



HAL
open science

Proposition d'itinéraires sylvicoles pour les futaies régulières de hêtre en Picardie

E. Contesse

► **To cite this version:**

E. Contesse. Proposition d'itinéraires sylvicoles pour les futaies régulières de hêtre en Picardie. Sciences du Vivant [q-bio]. 2000. hal-02835970

HAL Id: hal-02835970

<https://hal.inrae.fr/hal-02835970>

Submitted on 7 Jun 2020

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

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



Formation des Ingénieurs Forestiers
FIF-ENGREF

8ème promotion 1997/2000



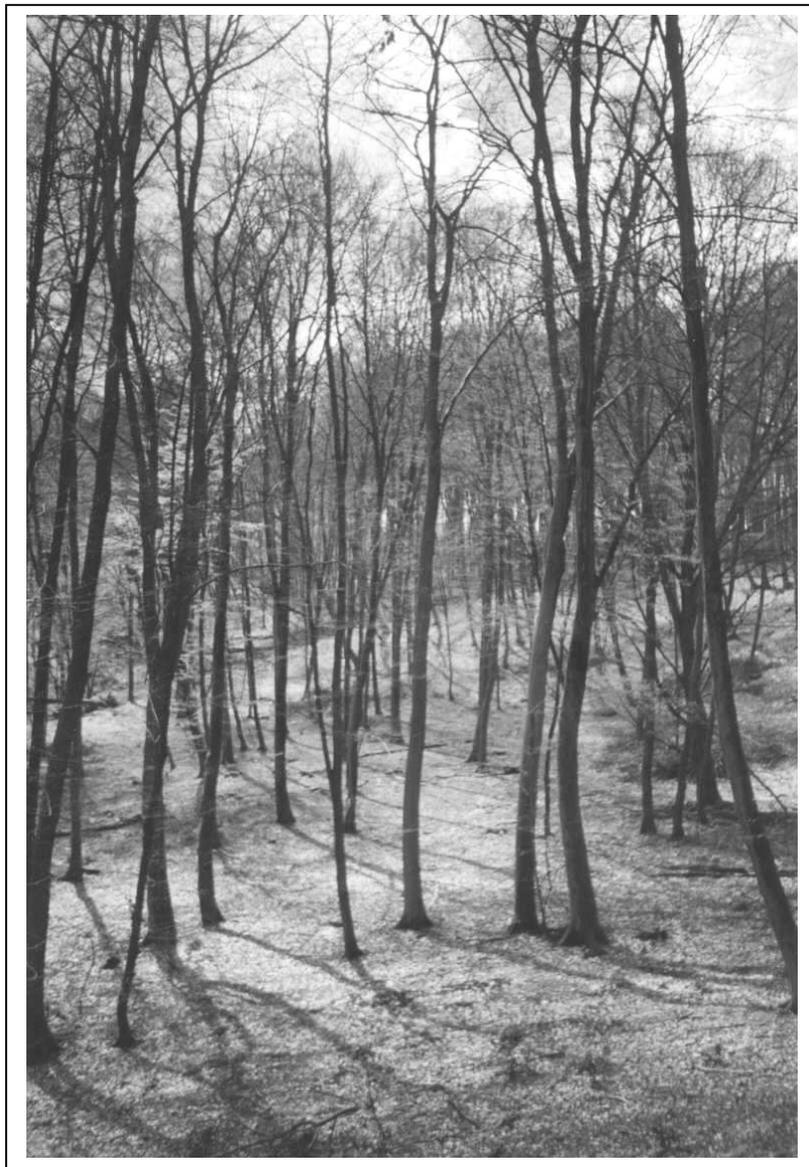
Office National des Forêts

Section Technique Interrégionale
Nord Ouest

3 rue du Petit Château
60200 COMPIEGNE

Proposition d'itinéraires sylvicoles pour les futaies régulières de Hêtre en Picardie.

Eva CONTESSE



Mémoire de fin d'études

Compiègne, Juin 2000.

Sommaire

Sommaire.....	1
Introduction.....	3
PARTIE I. LES DONNÉES NÉCESSAIRES À LA SIMULATION.....	5
1.1. LES ENTRÉES FORESTIÈRES DANS LE CONTEXTE DE L'ÉTUDE.....	5
A - Délimitation du sujet de l'étude.....	5
B - Domaine de validité du modèle Hêtre de CAPSIS.....	6
C - Bilan sur les entrées forestières à fournir.....	7
1.2. LES DONNÉES PRÉEXISTANTES UTILISÉES POUR LA PROSPECTION.....	7
A - Intérêt et limites des données IFN.....	7
B - Données supplémentaires des aménagements.....	8
C - Méthode de prospection.....	8
1.3. CONSTITUTION DE FAMILLES DE PEUPEMENTS.....	9
A - Protocole d'échantillonnage.....	9
1. Localisation et installation des placettes.....	9
2. Mesures effectuées.....	10
B - Résultat brut de l'échantillonnage.....	11
1. Répartition des placettes selon les grands massifs.....	11
2. Fertilité des peuplements.....	12
3. Redéfinition de la fertilité des peuplements.....	13
4. Explications possibles du changement de productivité.....	14
C - Classement des placettes.....	16
PARTIE II. CARACTÉRISATION DES PEUPEMENTS PICARDS.....	18
2.1. DESCRIPTION DES FAMILLES DE PEUPEMENTS.....	18
A - Description globale des 52 placettes.....	18
1. Positionnement des peuplements par rapport à des normes.....	18
2. Analyse du diamètre moyen des peuplements.....	19
B - Description par famille.....	20
1. Les jeunes peuplements (entre 20 et 40 ans).....	20
2. Les peuplements adultes (entre 40 et 80 ans).....	21
3. Les peuplements âgés (entre 80 et 120 ans).....	23
C - Bilan.....	24
2.2. CHOIX DES PLACETTES DE RÉFÉRENCE.....	25
A - Les critères de sélection.....	25
B - Récapitulatif et exemple des placettes choisies.....	25
2.3. QUELS SCÉNARIOS SYLVICOLES?.....	26
A - Les normes connues en France.....	27
B - Les normes picardes.....	27
C - Autres itinéraires testés.....	27
PARTIE III. LES ITINÉRAIRES SYLVICOLES PROPOSÉS.....	29
3.1. LES ITINÉRAIRES "IDÉAUX" POUR LES JEUNES PEUPEMENTS.....	29
A - La vaste gamme de choix pour les 20-40 ans.....	29
1. Comparaisons des itinéraires testés pour chaque famille de 20-40 ans.....	29
2. Rectifications possibles du Guide picard.....	33
B - La gamme de choix plus restreinte pour les 40-60 ans.....	35
1. Comparaisons des itinéraires testés pour chaque famille de 40-60 ans.....	35
2. Résultats s'éloignant des objectifs du Guide picard.....	36
3.2. LES ITINÉRAIRES DE RATRAPAGE.....	37
A - Des différences faibles entre les itinéraires pour les peuplements de 60-80 ans.....	37
B - Des différences de durées entre les itinéraires pour les peuplements de 80-100 ans.....	37
C - La régénération comme objectif à plus ou moins long terme pour les peuplements de 100-120 ans.....	38
3.3. SYNTHÈSE SUR LES RÉALITÉS ET LES OBJECTIFS DES ITINÉRAIRES.....	39
Conclusion.....	42

Bibliographie.....	43
Carnet d'adresses.....	44

Liste des photos.

- 0/ En couverture, peuplement de référence de la famille 80-100 ans, fertilité 2, Rdi fort - Parcelle 107 en FD¹ de Retz.
- 1/ Plaque IFN retrouvée en FD de Retz, parcelle 737 (page 8).
- 2/ Découpage d'une rondelle sur un chablis 1999 (page 10).
- 3/ Mesure d'une hauteur au Vertex (page 11).
- 4/ Jeune peuplement cloisonné, avec désignation et élagage en FD de Compiègne – Parcelle 6372 (page 21).
- 5/ Même photo qu'en couverture (page 26).
- 6/ Un arbre de gros diamètre en forêt de Compiègne, dans un peuplement touché par la tempête de Décembre 1999 (page 31).

Liste des tableaux.

- 1/ Répartition des placettes dans les différents massifs et selon l'âge (page 12).
- 2/ Répartition des placettes en classes d'âge et de fertilité (page 12).
- 3/ Répartition des placettes selon trois classes de fertilité (page 14).
- 4/ Descriptif des familles de 20-40 ans (page 21).
- 5/ Descriptif des familles de 40-60 ans (page 22).
- 6/ Descriptif des familles de 60-80 ans (page 23).
- 7/ Descriptif des familles de 80-100 ans (page 24).
- 8/ Descriptif des familles de 100-120 ans (page 24).
- 9/ Récapitulatif des données brutes des placettes de référence (page 25).
- 10/ Récapitulatif des résultats pour les scénarios de la placette "CO7" (page 30).
- 11/ Exemple des données sur la stabilité du peuplement "CO7" selon les différents scénarios (page 31).
- 12/ Objectifs du Guide picard (page 34 et 36).
- 13/ Récapitulatif des propositions sylvicoles pour des séries à objectif production.

Liste des graphiques.

- 1/ Courbe de croissance du modèle Hêtre pour la Picardie (page 6).
- 2/ Répartition des 52 points selon les classes d'âge et selon deux niveaux de fertilité : au dessus et au dessous de la classe 10 d'Hamilton et Christie (page 12).
- 3/ Comparaison des courbes d'Hamilton et Christie et de Capsis (page 13)
- 4/ Hauteur dominante à 100 ans des 52 placettes (page 14).
- 5/ Densité des peuplements en fonction du diamètre de l'arbre de surface terrière moyenne (page 16).
- 6/ Répartition en âge des placettes «ramenées avant éclaircie» (page 17).
- 7/ Positionnement des 52 placettes par rapport à quatre normes sylvicoles connues (page 19).
- 8/ Positionnement des 52 placettes par rapport aux tables de production d'Hamilton et Christie en diamètre (page 20).
- 9/ Illustration de la NBIS (page 28).
- 10/ Exemple de l'évolution des largeurs de cernes pour la placette "CO7" (page 31).

Table des annexes.

- 1/ Fiche de relevé utilisée pour réaliser les placettes.
- 2/ Courbes de croissance des 15 placettes de l'analyse de tiges en Picardie.
- 3/ Données brutes des 52 placettes inventoriées.
- 4/ Données calculées avant éclaircie pour les 52 placettes inventoriées.
- 5/ Tableaux d'évolution pour tous les scénarios testés sur les 19 placettes de référence.
- 6/ Synthèse des résultats des scénarios pour les 19 placettes de référence.
- 7/ Synthèse des résultats des scénarios pour les autres placettes.
- 8/ Graphiques d'évolution de la largeur des cernes pour les scénarios des placettes de référence.

¹ FD = Forêt Domaniale.

Introduction

Les recherches sur le Hêtre orientent de plus en plus les gestionnaires vers une dynamisation de la sylviculture dans le but d'améliorer la qualité du bois obtenu. Les nouveaux objectifs sylvicoles sont de produire des bois de diamètre élevé (plus de 60 cm), à cernes larges et sans contraintes de croissance. Il s'agit de produire des bois plus gros et plus jeunes. Dans le cadre de son plan d'action, la Direction Régionale de Picardie a défini un programme de dynamisation de la sylviculture du Hêtre et a commandé cette étude.

Le but de ce travail est de proposer des itinéraires sylvicoles adaptés aux hêtraies picardes. Il s'agit de savoir dans quelle mesure les normes actuellement connues (normes d'Oswald, du Bulletin technique n°31 et du Guide picard de sylviculture du Hêtre) permettent d'atteindre ces nouveaux objectifs sylvicoles.

Afin de répondre à cette question, un modèle de croissance constitue un outil intéressant pour tester ces itinéraires et en proposer de nouveaux si besoin. En effet, par simulation, il permet de prédire la croissance d'un peuplement donné soumis à des interventions sylvicoles choisies par l'utilisateur. Le moyen employé dans cette étude est donc le logiciel de simulation CAPSIS qui intègre le modèle de croissance Hêtre de J.F. Dhôte (Rev. For. Fr. 1995).

Le domaine de l'étude vise dans l'ensemble des forêts soumises en Picardie² les futaies régulières, pures de Hêtre. Les scénarios sylvicoles doivent être adaptés aux hêtraies picardes. Pour tenir compte de leur diversité, le premier travail est de **caractériser les peuplements concernés** par l'étude. Trois critères permettent de classer ces hêtraies :

- l'âge du peuplement (de 20 à 120 ans),
- la fertilité du peuplement,
- la sylviculture passée du peuplement.

Les plus jeunes peuplements pourront suivre un itinéraire « idéal » depuis la 1^{ère} éclaircie jusqu'à la récolte tandis que pour les plus vieux, loin des objectifs, il faudra trouver des itinéraires de rattrapage. Cette étape s'est appuyée sur des placettes d'inventaires réalisées dans les différents massifs forestiers picards.

Pour chaque type de peuplements caractérisé, la deuxième étape du travail est la **simulation** de différents scénarios sylvicoles pour définir ceux qui sont les plus adaptés et pour comparer leur résultat aux objectifs du BT31³ ou du Guide picard.

Enfin la troisième étape de cette étude est de présenter le **résultat** des comparaisons des itinéraires testés, les avantages et les inconvénients de chacun.

Deux études similaires ont eu lieu en Normandie (1997) et en Lorraine (1999). La démarche de ces trois études est donc proche même si des adaptations sont à faire selon le contexte de chaque étude. En Normandie, le travail était limité

² Cf. carte des forêts soumises en Picardie à la page suivante.

³ Bulletin technique n°31

aux itinéraires sylvicoles de rattrapage. En Lorraine, une surface plus importante était concernée par l'étude que pour les deux autres régions. Enfin, l'IFN⁴ était la seule source de données sur lesquelles a été bâti le plan d'échantillonnage des placettes pour ces deux premières études, ce qui n'est pas le cas pour la Picardie.

Ce document présente, en trois points, le travail réalisé :

- la récolte de données sur le terrain pour caractériser les hêtraies picardes,
- le traitement des données pour classer les peuplements et les caractériser,
- les simulations et le résultat des comparaisons des itinéraires testés.

Cette étude commandée par la Direction Régionale de Picardie a été suivie à la STIR⁵ Nord-Ouest par B. Pilard-Landeau et à l'ENGREF par J.F. Dhôte.

⁴ Inventaire Forestier National.

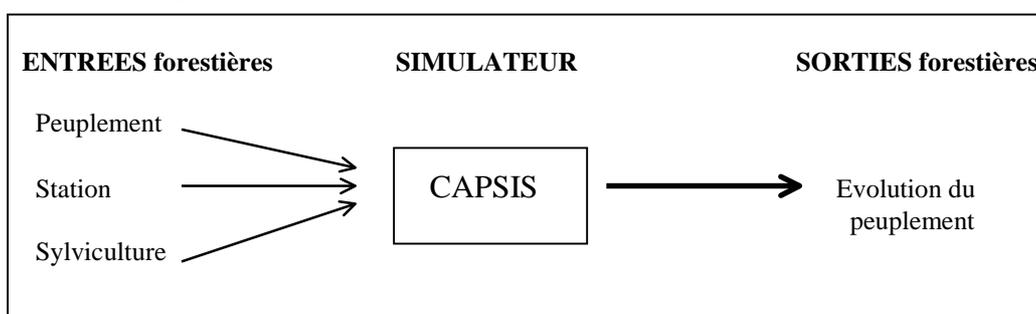
⁵ Section Technique Interrégionale.

L'objectif du travail rapporté ici est de présenter des itinéraires sylvicoles adaptés aux peuplements existant actuellement. La levée de données sur le terrain est pour cette raison nécessaire. Elle permet de constituer une photographie des hêtraies picardes en début de l'année 2000, après tempête.

Partie I. Les données nécessaires à la simulation.

Définitions:

La simulation de la croissance d'un peuplement pour une essence s'effectue à partir de la distribution des tiges en classe de diamètre dans le peuplement et de données sur la station au sens large et sur la sylviculture appliquée à ce peuplement. Sous le terme de station, sont entendues les influences du milieu (climat, station, fertilité) et sous le terme de sylviculture, toutes les opérations sylvicoles réalisables et quantifiables. Ces informations sont les « entrées » nécessaires pour prévoir l'évolution du peuplement.



Les sorties forestières correspondent à la caractérisation dendrométrique du peuplement à chaque instant. Sont données principalement les variables suivantes :

- Ho : hauteur dominante,
 - N : nombre de tiges à l'ha,
 - Dg : diamètre de l'arbre moyen en surface terrière,
 - Do : diamètre dominant,
 - V : volume à l'ha
- ainsi que la distribution des tiges en diamètre.

1.1. Les entrées forestières dans le contexte de l'étude.

La nature et le contenu de ces entrées dépendent du modèle utilisé, des peuplements étudiés et surtout de la question qui amène à utiliser la simulation. C'est pourquoi il est nécessaire de définir l'objet de l'étude commandée pour voir ensuite ce que propose le modèle Hêtre dans CAPSIS.

A - Délimitation du sujet de l'étude.

Ce travail concerne les forêts soumises à l'échelle d'une région. La photographie des hêtraies picardes est donc à tirer dans les divers massifs domaniaux ou communaux de la région. Neuf massifs⁶ présentent plus particulièrement des peuplements réguliers, presque monospécifiques en Hêtre et équiennes. Les deux

⁶ cf. localisation sur la carte en introduction.

plus importants et d'ailleurs les plus réputés sont ceux de Compiègne et de Retz. Puis viennent les forêts de :

- St Gobain (à peuplements souvent mélangés),
- Hez-Froidmont (à peuplements souvent âgés),
- Halatte, Laigue, Crécy
- et enfin sur de plus petites surfaces, Chantilly et Ermenonville.

