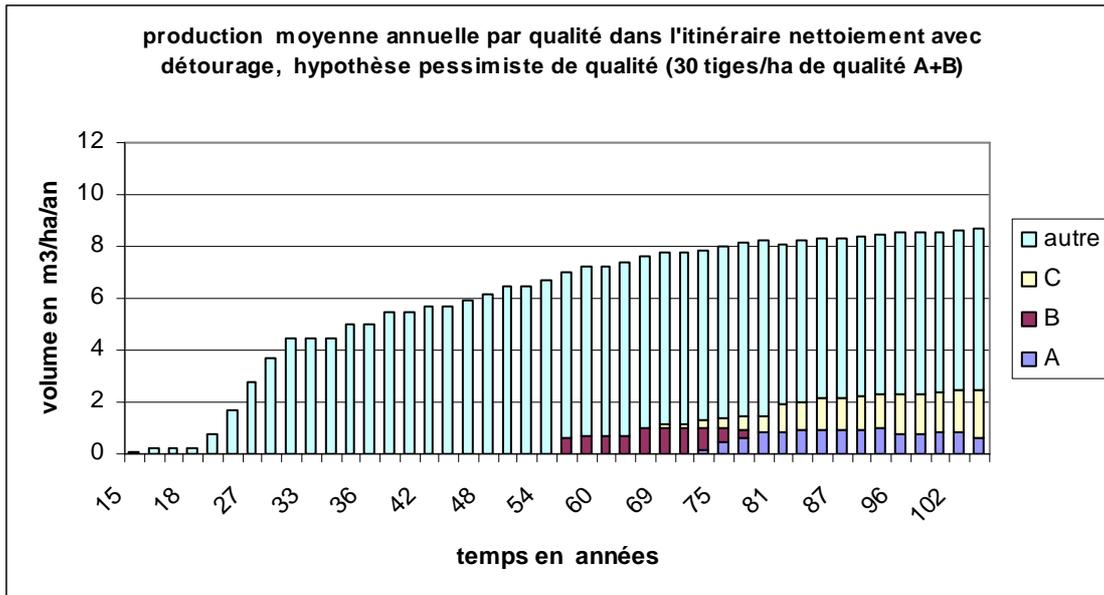
Travaux pour l'itinéraire de détournement précoce (det pre)

année	nature	rendement retenu (en heures)	prix retenu (en €)
4	création cloisonnement 10m		180
4	dégagement 1	12	360
7	entretien cloisonnement		80
7	dégagement 2	12	360
11	entretien cloisonnement		80
11	dégagement 3	12	360
15	dégagement 4	12	360
18	entretien cloisonnement		50
18	détournement 1 et taille	16	500
22	détournement 2 et taille	16	500
26	détournement 3 et élague	16	500
35	- Détournement (14/18)		
38	- Détournement (14/18)		

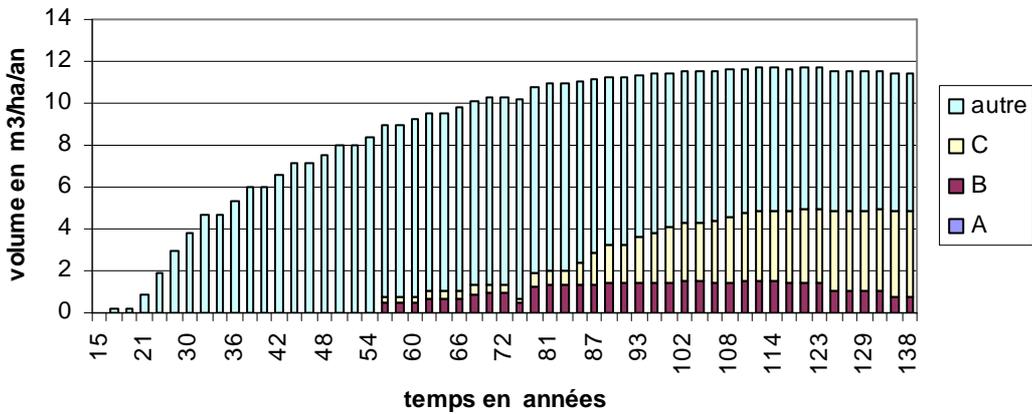
9.2 Annexe 2 : Évolution de la production moyenne annuelle répartie par qualité pour les différents itinéraires sylvicoles envisagés, selon les hypothèses faites sur le nombre de tiges de qualité potentielle « A+B ».



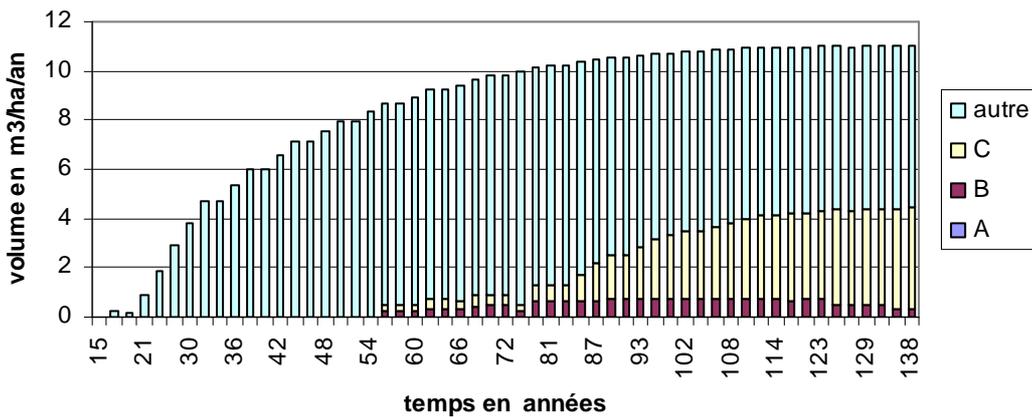




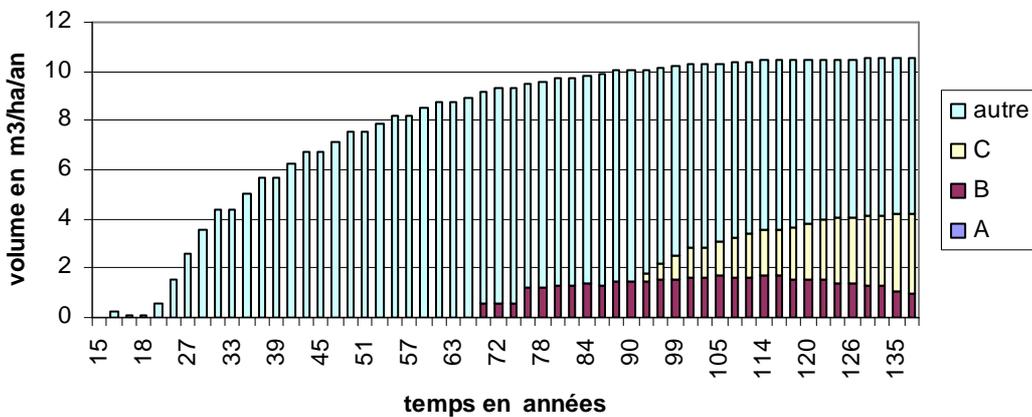
production moyenne annuelle par qualité dans l'itinéraire dépressage avec sylviculture N2 d'Oswald, hypothèse optimiste de qualité (100 tiges /ha de qualité A ou B)



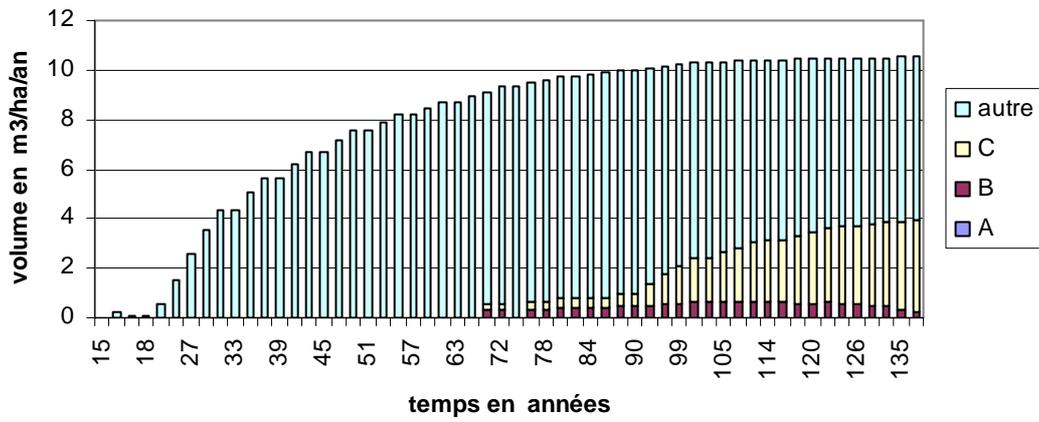
production moyenne annuelle par qualité dans l'itinéraire dépressage avec sylviculture N2 d'Oswald, hypothèse pessimiste de qualité (50 tiges /ha de qualité A ou B)



production moyenne annuelle par qualité dans l'itinéraire nettoyage avec sylviculture N2 d'Oswald, hypothèse optimiste de qualité (100 tiges /ha de qualité A ou B)



production moyenne annuelle par qualité dans l'itinéraire nettoyage avec sylviculture N2 d'Oswald, hypothèse optimiste de qualité (50 tiges /ha de qualité A ou B)



9.3 Annexe 3 : influence des principales hypothèses

La réalisation de cette comparaison économique nécessite de formuler des hypothèses.

Des choix ont été faits. C'est ainsi que l'ensemble des hypothèses sont susceptibles de critiques, même si elles ont été faites en essayant d'être aussi objectif que possible.

domaine	remarque
Représentativité du contexte biogéographique.	
Fertilité du milieu.	
Rapidité de la croissance en diamètre des tiges détournées.	Hypothèse peut être un peu faible donc défavorable aux itinéraires en détournement. Important du fait de l'impact sur le volume de qualité sur la plupart des indicateurs économiques.
Rapidité de la croissance des tiges objectif par rapport à une sylviculture de peuplement homogène	Hypothèse sans doute défavorable aux tiges dominantes. Important du fait de l'impact sur le volume de qualité sur la plupart des indicateurs économiques.
Hauteur élaguée des tiges objectif dans l'itinéraire dep + dyn / fourchaison	Hypothèse visiblement favorable à l'itinéraire dep+dyn. Important du fait de l'impact sur le volume de qualité sur la plupart des indicateurs économiques.
Nature des éclaircies	Favorise les produits intermédiaires mais désavantage sans doute les tiges avec les diamètres les plus élevés. Donc visiblement un peu défavorable aux itinéraires de peuplement. Importance pressentie plutôt faible du fait.
Cubage	Tout est cubé avec fagacées sur la base d'un même tarif de cubage. Au delà de la découpe grume, les volumes paraissent élevés mais la partie de l'arbre la mieux valorisée est très compatible avec d'autres tarifs de cubage.
Itinéraires d'éclaircies références en G ou en RDI	On a bien vu les différences occasionnées par un suivi en G ou en RDI. La solution retenue est plus favorable aux itinéraires nettoyage + sylviculture en plein.
Première éclaircie lors de la sortie de compression pour les itinéraires nettoyage + sylviculture en plein.	Intervention limitée en intensité (prélèvement en G inférieur à 40%). Défavorable aux itinéraires concernés alors qu'un prélèvement plus fort était visiblement envisageable, cf intervention en réserve.
Production du peuplement interstitiel dans les itinéraires en détournement	Influence sur la productivité totale. Plutôt défavorable aux itinéraires en détournement. Mais vraiment très faible influence du point de vue économique.
Nombre de tiges de qualité	Les hypothèses multiples proposées (optimiste vs pessimiste) permettent d'illustrer la variabilité. Le choix de ces hypothèses conditionnent visiblement plus les résultats que la hauteur élaguée.
Nombre de tiges possibles en croissance libre	Bien que respectant les coefficients de houppiers moyens, j'ai pour ma part de sérieux doutes quant à la possibilité de maintenir autant de tiges en croissance libre jusqu'au stades indiqués que je l'ai proposé dans l'itinéraire de détournement précoce. En revanche, l'hypothèse de qualité faible, de même que l'ensemble des propositions pour l'itinéraire de détournement après nettoyage ne pose à mon sens aucun problème.
Montant des travaux dans chaque itinéraire	En général assez faibles. Ils se basent sur différentes sources assez convergentes, mais en retenant le prix dans un contexte plutôt facile et en absence de gros problèmes comme la clématite par exemple. Georg Wilhelm pense néanmoins, au regard du recul dont il dispose sur la méthode QD qui est mise en œuvre depuis plus de 10 ans que les travaux de nettoyage peuvent être encore plus légers.

