
Identification du potentiel réel des sites
(indices de qualité de station)
aire commune 41-02

Par :

Benoit Ménard, ing.f.
Steve Bédard, ing.f.
Claude Lapointe, statisticien



Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc.

En collaboration avec :

Donald Blouin, ing.f., M.Sc.
Guy Lessard, ing.f., M.Sc.
Jacques Desjardins, tech.f.
Martin Bélanger tech.f.

Rapport présenté à :

Luc Richard
Pierre Breton
Gérard Crête et fils inc.

Jean-François Desbiens
Kruger inc.

MARS 1999

Table des matières

TABLE DES MATIÈRES	i
LISTE DES TABLEAUX.....	ii
LISTE DES FIGURES	iii
AVANT-PROPOS	iv
RÉSUMÉ	v
1. INTRODUCTION	1
2. MATÉRIEL ET MÉTHODE	2
2.1 Placettes-échantillons	2
2.2 Analyses de tiges.....	2
2.3 Classification écologique.....	3
2.4 Traitement des données	5
2.4.1 Périodes d’oppression.....	5
2.4.2 Tordeuse des bourgeons de l’épinette (TBÉ).....	6
2.4.3 Calcul des indices de qualité de station	7
3. RÉSULTATS.....	8
3.1 Courbes spécifiques par type écologique	8
3.2 Étude comparative des types écologiques.....	12
3.2.1 Épinette blanche.....	144
3.2.2 Épinettes noire et rouge	14
3.2.3 Sapin baumier	15
4. CONCLUSION	17
5. RÉFÉRENCES	18

Liste des tableaux

Tableau 1. Caractéristiques dendrométriques des placettes-échantillons	2
Tableau 2. Nombre de tiges récoltées par essence et par type écologique.....	3
Tableau 3. IQS et coefficients de régression par type écologique	8
Tableau 4. Seuils observés des comparaisons des courbes hauteur-âge par type écologique	2
Tableau 5. IQS et coefficients de régression pour les types écologiques regroupés.....	122
Tableau 6. Synthèse des résultats.....	16

Liste des figures

Figure 1. Courbe de la hauteur en fonction de l'âge pour l'épinette blanche.....	9
Figure 2. Courbes de la hauteur en fonction de l'âge pour les épinettes noire et rouge.	10
Figure 3. Courbes de la hauteur en fonction de l'âge pour le sapin baumier.....	11
Figure 4.Courbe de la hauteur en fonction de l'âge pour les épinettes noire et rouges, types écologiques regroupés.....	13

Avant-propos

Ce projet a été rendu possible grâce à la participation financière de la compagnie Gérard Crête et fils inc. et du ministère des Ressources naturelles du Québec, unité de gestion du Bas-Saint-Maurice, ainsi que de la participation technique des compagnies Gérard Crête et fils inc. et Kruger inc. Nous remercions pour leur collaboration l'équipe de l'entrepreneur Services Forestiers MCMV inc. et l'équipe technique du CERFO.

Résumé

Dans le but d'améliorer la documentation (choix des tables de production) du plan général d'aménagement forestier de l'aire commune 41-02 (région écologique 3c-t), des indices de qualité de station (IQS) ont été calculés pour les essences résineuses principales en fonction du type écologique.

Pour ce faire, la méthode d'analyse de tiges a été retenue. L'identification du potentiel réel des sites étant désirée, des corrections d'âge ont été effectuées pour tenir compte des pertes de croissance causées par l'oppression juvénile et les épidémies de tordeuse des bourgeons de l'épinette. Quatre essences ont été échantillonnées : l'épinette blanche, l'épinette rouge, l'épinette noire et le sapin baumier. Les épinettes rouge et noire ont été traitées comme une seule. L'échantillonnage s'est fait sur les types écologiques les plus présents dans l'aire commune, c'est-à-dire les types MJ22, RE20, RE21, RS50 et RS52. Étant donné leur similitude et leur superficie, les types RE20 et RS50 ont été regroupés. Les IQS ont été calculés pour chacune des essences sur chacun des types écologiques, pour ensuite permettre la comparaison de productivité des différents types écologiques pour chacune des essences.

Le modèle utilisé est une modification de l'équation de Chapman-Richards et s'ajuste très bien aux données disponibles, les coefficients de détermination (R^2) variant de 0.93 à 0.98. Pour leur part, les IQS varient de 20.55 m à 50 ans (sapin sur MJ22) à 14.25 m à 50 ans (épinettes rouge et noire sur RS52). Les tests statistiques démontrent des différences significatives au seuil minimum de 5 % dans la majorité des cas mais démontrent que les types écologiques RS50 et RS52 peuvent être regroupés en ce qui a trait aux épinettes rouge et noire, leur productivité étant semblable en terme d'IQS.