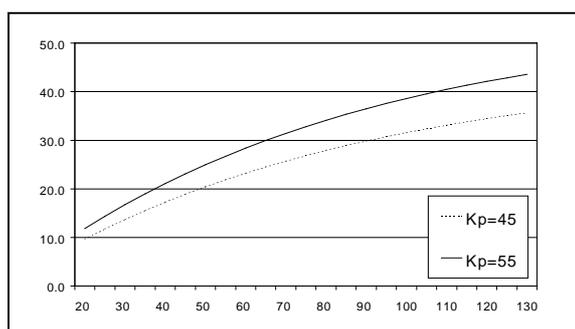
Le plan d'échantillonnage est donc à établir sur l'ensemble de ces massifs afin de rencontrer diverses histoires de peuplements et pouvoir réfléchir sur la sylviculture du Hêtre à l'échelle régionale.

Les itinéraires sylvicoles à proposer visent les peuplements après le stade juvénile et avant la phase de préparation à la régénération. Ainsi les peuplements de Hêtre concernés par mon plan d'échantillonnage sont âgés de 20 à 120 ans. La limite inférieure est fixée par le fait que la région picarde possède déjà des études sur les peuplements juvéniles. La limite supérieure s'explique par la durée moyenne de révolution d'une hêtraie. Au delà de 120 ans, le gestionnaire doit penser en priorité à la régénération du peuplement.

Le contexte de l'étude étant défini, les peuplements à visiter sont connus mais il reste à voir comment le modèle utilisé peut prédire leur évolution et quelles sont les limites du logiciel CAPSIS.

B - Domaine de validité du modèle Hêtre de CAPSIS.

Des modèles de croissance pour le Pin noir, le Pin maritime et le Chêne ont également été programmés sous CAPSIS. Le modèle Hêtre fut mis au point par Jean-François Dhôte (RFF 1995 - numéro spécial). Il s'applique à des peuplements purs réguliers de Hêtre. Un peuplement est considéré comme pur si 80% de sa surface terrière est représentée par du Hêtre et régulier si l'intervalle maximal des âges individuels n'excède pas 30 ans. Le modèle a été construit et ajusté à partir de peuplements de 30 à 180 ans, installés dans quatre forêts de Lorraine, Picardie et Normandie. Pour chacune de ces trois régions, il existe un faisceau de courbes de croissance en hauteur dominante du type :



$$H_o = K_p * [1 - \exp(-rc * \text{âge})]$$

avec K_p : indice de fertilité du peuplement
et rc : paramètre de région climatique.

Graphique 1 : Modèle Hêtre pour la Picardie.
(H_o en fonction de l'âge)

Pour cette étude, les paramètres choisis sont évidemment ceux de la région picarde. JF Dhôte les a calculés à partir de peuplements suivis en forêt de Retz. Le rc vaut 0.0121/an et le K_p varie entre 45 et 55 m. La pertinence de ce choix sera discutée après avoir constitué l'image des hêtraies picardes. En effet, il est important de vérifier la cohérence de la croissance simulée par le modèle avant de construire les itinéraires sylvicoles.

Le logiciel CAPSIS utilise comme données de départ minimales pour caractériser le peuplement initial les **effectifs par classe de diamètre** et une indication de **fertilité**, pour un **âge donné**. Ce sont les entrées forestières à récolter sur le terrain au moyen de placettes d'inventaire à installer. La première étape de mon travail consiste donc en une phase de prospection de lieux pour implanter ces placettes.

C - Bilan sur les entrées forestières à fournir.

L'objectif de la phase de terrain est de recenser des images fréquentes et diverses des hêtraies en Picardie. Toute la gamme d'âge de 20 à 120 ans doit être visitée ainsi que les situations de plus ou moins bonnes fertilités. Le plan d'échantillonnage a pour but d'embrasser sur divers massifs ces différents cas.

L'objectif fixé est d'obtenir cinquante placettes au total : dix placettes pour une classe d'âge de 20 ans (20-40, 40-60, 60-80, 80-100 et 100-120 ans). Enfin pour chaque classe d'âge, cinq placettes seraient de meilleure fertilité et les cinq autres de moins bonne fertilité. En dernier lieu, ces cinq placettes devront être dans différents massifs pour inventorier différentes sylvicultures.

La recherche de peuplements à inventorier se fait tout d'abord à partir du bureau : il s'agit de ne pas perdre inutilement du temps à chercher sur le terrain un peuplement correct ou d'inventorier un peuplement qui ne pourrait finalement être retenu pour la simulation.

1.2. Les données préexistantes utilisées pour la prospection.

Les renseignements utilisés dans les deux études similaires en Normandie et en Lorraine étaient tirés des inventaires IFN. Cette base de données préexistante est également la première source d'informations pour ce travail. Mais en Picardie celles-ci ne sont pas suffisantes. Les aménagements constituent alors la seconde source d'informations nécessaire pour la recherche de peuplements intéressants.

A - Intérêt et limites des données IFN.

Les campagnes d'inventaires de l'IFN forment les seules bases de données homogènes à l'échelle d'une région. Elles renseignent sur la régularité, l'âge⁷, la fertilité des peuplements. Comme pour les études de Normandie et de Lorraine, le plan d'échantillonnage en Picardie pourrait être construit à l'aide de ces données en les stratifiant selon des classes d'âge, puis selon la fertilité et éventuellement en fonction d'un indice lié à la gestion comme le Rdi⁸.

Cependant, cette solution ne convient pas dans ce cas. En effet, contrairement aux deux autres régions, la Picardie ne possède en forêt domaniale que 20 000 ha de hêtraies pures, selon les données IFN. De plus, il existe seulement 103 placettes IFN⁹ dont les peuplements soient valides pour CAPSIS¹⁰ et de 20 ans à 120 ans.

⁷ l'IFN le mesure par carottages.

⁸ indice de Reinecke ($Rdi=N/N_{max}$).

⁹ représentant 9 400 ha.

¹⁰ i.e. en futaie régulière et en peuplement non ouvert.

Ces données sont celles du 2ème cycle, soit de 1990 pour l'Oise, 1991 pour l'Aisne et 1989 pour la Somme. Or une sérieuse tempête a touché l'Oise en 1990. Après cet évènement, 98 placettes IFN correspondent à des peuplements fermés. Mais depuis lors, la tempête de 1999 a dû toucher d'autres placettes. Avec ce restant de placettes IFN, il est vain d'espérer réaliser 50 placettes car beaucoup de placettes IFN¹¹ ne sont pas toujours le reflet du peuplement qui les contient. Les placettes à implanter seront plus larges et souvent les placettes IFN ne pourront être agrandies faute d'homogénéité ou de pureté en Hêtre.

Face à cette situation, la recherche de données supplémentaires s'impose. Les forêts domaniales picardes étant concentrées en grands massifs, l'étude de tous les aménagements est envisageable.

B - Données supplémentaires des aménagements.

Le but de ces recherches est de trouver des localisations précises dans des parcelles forestières pour éventuellement y installer une placette. Pour éviter de perdre du temps, les informations doivent être les plus complètes possibles : sur l'âge, la pureté, le couvert, la fertilité, l'opportunité pour déterminer l'âge et obtenir une surface homogène.

L'inconvénient de ces données est que leur nature varie beaucoup d'un aménagement à un autre. En général, les renseignements manquent de précision, surtout concernant l'âge et la fertilité du peuplement. En sollicitant de nombreuses fois les forestiers de terrain, les informations récoltées se sont précisées mais la marge d'incertitude a toujours demeuré.

C - Méthode de prospection.



Photo 1 : Plaque IFN retrouvée en forêt domaniale de Retz.

Tout en veillant à visiter différents massifs forestiers, pour rencontrer différentes sylvicultures, le plan d'échantillonnage ne peut pas vraiment être stratifié selon la gestion passée des peuplements, faute de données. Deux niveaux de recherche de placettes restent réalisables : l'âge et la fertilité.

L'âge annoncé par l'IFN est relativement précis pour peu que l'on se place bien à l'endroit où la placette a été installée. Sur le terrain, il est possible de retrouver cette localisation car le centre de la placette est marqué d'une petite plaque blanche agrafée à un arbre, à hauteur des yeux.

Pour l'âge annoncé dans l'aménagement, le problème est que soit la fourchette d'âge est très large, soit l'âge est sous-estimé. Dans le premier cas, la connaissance des personnes de terrain peut pallier cette imprécision. Dans tous les

¹¹ d'un diamètre de 6 ou 9 ou 15m maximum.

cas, l'âge doit être déterminé plus précisément, autant que cela est possible. Notamment en régénération naturelle, une plus grande attention sera donnée car les arbres d'un même peuplement ont souvent des âges différents.

La fertilité d'un peuplement en Picardie n'est pas facilement définie car cette région est en limite d'utilisation de deux sortes de courbes de croissance : celles de Schobert et celles d'Hamilton et Christie. Pour les données IFN, au vu de la gamme de hauteurs dominantes données pour une classe d'âge, les courbes d'Hamilton et Christie sont les plus adaptées pour définir a priori la fertilité des points IFN. Ceci fut effectué en essayant d'être critique en fonction de la station annoncée par l'aménagement. Pour les endroits repérés uniquement par la lecture de l'aménagement, la fertilité est presque introuvable : seules des indications de stations ont servi pour orienter les choix des lieux à visiter.

Enfin, la STIR Nord-Ouest suit quelques placettes de peuplements de Hêtre dont les renseignements permettent de décider si ces peuplements sont intéressants ou non pour cette étude. Ces points économisent le temps d'installation des placettes.

La stratégie de terrain consiste à jongler avec des données plus ou moins sûres, de se réserver des endroits en dernier, de chercher plus ardemment des peuplements moins fertiles car la Picardie est bien une région de plus forte fertilité que le reste de la France.

La levée de données de terrain n'a qu'un objectif : former des images de différentes familles de peuplements pour décliner une sylviculture adaptée à chaque cas. En effet, plus les hêtraies picardes sont caractérisées précisément, plus la simulation sera correcte et plus les tests de scénarios sylvicoles seront significatifs.

1.3. Constitution de familles de peuplements.

Ce travail de définition de famille se fait en trois étapes :

- l'installation des placettes classées a priori par les moyens déjà présentés,
- le résultat brut des inventaires,
- le classement des placettes a posteriori.

A chaque étape, le souci est de représenter au mieux la réalité.

A - Protocole d'échantillonnage.

Ce protocole est proche de ceux des deux autres études. Grâce aux moyens matériel et humain de la STIR, les conditions sont rassemblées pour obtenir la bonne précision des données récoltées.

1. Localisation et installation des placettes.

Les placettes installées sur le maillage IFN sont placés à l'aide des coordonnées Lambert reportées sur les cartes du parcellaire de forêts. Les points issus de l'aménagement sont placés selon la topographie, la station à l'intérieur d'une parcelle.

Les placettes doivent être suffisamment grandes pour obtenir une bonne extrapolation à l'hectare. Elles sont installées de façon à inventorier un peuplement homogène. Les placettes sont normalement carrées d'un quart d'hectare (50m x 50m), mises en place à la boussole et au ruban de 50m. L'orientation de ces carrés est choisie pour faciliter l'inventaire. Ainsi les placettes sont soit calées sur un cloisonnement, soit parallèles à une limite de parcelle ou à une route¹², soit orientées avec les sommets vers les 4 points cardinaux.

Pour conserver un peuplement homogène, les placettes peuvent également être rectangulaires dans une certaine mesure. De plus, pour les peuplements très denses¹³, une placette de 10 ares au lieu de 25 ares suffit à donner une image représentative du peuplement. Enfin dans le cas de peuplements mosaïques, une attention a été donnée pour ne pas inventorier les limites d'un type de peuplement. Une bande a été ménagée entre la placette et les autres types de peuplement. Cette "zone tampon" permet d'éviter d'enregistrer des effets de lisière ou de frontière de peuplements dans l'inventaire des placettes. Ainsi dans de rares cas où la densité est assez forte et le peuplement en mosaïque, des placettes de 15 à 20 ares au lieu de 25 ares ont été installées pour conserver une zone tampon autour de ce qui a été inventorié.

Une fois la placette installée à l'aide de quatre jalons, elle est repérée par des marques de peinture et / ou de griffe en périmètre sur les premiers arbres à l'extérieur de la placette.

2. Mesures effectuées.

Le premier souci est de savoir déterminer l'âge du peuplement à inventorier. Ainsi les placettes ont souvent été installées dans des parcelles récemment passées en coupe ou proches de zones à chablis 1999. Dans tous les cas, l'âge du peuplement est estimé par la moyenne de l'âge compté sur des rondelles prises sur des souches récentes et lisibles ou sur des chablis.



Photo 2 : Découpage d'une rondelle sur un chablis 1999.

Ces rondelles sont au nombre de trois pour les régénérations naturelles et de deux voire de une pour les plantations, selon la facilité de lecture de la rondelle. Cette lecture des cernes est faite au bureau après rabotage de la rondelle, passage au scalpel et au besoin avec une loupe. Pour les régénérations naturelles, soit toutes les placettes de plus de 40 ans, l'âge varie d'une rondelle à une autre. Les écarts maximaux observés sont de dix.

¹² en prenant garde de rester à au moins 15m pour éviter les effets de lisière.

¹³ environ 1000 tiges à l'ha et plus.

En plus de l'âge, deux informations sont prises pour chaque placette : la distribution des tiges en diamètre et la fertilité du peuplement. Pour cela, les arbres sont numérotés à la craie et appelés selon l'essence (2 modalités : Hêtre ou autre), avec le diamètre à 1m30 mesuré au ruban au centimètre près. L'inventaire des arbres ne prend pas en compte un diamètre de précomptage mais seuls les arbres de l'étage principal sont comptés. L'étage principal est défini comme étant l'ensemble des arbres dont la hauteur totale dépasse 0.6 fois la hauteur dominante estimée. Prendre en compte des arbres codominants ou dominés est en effet important pour estimer la concurrence au sol des arbres. Même si ces arbres ne pousseront peut-être¹⁴ pas dans le modèle de CAPSIS, cette concurrence est intégrée dans la croissance simulée des autres arbres. L'appel distinctif entre les hêtres et les autres essences permet de vérifier a posteriori la pureté du peuplement¹⁵.



Photo 3 : Mesure d'une hauteur au Vertex.

Après cet inventaire, la hauteur dominante est estimée en prenant la hauteur de trois arbres : le 1^{er} plus gros, le $(n-1)/2^{\text{ème}}$ plus gros et le $n-1^{\text{ème}}$ plus gros pour une placette de n ares¹⁶. Ces arbres sont facilement retrouvés par :

- la numérotation des arbres,
- la mesure au centimètre près des diamètres

- et une fiche de relevé¹⁷ avec un tableau de diamètres possibles où sont inscrits les numéros d'arbres. Ces hauteurs ont été prises à l'aide d'un Vertex ou d'une perche de 15 m pour les peuplements les plus jeunes.

Au total, 54 placettes ont été installées mais deux sont rejetées car elles ne sont pas pures en Hêtre. Le reste du rapport ne fait référence qu'à ces 52 placettes. Elles correspondent au domaine de validité du modèle Hêtre dans CAPSIS. Mais avant de se lancer dans la simulation, il est nécessaire de juger de la qualité de l'image des hêtraies picardes, révélées par ces placettes.

B - Résultat brut de l'échantillonnage.

Le but de ce paragraphe est de comprendre ce que l'échantillonnage réalisé apporte comme information pour savoir ensuite comment traiter les données.

1. Répartition des placettes selon les grands massifs.

En fonction de la surface de hêtraies contenues dans les différents massifs forestiers de Picardie, certaines forêts ont été volontairement plus visitées que d'autres. Un lien de proportionnalité entre le nombre de placettes et la surface de hêtraies dans chaque massif n'a cependant pas été recherché. Le tableau suivant donne la répartition de placettes dans chaque massif et selon l'âge des peuplements.

¹⁴ Les codominants poussent et seule une moitié des dominés ne pousse pas dans le modèle.

¹⁵ 80 % de surface terrière en hêtre.

¹⁶ par exemple, pour une placette de 25 ares, il faut prendre le 1^{er}, le 12^{ème} et le 24^{ème} plus gros.

¹⁷ cf. annexe 1.

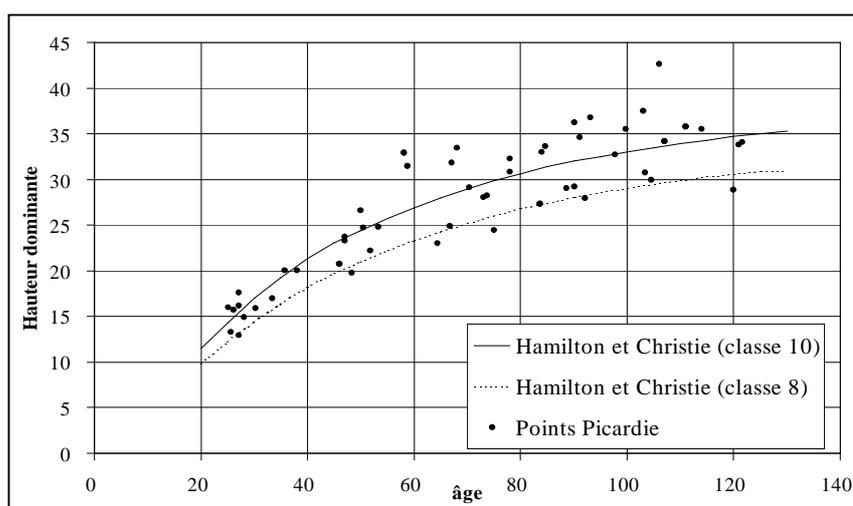
Tableau 10 : Répartition des placettes dans les différents massifs et selon l'âge.