Montant des frais de gestion	D'abord, ces frais ne sont pas modulés selon le niveau de la gestion car il n'y a pas d'angle d'attaque satisfaisant pour évaluer cet aspect. Il semble néanmoins que la part variable d'un itinéraire à l'autre soit tout de même assez faible. Les évaluations courantes sont faites au regard d'un coût de gestion faible (25€/ha/an) sensiblement plus faible que ce qui ressort pour la gestion des forêts domaniales en Lorraine.
Définition des qualités	Assez conforme
Évaluation des caractéristiques conditionnant les qualités	<p>Les conditions sur la largeur de cerne ont été « adoucies » de façon à ne pas engendrer des seuils non conformes, surtout pour ce qui est de l'itinéraire dep+dyn où la largeur est très proche de 4mm, d'autant que l'on peut s'attendre à une croissance un peu meilleure sur les tiges objectif dans la réalité.</p> <p>L'estimation du cœur rouge est conforme. Elle ne prend cependant en compte que les aspects d'âge et de diamètre (donc ni les cicatrices, ni les fourches, ni les blessures). Le gros inconvénient du pas de temps des simulations et du mode d'évaluation du niveau de cœur rouge est d'engendrer des effets de seuils assez importants.</p>
et prix du bois	Large gamme de prix envisagée tant en valeurs absolues qu'en valeurs relatives ; assez conformes aux marchés du bois des décennies passées ; mais des situations extrêmes ne sont pas envisagées (absence de marché pour les bois haute gamme ... ; bois énergie démesurément valorisé)
Coût des travaux et prix du bois	il n'y a pas de dépense affectée au premier détournement si ces coupes ne peuvent être vendues. Il aurait sans doute été souhaitable de parvenir à faire une évaluation du volume à la découpe 10 et d'affecter des prix négatifs pour le bois en dessous de la découpe 10 (y compris pour le bois en dessous de la découpe 7) voire en dessous de la découpe 20 quand le contexte est défavorable. La rationalisation du coût d'exploitation en fonction de la quantité mobilisée n'est pas prise en compte. Néanmoins, les volumes des éclaircies correspondent à des niveaux de prélèvement standard.
Prise en compte du stockage de carbone	Pas pris en compte ; conforme aux enjeux micro économiques dans la situation actuelle.
Taux d'actualisation	Les exemples chiffrés montrent que ce choix a des conséquences très importantes. Le calcul du TIRF permet de faire une sorte d'analyse de sensibilité.

9.4 Annexe 4 : exemples de comparaisons de résultats économiques

- Simulations avec des hypothèses hautes pour le nombre de tiges de qualité

Prix 96
Coût de gestion de 60€
Prix 2008
Prix 2007
Prix 2002
Prix 98
Prix B 96
Taux = 4%
Taux = 2%

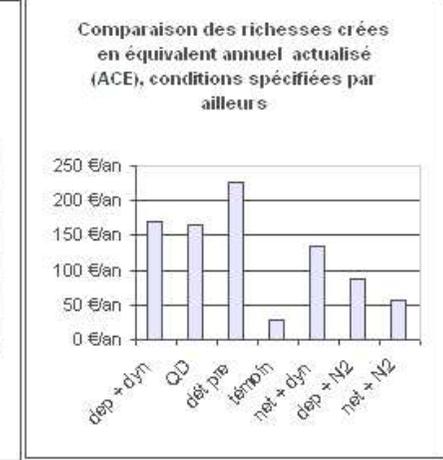
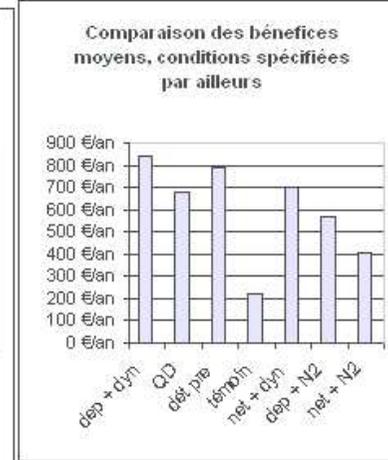
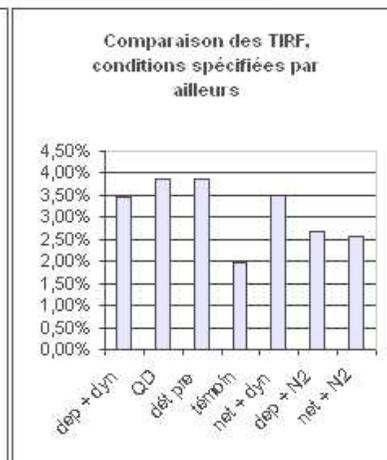
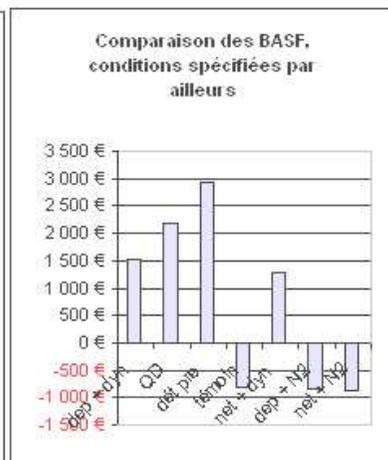
- simulations avec des hypothèses basses pour le nombre de tiges de qualité

prix 96
prix 98
prix 2002
prix 2007
prix 2008
taux = 4%
taux = 2%
prix B 96
prix B 96 ; taux = 2%
prix B 96 ; taux = 4%

prix utilisés 1996
taux 3,0%
sol 1 000 €

coût annuel de gestion 25 €/an
impôt foncier 12 €/an

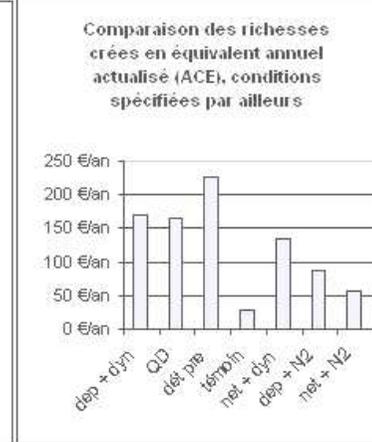
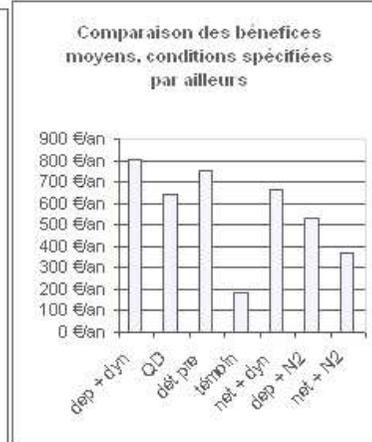
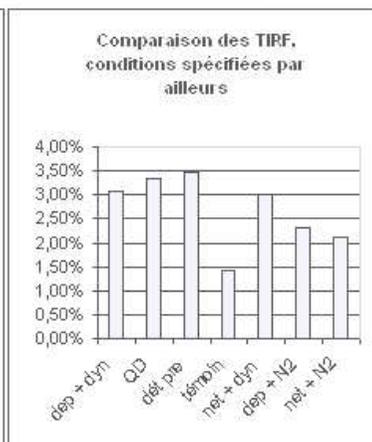
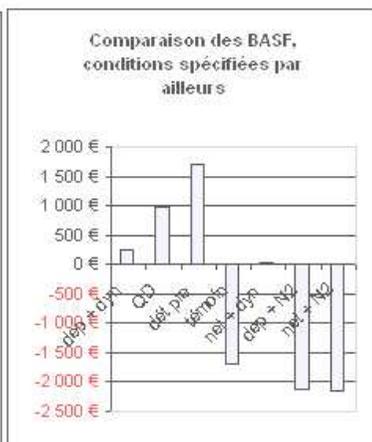
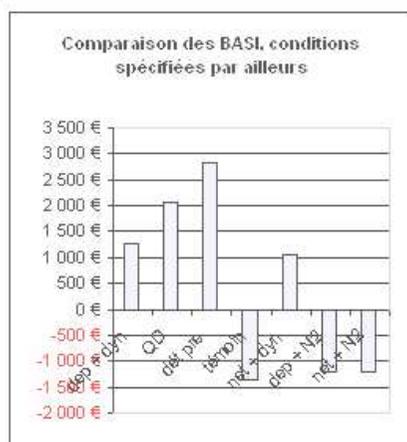
	Résultats								âge						
	dep + dyn	QD	dét pre	témoin	net + dyn	dep + N2	net + N2	dep + dyn	QD	det pre	témoin	net + dyn	dep + N2	net + N2	
BASI	2 598 €	3 397 €	4 163 €	-41 €	2 362 €	115 €	100 €	99 ans	87 ans	90 ans	81 ans	105 ans	114 ans	126 ans	
BASF	1 513 €	2 197 €	2 921 €	-796 €	1 295 €	-851 €	-877 €	102 ans	84 ans	87 ans	45 ans	102 ans	111 ans	123 ans	
BA/inv	78%	216%	132%	#DIV/0!	127%	-46%	-94%	#N/A	#N/A	#N/A	#DIV/0!	#N/A	#N/A	#N/A	
TIR	3,93%	4,62%	4,40%	2,92%	4,15%	3,05%	3,07%	93 ans	84 ans	78 ans	78 ans	99 ans	111 ans	123 ans	
TIRF	3,47%	3,85%	3,86%	1,97%	3,49%	2,69%	2,57%	93 ans	84 ans	78 ans	120 ans	99 ans	111 ans	123 ans	
benef moyen	839 €/an	676 €/an	789 €/an	221 €/an	698 €/an	568 €/an	403 €/an	114 ans	93 ans	93 ans	138 ans	114 ans	132 ans	132 ans	
ACE max	170 €/an	166 €/an	227 €/an	29 €/an	134 €/an	87 €/an	58 €/an	90 ans	81 ans	84 ans	72 ans	96 ans	99 ans	99 ans	
CA actu	5 368 €	5 062 €	7 003 €	662 €	4 235 €	2 946 €	2 031 €								



hypothèses : niveau de qualité des tige élevé (100 tiges de qualité potentielle supérieure dans les peuplements en plein ; 80 en détournage precoce ; 46 en détournage QD)
dépenses correspondant à l'évaluation moyenne
prix avec un différentiel entre qualités A et B

prix utilisés	1996	coût annuel de gestion	60 €/an
taux	3,0%	impôt foncier	12 €/an
sol	1 000 €		

	Résultats								âge						
	dep + dyn	QD	dét pre	témoin	net + dyn	dep + N2	net + N2	dep + dyn	QD	det pre	témoin	net + dyn	dep + N2	net + N2	
BASI	1 276 €	2 070 €	2 837 €	-1 372 €	1 042 €	-1 203 €	-1 216 €	99 ans	87 ans	90 ans	81 ans	105 ans	114 ans	126 ans	
BASF	262 €	981 €	1 696 €	-1 686 €	40 €	-2 120 €	-2 158 €	99 ans	84 ans	87 ans	30 ans	102 ans	111 ans	123 ans	
BA/inv	14%	96%	76%	#DIV/0!	4%	-115%	-231%	#N/A	#N/A	#N/A	#DIV/0!	#N/A	#N/A	#N/A	
TIR	3,40%	3,82%	3,83%	1,44%	3,42%	2,55%	2,37%	93 ans	84 ans	78 ans	105 ans	99 ans	111 ans	123 ans	
TIRF	3,07%	3,34%	3,46%	1,41%	3,01%	2,31%	2,10%	93 ans	84 ans	87 ans	138 ans	102 ans	114 ans	123 ans	
benef moyen	802 €/an	639 €/an	752 €/an	185 €/an	661 €/an	531 €/an	367 €/an	114 ans	93 ans	93 ans	138 ans	114 ans	132 ans	132 ans	
ACE max	170 €/an	166 €/an	227 €/an	29 €/an	134 €/an	87 €/an	58 €/an	90 ans	81 ans	84 ans	72 ans	96 ans	99 ans	99 ans	
CA actu	5 357 €	5 062 €	7 003 €	350 €	4 235 €	2 946 €	2 031 €								