Les IQS obtenus démontrent des différences significatives de croissance non seulement d'un type écologique à l'autre, mais aussi d'une essence à l'autre sur un même type. Il s'avère donc très important de considérer le potentiel de chaque espèce sur chaque station lorsque l'on veut modéliser la croissance d'un peuplement et lors des décisions d'aménagement.

1. Introduction

La loi sur les forêts exige de la part des détenteurs de contrats d'approvisionnement et d'aménagement forestier (CAAF) la conception de divers plans d'aménagement. Ces plans doivent tenir compte des caractéristiques biophysiques (écologiques) dans le cadre du plan de protection du territoire et également dans la formulation des divers scénarios sylvicoles. Dans ce contexte, un des besoins fondamentaux de l'aménagiste réside dans l'identification du potentiel de production des stations forestières. Cette connaissance de la forêt permettra : 1) une identification des stations forestières méritant une sylviculture plus intensive (optimisation des investissements); 2) un meilleur choix des objectifs d'aménagement selon les essences que l'on veut favoriser dans les peuplements et 3) l'établissement d'un cadre nécessaire à l'élaboration de tables de production (Bédard, 1998). Selon plusieurs auteurs (Bédard, 1998; Carmean, 1975; Spurr et Barnes, 1980), l'indice de qualité de station (IQS) est la mesure dendrométrique la plus utilisée pour connaître le potentiel de croissance d'une station forestière. Il est reconnu que la hauteur est mieux reliée au potentiel de production que n'importe quelle autre grandeur dendrométrique (Bégin et al, 1990; Newnham 1988). C'est pourquoi l'IQS, défini comme étant la hauteur dominante atteinte à un âge donné (Blais, 1995), a été retenu.

Ce rapport traite des étapes réalisées pour contribuer à l'atteinte d'un des objectifs du projet portant sur «l'intégration de la connaissance écologique du territoire au plan général d'aménagement forestier de l'aire commune 41-02 en accord avec la stratégie de protection des forêts », soit la documentation du PGAF par le calcul d'indice de qualité de station, c'est-à-dire la confection de courbes hauteur-âge de référence pour les essences sélectionnées en fonction des différents types écologiques. Ces étapes sont les suivantes : 1) estimer la croissance potentielle du sapin baumier (*Abies balsamea* (L) Mill.), de l'épinette blanche (*Picea glauca* (Moench) Voss) et des épinettes noire et rouge (*Picea mariana* (Mill.) B.S.P., *Picea rubens* Sarg.); 2) comparer la croissance potentielle de ces essences pour les principaux types écologiques (résineux ou mélangés à dominance résineuse) à l'aide de tests statistiques et 3) s'il y a lieu, proposer des regroupements de types écologiques ayant une croissance apparentée pour définir des stations forestières.

La méthode retenue pour réaliser ces IQS est l'analyse de tige. Cette technique est largement utilisée (Tremblay, 1996; Ker et Bowling, 1991; Newnham, 1988) et permet à l'utilisateur de recréer la totalité du patron de croissance en hauteur de chacune des tiges étudiées. Pour chaque année de croissance de l'arbre, il est possible d'obtenir la hauteur associée à cette période précise de la vie de la tige, ce qui produit un couplet hauteur-âge par année de croissance, pour chacune des tiges. Ce sont ces couplets qui sont utilisés par la suite lors de la modélisation des différents indices de qualité de station. Il est important de noter que les IQS produits sont représentatifs de conditions idéales de croissance et d'aménagement. Par le fait même, ils sont des objectifs à atteindre, et pas nécessairement la représentation des forêts actuelles.

2. Matériel et méthode

2.1 Placettes-échantillons

Le nombre de placettes initialement prévu (25) a dû être révisé à la baisse. Le manque de sites convenables accessibles explique cette réduction. La forte récolte dans les peuplements résineux et mélangés à dominance résineuse ainsi que la rareté des peuplements recherchés dans les zones traficables par camion ont limité notre échantillonnage. Les données utilisées dans le présent rapport proviennent donc de 18 parcelles temporaires de 11.28 m de rayon (400 m²) situées dans le Nord-Est de la réserve Mastigouche (réf. annexe 1). Les placettes ont été choisies dans les cinq principaux types écologiques de la région. Pour chacune des placettes, le dénombrement des tiges marchandes (DHP des tiges de 9 cm et plus) par classes de 2 cm et par essences a été effectué. De plus, les caractéristiques écologiques suivantes ont été relevées : dépôt, texture, drainage, pente, groupes d'espèces indicatrices, type forestier, végétation potentielle ainsi que le type écologique. Le tableau 1 présente les caractéristiques dendrométriques des placettes-échantillons retenues par type écologique.