Forêt\Âge	20-39 ans	40-59 ans	60-79 ans	80-99 ans	100-122 ans	Total
Compiègne	3	3	3	2	3	14
Retz	2	4	1	3	3	13
Halatte	2	1	1		1	5
Hez-Froidmont		1	1	2	1	5
St Gobain	2		2	3		7
Laigue		1	1		1	3
Crécy			1		2	3
Chantilly	1					1
Ermenonville	1					1
Total	11	10	10	10	11	52

Les contraintes de visiter les différents massifs et d'obtenir une dizaine de placettes par classe d'âge sont bien respectées.

2. Fertilité des peuplements.

Il est entendu que la définition de la fertilité d'un peuplement n'est pas très aisée. Au fil de l'avancée de mon plan d'échantillonnage, les couples (âge, Ho) obtenus m'ont amenée à choisir comme limite la courbe d'Hamilton et Christie de classe 10.



Graphique 2 : Répartition des 52 points selon les classes d'âge et selon deux niveaux de fertilité (au dessus et en dessous de la classe 10).

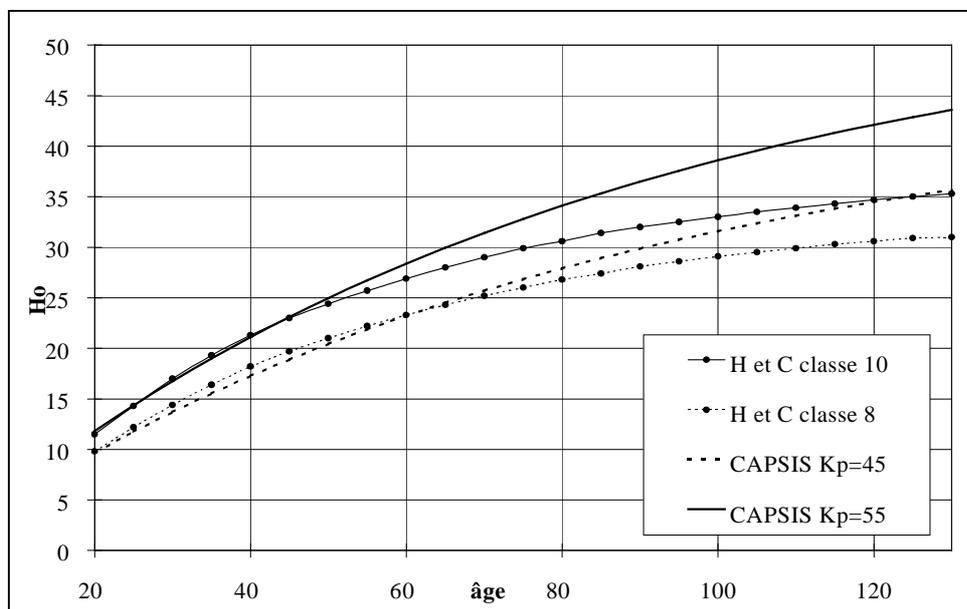
Le graphique est résumé par le tableau ci-dessous. L'objectif de répartition des 10 placettes d'une classe d'âge en deux classes de fertilité est réalisé.

Âge	20-39 ans		40-59 ans		60-79 ans		80-99 ans		100-122 ans		Total	
Fertilité	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Nb de placettes	5	6	5	5	5	5	5	5	6	5	26	26

Tableau 2 : Répartition des placettes en classes d'âge et de fertilité.

Mais avant de passer à la simulation, il est important de vérifier la cohérence de ces résultats avec la courbe de croissance choisie dans CAPSIS. La question qui se pose est la suivante : un peuplement d'une certaine fertilité initiale et ayant grandi dans CAPSIS reste-t-il de la même fertilité? La réponse repose sur la liaison entre les courbes de croissance d'Hamilton et Christie et celles de CAPSIS.

En fait les courbes ne sont pas de la même forme, comme le montre le graphique ci-dessous. Choisir la courbe de croissance de CAPSIS au lieu d'Hamilton et Christie se justifie par le fait qu'elles ont été construites à partir de peuplements picards et non britanniques. C'est pourquoi il est préférable de définir la fertilité avec la même courbe qui servira à faire pousser les peuplements, soit la courbe de croissance de CAPSIS.



Graphique 3 : Comparaison des courbes d'Hamilton et Christie et de CAPSIS.

Or choisir une courbe de croissance de CAPSIS signifie également choisir un paramètre de fertilité K_p . Comme il est faux de définir un seul K_p pour classer l'ensemble des placettes, la solution est de définir un indice de fertilité. Le paragraphe suivant en explique le calcul le plus précis pour classer chaque placette selon sa fertilité.

3. Redéfinition de la fertilité des peuplements.

L'indice de fertilité utilisé est la hauteur dominante du peuplement, atteinte à 100 ans. Cette hauteur a été calculée pour chacune des 52 placettes avec la formule de CAPSIS :

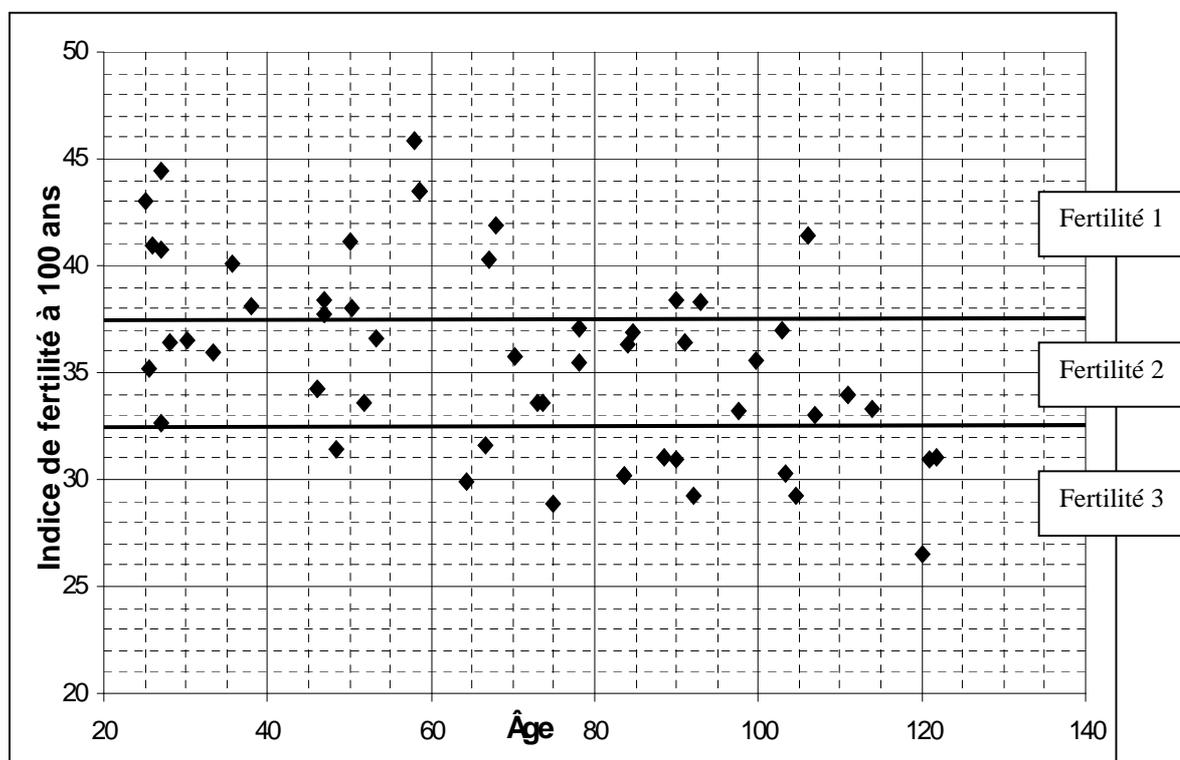
$$H_{100} = K_p \cdot [1 - \exp(-rc \cdot \text{âge})]$$

avec le rc de Retz (0.0121)

et le K_p **calculé pour chaque placette** à partir du couple ($\text{âge}, H_{100}$) du peuplement au moment de l'inventaire.

La comparaison des différentes hauteurs atteintes à 100 ans par les placettes permet de les classer. Le graphique suivant représente la répartition des ces hauteurs à 100 ans selon l'âge actuel du peuplement. Le nuage de points est assez étalé : l'amplitude de l'indice de fertilité, note $IF(100)$ est d'une quinzaine de mètres. Définir deux classes de fertilité pour ce nuage semble être insuffisant : deux peuplements extrêmes d'une même classe pourraient alors avoir un écart de H_{100} de 7,5 m à 100 ans. Trois classes de fertilité semblent nécessaires pour découper plus finement ce continuum de fertilité. Ensuite, le seuil doit être fixé de façon pratique pour que cette étude soit utilisable et en lien avec ce qui a été fait précédemment. Or

le guide de sylviculture du Hêtre pour la Picardie mentionne deux niveaux courants de fertilité : 30 m à 100-120 ans et 34 m à 80-100 ans. Ainsi le découpage le plus correct de ce nuage de points semble être à 32,5 m et 37,5 m, soit trois classes de fertilité d'amplitude 5 m : 30 m, 35 m et 40 m à 100 ans.



Graphique 4 : Hauteur dominante à 100 ans des 52 placettes.

La répartition de mon plan d'échantillonnage devient alors :

Âge	20-39 ans	40-59 ans	60-79 ans	80-99 ans	100-122 ans	Total
Fertilité 1	6	6	2	2	1	17
Fertilité 2	5	3	5	4	5	22
Fertilité 3		1	3	4	5	13

Tableau 3 : Répartition des placettes selon trois classes de fertilité.

Aussi bien le graphique que le tableau ci-dessus révèlent que les peuplements échantillonnés plus âgés sont de moins forte fertilité. En simplifiant, ce plan d'échantillonnage présente les deux plus fortes fertilités pour les peuplements de 20 à 60 ans et les deux moins fortes fertilités pour les peuplements de 60 à 120 ans.

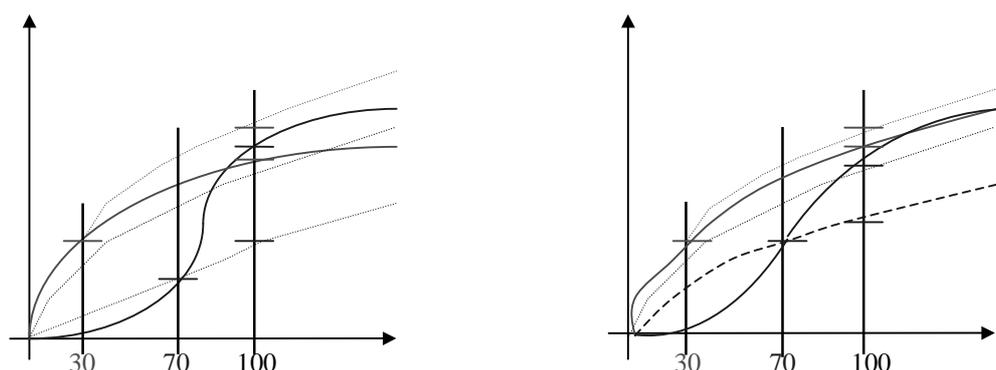
Cette tendance à la baisse de la fertilité avec l'âge incite à s'interroger un peu sur l'indice de fertilité choisi et à réfléchir sur l'origine de ce résultat.

4. Explications possibles du changement de productivité.

Face à ce constat, la première vérification à effectuer est celle de la validité de la courbe de CAPSIS, pour les peuplements inventoriés dans ce travail. Les jeunes peuplements ont dans cette étude des hauteurs très fortes. La hauteur atteinte à 100 ans selon CAPSIS par ces peuplements est peut-être surestimée. Cela signifierait que :

- 1/ la courbe de CAPSIS n'est pas assez tendue pour les peuplements jeunes,
- 2/ et elle serait trop tendue pour les vieux peuplements.

Ces deux erreurs pourraient être plus ou moins importantes, comme l'illustrent les graphiques ci-dessous.



à 100 ans, il est possible d'avoir ces erreurs :

--- ajustement >> — réalité des jeunes. --- ajustement # — réalité des jeunes.
 --- ajustement << — réalité des vieux. --- ajustement < — réalité des vieux.

L'origine de la première erreur pourrait être que les peuplements qui ont servi à définir le démarrage de la courbe de CAPSIS étaient au minimum âgés de 30 ans et issus de régénérations naturelles sous abri lentes. Ceci a provoqué un retard de croissance en hauteur pour ces peuplements. Or les placettes de peuplements de 20-40 ans effectuées ici sont toutes issues de plantation. Dès le début, les semis y ont été en pleine lumière et ont pu pleinement exprimer leur croissance en hauteur. Mais dans ce cas, la deuxième erreur serait nulle. La figure de gauche est donc un peu extrême car les peuplements vieux n'ont pas de raison d'être plus fertiles dans la réalité que les jeunes peuplements. L'illustration de droite est peut-être plus proche de la vérité.

Par ailleurs, les données d'une étude d'analyse de tiges sont en cours de traitement. Grâce aux premiers résultats, il est possible d'obtenir de nouveaux paramètres de la formule de CAPSIS. Ceci permettrait peut-être à CAPSIS de donner des prédictions moins fortes pour les jeunes peuplements. En fait, les résultats de cette idée ne sont pas concluants : la formule de CAPSIS ne s'ajuste pas bien à la forme des courbes de croissance observées¹⁸ par l'analyse de tiges. L'origine des arbres utilisés pour l'analyse de tiges est aussi la régénération naturelle sous abri, donc sans comparaison avec les plantations étudiées. Ainsi la définition de la fertilité des peuplements inventoriés ne peut être remise en cause de cette manière.

Sans pouvoir changer le résultat de la baisse de fertilité avec l'âge des peuplements, il reste à en chercher les raisons. La première déjà expliquée est la mauvaise simulation des certaines formes de croissance par le modèle. Cette explication implique que la fertilité des jeunes peuplements, parce qu'ils sont plus hauts dans leur jeunesse, est surestimée au final.

Cependant, cette raison n'est pas suffisante car ce genre de constatation n'est pas propre à la Picardie. D'autres études révèlent ce phénomène dans d'autres régions et sur d'autres essences. Par exemple, une chênaie, connue pour être de fertilité 3, au vu de sa hauteur, est passée à une fertilité 1, après régénération¹⁹. La

¹⁸ Dont la forme est plus en sigmoïde (cf. en annexe 2, les courbes de l'analyse de tiges).

¹⁹ J.F. Dhôte, communication personnelle.

seconde explication majeure serait alors un changement de productivité dû aux variations climatiques et à la pollution. Ainsi les peuplements jeunes actuellement pousseraient effectivement plus fortement jusqu'à leur terme.

Entre ces deux hypothèses :

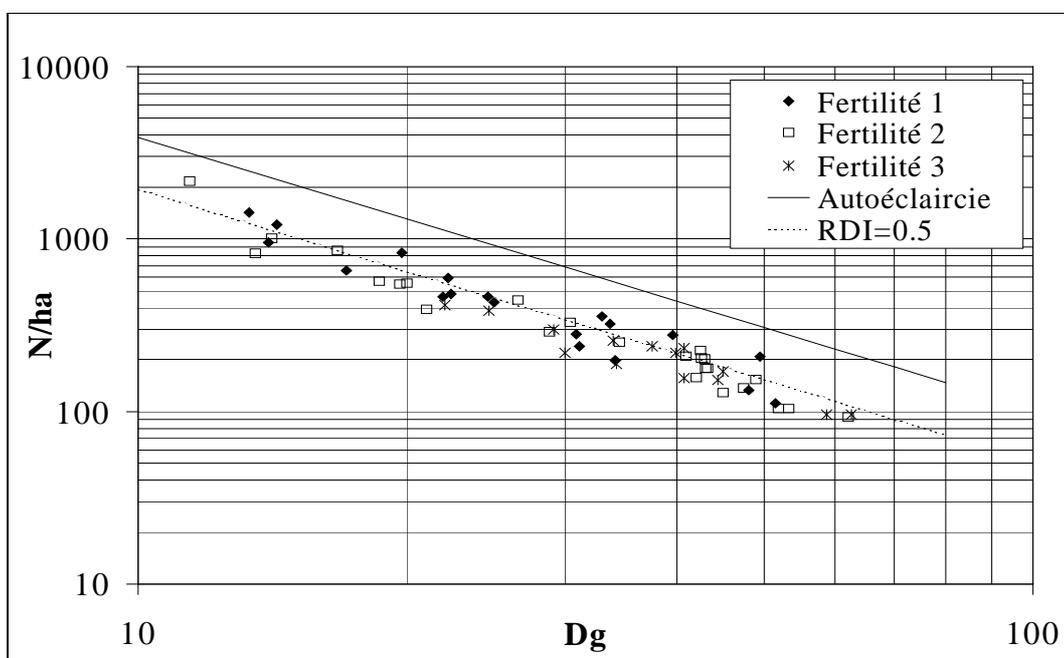
- les jeunes peuplements ont poussé plus rapidement mais à terme, ils ne seront pas plus fertiles que les plus âgés,
- ou les jeunes peuplements sont effectivement plus fertiles,

il est impossible de trancher définitivement. En effet, CAPSIS ne peut certifier que les peuplements si hauts dans le jeune âge seront effectivement plus hauts que la moyenne des peuplements plus âgés actuellement en Picardie. Seulement, pour le moment, ils poussent très fortement et il semble préférable d'adapter les normes de sylviculture à la situation actuelle et de l'ajuster par la suite à l'évolution réelle des peuplements.