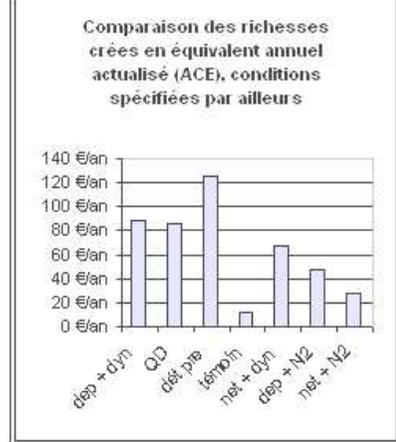
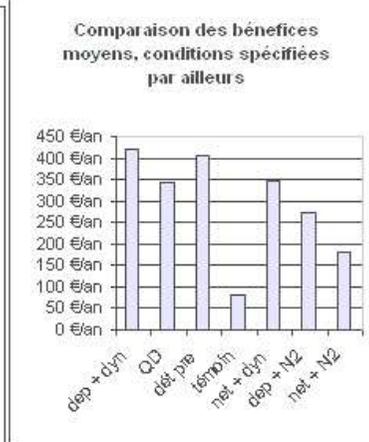
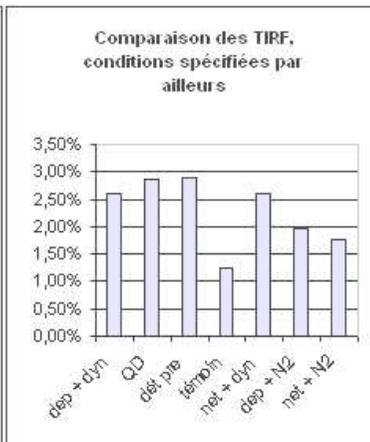
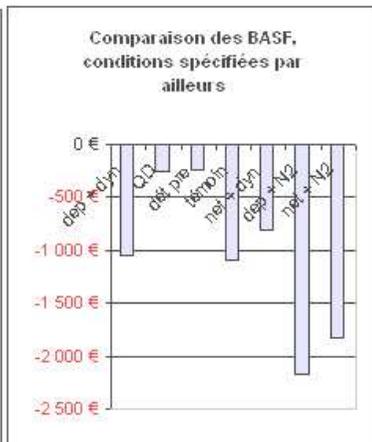
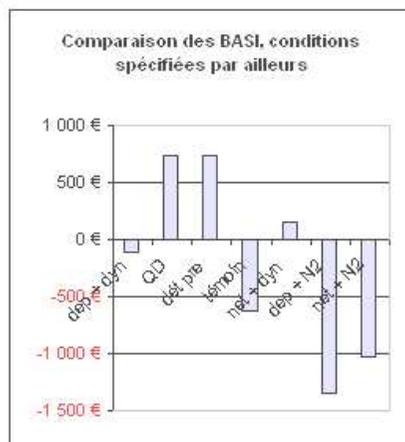


hypothèses : niveau de qualité des tige élevé (100 tiges de qualité potentielle supérieure dans les peuplements en plein ; 60 en détourage precoce ; 46 en détourage QD)
dépenses correspondant à l'évaluation moyenne
prix avec un différentiel entre qualités A et B

prix utilisés 2008
taux 3,0%
sol 1 000 €

coût annuel de gestion 25 €/an
impôt foncier 12 €/an

	Résultats								âge					
	dep + dyn	QD	dét pre	témoin	net + dyn	dep + N2	net + N2	dep + dyn	QD	dét pre	témoin	net + dyn	dep + N2	net + N2
BASI	-109 €	729 €	741 €	-622 €	149 €	-1 354 €	-1 022 €	105 ans	87 ans	90 ans	81 ans	108 ans	114 ans	126 ans
BASF	-1 054 €	-248 €	-239 €	-1 091 €	-811 €	-2 177 €	-1 832 €	99 ans	84 ans	87 ans	30 ans	99 ans	15 ans	21 ans
BA/inv	-55%	-24%	-11%	#DIV/0!	-80%	-118%	-196%	#N/A	#N/A	#N/A	#DIV/0!	#N/A	#N/A	#N/A
TIR	2,95%	3,49%	3,33%	1,36%	3,10%	2,24%	2,12%	102 ans	84 ans	87 ans	105 ans	99 ans	111 ans	123 ans
TIRF	2,59%	2,87%	2,91%	1,24%	2,60%	1,96%	1,77%	102 ans	93 ans	87 ans	138 ans	108 ans	111 ans	123 ans
benef moyen	422 €/an	344 €/an	406 €/an	82 €/an	346 €/an	274 €/an	182 €/an	114 ans	93 ans	93 ans	138 ans	114 ans	123 ans	132 ans
ACE max	88 €/an	86 €/an	125 €/an	12 €/an	67 €/an	48 €/an	27 €/an	96 ans	81 ans	84 ans	81 ans	96 ans	93 ans	99 ans
CA actu	2 791 €	2 617 €	3 843 €	100 €	2 120 €	1 €	13 €							

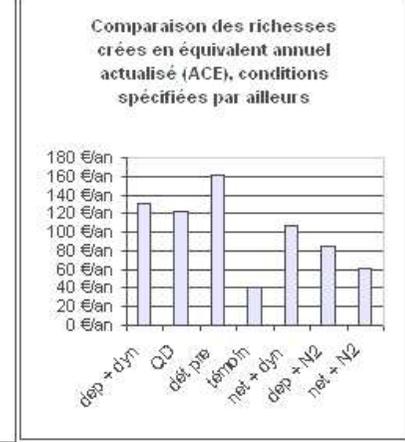
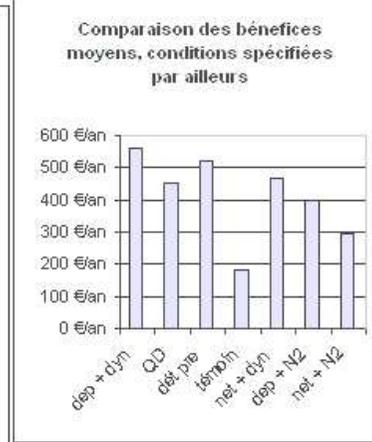
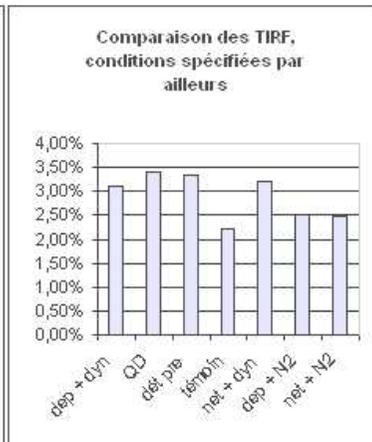
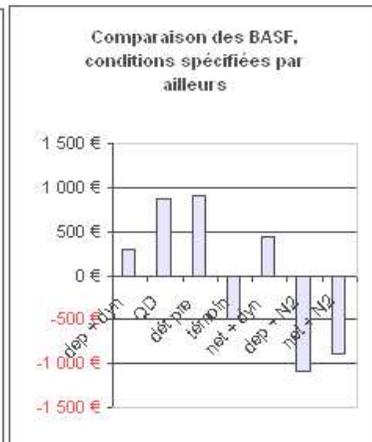


hypothèses : niveau de qualité des tige élevé (100 tiges de qualité potentielle supérieure dans les peuplements en plein ; 80 en détournage precoce ; 46 en détournage QD)
dépenses correspondant à l'évaluation moyenne
prix avec un différentiel entre qualités A et B

prix utilisés 2007
taux 3,0%
sol 1 000 €

coût annuel de gestion 25 €/an
impôt foncier 12 €/an

	Résultats								âge						
	dep + dyn	QD	dét pre	témoin	net + dyn	dep + N2	net + N2	dep + dyn	QD	det pre	témoin	net + dyn	dep + N2	net + N2	
BASI	1 306 €	1 948 €	1 985 €	374 €	1 465 €	-160 €	77 €	105 ans	87 ans	90 ans	54 ans	111 ans	96 ans	serie prix 2007	
BASF	291 €	876 €	910 €	-485 €	446 €	-1 086 €	-881 €	102 ans	93 ans	87 ans	48 ans	108 ans	93 ans	105 ans	
BA/inv	15%	86%	41%	#DIV/0!	44%	-59%	-94%	#N/A	#N/A	#N/A	#DIV/0!	#N/A	#N/A	#N/A	
TIR	3,57%	4,18%	3,81%	3,36%	3,91%	2,91%	3,06%	93 ans	84 ans	87 ans	78 ans	96 ans	93 ans	105 ans	
TIRF	3,10%	3,42%	3,33%	2,22%	3,21%	2,53%	2,48%	99 ans	84 ans	87 ans	87 ans	99 ans	111 ans	123 ans	
benef moyen	559 €/an	455 €/an	520 €/an	184 €/an	469 €/an	397 €/an	296 €/an	114 ans	93 ans	93 ans	138 ans	114 ans	123 ans	132 ans	
ACE max	131 €/an	122 €/an	162 €/an	41 €/an	107 €/an	85 €/an	61 €/an	96 ans	81 ans	84 ans	48 ans	96 ans	90 ans	99 ans	
CA actu	4 146 €	3 784 €	4 992 €	1 013 €	3 404 €	2 654 €	1 985 €								

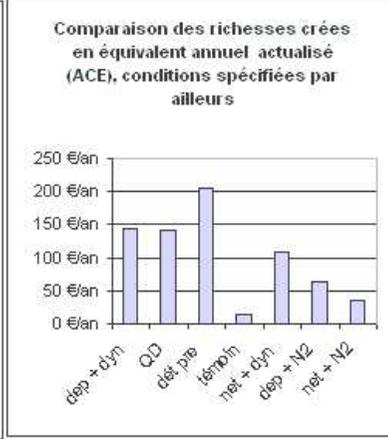
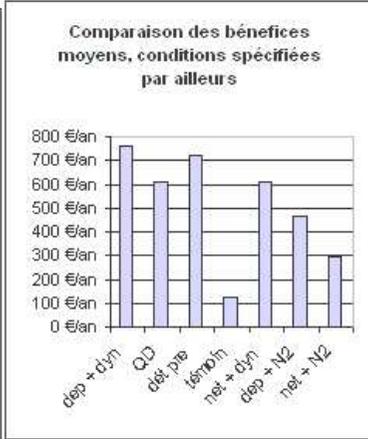
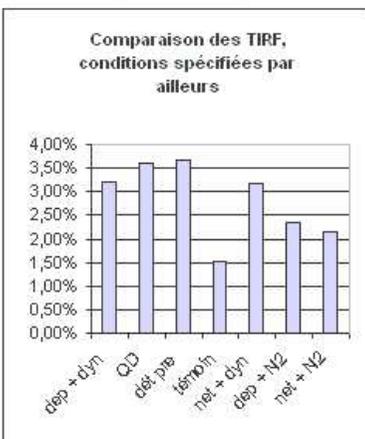
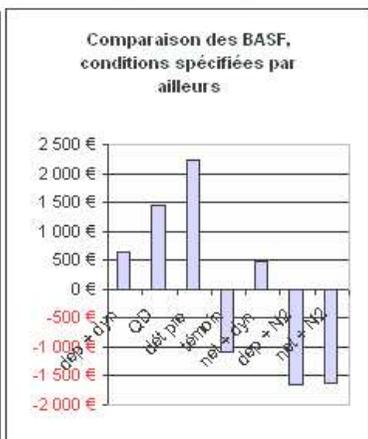