Ainsi le rôle de cette étude est de répondre à chaque classe d'âge et à chaque fertilité par un scénario sylvicole adapté.

C – Classement des placettes.

A la fin de la précédente partie, les 52 placettes sont réparties en classes d'âge et en classes de fertilité. Mais à l'intérieur de ces familles, il reste une division désormais envisageable. Les peuplements peuvent avoir subi des sylvicultures différentes qui les ont marqués. Le graphique ci-dessous présente la position des placettes par rapport à la courbe d'autoéclaircie (courbe de la densité maximale).



Graphique 5 : Densité en fonction du diamètre de l'arbre de surface terrière moyenne.

Un indice combine la notion de densité et celle de surface terrière : le Rdi. Il est défini comme le rapport N/N_{max} . La densité maximale est donnée par la courbe

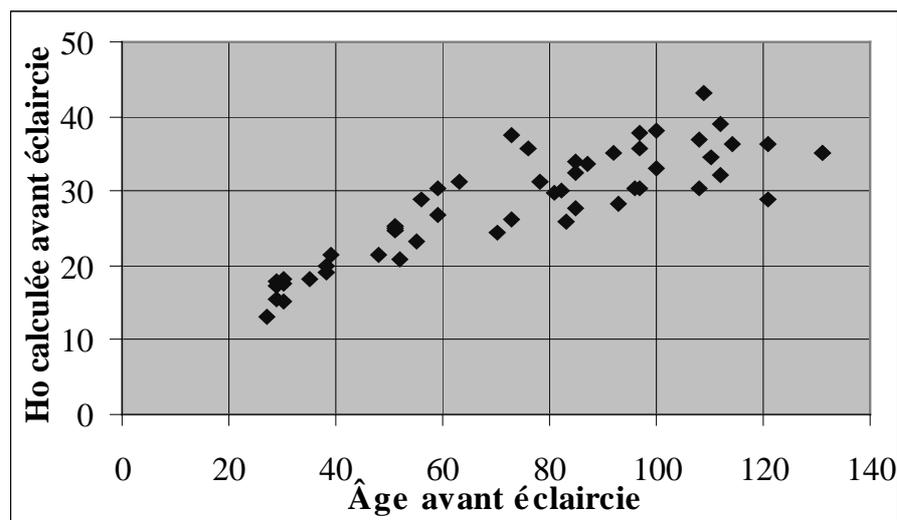
d'autoéclaircie²⁰, propre à l'essence. En fonction de la densité (N) et de la circonférence de l'arbre de surface terrière moyenne (Cg), il s'exprime comme suit :

$$Rdi = (N * Cg^\beta) / e^\alpha.$$

C'est pourquoi cet indice est sensible à chaque éclaircie effectuée dans le peuplement. Il baisse brutalement après la coupe qui réduit la densité et augmente progressivement jusqu'à l'éclaircie suivante avec la croissance en diamètre des arbres.

Pour des scénarios sylvicoles très dynamiques, cet indice aura tendance à être plus faible que pour des scénarios moins dynamiques. Ainsi peut-il servir d'indicateur de la sylviculture enregistrée par le peuplement. Mais une condition s'impose. Pour comparer correctement la sylviculture de deux peuplements de même classe d'âge et de même fertilité, il faut supprimer l'effet immédiat de la dernière éclaircie. En effet, un peuplement à sylviculture lente, passé récemment en coupe, peut avoir un Rdi plus faible qu'un peuplement de sylviculture plus dynamique, étant passé en coupe moins récemment. Ces effets ont été effacés en faisant pousser dans CAPSIS toutes les placettes d'un certain nombre d'années pour les placer à un même nombre d'années après la dernière éclaircie. Ce nombre d'années a été choisi pour chaque classe d'âge selon la moyenne des rotations des aménagements de Picardie. Ainsi les peuplements de 20-40 ans sont ramenés juste avant éclaircie 5 ans après la dernière coupe, ceux de 40-60 ans, 6 ans après la dernière coupe, ceux de 60-100 ans, 8 ans avant la dernière coupe et enfin ceux de 100-120 ans, 10 ans après.

Le résultat de ce traitement des Rdi a conduit à faire deux classes de "sylviculture". L'une est le reflet de la sylviculture dite traditionnelle, avec des Rdi de 0.5 et plus et l'autre est le résultat de la dynamisation de la sylviculture du Hêtre depuis plusieurs années, avec des Rdi de 0.4 ou moins. L'annexe 3 présente les données des 52 placettes, classées par âge, fertilité et Rdi et l'annexe 4 présente les données calculées juste avant éclaircie. Enfin en faisant vieillir les placettes d'un nombre d'années variable selon la date de la dernière éclaircie pour chaque peuplement, le plan d'échantillonnage risquait d'être déséquilibré en âge. Ceci n'est pas survenu comme le montre la répartition des âges avant éclaircie.



Graphique 6 : Répartition en âge des placettes "ramenées avant éclaircie".

²⁰ de formule : $\ln(N_{max}) = \alpha - \beta * \ln(Cg)$ avec Cg : circonférence de l'arbre de surface terrière moyenne.

La partie suivante permet de juger cette base de données dendrométriques et de caractériser les hêtraies picardes. Avec ce travail, il sera alors possible de choisir, par famille de peuplement, un peuplement représentatif. Sur celui-ci, différents scénarios sylvicoles seront testés et les scénarios sélectionnés seront enfin appliqués sur l'ensemble des placettes de chaque famille pour en vérifier les résultats.

Partie II. Caractérisation des peuplements picards.

Chaque région de hêtraies a ses caractéristiques propres, de par son climat et de par l'histoire de ses peuplements. Il existe des constantes au niveau national mais la prise en compte des particularités de Picardie est importante.

2.1. Description des familles de peuplements.

Cette description peut être conduite de deux manières. La première est de voir les tendances générales qui ressortent en regardant les 52 placettes. Puis, la seconde est d'analyser les familles une par une pour définir la situation initiale.

A - Description globale des 52 placettes.

Les données dendrométriques des placettes, comme la hauteur dominante, la densité et le diamètre moyen, peuvent être comparées à des données nationales, comme les normes et les tables de production.

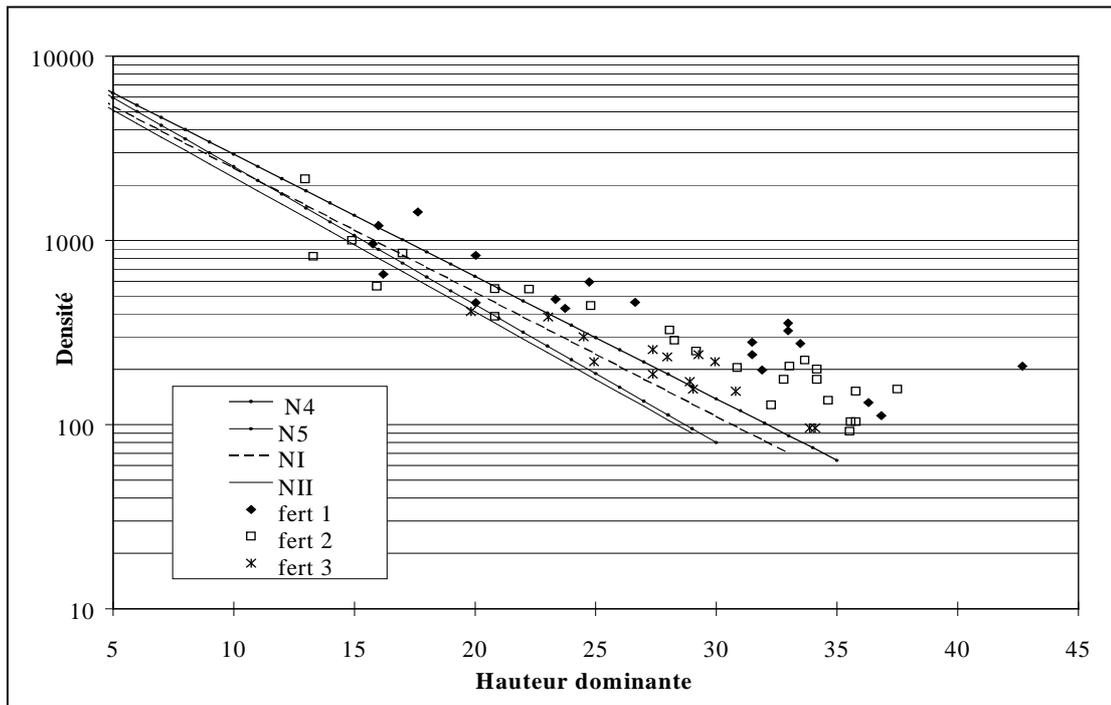
1. Positionnement des peuplements par rapport à des normes.

Les normes sylvicoles connues pour le Hêtre, en France, sont :

- la norme d'Oswald nommée "N4",
les trois normes du Bulletin technique n°31, nommées NI, NII et NIII selon le niveau de fertilité des peuplements.

La norme NIII ne concerne pas la Picardie car le niveau de fertilité des peuplements n'est jamais aussi bas. De plus, en Picardie, une norme calée sur la N4 mais ajustée à des peuplements moins fertiles a été créée. Il s'agit de la norme "N5".

Le graphique ci-dessous présente la position des 52 placettes par rapport à ces quatre normes utilisées en Picardie.



Graphique 7 : Positionnement des 52 placettes par rapport à quatre normes sylvicoles.

Le résultat n'est pas surprenant. Les peuplements âgés n'ont pas connu de dynamisation de sylviculture et donc sont bien au-dessus des normes nouvellement prescrites. Les peuplements de moins de 25m sont aux alentours de la norme N4. Certains peuplements sont en dessous des normes car ils sont issus de plantation et déjà bien éclaircis.

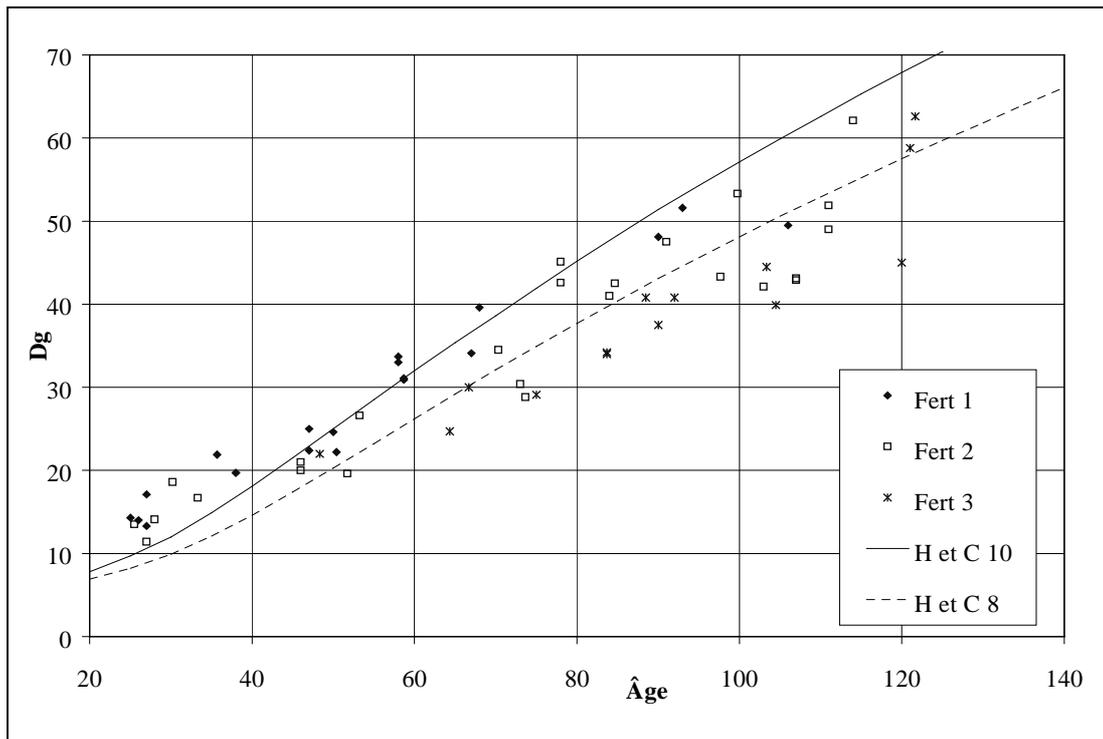
Ce type de graphique montre qu'il faut du temps pour changer de "sylviculture" et que pour les peuplements les plus âgés, tout changement doit être justifié. Il ne s'agira pas de décapitaliser les hêtraies sans espoir d'augmenter le volume total produit, ni de rendre les peuplements instables.

2. Analyse du diamètre moyen des peuplements.

Les tables de production d'Hamilton et Christie donnent l'évolution normale du diamètre moyen en fonction de l'âge du peuplement pour une sylviculture moyennement dynamique. Cette évolution est déclinée selon le niveau de fertilité des peuplements. Or la fertilité des peuplements picards atteint facilement la classe 10 d'Hamilton et Christie comme cela a été dit pour les hauteurs.

En replaçant les placettes par rapport à ces courbes, il est possible de voir les diamètres atteints actuellement avec la sylviculture présente pour les jeunes hêtraies et passée pour les hêtraies plus âgées.

Le graphique ci-dessous montre que les peuplements les plus âgés atteignent difficilement le diamètre de 50cm. Les objectifs actuels de 65 à 75cm à 90 ou 110 ans selon la fertilité sont assez éloignés des résultats actuels.



Graphique 8 : Positionnement des 52 placettes par rapport aux tables de production d'Hamilton et Christie

Pour les jeunes peuplements issus de plantation (entre 20 et 40 ans), les résultats sont très bons. S'ils poursuivent leur croissance, les objectifs actuels de la Picardie peuvent être atteints.

Après cette présentation générale, suit une description particulière des familles étudiées, pour lesquelles seront proposés des itinéraires sylvicoles.

B - Description par famille.

Ce paragraphe a pour but de préciser l'état initial des différentes familles de peuplements pour permettre ensuite de réfléchir sur les différents itinéraires envisageables pour chaque cas. Les données dendrométriques sont présentées "juste avant éclaircie" et moyennées sur l'ensemble des placettes de la famille.

1. Les jeunes peuplements (entre 20 et 40 ans).

Dans cette classe d'âge, il existe deux classes de fertilité et deux niveaux de RDI, soit quatre familles de peuplements au total. Ces peuplements sont très importants pour tester en entier de nouveaux itinéraires sylvicoles. Le tableau ci-dessous récapitule les moyennes des caractéristiques dendrométriques pour l'ensemble des placettes de chaque famille.

Tableau 4 : descriptif des familles de 20-40 ans.

	Fertilité 1		Fertilité 2	
	RDI faible	RDI fort	RDI faible	RDI fort
Nb placettes	3	3	3	2
Moyenne IF(100)*	40.6	41.9	36.0	34.3
Moyenne N/ha	692	1155	796	1507
Moyenne Do (cm)	27.3	25.6	25.3	22.1
Moyenne Dg (cm)	19.5	16.7	17.2	15.1
Moyenne G (m ² /ha)	19.1	24.3	17.7	22.9
Moyenne RDI	0.48	0.64	0.46	0.64

* IF(100) est l'indice de fertilité qui donne la hauteur dominante (m) du peuplement à 100 ans.

Ces quelques caractéristiques montrent qu'il existe des situations très différentes et que traiter tous ces peuplements de la même manière serait une erreur. Les densités initiales impliquent d'emblée de construire des itinéraires sylvicoles différents pour ne pas réduire trop brusquement la densité ou pour ne pas laisser perdre l'avance prise par le peuplement grâce à une sylviculture juvénile dynamique.

La comparaison des diamètres pour les familles à RDI plus ou moins fort doit encourager les gestionnaires à poursuivre la mise en place d'une sylviculture dynamique. Le cloisonnement, la désignation²¹, le marquage en réserve sont autant d'atouts pour l'avenir du peuplement, comme l'illustre la photo ci-dessous d'un peuplement pourtant encore de Rdi fort avant sa dernière éclaircie.



Photo 4 : Jeune peuplement cloisonné, avec désignation et élagage en forêt de Compiègne (Parc. 6372)

2. Les peuplements adultes (entre 40 et 80 ans).

Dans ces deux classes d'âge, les peuplements sont déjà bien formés et un changement de sylviculture doit se dérouler en douceur pour ne pas déstabiliser le peuplement ou perdre de la production.

²¹ sur les 11 placettes de 20-40 ans, 5 ont fait l'objet d'une désignation (en moyenne 100 tiges/ha).

Dans la classe d'âge 40-60 ans, trois placettes étaient martelées. En rentrant l'inventaire des tiges avant et après la coupe, trois placettes supplémentaires ont pu être créées. Celles-ci sont identiques aux précédentes mais virtuellement plus âgées d'une coupe. Ce type de placettes a permis de constater des natures d'éclaircies. Celles-ci sont en général assez fortes : le Kg est en moyenne²² supérieur à 0.8. Il s'agit d'éclaircies par le haut.

Le tableau suivant donne le récapitulatif pour les 4 familles de la classe d'âge 40-60 ans : selon les deux niveaux de Rdi et de fertilité. Une placette est classée en fertilité 3. Pour ce cas particulier, une famille n'est pas créée mais les scénarios de la fertilité 2 de même niveau de Rdi seront testés pour vérifier que les objectifs peuvent être également atteints avec cette placette. Celle-ci ne rentre donc pas dans le calcul des moyennes de caractéristiques des familles présentées ci-dessous.

Tableau 5 : descriptif des familles de 40-60 ans.

	Fertilité 1		Fertilité 2	
	RDI faible	RDI fort	RDI faible	RDI fort
Nb placettes	3	3	2	1
Moyenne IF(100)	39.9	41.7	33.8	36.6
Moyenne N/ha	396	471	547	443
Moyenne Do (cm)	36.1	39.5	29.0	40.1
Moyenne Dg (cm)	28.2	27.9	20.9	29.1
Moyenne G (m ² /ha)	23.8	27.6	18.8	29.4
Moyenne RDI	0.5	0.59	0.45	0.61

Les différences de sylviculture sont peu marquées dans cette classe d'âge mais les Rdi sont tout de même assez différents pour justifier cette classification. En effet, les peuplements de Rdi différents sont d'âges très proches : les écarts de Rdi ne peuvent donc être justifiés par un passage en coupe en plus ou en moins.

Deux placettes sur les 10 sont issues de plantation : elles sont dans la famille Fertilité 1 et Rdi faible. La placette de fertilité 2 et de Rdi fort est issue de régénération naturelle avec des compléments de plantation. Après avoir été longtemps peu éclaircie, elle vient de subir une très forte intervention. Le peuplement semble bien réagir et reste tout à fait stable. Cet exemple n'est qu'un cas particulier. Mais il montre qu'il est encore possible à cet âge d'intervenir fortement en un passage en coupe.

Pour les autres peuplements, leur régénération est naturelle : un retard à la croissance peut avoir eu lieu. Les peuplements de fertilités faibles, selon leur hauteur dominante actuelle, peuvent donc s'avérer meilleurs à l'avenir.

A partir de 60-80 ans, la fertilité 1 disparaît : seules deux placettes demeurent de ce niveau de fertilité. L'une est de Rdi fort, l'autre de Rdi faible. Aussi deux nouvelles familles ne sont pas créées mais elles seront remplacées par rapport aux itinéraires proposés pour les mêmes peuplements de 40-60 ans. Les deux autres niveaux de fertilité, plus répandus en Picardie, sont quant à eux plus particulièrement étudiés.

²² au total, 6 placettes étaient martelées. Les Kg sont : 0.91 – 0.77 – 0.62 – 0.74 – 0.97 et 0.93.

Les peuplements de 60-80 ans devraient s'approcher du diamètre d'exploitabilité. Ces peuplements semblent avoir connu une certaine dynamisation de leur sylviculture, ces dernières années, au vu des Rdi. Mais celle-ci est encore trop récente ou elle arrive trop tard dans le vie du peuplement pour se remarquer dans les résultats en diamètre des peuplements. Ainsi 3 familles apparaissent dans cette classe d'âge car il n'existe pas de fertilité 3 à fort Rdi. Le tableau suivant décrit ces trois familles.

Tableau 6 : descriptif des familles de 60-80 ans.

	Fertilité 2		Fertilité 3
	RDI faible	RDI fort	RDI faible
Nb placettes	2	3	3
Moyenne IF(100)	35.3	34.9	30.1
Moyenne N/ha	208	261	302
Moyenne Do (cm)	49.3	49.7	39.4
Moyenne Dg (cm)	40.7	39.0	30.8
Moyenne G (m ² /ha)	23.9	30.1	21.8
Moyenne RDI	0.44	0.55	0.44

Les moyennes de ce tableau masquent en partie la réalité. Les différences entre les peuplements de Rdi faible et de Rdi fort sont un peu estompées. En se reportant à la description exhaustive des placettes²³, des peuplements se distinguent, comme par exemple²⁴ :

Relevé n°54 : 128 tiges/ha Do = 54,6 cm et Dg = 49,2 cm pour les Rdi faibles, ou

Relevé n°33 : 327 tiges/ha Do = 46,2 cm et Dg = 33,3 cm pour les Rdi forts.

Ces deux cas sont plus typiques et plus tranchés. En travaillant sur de telles hêtraies, les objectifs de production et les itinéraires sylvicoles seront nettement différents. En effet, il existe des retards de croissance qu'il est impossible de résorber par la suite dans la conduite d'un peuplement.

Il reste à décrire les peuplements en âge d'être récoltés selon les objectifs du Guide picard.

3. Les peuplements âgés (entre 80 et 120 ans).

Ces peuplements sont intéressants pour faire le constat des résultats que donne la sylviculture passée. Pour la simulation, ces peuplements ne peuvent guère être améliorés mais ce travail permettra de voir ce que donneront ces peuplements vers 120 à 130 ans ou plus.

Dans la classe d'âge 80-100 ans, cinq familles se distinguent : quatre selon deux niveaux de fertilité et deux niveaux de Rdi. De plus, deux placettes de fertilité 1, de Rdi faible, seront traitées comme une famille à part car elles ne peuvent être comparées à des placettes plus jeunes. Ayant enregistré une toute autre sylviculture, elles ne peuvent rejoindre les itinéraires préconisés pour les mêmes peuplements, plus jeunes. La description de ces 5 familles est résumée dans le tableau suivant.

²³ cf. annexe 3 pour les données brutes et annexe 4 pour les données avant éclaircie.

²⁴ Données avant éclaircie.

Tableau 7 : descriptif des familles de 80-100 ans.

	Fertilité 1	Fertilité 2		Fertilité 3	
	RDI faible	RDI faible	RDI fort	RDI faible	RDI fort
Nb placettes	2	2	2	2	2
Moyenne IF(100)	38.4	34.8	36.6	30.6	30.1
Moyenne N/ha	122	156	216	206	237
Moyenne Do (cm)	58.6	53.9	53.1	46.8	54.4
Moyenne Dg (cm)	53.5	47.3	43.7	39.4	40.4
Moyenne G (m ² /ha)	27.3	27.0	32.6	23.9	30.3
Moyenne RDI	0.44	0.46	0.57	0.44	0.55

Les différences de diamètre observées ici ne sont pas dues uniquement à la conduite des peuplements : il y a de petits écarts d'âge. Or en quelques années, à cet âge-là, le diamètre dominant augmente de façon notable. D'un point de vue général, les diamètres des peuplements de meilleures fertilités sont encore loin du diamètre d'exploitabilité de 70 cm, à 90 ans. De même pour les peuplements de moins bonne fertilité, ils sont loin encore des 65cm à 110 ans. Ceci implique que ces peuplements nécessitent 30 ans et plus pour pouvoir être bien vendus. Les problèmes de cœur rouge et de bois tendu menacent donc ces peuplements.

Enfin les peuplements de 100-120 ans présentent le même type de résultat. Leur Rdi est assez faible car leur diamètre moyen l'est aussi. Cela ne révèle pas une sylviculture dynamique. Les peuplements se ressemblent assez en terme de diamètre en fonction de l'âge. Ceci pousse à penser que leur traitement a dû être similaire. Ainsi une seule classe de Rdi pour chaque fertilité sera considérée. Une placette, un peu exceptionnelle, est classée en fertilité 1. Elle doit représenter peu de peuplements en Picardie mais elle sera tout de même traitée comme une famille à part entière car son itinéraire ne peut être rattaché à celui d'aucune autre famille.

Tableau 8 : descriptif des familles de 100-120 ans.

	Fertilité 1	Fertilité 2	Fertilité 3
	RDI fort	RDI faible	RDI faible
Nb placettes	1	5	5
Moyenne IF(100)	41.5	34.6	29.6
Moyenne N/ha	208	141	147
Moyenne Do (cm)	57.4	57.3	57.0
Moyenne Dg (cm)	50.5	52.4	52.5
Moyenne G (m ² /ha)	41.7	28.7	29.1
Moyenne RDI	0.69	0.47	0.48

C - Bilan.

Ces résultats doivent être pris avec précaution car il s'agit de *moyennes* sur peu de peuplements. De même, les résultats que donnent les simulations de CAPSIS sont des résultats statistiquement *moyens*. Les résultats de CAPSIS sont utiles pour comparer des itinéraires, même s'il existerait un biais. Les prédictions qu'il calcule sont bonnes pour un type de peuplement, pour peu que la croissance simulée soit similaire à celle qui se réalise vraiment.

Pour cette raison, toutes les placettes inventoriées ne vont pas faire l'objet de recherche d'un scénario adapté à son cas particulier. Une placette par famille est élue pour représenter le type de peuplement. Sur cette placette, plusieurs scénarios sont comparés. Puis par souci d'étendre les résultats à tous les peuplements de cette famille, quelques scénarios préférés sont testés sur l'ensemble des placettes de la famille pour vérifier que les résultats sont concordants.

2.2. Choix des placettes de référence.

Ce paragraphe n'a qu'un but méthodologique. Le choix des placettes sert à diminuer le temps consacré aux simulations et à mieux cerner les scénarios moyens à proposer pour être applicables à tous les cas de figures que les familles de peuplements peuvent présenter.

A – Les critères de sélection.

Le choix des placettes de référence est raisonné. Ces placettes doivent représenter un peuplement "moyen" de la famille considérée. Dans la mesure du possible, elles se situent à la moyenne des classes d'âge, de fertilité et de Rdi étudiées.

Si les placettes sont similaires sur ces points, les plus pures en Hêtre ou celles n'appartenant pas à un dispositif de suivi de la STIR sont choisies car ces derniers peuplements peuvent avoir connu un itinéraire sylvicole différent de la gestion locale²⁵.

B – Récapitulatif et exemple des placettes choisies.

Le tableau suivant donne les caractéristiques 1999 des placettes sélectionnées. Le nom des placettes est constitué par des lettres indiquant le massif forestier d'origine²⁶ et par un nombre en fonction de la chronologie des relevés. Les trois colonnes suivant le nom du relevé indiquent la famille représentée par cette placette (âge, fertilité et RDI).

Tableau 9 : Récapitulatif des données brutes des placettes de référence.

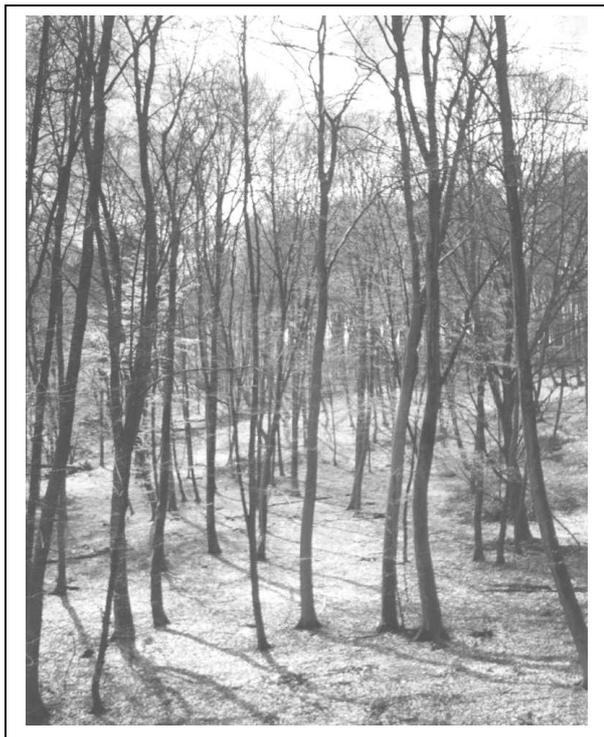
Relevé	Age	Fert	RDI*	Ho	% hêtre	N	surf	N/ha	N°parc	Do	Dg	G	V	RDI brut	Kp	IF(100)
CO7	26	1	0.50	15.8	99.4%	101	10.52	960	6402	21.5	14	14.8	101.9	0.42	58.413	41.0
CO47	25	1	0.65	16.0	98.2%	121	10.05	1204	7451	22.7	14.3	19.4	132.2	0.55	61.295	43.0
CO10	28	2	0.47	14.9	83.1%	109	10.88	1002	1432	23.8	14.1	15.7	102	0.45	51.849	36.4
HA16	33	2	0.59	17	98.6%	93	10.89	854	201	22.4	16.7	18.8	145	0.5	51.219	35.9
HA14	47	1	0.50	23.3	100%	120	25	480	71	29	22.4	18.9	199.9	0.44	53.796	37.8
R52	50	1	0.59	26.6	100%	74	16	463	920	32.3	24.6	22	262.5	0.49	58.673	41.2
CO3	52	2	0.45	22.2	100%	131	24	546	6294	27.5	19.6	16.4	162.9	0.41	47.800	33.5
R32	53	2	0.61	24.8	92.3%	101	22.8	443	455	36.3	26.6	24.6	275	0.53	52.212	36.6
HA31	74	2	0.47	28.3	91.1%	72	25	288	153	39.1	28.8	18.7	235.5	0.39	47.917	33.6
SG33	73	2	0.56	28.1	82.0%	49	15	327	2170	41.8	30.4	23.6	296	0.48	47.848	33.6

²⁵ même si les placettes ainsi réutilisées sont toutes des placettes connues pour être gérées normalement comme dans la gestion locale des autres peuplements de la forêt.

²⁶ CO : Compiègne, R : Retz, HA : Halatte, HF : Hez-Froidmont, SG : St-Gobain, L : Laigue, CR : Crécy, CH : Chantilly et ERM : Ermenonville.

Relevé	Age	Fert	RDI*	Ho	% hêtre	N	surf	N/ha	N°parc	Do	Dg	G	V	RDI brut	Kp	IF(100)
IHF23	64	3	0.48	23.0	90.5%	90	23.4	385	193	33.9	24.7	18.5	192.4	0.41	42.585	29.9
R25	90	1	0.45	36.3	86.3%	33	25	132	620	54	48.1	24	376.6	0.4	54.714	38.4
CO5	91	2	0.45	34.6	87.6%	34	25	136	7480	53.6	47.5	24.1	363.1	0.41	51.886	36.4
R18	85	2	0.62	33.7	97.8%	56	25	224	107	52.4	42.5	31.8	470.7	0.56	52.521	36.9
SG50	89	3	0.42	29.0	98.5%	39	25	156	2182	46.2	40.8	20.4	265.8	0.37	44.172	31.0
CO20	90	3	0.54	29.3	97.3%	60	25	240	141	47.1	37.5	26.6	347.4	0.5	44.113	31.0
CO9	106	1	0.69	42.7	100%	52	25	208	5231	56.2	49.5	40.1	731	0.67	59.062	41.5
HF22	111	2	0.50	35.8	81.0%	38	25	152	201	54.5	49	28.6	447	0.48	48.424	34.0
CO6	105	3	0.52	30.0	91.8%	55	25	220	2501	50.7	39.9	27.5	365.5	0.5	41.736	29.3

* RDI calculé avant éclaircie pour classer les placettes.



Les données surlignées dans le tableau font référence à une hêtraie très pure, en forêt de Retz. Elle représente les peuplements de 80 à 100 ans, de fertilité 2 et de Rdi fort.

Cette placette illustrée ci-contre est composée de hêtres élancés, assez serrés. A 85 ans, le diamètre dominant est de 52 cm alors que l'objectif à atteindre pour cette fertilité est de 70 à 75 cm à 80-100 ans, selon le Guide picard.

Photo 5 : Peuplement monospécifique de Hêtre en forêt de Retz.

Les placettes présentées dans cette partie vont servir de support pour tester le maximum d'itinéraires sylvicoles. Les étapes logiques de cette étude sont :

- 1/ trouver des itinéraires adaptés et les comparer selon plusieurs critères,
- 2/ les comparer à ce qui est prescrit dans le guide de sylviculture de Picardie.

L'objectif est de hiérarchiser les itinéraires proposés principalement en terme de production atteinte (en diamètre dominant final, en volumes finaux et éclaircis). Puis selon les différentes contraintes de l'aménagiste, celui-ci pourra choisir l'itinéraire préférable pour son cas et la manière de le mettre en œuvre. La partie suivante présente comment un scénario sylvicole peut être défini.

2.3. Quels scénarios sylvicoles?

Un scénario sylvicole est une suite de phases de croissance et d'éclaircies. Pour connaître le moment où l'éclaircie doit être déclenchée, une solution est de suivre une norme. Celle-ci donne un guide de conduite du peuplement et le scénario sylvicole est une manière de suivre ce guide par une suite de "marches d'escalier" que le peuplement franchit au fil des coupes. Chaque "marche" est caractérisée par sa

longueur : le temps de rotation des éclaircies et par sa hauteur : l'intensité des interventions. Les scénarios simulés font varier ces deux paramètres mais dans une limite raisonnable. Par exemple, les volumes éclaircis à chaque coupe n'atteignent jamais 100 m³/ha et les rotations restent cohérentes. Ainsi les scénarios testés pourront être applicables dans le contexte des aménagements actuels. Les paragraphes suivants présentent les itinéraires testés.

A – Les normes connues en France.

Ces normes sont les normes du bulletin technique n° 31. Il en existe trois mais seules les deux plus fertiles NI et NII²⁷ peuvent correspondre à des fertilités picardes. La norme NI doit s'appliquer aux peuplements les plus fertiles de France, qui atteignent 32 m à 100 ans selon le bulletin technique et la norme NII doit s'appliquer aux peuplements de 27 m à 100 ans. La norme NI correspond à une fertilité limite entre les fertilités 2 et 3 en Picardie mais puisqu'elle est préconisée pour les meilleures fertilités de France, il est plus logique de la tester pour les fertilités 2 de Picardie et la norme NII pour les fertilités 3. Ceci n'est pas toujours possible car certaines familles de peuplement ont des densités trop fortes pour être ramenées à ces normes. Le test de ces normes est nécessaire à titre de comparaison nationale car ces normes sont préconisées pour l'ensemble de la France. Mais les fertilités n'étant pas bien correspondantes, il est difficile de suivre les recommandations du BT31²⁸ en Picardie.