hypothèses : niveau de qualité des tige élevé (100 tiges de qualité potentielle supérieure dans les peuplements en plein ; 80 en détournage precoce ; 46 en détournage QD)
dépenses correspondant à l'évaluation moyenne
prix avec un différentiel entre qualités A et B

prix utilisés: 2002-2004
taux: 3,0%
sol: 1 000 €

coût annuel de gestion: 25 €/an
impôt foncier: 12 €/an

	Résultats							âge						
	dep + dyn	QD	dét pre	témoin	net + dyn	dep + N2	net + N2	dep + dyn	QD	det pre	témoin	net + dyn	dep + N2	net + N2
BASI	1 676 €	2 575 €	3 404 €	-574 €	1 494 €	-718 €	-670 €	96 ans	87 ans	90 ans	90 ans	105 ans	114 ans	126 ans
BASF	633 €	1 443 €	2 220 €	-1 091 €	470 €	-1 653 €	-1 626 €	93 ans	84 ans	87 ans	30 ans	102 ans	111 ans	123 ans
BA/inv	33%	142%	100%	#DIV/0!	46%	-89%	-174%	#N/A	#N/A	#N/A	#DIV/0!	#N/A	#N/A	#N/A
TIR	3,63%	4,28%	4,15%	1,65%	3,75%	2,67%	2,52%	93 ans	84 ans	87 ans	75 ans	99 ans	111 ans	123 ans
TIRF	3,21%	3,59%	3,67%	1,53%	3,19%	2,36%	2,13%	93 ans	84 ans	87 ans	138 ans	99 ans	114 ans	123 ans
benef moyen	759 €/an	610 €/an	724 €/an	126 €/an	611 €/an	467 €/an	298 €/an	114 ans	99 ans	93 ans	138 ans	114 ans	132 ans	132 ans
ACE max	143 €/an	141 €/an	205 €/an	13 €/an	108 €/an	63 €/an	34 €/an	90 ans	81 ans	84 ans	81 ans	96 ans	99 ans	99 ans
CA actu	4 455 €	4 308 €	6 302 €	100 €	3 411 €	2 145 €	1 281 €							



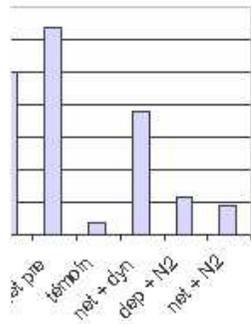
hypothèses : niveau de qualité des tige élevé (100 tiges de qualité potentielle supérieure dans les peuplements en plein ; 80 en détourage precoce ; 45 en détourage QD)
dépenses correspondant à l'évaluation moyenne
prix avec un différentiel entre qualités A et B

prix utilisés	1998
taux	3,0%
sol	1 000 €

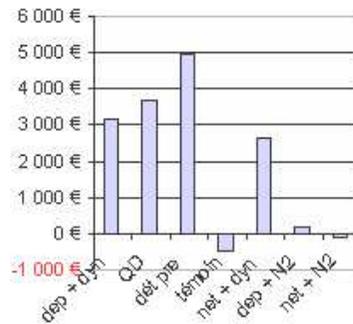
coût annuel de gestion	25 €/an
impôt foncier	12 €/an

Résultats								âge							
dep + dyn	QD	dét pre	témoin	net + dyn	dep + N2	net + N2	dep + dyn	QD	dét pre	témoin	net + dyn	dep + N2	net + N2		
4 316 €	5 004 €	6 378 €	375 €	3 766 €	1 176 €	905 €	99 ans	87 ans	90 ans	81 ans	102 ans	114 ans	126 ans		
3 149 €	3 670 €	4 967 €	-485 €	2 634 €	169 €	-93 €	102 ans	84 ans	87 ans	48 ans	108 ans	111 ans	123 ans		
163%	361%	224%	#DIV/0!	259%	9%	-10%	#N/A	#N/A	#N/A	#DIV/0!	#N/A	#N/A	#N/A		
4,35%	5,07%	4,87%	3,61%	4,61%	3,45%	3,52%	93 ans	84 ans	78 ans	78 ans	96 ans	111 ans	123 ans		
3,85%	4,25%	4,29%	2,42%	3,88%	3,05%	2,96%	93 ans	84 ans	78 ans	87 ans	99 ans	111 ans	123 ans		
1111 €/an	886 €/an	1036 €/an	322 €/an	926 €/an	785 €/an	577 €/an	114 ans	102 ans	93 ans	138 ans	114 ans	132 ans	138 ans		
222 €/an	214 €/an	294 €/an	42 €/an	176 €/an	116 €/an	79 €/an	90 ans	81 ans	84 ans	72 ans	96 ans	102 ans	99 ans		
7 004 €	6 534 €	9 048 €	1 013 €	5 592 €	3 967 €	2 815 €									

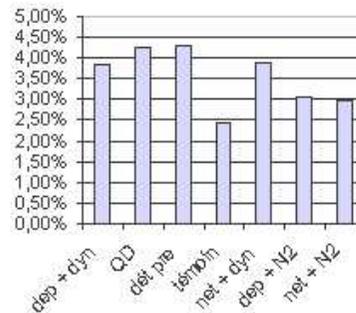
n des BASI, conditions liées par ailleurs



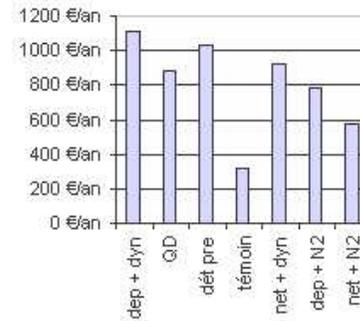
Comparaison des BASF, conditions spécifiées par ailleurs



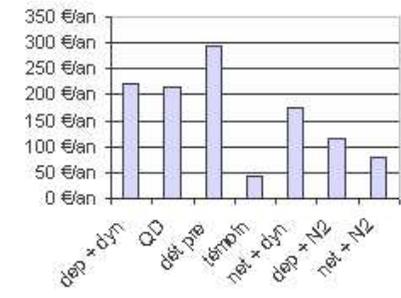
Comparaison des TIRF, conditions spécifiées par ailleurs



Comparaison des bénéfices moyens, conditions spécifiées par ailleurs



Comparaison des richesses créées en équivalent annuel actualisé (ACE), conditions spécifiées par ailleurs



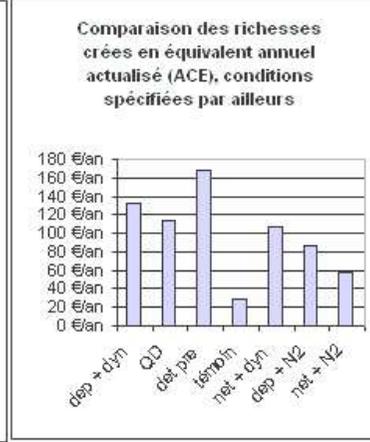
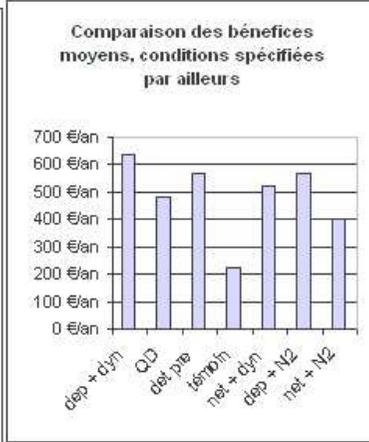
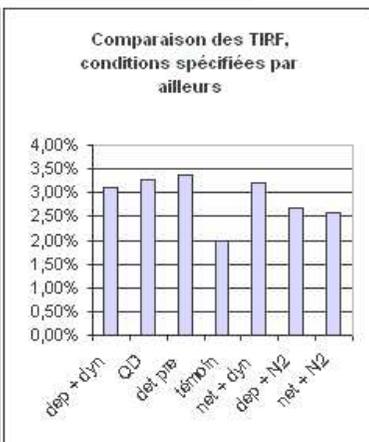
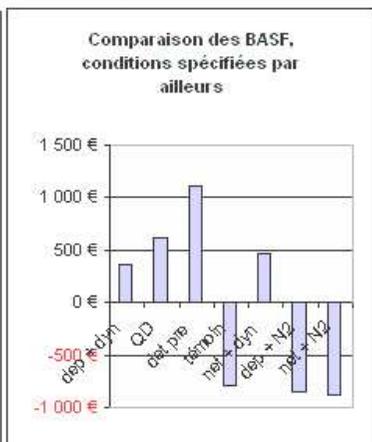
niveau de qualité des tige élevé (100 tiges de qualité potentielle supérieure dans les peuplements en plein ; 80 en détourage precoce ; 46 en détourage QD)
 dépenses correspondant à l'évaluation moyenne
 prix avec un différentiel entre qualités A et B

prix utilisés 1996
taux 3,0%
sol 1 000 €

coût annuel de gestion 25 €/an
impôt foncier 12 €/an

effet

	Résultats								âge					
	dep + dyn	QD	det pre	témoin	net + dyn	dep + N2	net + N2	dep + dyn	QD	det pre	témoin	net + dyn	dep + N2	net + N2
BASI	1 375 €	1 663 €	2 210 €	-41 €	1 482 €	115 €	100 €	105 ans	96 ans	90 ans	81 ans	108 ans	114 ans	126 ans
BASF	357 €	621 €	1 118 €	-796 €	462 €	-851 €	-877 €	102 ans	93 ans	87 ans	45 ans	108 ans	111 ans	123 ans
BA/inv	18%	61%	50%	#DIV/0!	45%	-46%	-94%	#N/A	#N/A	#N/A	#DIV/0!	#N/A	#N/A	#N/A
TIR	3,55%	3,96%	3,87%	2,92%	3,87%	3,05%	3,07%	90 ans	84 ans	87 ans	78 ans	96 ans	111 ans	123 ans
TIRF	3,12%	3,27%	3,39%	1,97%	3,20%	2,69%	2,57%	102 ans	84 ans	87 ans	120 ans	96 ans	111 ans	123 ans
benef moyen	638 €/an	481 €/an	569 €/an	221 €/an	524 €/an	568 €/an	403 €/an	114 ans	102 ans	102 ans	138 ans	114 ans	132 ans	132 ans
ACE max	132 €/an	113 €/an	169 €/an	29 €/an	107 €/an	87 €/an	58 €/an	99 ans	90 ans	84 ans	72 ans	93 ans	99 ans	99 ans
CA actu	4 212 €	3 528 €	5 199 €	662 €	3 420 €	2 946 €	2 031 €							

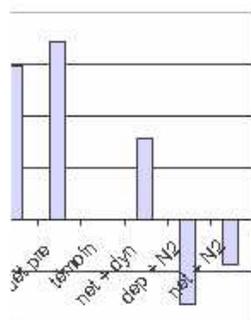


hypothèses : niveau de qualité des tige élevé (100 tiges de qualité potentielle supérieure dans les peuplements en plein ; 80 en détourage precoce ; 46 en détourage QD)
dépenses correspondant à l'évaluation moyenne
mêmes prix pour les qualités A et B

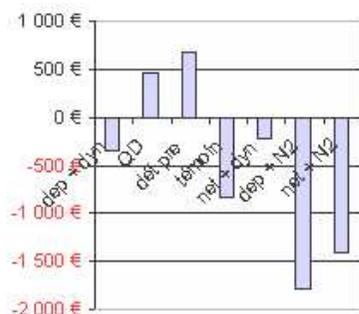
prix utilisés	1998	coût annuel de gestion	25 €/an
taux	4,0%	impôt foncier	12 €/an
sol	1 000 €		