B – Les normes picardes.

Ces normes sont la N4 d'Oswald et la N5²⁹. Celles-ci sont testées afin de juger les préconisations du guide picard par rapport aux autres itinéraires simulés. Dans la mesure du possible en fonction de la densité des peuplements, la norme N4 est testée pour les placettes de fertilité 2 et la norme N5 pour les fertilités 3. Le Guide picard ne prévoit pas le cas de la fertilité 1. Aussi la norme N3 a été choisie pour être testée selon l'esprit du Guide picard. Enfin, beaucoup de peuplements de plus de 60 ans ne peuvent rattrapés la norme préconisée et donc ce sont les indications de prélèvement du Guide picard qui ont été testées pour ces cas.

C – Autres itinéraires testés.

Certains jeunes peuplements de 20-40 ans, issus de plantation et/ou ayant subi une sylviculture juvénile dynamique, sont en dessous des normes qui leur sont préconisées. Pour éviter de perdre une avance gagnée et tenter de réduire la durée de révolution, un itinéraire est créé spécialement pour ces peuplements. Il suit une droite qui joint le point moyen de la famille après une éclaircie à l'objectif final du peuplement selon la norme N4 pour les fertilités 1 et la norme N5 pour les fertilités 2. Comme ces itinéraires suivent les normes "par en dessous", ils sont nommés "N4BIS" et "N5BIS".

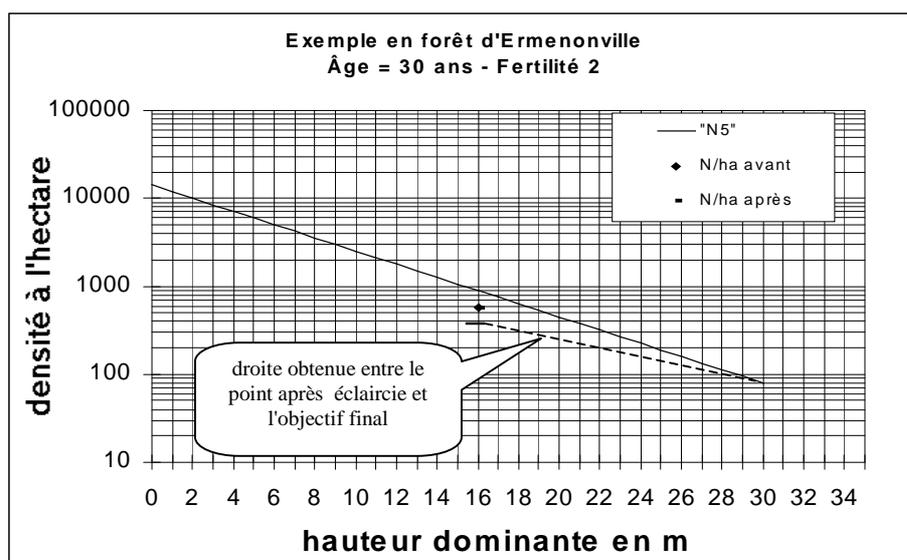
L'illustration ci-dessous montre que cet itinéraire prolonge la sylviculture passée et arrive lentement aux mêmes densités finales que la norme. Cet itinéraire a

²⁷ voir représentation de ces normes au paragraphe 2.1.A.

²⁸ Bulletin technique n°31.

²⁹ voir représentation de ces normes au paragraphe 2.1.A.

pour avantage de concentrer la production du peuplement très vite sur quelques arbres qui sont les arbres objectifs du peuplement.



Graphique 9 : Illustration de la N5BIS

D'autres itinéraires sont envisagés aussi : certains conservent un niveau de surface terrière pour garder un niveau de concurrence bas. Par exemple, pour les peuplements de 20-40 ans à faible Rdi, un itinéraire maintenant la surface terrière entre 12 et 15 m² jusqu'à 50 ans et entre 15 et 17m² par la suite, en s'arrêtant à 75 tiges/ha a été testé. D'autres encore sont définis en fonction d'un volume éclairci et d'une rotation, courants en Picardie. Ainsi le T50 est un itinéraire créé en appliquant au peuplement une coupe de 50 m³ tous les 10 ans.

En dernière remarque sur la présentation des ces normes, il faut noter que les densités annoncées par ces normes font référence à l'étage principal du peuplement. Or au fil de la simulation, des arbres ne poussent plus et ils sont dominés. Ces arbres doivent être enlevés dans l'histogramme des classes de diamètre pour éviter de compter ces arbres dans l'étage principal. Dans la réalité, ces arbres ne sont pas coupés. C'est pourquoi ils ne sont pas à considérer comme des prélèvements de l'itinéraire testé. Ils sont enlevés virtuellement pour "vider" le peuplement de ces arbres pour qu'ils n'interviennent pas dans le calcul des caractéristiques dendrométriques du peuplement. De façon pratique, il faut un critère pour juger quels arbres sont à éliminer. CAPSIS montre les classes de diamètre qui ne poussent plus. Eliminer tous les arbres de ces classes est excessif car parmi ces arbres certains peuvent se remettre à pousser plus tard dans la simulation et certains jouent dans la réalité un rôle de concurrence, au moins en terme de concurrence au sol. Ainsi, un critère de diamètre minimum a été élaboré par J.F. Dhôte. Il s'agit d'une formule issue d'une régression sur plusieurs placettes de suivi de Hêtraies :

$$D_{min} = D_o (110 + 3 \times \text{âge}) / 1000.$$

Tous les arbres de diamètre inférieur à cette limite sont donc à supprimer de l'histogramme des diamètres avant chaque éclaircie simulée.

Les résultats des simulations sont donnés dans la partie suivante. Ils sont présentés de façon précise pour chaque famille de peuplements.

Partie III. Les itinéraires sylvicoles proposés.

Les itinéraires testés sur les placettes de référence sont comparés entre eux de manière relative selon 3 critères. Leurs résultats absolus doivent être considérés avec prudence car la précision des prédictions du modèle est inconnue. Avec les autres placettes de chaque famille, il est possible de :

- confirmer les comparaisons de quelques scénarios d'une part
- et d'autre part, de donner une fourchette de résultats, variant en fonction des particularités de chaque placette.

Cette fourchette peut alors être comparée aux objectifs du Guide picard.

Les parties suivantes présentent pour chaque famille ces deux types de comparaisons : relatives et absolues. Comme des résultats sont communs entre les familles d'une même classe d'âge, ils sont regroupés pour être présentés.

3.1. Les itinéraires "idéaux" pour les jeunes peuplements.

Par opposition aux itinéraires de rattrapage, ces itinéraires suivent une norme de bout en bout de la révolution ou presque. De la 1^{ère} éclaircie à la récolte pour les plus jeunes peuplements, l'itinéraire testé suit la norme et pour les autres jeunes peuplements, la norme est rattrapée en une rotation au maximum. Ils concernent les peuplements de moins de 60 ans. Les résultats pour les deux classes d'âge visées (20-40 et 40-60 ans) sont nettement différents. Aussi sont-ils présentés séparément.

A – La vaste gamme de choix pour les 20-40 ans.

Le premier résultat pour ces familles de peuplements est de constater que toutes les normes préconisées peuvent leur être appliquées. Aussi les comparaisons sont-elles nombreuses. Le paragraphe suivant synthétise les avantages et les inconvénients de chaque itinéraire testé. Puis une conclusion sera donnée sur les résultats atteints, par rapport au Guide picard.

1. Comparaisons des itinéraires testés pour chaque famille de 20-40 ans.

Cas des peuplements de Fertilité 1 – Rdi faible :

Il s'agit du cas le plus favorable. Le peuplement réagit très bien aux éclaircies, surtout s'il est plus proche de 20 que de 40 ans. Dans ce cas, ont été testées :

- la N3 : pour respecter l'esprit du Guide picard qui ne prévoit pas ce niveau de fertilité,
- la N4 et la NI : car ce sont les normes préconisées en Picardie et en France pour les plus fortes fertilités, même si ces plus fortes fertilités correspondent à la fertilité 2 de ce rapport,
- la N4BIS : poursuivant la sylviculture dynamique juvénile, comme elle l'est présentée au paragraphe 2.3.C.
- une sylviculture nommée G, définie par la surface terrière :
 - G entre 12 et 15 m² jusqu'à 50 ans
 - G entre 17 et 20 m² au delà.

- Les 3 critères de comparaisons des scénarios entre eux sont :
- le diamètre final obtenu et les volumes produits,
 - la stabilité du peuplement,
 - la régularité des accroissements.

Pour cela, chaque scénario peut être examiné grâce au tableau d'évolution du peuplement que donne CAPSIS. L'annexe 5 rassemble tous ces tableaux pour les 19 placettes de référence. Sur ces tableaux figurent les "pré-éclaircies" qui servent à supprimer les petites tiges de la description du peuplement. Comme le paragraphe 2.3.C. le souligne en dernière remarque, ce ne sont donc pas de véritables éclaircies : dans la réalité, ces tiges sont laissées.

Une synthèse de ces tableaux est représentée en annexe 6, sous la forme d'un tableau récapitulatif qui aide à la comparaison selon le premier critère. En annexe 7, se trouve ce même récapitulatif mais pour les autres placettes, servant à la confirmation des résultats.

A titre d'illustration de ma méthode de comparaison, le tableau suivant est un extrait de l'annexe 6, donnant les résultats des itinéraires testés sur le peuplement de référence 20-40 ans, de fertilité 1 et de Rdi faible.

Classe d'âge	20-40					
Fertilité	1					
RDI	faible					
Itinéraire	T0	N3	N4	NI	N4bis	G
Age dern écl (ans)	24	85	74	66	75	59
Age final (ans)	90	90	90	90	90	90
N final /ha	352	76	76	76	76	76
Do final (cm)	57.3	69.1	71.4	74.7	78.7	79.8
Vol final (m ³ /ha)	959	455	480	513	590	539
Vol tot (m ³ /ha)	1146	955	901	862	911	829
Vo final (m ³)	4.32	6.03	6.37	6.8	7.75	7.91

Tableau 10 : Récapitulatif des résultats pour la placette "CO7".

Sur ce tableau, tous les scénarios testés sont représentés. "To" est le scénario témoin où le peuplement ne subit plus aucune coupe jusqu'à la fin. Cet itinéraire n'a pas de sens dans la réalité mais cette simulation permet de juger du volume maximal que le peuplement peut produire (Vol tot dans le tableau). Le diamètre final peut être comparé directement entre les différents scénarios sauf pour le To car tous ont la même densité au même âge sauf To. Les tableaux pour les deux autres placettes de cette famille sont à l'annexe 7.

Ainsi en terme de *diamètre moyen du peuplement final* avec la même densité finale, comparé à un même âge (90 ans), les meilleurs résultats sont toujours obtenus avec le scénario G, quelles que soient les placettes de cette famille.

Ce scénario a pour avantage d'être très *productif* : vers 60 ans, la dernière éclaircie amène le peuplement à 75 tiges/ha et la coupe finale peut être envisagée à 75 ans avec un diamètre moyen de 70 cm ou 80 ans pour un diamètre de 75 cm. En volume total produit, il y a une petite baisse. En effet, les produits intermédiaires sont de faibles volumes car beaucoup de tiges sont coupées à un faible diamètre.

Cependant, le volume final du peuplement est plus fort et au vu du volume unitaire V_0 , ce volume final peut davantage être valorisé.

En regardant les volumes produits, le scénario N4bis se fait également remarquer. Pour synthétiser la comparaison de ce premier critère, un classement brutal peut être donné :

$$G \# N4bis > NI > N4 \# N3.$$

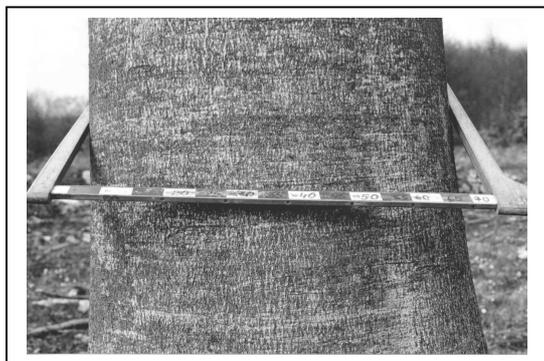


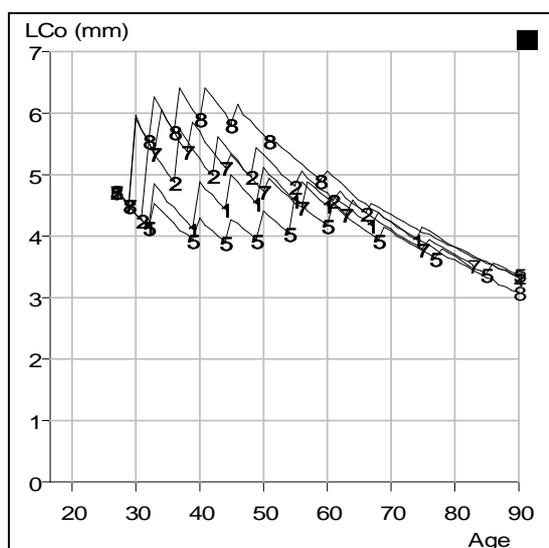
Photo 6 : Un gros diamètre 70 en forêt de Compiègne mais tous ses voisins ont succombé à la tempête de 99...

Par ailleurs, les deux itinéraires G et N4bis réduisent fortement la densité dans le jeune âge. Aussi la *stabilité du peuplement* est-elle meilleure par la suite. En effet, le rapport Hg/Dg^{30} semble montrer des différences importantes entre les scénarios, comme le révèle le tableau ci-dessous. En effet, si les coupes sont uniquement faites au profit des plus grosses et plus belles tiges, le reste est ôté. De fait, la stabilité est plus grande. Dans ce cas, la part des produits intermédiaires dans le résultat total des recettes est faible : presque toute la recette se fait à la coupe du peuplement final.

Scénario	N3	N4	NI	N4bis	G
Hg/Dg à 50 ans	90	85	75	70	60

Tableau 11 : Exemple des données sur la stabilité du peuplement CO7 selon les différents scénarios.

Là encore, le même classement est observé avec l'avantage pour le scénario G. Seulement cet itinéraire a le désavantage de produire des bois à *largeur de cernes* assez irrégulière, comme l'illustre l'exemple³¹ de la placette de référence CO7. Cette observation se retrouve également pour les autres placettes.



8 : G
7 : N4bis
2 : NI
1 : N4
5 : N3

Graphique 10 : Exemple de l'évolution des largeurs de cernes des arbres dominants pour la placette CO7.

³⁰ Hauteur de l'arbre moyen en surface terrière / Diamètre de l'arbre moyen en surface terrière.

³¹ L'annexe 8 rassemble les graphiques de largeur de cernes pour toutes les placettes de référence.

Puisque la régularité des accroissements est un caractère à ne pas négliger, ce scénario G n'est pas forcément le meilleur. De plus, effectuer la dernière éclaircie à 60 ans, avec de fréquents passages en coupe comme le montre le tableau d'évolution de cet itinéraire n'est pas forcément très adapté aux aménagements actuels.

Le scénario N4BIS est assez proche du scénario G. Mais la différence est que les prélèvements s'étalent un peu plus vers la fin. Ainsi la dernière éclaircie est réalisée vers le même âge (75 ans) que pour les autres scénarios tels que la norme N3 ou la N4. En terme de *stabilité*, cet itinéraire est avantageux aussi (Hg/Dg à 50 ans de 70) et en ce qui concerne la régularité des cernes, il est également bon : le même niveau d'accroissement est maintenu comme pour la N4 ou la N3. Tout comme le scénario G, la N4BIS prélève beaucoup de tiges dans le jeune âge au profit des tiges d'avenir, celles du peuplement final.

Pour comparer plus précisément la N3 à la N4BIS³², il serait intéressant de chiffrer les recettes des produits intermédiaires, plus importants pour la N3, avec la recette de la coupe du peuplement final, plus importante pour la N4BIS. Cette question sort du sujet de l'étude puisque ces comparaisons ne sont plus sur le plan sylvicole.

Toutefois, un rapide calcul pourra donner une ouverture à cette étude pour être prolongée par une analyse plus financière. Pour cela, les prix de vente 1999 sur le massif de Retz ont été utilisés pour avoir une relation entre le volume unitaire d'une coupe Vo et le prix unitaire de cette coupe. Le choix de Retz a été fait pour avoir des prix correspondant à des hêtres de bonne qualité. En effet, la coupe du peuplement final étant prévue dans les deux scénarios à 90 ans, les bois vendus alors devrait comporter une moindre proportion de cœur rouge³³ et donc être bien valorisés. En utilisant donc cette grille de prix, la recette totale obtenue avec la N4BIS (produits intermédiaires compris) est de 200 000 F/ha plus importante qu'avec le scénario N3 testé sur le même peuplement, en l'occurrence CO7. Ce résultat est entaché d'erreurs. La première est que le volume moyen unitaire de la coupe n'est pas forcément un volume à découpe 7, comme le donne CAPSIS. Donc le prix des coupes de gros volumes unitaires est surestimé. La seconde erreur vient du fait que les coupes réalisées antérieurement à la coupe finale devraient voir leur prix actualisé pour pouvoir être additionné à la recette de la dernière coupe. Ces erreurs peuvent être levées avec un certain temps de travail non imparti à cette étude. Seulement, il est raisonnable de penser qu'une différence de recette totale demeurera après rectification entre la N3 et la N4BIS.

A l'issue de cette partie, il semble que le scénario NI ne ressorte pas, et que la N4bis est préférable à la N3. Le Guide picard pourrait donc conseiller la N4bis pour les peuplements de cette famille.