Résultats								âge							
dep + dyn	QD	dét pre	témoin	net + dyn	dep + N2	net + N2	dep + dyn	QD	dét pre	témoin	net + dyn	dep + N2	net + N2		
644 €	1 476 €	1 717 €	7 €	783 €	-819 €	-435 €	96 ans	87 ans	81 ans	51 ans	102 ans	99 ans	108 ans		
-347 €	458 €	684 €	-827 €	-213 €	-1 776 €	-1 411 €	93 ans	84 ans	78 ans	42 ans	99 ans	93 ans	105 ans		
-20%	51%	35%	#DIV/0!	-24%	-106%	-167%	#N/A	#N/A	#N/A	#DIV/0!	#N/A	#N/A	#N/A		
4,35%	5,07%	4,87%	3,61%	4,61%	3,45%	3,52%	93 ans	84 ans	78 ans	78 ans	96 ans	111 ans	123 ans		
3,85%	4,25%	4,29%	2,42%	3,88%	3,05%	2,96%	93 ans	84 ans	78 ans	87 ans	99 ans	111 ans	123 ans		
1111 €/an	886 €/an	1036 €/an	322 €/an	926 €/an	785 €/an	577 €/an	114 ans	102 ans	93 ans	138 ans	114 ans	132 ans	138 ans		
127 €/an	127 €/an	182 €/an	30 €/an	99 €/an	66 €/an	46 €/an	90 ans	81 ans	75 ans	42 ans	96 ans	93 ans	99 ans		
3 102 €	3 057 €	4 328 €	587 €	2 417 €	1 614 €	1 168 €									

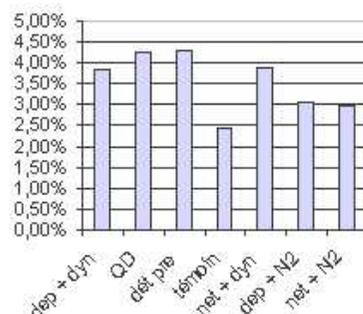
n des BASI, conditions liées par ailleurs



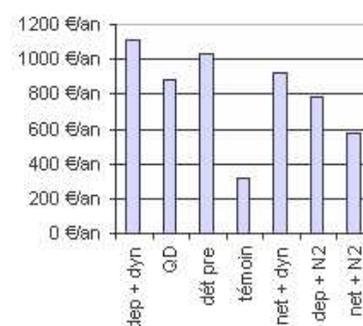
Comparaison des BASI, conditions spécifiées par ailleurs



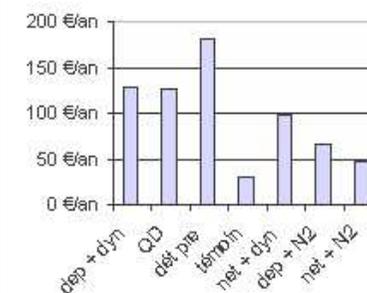
Comparaison des TIRF, conditions spécifiées par ailleurs



Comparaison des bénéfices moyens, conditions spécifiées par ailleurs



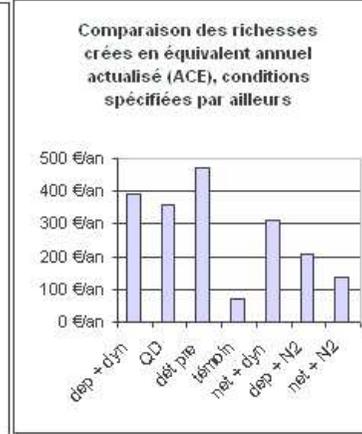
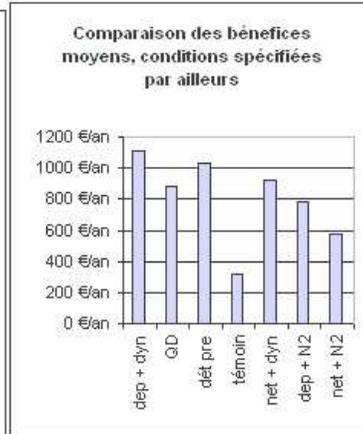
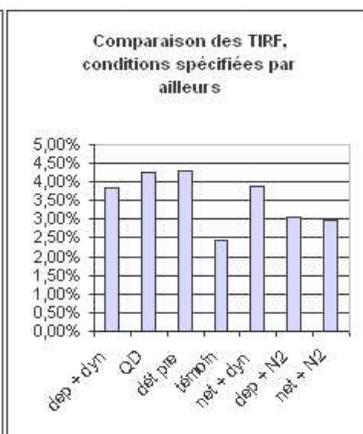
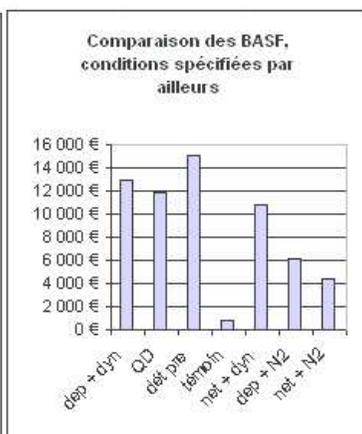
Comparaison des richesses créées en équivalent annuel actualisé (ACE), conditions spécifiées par ailleurs



niveau de qualité des tige élevé (100 tiges de qualité potentielle supérieure dans les peuplements en plein ; 80 en détournage precoce ; 46 en détournage QD)
 dépenses correspondant à l'évaluation moyenne
 prix avec un différentiel entre qualités A et B

prix utilisés	1998	coût annuel de gestion	25 €/an
taux	2,0%	impôt foncier	12 €/an
sol	1 000 €		

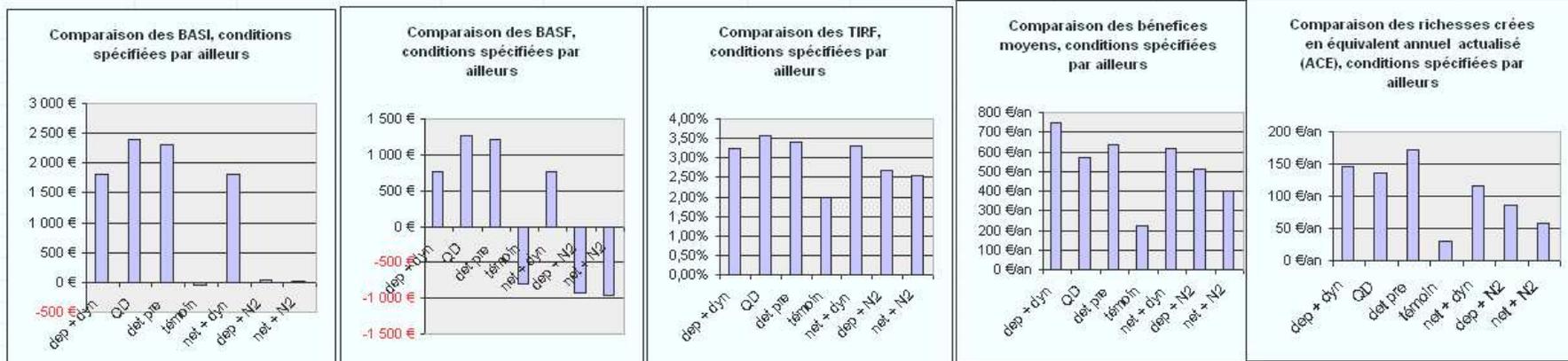
	Résultats								âge					
	dep + dyn	QD	dét pre	témoin	net + dyn	dep + N2	net + N2	dep + dyn	QD	det pre	témoin	net + dyn	dep + N2	net + N2
BASI	15 641 €	15 044 €	18 999 €	1 918 €	13 208 €	7 880 €	5 751 €	105 ans	96 ans	93 ans	90 ans	108 ans	114 ans	129 ans
BASF	12 953 €	11 817 €	15 114 €	805 €	10 770 €	6 160 €	4 359 €	114 ans	93 ans	93 ans	120 ans	108 ans	114 ans	126 ans
BA/inv	596%	1019%	599%	#DIV/0!	928%	300%	418%	#N/A	#N/A	#N/A	#DIV/0!	#N/A	#N/A	#N/A
TIR	4,35%	5,07%	4,87%	3,61%	4,61%	3,45%	3,52%	93 ans	84 ans	78 ans	78 ans	96 ans	111 ans	123 ans
TIRF	3,85%	4,25%	4,29%	2,42%	3,88%	3,05%	2,96%	93 ans	84 ans	78 ans	87 ans	99 ans	111 ans	123 ans
benef moyen	1111 €/an	886 €/an	1036 €/an	322 €/an	926 €/an	785 €/an	577 €/an	114 ans	102 ans	93 ans	138 ans	114 ans	132 ans	138 ans
ACE max	390 €/an	359 €/an	471 €/an	69 €/an	310 €/an	207 €/an	136 €/an	96 ans	90 ans	87 ans	81 ans	96 ans	102 ans	99 ans
CA actu	17 419 €	15 118 €	19 776 €	3 131 €	14 185 €	10 509 €	7 756 €							



hypothèses : niveau de qualité des tige élevé (100 tiges de qualité potentielle supérieure dans les peuplements en plein ; 80 en détournage precoce ; 46 en détournage QD)
dépenses correspondant à l'évaluation moyenne
prix avec : un différentiel entre qualités A et B

prix utilisés	1996	coût annuel de gestion	25 €/an
taux	3,0%	impôt foncier	12 €/an
sol	1 000 €		

	Résultats								âge							
	dep + dyn	QD	det pre	témoin	net + dyn	dep + N2	net + N2	dep + dyn	QD	det pre	témoin	net + dyn	dep + N2	net + N2		
BASI	1 805 €	2 391 €	2 312 €	-41 €	1 802 €	29 €	15 €	102 ans	87 ans	90 ans	81 ans	111 ans	114 ans	126 ans		
BASF	763 €	1 275 €	1 211 €	-796 €	769 €	-934 €	-959 €	102 ans	84 ans	87 ans	45 ans	108 ans	111 ans	123 ans		
BA/inv	39%	124%	55%	#DIV/0!	76%	-48%	-94%	#N/A	#N/A	#N/A	#DIV/0!	#N/A	#N/A	#N/A		
TIR	3,69%	4,29%	3,87%	2,92%	3,96%	3,01%	3,01%	93 ans	84 ans	78 ans	78 ans	99 ans	111 ans	123 ans		
TIRF	3,24%	3,56%	3,40%	1,97%	3,31%	2,67%	2,54%	99 ans	84 ans	87 ans	120 ans	99 ans	111 ans	123 ans		
benef moyen	745 €/an	568 €/an	635 €/an	221 €/an	617 €/an	513 €/an	402 €/an	114 ans	102 ans	102 ans	138 ans	114 ans	114 ans	132 ans		
ACE max	146 €/an	136 €/an	172 €/an	29 €/an	115 €/an	87 €/an	58 €/an	99 ans	81 ans	84 ans	72 ans	96 ans	99 ans	99 ans		
CA actu	4 618 €	4 147 €	5 293 €	662 €	3 727 €	2 946 €	2 031 €									

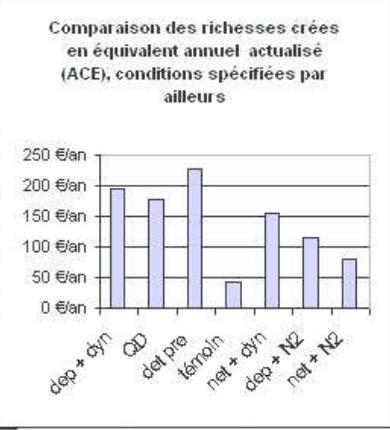
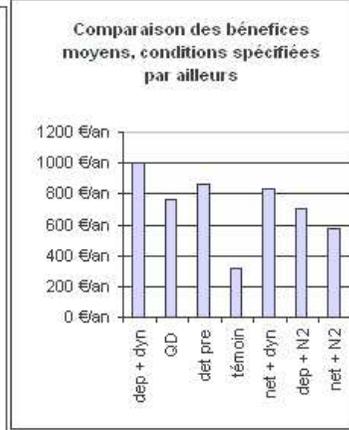
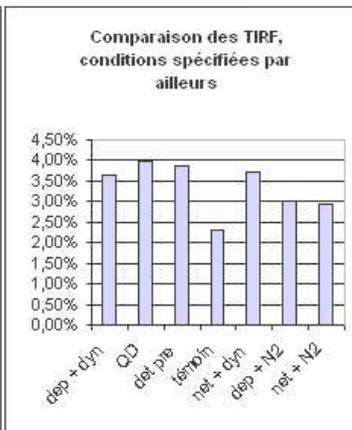
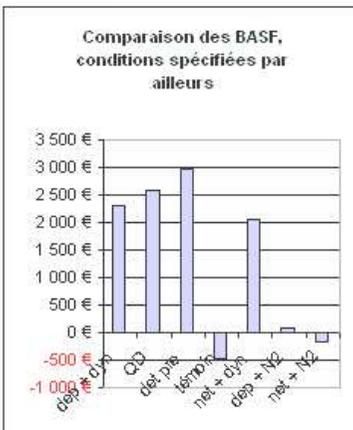


hypothèses : niveau de qualité des tige bas (50 tiges de qualité potentielle supérieure dans les peuplements en plein ; 30 en détourages precoces et QD ; les tiges complémentaires sont classées en C)
dépenses correspondant à l'évaluation moyenne
prix avec : un différentiel entre qualités A et B

prix utilisés	1998
taux	3,0%
sol	1 000 €

coût annuel de gestion	25 €/an
impôt foncier	12 €/an

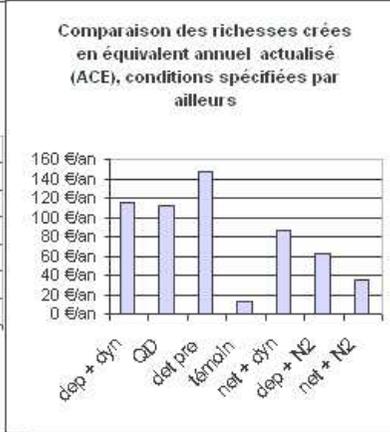
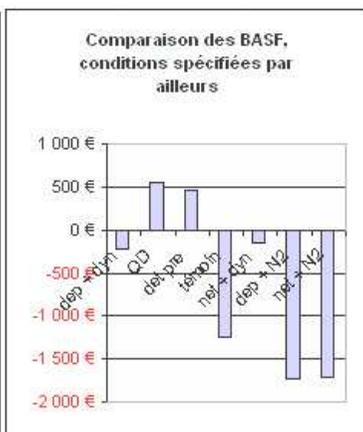
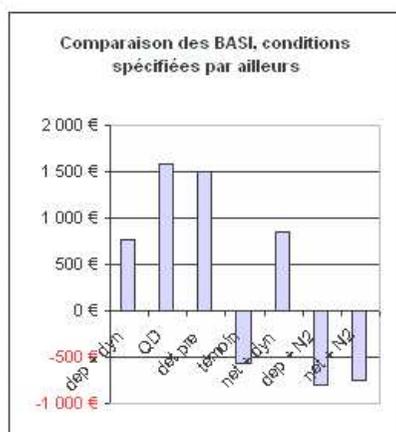
	Résultats								âge						
	dep + dyn	QD	det pre	témoin	net + dyn	dep + N2	net + N2	dep + dyn	QD	det pre	témoin	net + dyn	dep + N2	net + N2	
BASI	3 422 €	3 813 €	4 205 €	375 €	3 149 €	1 090 €	820 €	102 ans	87 ans	90 ans	81 ans	111 ans	114 ans	126 ans	
BASF	2 303 €	2 578 €	2 960 €	-485 €	2 060 €	86 €	-175 €	102 ans	84 ans	87 ans	48 ans	108 ans	111 ans	123 ans	
BA/inv	119%	251%	133%	#DIV/0!	202%	4%	-17%	#N/A	#N/A	#N/A	#DIV/0!	#N/A	#N/A	#N/A	
TIR	4,14%	4,77%	4,39%	3,61%	4,45%	3,41%	3,46%	93 ans	84 ans	78 ans	78 ans	99 ans	111 ans	123 ans	
TIRF	3,65%	3,98%	3,85%	2,30%	3,73%	3,03%	2,93%	93 ans	84 ans	78 ans	120 ans	99 ans	111 ans	123 ans	
benef moyen	1004 €/an	763 €/an	861 €/an	322 €/an	834 €/an	707 €/an	575 €/an	114 ans	102 ans	102 ans	138 ans	114 ans	132 ans	138 ans	
ACE max	195 €/an	178 €/an	229 €/an	42 €/an	155 €/an	116 €/an	79 €/an	99 ans	81 ans	84 ans	72 ans	96 ans	102 ans	99 ans	
CA actu	6 158 €	5 450 €	7 042 €	1 013 €	5 018 €	3 967 €	2 815 €								



hypothèses : niveau de qualité des tige bas (50 tiges de qualité potentielle supérieure dans les peuplements en plein ; 30 en détourages precoces et QD ; les tiges complémentaires sont classées en C)
dépenses correspondant à l'évaluation moyenne
prix avec un différentiel entre qualités A et B

prix utilisés	2002-2004	coût annuel de gestion	25 €/an
taux	3,0%	impôt foncier	12 €/an
sol	1 000 €		

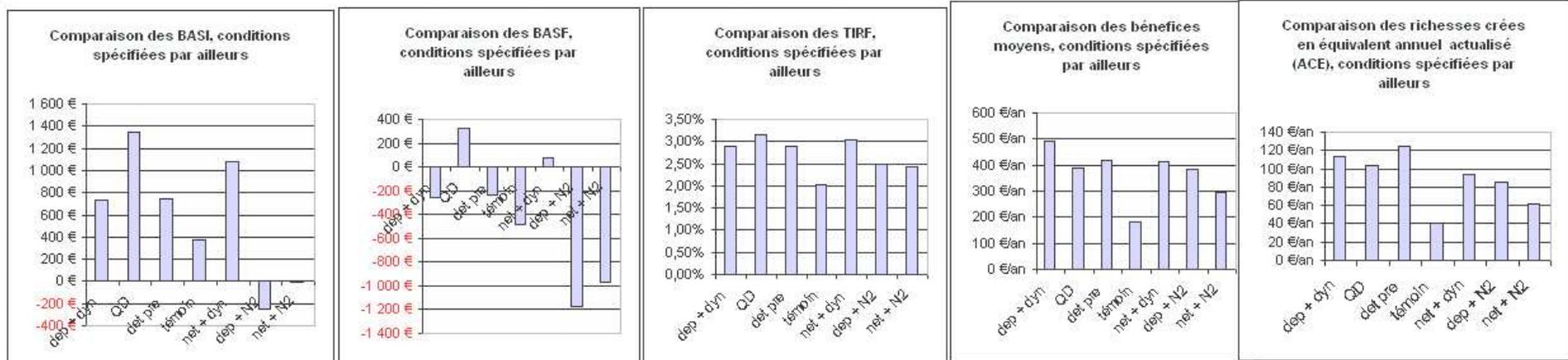
	Résultats								âge						
	dep + dyn	QD	det pre	témoin	net + dyn	dep + N2	net + N2		dep + dyn	QD	det pre	témoin	net + dyn	dep + N2	net + N2
BASI	765 €	1 583 €	1 492 €	-574 €	849 €	-804 €	-755 €		105 ans	96 ans	90 ans	90 ans	111 ans	114 ans	126 ans
BASF	-223 €	546 €	454 €	-1 253 €	-144 €	-1 736 €	-1 709 €		102 ans	93 ans	87 ans	45 ans	108 ans	111 ans	123 ans
BA/inv	-12%	53%	20%	#DIV/0!	-14%	-90%	-168%	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#DIV/0!	#N/A	#N/A	#N/A
TIR	3,30%	3,90%	3,58%	1,65%	3,48%	2,63%	2,47%		99 ans	84 ans	87 ans	105 ans	99 ans	111 ans	123 ans
TIRF	2,93%	3,25%	3,16%	1,53%	2,94%	2,33%	2,10%		102 ans	84 ans	87 ans	138 ans	108 ans	114 ans	123 ans
benef moyen	656 €/an	506 €/an	564 €/an	126 €/an	520 €/an	413 €/an	296 €/an		114 ans	102 ans	93 ans	138 ans	114 ans	114 ans	132 ans
ACE max	115 €/an	111 €/an	147 €/an	13 €/an	86 €/an	63 €/an	34 €/an		99 ans	81 ans	84 ans	81 ans	96 ans	99 ans	99 ans
CA actu	3 632 €	3 461 €	4 536 €	205 €	2 813 €	2 145 €	1 281 €								



hypothèses : niveau de qualité des tige bas (50 tiges de qualité potentielle supérieure dans les peuplements en plein ; 30 en détourages precoces et QD ; les tiges complémentaires sont classées en C)
dépenses correspondant à l'évaluation moyenne
prix avec un différentiel entre qualités A et B

prix utilisés	2007	coût annuel de gestion	25 €/an
taux	3,0%	impôt foncier	12 €/an
sol	1 000 €		

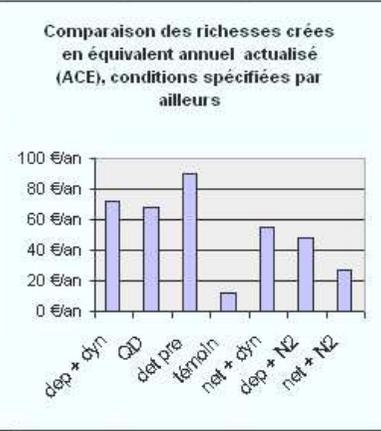
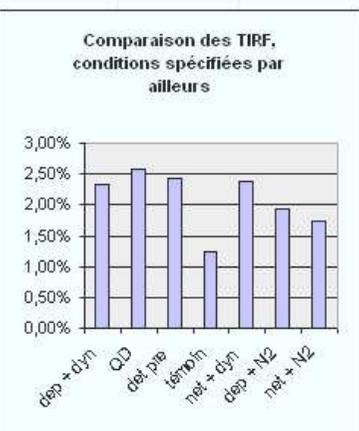
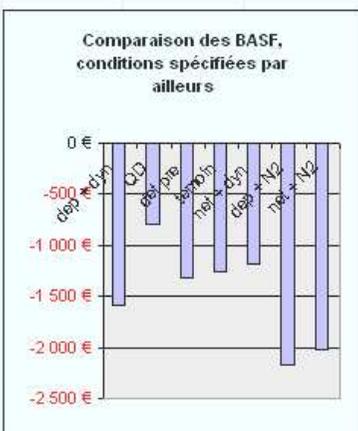
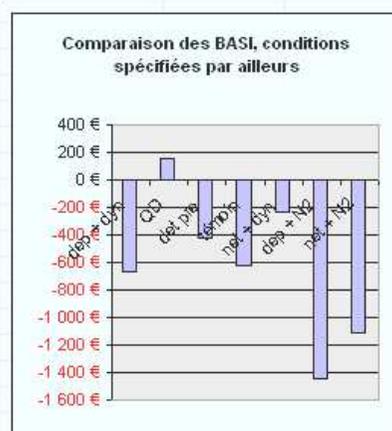
	Résultats								âge							
	dep + dyn	QD	det pre	témoin	net + dyn	dep + N2	net + N2		dep + dyn	QD	det pre	témoin	net + dyn	dep + N2	net + N2	
BASI	727 €	1 343 €	748 €	374 €	1 081 €	-248 €	-9 €		105 ans	96 ans	90 ans	54 ans	111 ans	96 ans	108 ans	
BASF	-259 €	321 €	-233 €	-485 €	78 €	-1 169 €	-964 €		102 ans	93 ans	87 ans	48 ans	108 ans	93 ans	105 ans	
BA/inv	-13%	31%	-11%	#DIV/0!	8%	-60%	-95%		#N/A	#N/A	#N/A	#DIV/0!	#N/A	#N/A	#N/A	
TIR	3,34%	3,89%	3,34%	3,36%	3,72%	2,86%	2,99%		99 ans	84 ans	87 ans	78 ans	99 ans	93 ans	105 ans	
TIRF	2,90%	3,16%	2,91%	2,02%	3,04%	2,50%	2,44%		102 ans	84 ans	87 ans	105 ans	108 ans	111 ans	123 ans	
benef moyen	492 €/an	387 €/an	417 €/an	184 €/an	412 €/an	384 €/an	294 €/an		114 ans	102 ans	93 ans	138 ans	114 ans	114 ans	132 ans	
ACE max	114 €/an	104 €/an	125 €/an	41 €/an	94 €/an	85 €/an	61 €/an		99 ans	90 ans	84 ans	48 ans	96 ans	90 ans	99 ans	
CA actu	3 596 €	3 236 €	3 849 €	1 013 €	3 036 €	2 654 €	1 985 €									



hypothèses : niveau de qualité des tige bas (50 tiges de qualité potentielle supérieure dans les peuplements en plein ; 30 en détourages precoces et QD ; les tiges complémentaires sont classées en C)
dépenses correspondant à l'évaluation moyenne
prix avec : un différentiel entre qualités A et B

prix utilisés	2008	coût annuel de gestion	25 €/an
taux	3,0%	impôt foncier	12 €/an
sol	1 000 €		