Pour cette famille, la méthodologie a été développée pour comprendre l'origine des conclusions. Afin de ne pas alourdir la lecture de ce rapport, les résultats pour les familles suivantes sont présentés sans exemple de placette précise. Cependant, toutes les données qui amènent ces résultats sont dans les annexes 5, 6, 7 et 8.

³² Cette comparaison est intéressante car ces deux scénarios ont des prélèvements très différents.

³³ Cette idée repose sur l'hypothèse que le cœur rouge est lié à l'âge. Une étude menée à la STIR Nord Ouest est en cours sur ce sujet.

Cas des peuplements de Fertilité 1 – Rdi fort :

Les itinéraires testés pour ce cas sont les mêmes que précédemment mais le scénario G a été adapté à leur niveau de Rdi. Plus précisément, la surface terrière est maintenue à :

G entre 15 et 20 m² jusqu'à 50 ans

G entre 17 et 22 m² au delà.

Les résultats sont semblables à ceux des peuplements de Rdi faible, aussi bien les comparaisons entre scénarios que les diamètres atteints par les peuplements finaux. Néanmoins si la densité initiale est vraiment trop forte, la différence de diamètre final entre la N3 et la N4BIS peut être moindre car le peuplement peut avoir du mal à réagir. Cela a été observé pour une placette sur les trois de cette famille. Toutefois, les deux autres placettes montrent que même avec un fort Rdi, il est possible d'arriver aux mêmes peuplements finaux. Aussi le retard pris par ces peuplements peut-il être comblé au moyen d'éclaircies réduisant le plus tôt possible la densité du peuplement et ainsi permettant une croissance en diamètre plus forte.

En conclusion, le scénario N4bis est encore le meilleur mais il existe un risque pour que la différence avec les autres scénarios ne soit pas si forte, dans le cas où la densité initiale est très forte. Cette difficulté pour les peuplements à Rdi fort montre qu'il est préférable de chercher à obtenir des peuplements de Rdi faible dès le jeune âge, dans la limite du coût que les travaux occasionnent.

Cas des peuplements de Fertilité 2 – Rdi faible et fort :

Dans ce cas, ont été testé :

- la N4 et la NI : recommandée en Picardie et en France pour ces fertilités,
- la N5 : comme sylviculture plus dynamique,
- la N5BIS : poursuivant la sylviculture dynamique juvénile, comme elle l'est présentée au paragraphe 2.3.C.
- la NII également car elle représente la sylviculture G définie par la surface terrière comme pour les fertilités 1, soit environ :

G entre 12 et 15 m² jusqu'à 50 ans

G entre 17 et 20 m² au delà.

Les comparaisons d'itinéraires révèlent le même gradient entre la N4, la N5BIS et la G que celui pour les fertilités 1 entre la N3, la N4BIS et la G. Les différences entre les deux fertilités et les deux niveaux de Rdi sont dans le peuplement final obtenu et non dans les comparaisons d'itinéraires. Les fertilités 2 ont des résultats plus faibles que les fertilités 1 et les Rdi forts de la fertilité 2 ont un retard qu'ils ne comblent pas par la suite. La partie suivante chiffre ce constat en comparant les résultats aux objectifs du Guide picard.

2. Rectifications possibles du Guide picard.

Plusieurs informations et recommandations du Guide picard peuvent être confirmées ou infirmées par les simulations réalisées :

1/ la description des fertilités,

2/ les recommandations pour les jeunes peuplements,

- 3/ les objectifs annoncés en diamètre moyen à un âge donné,
- 4/ les recommandations pour les peuplements adultes.

Sur le premier point, il manque dans le Guide picard les fertilités 1, celles qui atteignent 40 m à 100 ans. Celles-ci ne sont pas si rares surtout dans les jeunes peuplements car il fut plus facile de trouver ce niveau de fertilité que les plus bas pour réaliser les placettes de cette étude. De plus, au cas où le modèle surestimerait la fertilité des jeunes peuplements, le plan d'échantillonnage présente tout de même 2 placettes de 60-80 ans, 2 de 80-100 ans et 1 de 100-120 ans dans cette fertilité.

Sur le deuxième point, les recommandations pour les peuplements de moins de 15 m sont validées par la description des peuplements de 20-40 ans faite dans ce rapport. En effet, les peuplements à Rdi faible le sont par la main du forestier qui les gère. Comme un retard irrattrapable survient pour les peuplements de fertilités 2 et de Rdi fort dès cet âge, les forestiers ne peuvent qu'être encouragés à travailler les peuplements le plus tôt possible.

Pour le troisième et le quatrième point, le tableau ci-dessous rappelle les objectifs à atteindre selon le Guide picard pour les deux niveaux de fertilité, appelés dans cette étude fertilités "2" et "3" et les normes recommandées pour y parvenir.

Fertilité	Age d'exploitabilité	Diamètre	Densité	Norme préconisée
2	90 ans (80-100 ans)	70-75 cm	75 tiges/ha	N4
3	110 ans (100-120 ans)	65-70 cm	80 tiges/ha	N5

Tableau 12 : Objectifs du Guide picard.

Comme le montrent les tableaux récapitulatifs des simulations aux annexes 6 et 7, les diamètres finaux pour les fertilités 1 de Rdi faibles ou forts³⁴ sont :

- avec la G : 80 cm à 90 ans,
- avec la N4BIS : 75 à 80 cm à 90 ans, sauf si densité forte³⁵,
- avec la N3 et la N4 : 70 cm à 90 ans.

En conclusion, avec la N3, les résultats de la fertilité 1 n'atteignent que tout juste les objectifs visés pour la fertilité 2. Seuls les itinéraires G et N4BIS peuvent prétendre les dépasser.

Les résultats pour les fertilités 2, de Rdi faible ou fort sont³⁶ :

- avec la NI et la N5BIS : 75 cm à 100 ans (sauf si histogramme des diamètres dissymétrique à gauche : 70 cm à 100 ans car retard non rattrapé),
- avec la N4 et la N5 : 65 à 70 cm à 100 ans,
- et avec la NII=G : 70 à 75 cm à 100 ans.

Les objectifs du Guide picard peuvent donc être atteints mais avec une NI ou une N5BIS et non avec une N4. A 100 ans, celle-ci amène tout de même à un diamètre pouvant être bien valorisé. Une condition nécessaire est de tenir un certain rythme de prélèvements pour que la révolution du peuplement ne dépasse pas 100 ans et que les hêtres soient vendus sans trop de cœur rouge.

³⁴ avec une densité égale pour chaque placette d'environ 75 tiges/ha au final.

³⁵ Le diamètre peut alors être réduit à 70 cm à 90 ans.

³⁶ avec une densité égale pour chaque placette d'environ 80 tiges/ha au final.

B – La gamme de choix plus restreinte pour les 40-60 ans.

Les quatre familles de cette classe d'âge sont de fertilités 1 ou 2 et de Rdi faible ou fort. Dans tous les cas, les peuplements sont proches de la norme préconisée ou déjà bien au dessus, mais jamais bien en dessous. C'est pourquoi les scénarios N4BIS et N5BIS ne peuvent avoir de sens pour ces peuplements. Ils ne peuvent être testés : s'ils étaient créés, ils seraient semblables à la N4 et N5. Par ailleurs, certaines placettes de ces familles ne peuvent plus rattraper la norme préconisée dans le BT31 pour ces cas. Ainsi le choix de l'itinéraire pour ces peuplements est de plus en plus contraint.

1. Comparaisons des itinéraires testés pour chaque famille de 40-60 ans.

Cas des peuplements de Fertilité 1 – Rdi faible :

Dans ce cas, ont été testé :

- la N3 : pour rester dans l'esprit des recommandations du Guide picard,
- la N4 et la NI : comme sylviculture plus dynamique, quand cela est possible, mais ces normes sont préconisée par le Guide picard et le BT31 à des peuplements de fertilité "1" plus faible que celle étudiée ici
- et le scénario G, défini par : G comprise entre 15 et 20 m² jusqu'à ce que la densité finale soit atteinte.

Le résultat des *diamètres finaux* met en avant les scénarios NI et G. Seulement, la norme NI n'est pas toujours applicable pour les peuplements de forte densité et plus près de 60 ans que de 40 ans. Les normes N4 et N3 sont directement applicables ou très vite rattrapées mais les diamètres finaux à 100 ans sont inférieurs d'une à deux classes de diamètre par rapport à la G. En remarque, le scénario G n'est pas un scénario à prélèvements brutaux : il suit les mêmes "marches" de prélèvements au début que le scénario N4 pour rattraper cette norme.

En terme de *régularité des cerne*s, tous les scénarios sauf la NI se valent. L'accroissement d'un cerne varie sur la révolution de 3 à 4.5 mm. Tandis que la NI produit des cerne de 5 mm qui passent plus brutalement à 3 mm.

En terme de *stabilité*, la comparaison des rapports Hg/Dg à 70 ans montre un gradient entre N3 (=85) puis N4 (=75) et enfin NI ou G (=70). Ce constat met à part la N3 pour l'instabilité des peuplements qu'elle produit.

Pour synthétiser, le scénario G est applicable aux peuplements de cette famille, facile à mettre en œuvre et aussi le plus efficace en diamètre final obtenu. Aussi peut-il être conseillé pour cette famille à la place de la N4, dans le Guide picard.

Cas des peuplements de Fertilité 1 – Rdi fort :

La différence avec le cas précédent est que la NI est inenvisageable pour cette famille. Sinon, les résultats concernant la N4, la N3 et G sont très semblables sauf que les scénarios N4 et G sont encore plus proches. Pour toutes les raisons vues précédemment, ces itinéraires semblent être les mieux adaptés et les plus intéressants pour cette famille aussi.

Cas des peuplements de Fertilité 2 – Rdi faible ou fort :

Les itinéraires testés et les résultats comparatifs sont les mêmes d'où cette présentation commune des conclusions pour ces deux familles. La fertilité 2 correspond au meilleur niveau de fertilité annoncé par le BT31 et le Guide picard. Ainsi selon leurs recommandations, les normes N4 et NI ont été testées pour ces familles. Le scénario G, défini comme pour la fertilité 1 (G entre 15 et 20 m²), doit être adapté. Or en observant l'évolution de la surface terrière pour le scénario NI, celle-ci semble déjà bien adaptée : G entre 13 et 17 m² jusqu'à 70 ans et G entre 16 et 19 m² jusqu'à obtention de la densité finale. Aussi la norme NI représente-t-elle le scénario G qui devrait être testé.

L'itinéraire NI ou G est le meilleur en terme de diamètre final, en terme de stabilité et semblable à la N4 en terme de régularité de cernes. Pour l'application pratique, le scénario défini par la surface terrière est plus facilement contrôlable. Le paragraphe suivant montre le résultat chiffré des scénarios selon la famille considérée et en comparaison avec le Guide picard.

2. Résultats s'éloignant des objectifs du Guide picard.

Le tableau ci-dessous rappelle les objectifs à atteindre selon le Guide picard pour les deux niveaux de fertilité, appelés dans cette étude fertilités "2" et "3" et les normes recommandées pour y parvenir.

Fertilité	Age d'exploitabilité	Diamètre	Densité	Norme préconisée
2	90 ans (80-100 ans)	70-75 cm	75 tiges/ha	N4
3	110 ans (100-120 ans)	65-70 cm	80 tiges/ha	N5

Tableau 12 : Objectifs du Guide picard.

Comme le montrent les tableaux récapitulatifs des simulations aux annexes 6 et 7, les diamètres finaux pour les hêtraies de *fertilité 1* et de Rdi faibles ou forts³⁷ sont :

- avec la NI (quand c'est possible) et la N4 : 70 cm à 100 ans,
- avec la G : 70 cm à 100 ans, voire 75 cm si l'âge du peuplement est plus près de 40 ans que de 60 ans et que le Rdi est faible,
- avec la N3 : 65 cm à 100 ans.

Les résultats de la N4 et de la G approchent donc des objectifs de la meilleure fertilité du Guide picard, qui est en dessous de ce niveau de fertilité étudié.

Les simulations pour les peuplements de *fertilité 2* et de Rdi faibles ou forts³⁸ aboutissent à :

- avec la N4, recommandée par le Guide picard : 60 à 65 cm à 110 ans,
- avec la NI=G : 65 à 70 cm à 110 ans.

Et pour les peuplements de Rdi fort, avec beaucoup de tiges à diamètre fort par héritage du passé du peuplement, il est possible d'espérer :

- avec la N4 : 70 cm à 110 ans,
- avec la NI=G : 75 cm à 110 ans.

Il existe donc un retard de ces peuplements irrattrapable car malgré leur fertilité, ils ne rejoignent pas les résultats des peuplements de 20-40 ans de même fertilité.

³⁷ avec une densité égale pour chaque placette d'environ 75 tiges/ha au final.

³⁸ avec une densité égale pour chaque placette d'environ 80 tiges/ha au final.

Ces retards sont de plus en plus accentués avec l'âge du peuplement comme la partie suivante va le montrer. Les itinéraires de rattrapage ne sont donc plus à comparer aux objectifs du Guide picard. Les résultats chiffrés sont donc directement annoncés avec les comparaisons d'itinéraires.

3.2. Les itinéraires de rattrapage.

Ces itinéraires concernent toutes les hêtraies de plus de 60 ans. Dans le Guide picard, des indications de rattrapage sont données pour ces peuplements au dessus des normes recommandées.

A - Des différences faibles entre les itinéraires pour les peuplements de 60-80 ans.

Les *itinéraires testés* pour cette classe d'âge sont :

- la NI recommandée par le BT31 pour la fertilité 2 ou la NII pour la fertilité 3, si le rattrapage de ces normes est possible,
- la N4 recommandée par le Guide picard pour la fertilité 2 ou la N5 pour la fertilité 3, avec un rattrapage plus ou moins long comme cela est prescrit au paragraphe C2³⁹ du Guide,
- un dernier itinéraire simple "T50", défini par le volume prélevé de 50 m³ tous les 10 ans.

Ce dernier scénario a été testé comme un itinéraire facile à appliquer et cohérent pour des peuplements de plus de 60 ans.

Les *résultats* montrent que pour les fertilités 2, la NI est très souvent irrattrapable. Quant à la N4 et le T50, les différences ne se font pas voir dans les diamètres finaux. Quels que soient le niveau de Rdi et le scénario sylvicole choisi entre N4 et T50, le diamètre atteint 60 à 70 cm à 110 ans. La gamme de résultats obtenus dépend de la densité initiale du peuplement à 60-80 ans et aussi de son diamètre moyen. En fait, les différences proviennent de la sylviculture passée du peuplement. Cela signifie que le sort de ces peuplements de 60-80 ans est presque déjà joué. Pour les fertilités 3, seule la famille de faible Rdi est représentée. Le résultat est également constant entre la N5 et le T50 : 60 cm à 110 ans.

Pour conclure, ces peuplements ne doivent pas faire l'objet de grandes réflexions sur la manière de les gérer car le résultat n'est pas très différent au final.

B - Des différences de durées entre les itinéraires pour les peuplements de 80-100 ans.

Cette classe d'âge présente cinq familles : une fertilité 1 à Rdi faible, deux fertilités 2 de Rdi faible ou fort et deux fertilités 3 de Rdi faible ou fort. Les *itinéraires testés* pour cette classe d'âge sont :

- la N4 recommandée par le Guide picard pour la fertilité 2 ou la N5 pour la fertilité 3 ou encore la N3 pour la fertilité 1 pour rester dans l'esprit du Guide, avec un rattrapage plus ou moins long comme cela est prescrit au paragraphe C1⁴⁰ du Guide picard,

³⁹ C2 en général et C1 rarement si le diamètre dominant est déjà supérieur à 50 cm à la 1^{ère} éclaircie simulée.

⁴⁰ C1 en général et C2 rarement si le diamètre dominant est encore inférieur à 50 cm à la 1^{ère} éclaircie

- le "T50", défini par le volume prélevé de 50 m³ tous les 10 ans.

Les *résultats* de la fertilité 1 sont du même style que pour les peuplements de 60-80 ans : que l'itinéraire choisi soit la N4 ou le T50, à 110 ans, le diamètre final est de 70 cm. Il en est de même pour les hêtraies de fertilité 2 et de Rdi faible. Le diamètre final est de 70 cm vers 120-130 ans.

Cependant, une différence nouvelle apparaît avec les peuplements de fertilité 2 et de Rdi fort. Si le nombre de tiges est encore fort à cet âge (cas des peuplements à Rdi fort), le T50 garde longtemps cette densité et le peuplement final à 75 tiges/ha est obtenu bien tardivement : vers 150-160 ans. Aussi les conseils du Guide picard sont-ils préférables si le gestionnaire désire en priorité vendre des hêtres avec le moins de cœur rouge possible. Si par contre, d'autres contraintes lui font préférer l'allongement de la révolution, le T50 peut lui assurer un accroissement annuel en diamètre presque égal à celui obtenu avec les conseils du Guide picard. En effet, les diamètres obtenus à 150-160 ans sont seulement très légèrement supérieurs avec les conseils du Guide qu'avec le T50. Dans ce cas, mieux vaut étaler les coupes.

Pour les peuplements de fertilité 3, la densité étant plus faible, ce constat n'apparaît plus. Tout comme pour la fertilité 1, quelque soit l'itinéraire choisi entre la N5 (rattrapée ou pas) ou le T50, le diamètre final est de 60-65 cm à 120 ans et ceci quelque soit le niveau de Rdi. Une seule placette de Rdi fort atteint 70 cm à 110 ans car il existe deux étages de peuplement et que l'étage dominant a un réel avantage sur l'étage du dessous. L'origine de ce résultat est peut-être une sylviculture passée du peuplement de type détournement. Cet exemple soulève la question de ce type de conduite de peuplement. Il serait intéressant de pouvoir comparer une sylviculture de détournement avec les autres itinéraires présentés dans cette étude. Or CAPSIS n'étant pas un modèle dépendant de la répartition spatiale des arbres, la simulation de ce type de sylviculture est impossible. Il faudra attendre le prochain modèle de croissance du Hêtre, peut-être...