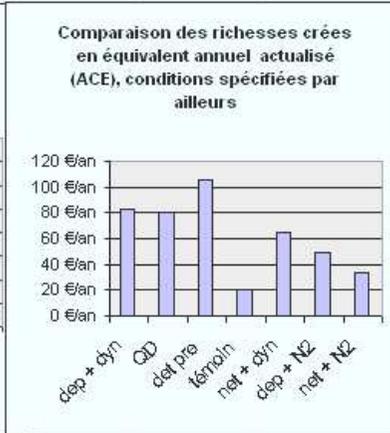
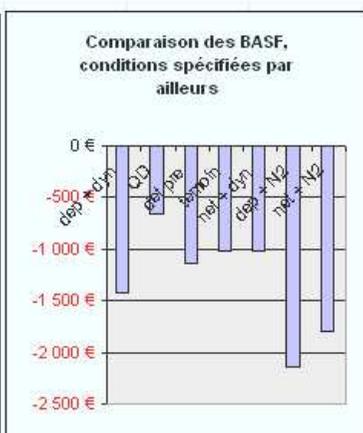
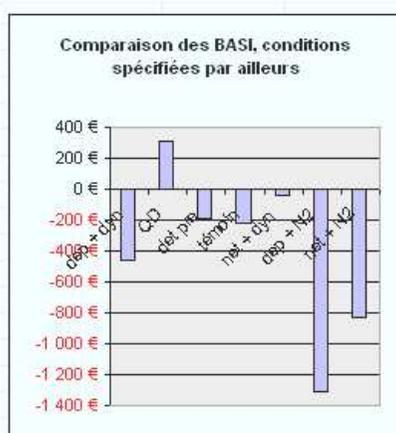
	Résultats							âge						
	dep + dyn	QD	det pre	témoin	net + dyn	dep + N2	net + N2	dep + dyn	QD	det pre	témoin	net + dyn	dep + N2	net + N2
BASI	-670 €	160 €	-420 €	-622 €	-228 €	-1 440 €	-1 107 €	105 ans	96 ans	90 ans	81 ans	111 ans	114 ans	126 ans
BASF	-1 588 €	-786 €	-1 312 €	-1 253 €	-1 178 €	-2 177 €	-2 024 €	99 ans	93 ans	87 ans	45 ans	108 ans	15 ans	108 ans
BA/inv	-82%	-77%	-59%	#DIV/0!	-116%	-113%	-199%	#N/A	#N/A	#N/A	#DIV/0!	#N/A	#N/A	#N/A
TIR	2,66%	3,11%	2,79%	1,36%	2,84%	2,20%	2,05%	102 ans	93 ans	87 ans	105 ans	108 ans	111 ans	126 ans
TIRF	2,33%	2,58%	2,43%	1,24%	2,38%	1,93%	1,73%	102 ans	93 ans	90 ans	138 ans	108 ans	114 ans	123 ans
benef moyen	358 €/an	278 €/an	310 €/an	82 €/an	291 €/an	262 €/an	181 €/an	114 ans	102 ans	93 ans	138 ans	114 ans	114 ans	132 ans
ACE max	72 €/an	68 €/an	90 €/an	12 €/an	55 €/an	48 €/an	27 €/an	99 ans	81 ans	84 ans	81 ans	96 ans	93 ans	99 ans
CA actu	2 257 €	2 129 €	2 770 €	205 €	1 780 €	1 €	934 €							



hypothèses : niveau de qualité des tige bas (50 tiges de qualité potentielle supérieure dans les peuplements en plein ; 30 en détourages precoces et QD ; les tiges complémentaires sont classées en C)
 dépenses correspondant à l'évaluation moyenne
 prix avec un différentiel entre qualités A et B

prix utilisés	1996	coût annuel de gestion	25 €/an
taux	4,0%	impôt foncier	12 €/an
sol	1 000 €		

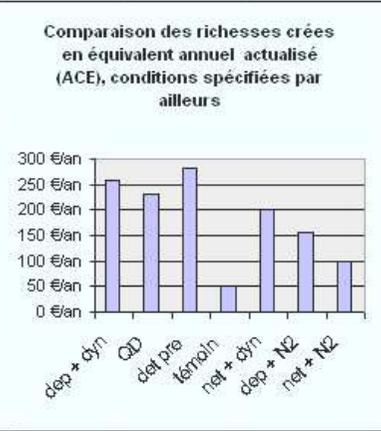
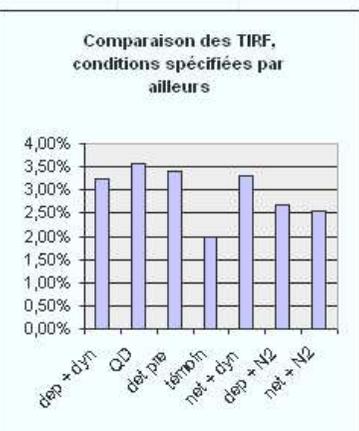
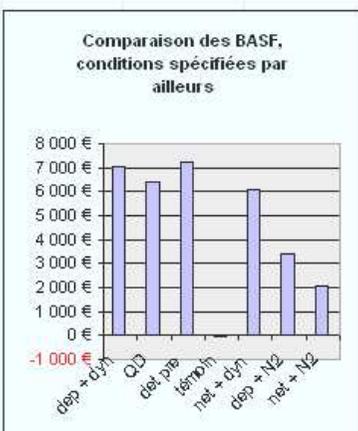
	Résultats								âge							
	dep + dyn	QD	det pre	témoin	net + dyn	dep + N2	net + N2		dep + dyn	QD	det pre	témoin	net + dyn	dep + N2	net + N2	
BASI	-461 €	314 €	-193 €	-224 €	-41 €	-1 307 €	-826 €		96 ans	87 ans	78 ans	51 ans	102 ans	96 ans	108 ans	
BASF	-1 423 €	-661 €	-1 137 €	-1 020 €	-1 020 €	-2 133 €	-1 796 €		93 ans	84 ans	78 ans	45 ans	99 ans	15 ans	105 ans	
BA/inv	-82%	-73%	-58%	#DIV/0!	-113%	-123%	-199%		#N/A	#N/A	#N/A	#DIV/0!	#N/A	#N/A	#N/A	
TIR	3,69%	4,29%	3,87%	2,92%	3,96%	3,01%	3,01%		93 ans	84 ans	78 ans	78 ans	99 ans	111 ans	123 ans	
TIRF	3,24%	3,56%	3,40%	1,97%	3,31%	2,67%	2,54%		99 ans	84 ans	87 ans	120 ans	99 ans	111 ans	123 ans	
benef moyen	745 €/an	568 €/an	635 €/an	221 €/an	617 €/an	513 €/an	402 €/an		114 ans	102 ans	102 ans	138 ans	114 ans	114 ans	132 ans	
ACE max	83 €/an	81 €/an	105 €/an	21 €/an	65 €/an	49 €/an	33 €/an		90 ans	81 ans	75 ans	42 ans	96 ans	90 ans	99 ans	
CA actu	2 025 €	1 945 €	2 507 €	428 €	1 610 €	3 €	842 €									



hypothèses : niveau de qualité des tige bas (50 tiges de qualité potentielle supérieure dans les peuplements en plein ; 30 en détourages precoces et QD ; les tiges complémentaires sont classées en C)
dépenses correspondant à l'évaluation moyenne
prix avec un différentiel entre qualités A et B

prix utilisés	1996	coût annuel de gestion	25 €/an
taux	2,0%	impôt foncier	12 €/an
sol	1 000 €		

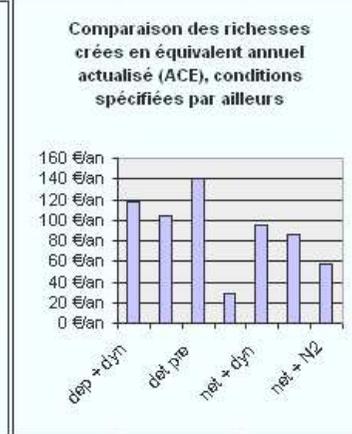
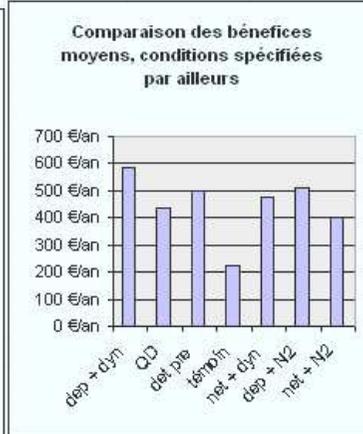
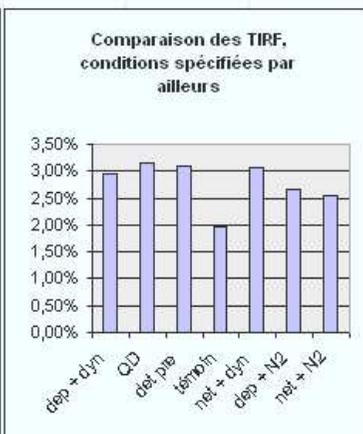
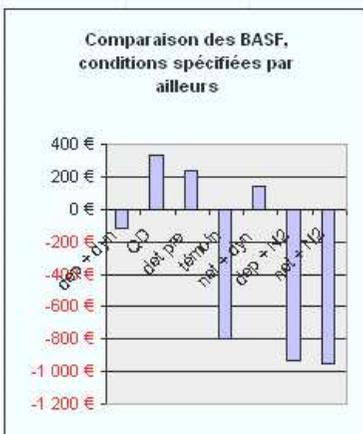
	Résultats							âge						
	dep + dyn	QD	det pre	témoin	net + dyn	dep + N2	net + N2	dep + dyn	QD	det pre	témoin	net + dyn	dep + N2	net + N2
BASI	9 037 €	8 612 €	9 563 €	936 €	7 896 €	4 768 €	3 277 €	105 ans	96 ans	93 ans	90 ans	111 ans	114 ans	129 ans
BASF	7 061 €	6 405 €	7 205 €	-52 €	6 083 €	3 374 €	2 089 €	114 ans	93 ans	93 ans	87 ans	108 ans	114 ans	126 ans
BA/inv	325%	549%	286%	#DIV/0!	524%	155%	180%	#N/A	#N/A	#N/A	#DIV/0!	#N/A	#N/A	#N/A
TIR	3,69%	4,29%	3,87%	2,92%	3,96%	3,01%	3,01%	93 ans	84 ans	78 ans	78 ans	99 ans	111 ans	123 ans
TIRF	3,24%	3,56%	3,40%	1,97%	3,31%	2,67%	2,54%	99 ans	84 ans	87 ans	120 ans	99 ans	111 ans	123 ans
benef moyen	745 €/an	568 €/an	635 €/an	221 €/an	617 €/an	513 €/an	402 €/an	114 ans	102 ans	102 ans	138 ans	114 ans	114 ans	132 ans
ACE max	259 €/an	231 €/an	282 €/an	50 €/an	202 €/an	155 €/an	99 €/an	99 ans	90 ans	87 ans	114 ans	96 ans	99 ans	99 ans
CA actu	11 527 €	9 713 €	11 868 €	2 032 €	9 499 €	7 840 €	5 604 €							



hypothèses : niveau de qualité des tige bas (50 tiges de qualité potentielle supérieure dans les peuplements en plein ; 30 en détourages precoces et QD ; les tiges complémentaires sont classées en C)
dépenses correspondant à l'évaluation moyenne
prix avec un différentiel entre qualités A et B

prix utilisés	1996	coût annuel de gestion	25 €/an
taux	3,0%	impôt foncier	12 €/an
sol	1 000 €		

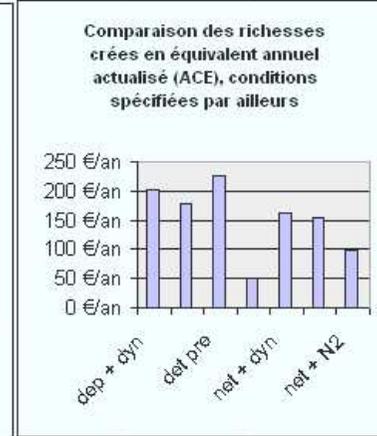
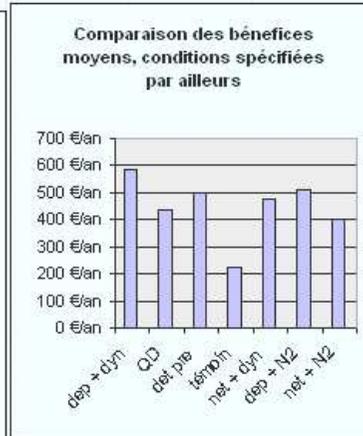
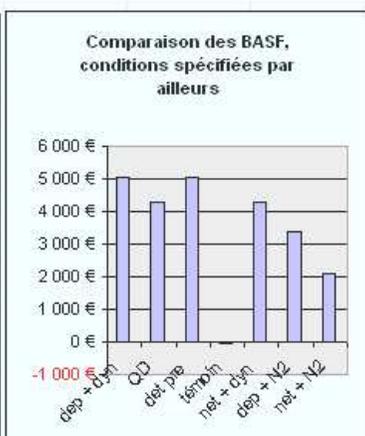
	Résultats								âge							
	dep + dyn	QD	det pre	témoin	net + dyn	dep + N2	net + N2		dep + dyn	QD	det pre	témoin	net + dyn	dep + N2	net + N2	
BASI	875 €	1 356 €	1 255 €	-41 €	1 147 €	29 €	22 €		105 ans	96 ans	90 ans	81 ans	111 ans	114 ans	126 ans	
BASF	-118 €	334 €	235 €	-796 €	141 €	-934 €	-952 €		102 ans	93 ans	87 ans	45 ans	108 ans	111 ans	123 ans	
BA/inv	-6%	33%	11%	#DIV/0!	14%	-48%	-94%		#N/A	#N/A	#N/A	#DIV/0!	#N/A	#N/A	#N/A	
TIR	3,37%	3,84%	3,54%	2,92%	3,69%	3,01%	3,01%		102 ans	84 ans	87 ans	78 ans	96 ans	111 ans	123 ans	
TIRF	2,96%	3,16%	3,09%	1,97%	3,06%	2,67%	2,54%		102 ans	93 ans	87 ans	120 ans	108 ans	111 ans	123 ans	
benef moyen	584 €/an	437 €/an	498 €/an	221 €/an	477 €/an	513 €/an	402 €/an		114 ans	102 ans	102 ans	138 ans	114 ans	114 ans	132 ans	
ACE max	117 €/an	104 €/an	140 €/an	29 €/an	96 €/an	87 €/an	58 €/an		99 ans	90 ans	84 ans	72 ans	93 ans	99 ans	99 ans	
CA actu	3 737 €	3 241 €	4 317 €	662 €	3 099 €	2 946 €	2 031 €									



hypothèses : niveau de qualité des tige bas (50 tiges de qualité potentielle supérieure dans les peuplements en plein ; 30 en détourages precoces et QD ; les tiges complémentaires sont classées en C)
dépenses correspondant à l'évaluation moyenne
prix des A et B alignés sur la qualité B

prix utilisés	1996	coût annuel de gestion	25 €/an
taux	2,0%	impôt foncier	12 €/an
sol	1 000 €		

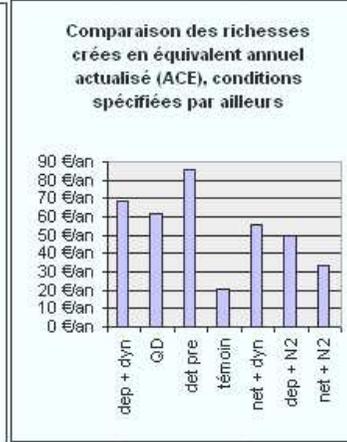
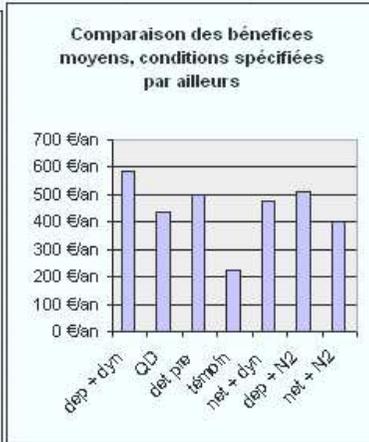
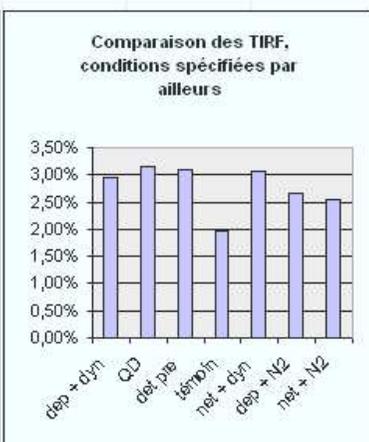
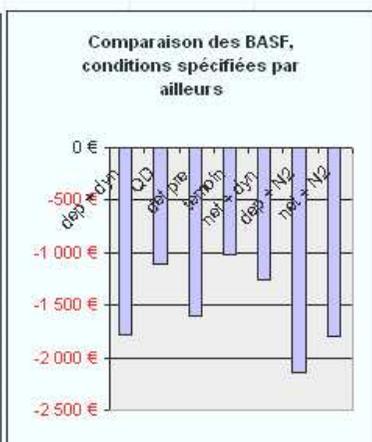
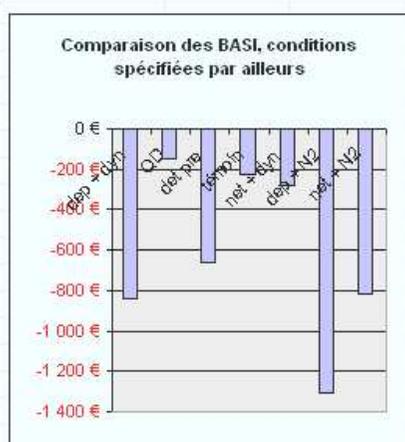
	Résultats								âge							
	dep + dyn	QD	det pre	témoin	net + dyn	dep + N2	net + N2		dep + dyn	QD	det pre	témoin	net + dyn	dep + N2	net + N2	
BASI	6 646 €	5 980 €	6 806 €	936 €	5 854 €	4 768 €	3 285 €		117 ans	102 ans	93 ans	90 ans	111 ans	114 ans	129 ans	
BASF	5 055 €	4 279 €	5 029 €	-52 €	4 286 €	3 374 €	2 096 €		114 ans	99 ans	102 ans	87 ans	114 ans	114 ans	126 ans	
BA/inv	233%	369%	199%	#DIV/0!	369%	155%	182%		#N/A	#N/A	#N/A	#DIV/0!	#N/A	#N/A	#N/A	
TIR	3,37%	3,84%	3,54%	2,92%	3,69%	3,01%	3,01%		102 ans	84 ans	87 ans	78 ans	96 ans	111 ans	123 ans	
TIRF	2,96%	3,16%	3,09%	1,97%	3,06%	2,67%	2,54%		102 ans	93 ans	87 ans	120 ans	108 ans	111 ans	123 ans	
benef moyen	584 €/an	437 €/an	498 €/an	221 €/an	477 €/an	513 €/an	402 €/an		114 ans	102 ans	102 ans	138 ans	114 ans	114 ans	132 ans	
ACE max	203 €/an	177 €/an	227 €/an	50 €/an	164 €/an	155 €/an	99 €/an		99 ans	93 ans	90 ans	114 ans	96 ans	99 ans	99 ans	
CA actu	9 521 €	7 629 €	9 765 €	2 032 €	7 738 €	7 840 €	5 604 €									



hypothèses : niveau de qualité des tige bas (50 tiges de qualité potentielle supérieure dans les peuplements en plein ; 30 en détourages precoces et QD ; les tiges complémentaires sont classées en C)
dépenses correspondant à l'évaluation moyenne
prix des A et B alignés sur la qualité B

prix utilisés	1996	coût annuel de gestion	25 €/an
taux	4,0%	impôt foncier	12 €/an
sol	1 000 €		

	Résultats								âge					
	dep + dyn	QD	det pre	témoin	net + dyn	dep + N2	net + N2	dep + dyn	QD	det pre	témoin	net + dyn	dep + N2	net + N2
BASI	-839 €	-149 €	-663 €	-224 €	-284 €	-1 307 €	-819 €	93 ans	87 ans	90 ans	51 ans	99 ans	96 ans	108 ans
BASF	-1 785 €	-1 106 €	-1 608 €	-1 020 €	-1 254 €	-2 133 €	-1 790 €	87 ans	84 ans	87 ans	45 ans	96 ans	15 ans	105 ans
BA/inv	-103%	-123%	-82%	#DIV/0!	-139%	-123%	-200%	#N/A	#N/A	#N/A	#DIV/0!	#N/A	#N/A	#N/A
TIR	3,37%	3,84%	3,54%	2,92%	3,69%	3,01%	3,01%	102 ans	84 ans	87 ans	78 ans	96 ans	111 ans	123 ans
TIRF	2,96%	3,16%	3,09%	1,97%	3,06%	2,67%	2,54%	102 ans	93 ans	87 ans	120 ans	108 ans	111 ans	123 ans
benef moyen	584 €/an	437 €/an	498 €/an	221 €/an	477 €/an	513 €/an	402 €/an	114 ans	102 ans	102 ans	138 ans	114 ans	114 ans	132 ans
ACE max	68 €/an	62 €/an	85 €/an	21 €/an	56 €/an	49 €/an	33 €/an	84 ans	81 ans	84 ans	42 ans	93 ans	90 ans	99 ans
CA actu	1 651 €	1 492 €	2 063 €	428 €	1 371 €	3 €	842 €							



hypothèses : niveau de qualité des tige bas (50 tiges de qualité potentielle supérieure dans les peuplements en plein ; 30 en détourages precoces et QD ; les tiges complémentaires sont classées en C)
dépenses correspondant à l'évaluation moyenne
prix des A et B alignés sur la qualité B

Résumé

Il s'agit d'une comparaison économique d'itinéraires sylvicoles pour le hêtre en futaie régulière. Les sylvicultures envisagées reposent sur des éclaircies plus ou moins dynamiques utilisant éventuellement le détourage ou le dépressage. Le travail confirme l'intérêt des sylvicultures très énergiques qui permettent d'améliorer la production de bois de qualité en moins longtemps. Il indique également que le choix de la sylviculture dépend de la situation économique du propriétaire. Enfin, la variation des prix du bois joue un rôle très important. C'est ainsi que la capacité de la sylviculture à accentuer les prélèvements quand les marchés sont demandeurs constitue un fort avantage concurrentiel.