C – La régénération comme objectif à plus ou moins long terme pour les peuplements de 100-120 ans.

Cette classe d'âge comporte une placette de fertilité 1 et de Rdi fort, dont les résultats sont peu généralisables car elle est unique dans cette famille, et deux familles de fertilité 2 ou 3, de Rdi toujours faible. Les *itinéraires testés* sont les mêmes que pour la classe d'âge de 80-100 ans.

Les *résultats comparatifs* révèlent⁴¹ que le T50 n'est pas beaucoup moins productif mais qu'il correspond à des révolutions plus longues que le scénario suivant les conseils du Guide picard. Le rattrapage selon le Guide picard conduit à une dernière éclaircie à 110-120 ans pour les peuplements de fertilité 2 tandis que le T50 peut voir sa dernière coupe arriver seulement vers 150 ans. La placette de fertilité 1 ayant un capital sur pied très fort donne un écart encore plus fort : la dernière éclaircie est réalisée à 125 ans avec le Guide picard et à 209 ans avec le T50. Par contre, les hêtraies de fertilité 3, à plus faible capital, finissent leur révolution vers 130 ans quelque soit l'itinéraire pris entre T50 et le Guide picard.

simulée.

⁴¹ comme pour les fertilités 2 de 80-100 ans et de Rdi fort.

Les résultats chiffrés sont :

- pour la placette de fertilité 1 et Rdi fort : 70 cm à 130 ans,
- pour les fertilités 2 à Rdi faible : 65 à 70 cm à 120-135 ans selon le passé du peuplement, avec les conseils du Guide picard, contre 70 cm entre 130 et 155 ans avec le T50,
- pour les fertilités 3 à Rdi faible : 65 cm vers 140 ans (voire 70 cm selon le passé).

Enfin la discussion sur la gestion de ces peuplements doit aussi être orientée vers la question de la stabilité du peuplement. Le Guide picard donne des indications en fonction du rapport Ho/Do⁴² afin que les coupes de rattrapage du peuplement ne le déstabilise pas. Sur cette question, l'expérience du gestionnaire et l'état du peuplement à gérer permettent de trancher au cas par cas. De plus, les dernières coupes sont conditionnées par l'objectif de régénération. Toutes ces contraintes et le peu de différence de production obtenue selon les itinéraires donne à penser que le travail a été fait dans le passé pour ces peuplements. La sylviculture à venir ne se joue pas là. Réfléchir à optimiser la vente du peuplement final et à régénérer la parcelle sont les véritables enjeux pour ces hêtraies.

3.3. Synthèse sur les réalités et les objectifs des itinéraires.

Ce paragraphe a pour but de donner une conclusion technique de cette étude. Il s'agit de dégager les principes généraux qui ressortent des résultats des simulations. Pour cela, les classes d'âge sont observées à tour de rôle.

Les peuplements à travailler sont les peuplements de moins de 60 ans : les différences du résultat final selon les itinéraires sont assez grandes pour s'y investir. Pour les *20-40 ans*, tout est encore possible, sachant que les peuplements bien travaillés au stade juvénile ont un avantage certain. Le mieux (la N4BIS ou N5BIS) est de garder des rotations courtes comme pour la sylviculture juvénile et de réduire le plus vite possible la densité au profit des arbres d'avenir préalablement désignés. Un autre contrôle peut être effectué avec la surface terrière car les scénarios G obtiennent également de bons résultats quelque soit la sylviculture passé du peuplement. A ces conditions, les objectifs du Guide picard peuvent être atteints. Pour les *40-60 ans*, garder un niveau de surface terrière semble être le point commun des scénarios adaptés à toutes les situations. Les peuplements réagissent déjà moins que les plus jeunes. Aussi le principe est-il de concentrer les efforts sur les plus jeunes peuplements.

Au delà de 60 ans, les différences de résultats sont issues des différences de gestion passée et peu de celles des scénarios simulés. Les résultats ne peuvent alors plus viser les objectifs du Guide picard. Les contraintes deviennent multiples et de plus en plus fortes. Il s'agit de conduire le peuplement à terme assez tôt pour espérer éviter au maximum le cœur rouge, mais aussi il s'agit de répondre à des conditions de stabilité, de paysage, de possibilité de vente et de régénération. Si la volonté du gestionnaire est d'écourter la révolution du peuplement considéré sans pour autant le déstabiliser, les conseils de rattrapage du Guide picard sont optimaux.

⁴² Hauteur dominante / Diamètre dominant.

Le tableau suivant synthétise les conseils de gestion proposés selon les familles, sachant que cette formulation doit être retraduite pour être utilisable. Il faut en effet aider les gestionnaires à reconnaître ces familles sur le terrain aux moyens d'une description pratique de ces types de peuplements et de visite des placettes en exemple. Il faut aussi trouver les moyens d'appliquer les itinéraires conseillés par un système de contrôle de ce qui est fait et doit être fait dans le peuplement. Les conseils présentés ci-dessous optimisent la fonction productive du peuplement en ne prenant en compte que la stabilité du peuplement et la régularité des cernes. Les autres contraintes peuvent donc nuancer ces conseils.

Âge	Fertilité	Rdi faible	Rdi fort
20-40 ans	1	<ul style="list-style-type: none"> - suivre la N4bis pour obtenir 75 à 80 cm à 90 ans. - pour cela, désigner les 75 arbres objectifs et travailler à leur profit, lors d'éclaircies par le haut⁴³ tous les 4 ans, jusqu'à 40 ans, puis 6 ans deux fois et enfin tous les 8 ans. - G doit être maintenue entre 12 et 15 m² jusqu'à 40 ans, entre 13 et 17 m² jusqu'à 50 ans et ramenée à 18 m² avant la dernière coupe. 	<ul style="list-style-type: none"> - suivre la N4bis si possible mais en commençant par des coupes par le bas pour réduire la densité, avec pour même objectif : 75 à 80 cm à 90 ans. - mêmes recommandations. - G doit être ramenée progressivement à 14 m² avant 40 ans puis maintenue entre 16 et 20 m² jusqu'à 50 ans et ramenée à 22-24 m² avant la dernière coupe.
	2	<ul style="list-style-type: none"> - suivre la N5bis pour obtenir 75 cm à 100 ans. - faire des éclaircies par le haut au profit de 80 tiges d'avenir, avec 6 ou 7 rotations de 6 à 8 ans, pour enlever 40 à 30 m³. - G doit être ramenée à 10 m² à 30 ans si possible, puis progressivement à 12, à 16, à 18, à 21, à 23 m² et enfin vers 75 ans à 25 m². 	<ul style="list-style-type: none"> - suivre la N5bis pour obtenir 70 cm à 100 ans. - mêmes recommandations mais avec des volumes éclaircis moindres au départ : il s'agit de réduire la densité d'abord par le bas. - G doit être ramenée progressivement à 12 m² avant 50 ans, puis ramenée à 15, puis à 17 et enfin à 19 m² à 75 ans.
40-60 ans	1	<ul style="list-style-type: none"> - G doit être maintenue entre 15 et 20 m² jusqu'à obtention de la densité finale pour obtenir 70 à 75 cm (si jeune hêtraie) à 100 ans. - les rotations dépendent du peuplement : quand G atteint 20 m², une éclaircie est déclenchée. (en général, tous les 7 à 10 ans) avec des prélèvements de 40 m³. 	<ul style="list-style-type: none"> - G doit être maintenue entre 15 et 20 m² jusqu'à obtention de la densité finale pour obtenir 70 à 75 cm (si jeune hêtraie) à 100 ans. - idem mais les prélèvements en volume sont plus forts au début à moins de ramener G à 15 m² en deux fois et par la suite, les prélèvements sont de 50 à 70 m³.
	2	<ul style="list-style-type: none"> - G doit être maintenue entre 13 et 17 m² jusqu'à 70 ans et G entre 16 et 19 m² jusqu'à obtention de la densité finale pour obtenir 65 à 70 cm à 110 ans. - prélèvements par le haut de 30 à 50 m³ tous les 6 puis 8 ans). 	<ul style="list-style-type: none"> - G doit être maintenue entre 13 et 17 m² jusqu'à 70 ans et G entre 16 et 19 m² jusqu'à obtention de la densité finale pour obtenir 65 à 70 cm à 110 ans (voire 75 cm selon le peuplement). - prélèvements de 70 m³, tous les 5 ans ou plus selon le retard du peuplement.
60-80 ans	2	<ul style="list-style-type: none"> - choisir le T50 (= 50 m³ prélevés tous les 10 ans) ou les conseils de prélèvements en nombre de tiges du Guide Picard, pour obtenir indifféremment 60 à 70 cm à 110 ans. 	

⁴³ i.e. le rapport d'éclaircie de l'ordre de 0.9 au début puis diminuant (0.7 – 0.75).

NB: les chiffres en m² et en m³ sont donnés à l'hectare.

	3	- peu importe entre T50 et les conseils du Guide Picard pour obtenir 60 cm à 110 ans.	<i>aucune placette</i>
80-100 ans	1	- peu importe entre T50 et les conseils du Guide Picard pour obtenir 70 cm à 110 ans.	<i>aucune placette</i>
	2	- peu importe entre T50 et les conseils du Guide Picard pour obtenir 70 cm à 120-130 ans.	- suivre les conseils du Guide Picard pour réduire la révolution à 120 ans au lieu de 150-160 ans avec le T50.
	3	- peu importe entre T50 et les conseils du Guide Picard, pour obtenir 60-65 cm à 120 ans selon le nombre de grosses tiges du peuplement.	
100-120 ans	1	<i>aucune placette</i>	- suivre les conseils du Guide Picard pour réduire la révolution à 120 ans au lieu de 150-160 ans avec le T50.
	2	- suivre les conseils du Guide Picard pour réduire la révolution à 120 ans au lieu de 150-160 ans avec le T50.	<i>aucune placette</i>
	3	- suivre les conseils du Guide Picard pour réduire la révolution à 120 ans au lieu de 150-160 ans avec le T50.	<i>aucune placette</i>

Tableau 13 : Récapitulatif des propositions sylvicoles pour des séries à objectif production.

Après cette synthèse des résultats, il est désormais possible de prendre du recul pour conclure sur l'ensemble de l'étude réalisée.

Conclusion

Le travail effectué durant ces 6 mois a permis d'aboutir à trois grands résultats. Le premier est la caractérisation des hêtraies régulières et pures en Picardie, avec notamment la définition de fertilités très fortes dans cette région. Les peuplements mélangés ou en taillis sous futaie, non concernés par cette étude, sont d'autres peuplements intéressants également à étudier. Leur surface en Picardie n'est d'ailleurs pas négligeable. Le deuxième résultat est la hiérarchisation des scénarios testés pour des séries à objectif de production. Les autres contraintes de l'aménagiste peuvent donc amener le gestionnaire à choisir d'autres itinéraires que ceux proposés dans ce rapport. Enfin, ce modèle de croissance a permis de cerner un peu plus précisément les objectifs de production en diamètre final que les hêtraies picardes peuvent atteindre.

Les itinéraires «entiers», allant des 1^{ères} éclaircies à la récolte, ont pu être testés sur les peuplements de 20-40 ans. Pour ces scénarios, une étude financière mériterait d'être réalisée pour approfondir les comparaisons purement sylvicoles de cette étude. Elle pourrait mettre en lumière les différences de recettes totales sur une révolution, pour chaque itinéraire. De plus, elle pourrait également chiffrer les dépenses qu'occasionnent les travaux pour obtenir des peuplements à faible concurrence⁴⁴.

Pour conclure, l'aspect mise en œuvre de ces résultats doit être développé, suite à ce travail. Une première étape de traduction des caractérisations des familles de hêtraies devrait permettre aux gestionnaires de trouver dans quelles familles se situent les peuplements qu'ils gèrent. Il s'agira de chercher des critères faciles à utiliser pour classer ces peuplements. De plus, le réseau de placettes implantées pour cette étude permettra de servir d'illustration des familles. Elles pourront être visitées lors de tournées de formation, par exemple. Le second volet de l'application sera enfin de définir des moyens de mettre en œuvre les itinéraires conseillés et de s'y tenir. La surface terrière des peuplements pourra être un indicateur supplémentaire à la densité du peuplement pour en faire le suivi. Le travail sur le Hêtre en Picardie peut donc encore être approfondi et rendu plus pratique pour la gestion courante et les aménagistes.

⁴⁴ i.e. de Rdi faible.

Bibliographie

ARNAL (M) et DROUINEAU (S) - *Diagnostic et proposition de normes de rattrapage des peuplements réguliers en amélioration de Hêtre et de Chêne en Normandie* - Nancy : Mémoire de fin d'étude FIF, Juin 1997 - 87 pages.

DHÔTE (J.F.) - Définition de scénarios d'éclaircie pour le Hêtre et le Chêne - *Revue Forestière Française*, 1995, numéro spécial, p.106-110.

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE - *Le Hêtre* - Gap : Imprimerie Louis-Jean, Juillet 1982 - 613 pages.

OFFICE NATIONAL DES FORÊTS (DIRECTION REGIONALE DE LORRAINE) - *Proposition de scénarios sylvicoles pour les futaies régulières de Hêtre en Lorraine* - Nancy : Rapport technique, Août 1999 - 29 pages.

OFFICE NATIONAL DES FORÊTS (DIRECTION REGIONALE DE PICARDIE et STIR NORD-OUEST) - *Sylviculture du Hêtre, Guide pratique du gestionnaire*, Imprimerie ONF Fontainebleau, Octobre 1995 - 31 pages.

OFFICE NATIONAL DES FORÊTS (DEPARTEMENT DES RECHERCHES TECHNIQUES) - *Bulletin Technique n°31*- Paris : Jouve, Octobre 1996 - 80 pages.

Carnet d'adresses

DIRECTION REGIONALE

15, Avenue de la Division Leclerc,
BP 41
60321 COMPIEGNE CEDEX
Tél.: 03 44 92 57 57
Fax.: 03 44 20 04 14

Directeur Régional: Christian MARY

Adjoint: Laurent VALIERGUE

Responsable Administratif: Patrick CANDILLIER

Responsable informatique : Roland MAMMEZ

Bureau d'Etudes:
Isabelle LEBLANC
Daniel RIBOULEAU
Maryline KARL

DIRECTION TECHNIQUE RECHERCHE-DEVELOPPEMENT

Boulevard de Constance
77300 FONTAINEBLEAU
Tél.: 01 60 74 92 25
Fax.: 01 64 22 49 73

Chef de Département: Bernard ROMAN-AMAT
Ingénieur: Pierre DUPLAT
Ingénieur: Mien TRAN-HA

SECTION TECHNIQUE INTERREGIONALE

3, rue du Petit Chateau
60200 COMPIEGNE
Tél.: 03 44 40 11 94
Fax.: 03 44 40 32 86

Ingénieur: Brigitte PILARD-LANDEAU

Techniciens:
Michel CHARTIER
Philippe LANDREAU
Jérôme PIAT

DIVISION DE LAON

1, avenue Carnot
BP 162
02006 LAON CEDEX
Tél.: 03 23 79 23 91
Fax.: 03 23 23 35 78

Ingénieur: Laurent VALIERGUE

Chefs de Groupe Technique:
François DUDOUIT
Jean-Luc GHESQUIER

DIVISION DE VILLERS-COTTERETS

34, route de Compiègne
02600 VILLERS-COTTERETS
Tél.: 03 23 96 00 95
Fax.: 03 23 96 29 93

Ingénieur: Anne-Benoîte VALIERGUE

Chefs de Groupe Technique:
Louis GOBRON
Gabriel GUILLAUME
Jean-Claude LANIEZ

DIVISION DE CHANTILLY

BP 40309
60634 CHANTILLY CEDEX
Tél.: 03 44 57 03 88
Fax.: 03 44 57 91 67

Ingénieur: David GUTENBERG

Chefs de Groupe Technique:
Daniel FONTELLE
René-Marc PINEAU
Dominique PAQUET

DIVISION DE BEAUVAIS

52, avenue de la République
60000 BEAUVAIS
Tél.: 03 44 45 22 71
Fax.: 03 44 45 15 62

Chefs de Groupe Technique:
Jacques CAILLEUX
Joël WENTA

DIVISION DE COMPIEGNE

3, rue du Petit Chateau
60200 COMPIEGNE
Tél.: 03 44 40 02 75
Fax.: 03 44 40 36 02

Ingénieur: François LEHMANN

Chefs de Groupe Technique:
Olivier DESCAMPS
Michel LEBLANC
Daniel MURE
Alain VERMERSCH

Table des annexes

- 1/ Fiche de relevé utilisée pour réaliser les placettes.
- 2/ Courbes de croissance des 15 placettes de l'analyse de tiges en Picardie.
- 3/ Données brutes des 52 placettes inventoriées.
- 4/ Données calculées avant éclaircie pour les 52 placettes inventoriées.
- 5/ Tableaux d'évolution pour tous les scénarios testés sur les 19 placettes de référence.
- 6/ Synthèse des résultats des scénarios pour les 19 placettes de référence.
- 7/ Synthèse des résultats des scénarios pour les autres placettes.
- 8/ Graphiques d'évolution de la largeur des cernes pour les scénarios des placettes de référence.