TABLEAU 1- Caractéristiques dendrométriques des placettes-échantillons

Type écologique	Nombre de parcelles	Nombre de tiges/ha	Surface terrière/ha (m ² /ha)
MJ22	5	800	22.5
RE20	2	1538	27.7
RE21	5	1200	26.0
RS50	2	838	20.4
RS52	4	738	21.4
	Total : 18	Moyenne : 1023	Moyenne : 23.6

2.2 Analyses de tiges

Un total de 105 tiges a été récolté pour procéder à l'analyse. Chaque tige, préalablement identifiée, est abattue, ébranchée et tronçonnée pour permettre la récolte des disques de bois. Ceux-ci sont prélevés à 0.15 m, 0.70 m, 1.3 m et à tous les deux mètres par la suite (3.3 m, 5.3 m, etc.), sur toute la longueur de l'arbre. Les rondelles sont ensuite séchées et poncées finement pour rendre possible la numérisation de chacune d'entre elle à l'aide du logiciel de prise de données Windendro®. La lecture des cernes s'est faite sur deux à quatre rayons, selon la forme et l'état des

rondelles analysées. Du nombre initial de tiges, 3 ont été exclues de l'analyse pour différentes raisons : erreur d'identification, rondelles manquantes et pourriture excessive des rondelles à la base de l'arbre. De plus, une tige de sapin n'a pas été utilisée puisqu'elle était le seul échantillon disponible dans son type écologique. Les données obtenues ont par la suite fait l'objet d'une validation à l'aide du programme *anatige* (Bégin, 1998). La mesure des accroissements a ensuite permis de reconstituer le développement en hauteur des tiges, toujours avec le même programme. La croissance en hauteur a été corrigée selon la procédure de Carmean (1972, dans Dyer et Bailey 1987). Cette correction est nécessaire puisque la section prélevée sur la tige se trouve habituellement à un point intermédiaire de la croissance annuelle et non à la fin de cette période. Le tableau suivant présente le nombre de tiges disponibles pour l'analyse.

TABLEAU 2 - Nombre de tiges récoltées par essence et par type écologique

Essence	Type écologique					Total
	MJ22	RE20	RE21	RS50	RS52	
SAB	24	0	0	5	1	30
EPB	12	0	0	0	0	12
EPX	0	10	27	5	18	60
TOTAL	36	10	27	10	19	102
N.P.É.	5	2	5	2	4	18

SAB : sapin baumier, EPB : épinette blanche, EPX : épinettes noire et rouge

2.3 Classification écologique

Le secteur d'étude est situé dans la région écologique 3c, les Hautes-collines de la Mauricie, et dans la sous-région 3c-t, les Hautes-Collines de Val-David-Lac-Mékinac. La classification écologique utilisée a été développée par le ministère des Ressources naturelles (Anonyme, 1998). Les différents types sont décrits en détail dans le document intitulé «Clés d'identification du type forestier et du type écologique, sous-domaine de l'érablière à bouleau jaune de l'Est ». Le document est produit par le service de l'évaluation de l'offre (Anonyme, 1998). La classification est basée sur la présence de groupes d'espèces indicatrices et le lien de ceux-ci avec les caractéristiques de station et la végétation potentielle, ce qui permet de définir des types écologiques. Un type écologique est une unité synthèse de classification qui exprime à la fois les caractéristiques physiques du milieu et les caractéristiques écologiques de la végétation (composition, structure et dynamisme). Le type écologique décrit un lieu donné au moyen d'une combinaison du type de milieu physique et de la végétation potentielle. Seuls les types écologiques les plus importants en superficie sur le territoire (aire commune 41-02) sont décrits ici, puisque ce

sont ces derniers qui font l'objet de la modélisation. Ceux-ci sont au nombre de cinq. Cependant, deux d'entre eux sont regroupés (RE20 et RS50) pour les besoins de cette étude. Ce regroupement préalable à l'analyse a été rendu nécessaire étant donné le nombre d'échantillons qu'il a été possible de récolter dans ces types écologiques. Le lecteur pourra se référer à l'ouvrage cité précédemment pour plus de détails concernant la méthode de classification et les autres types écologiques.

Les types écologiques retenus sont les suivants :

- MJ22 Bétulaie jaune à sapin sur dépôt mince à épais, de texture moyenne et de drainage mésique

Ce type écologique est très abondant sur ce territoire avec 46.9 % de la superficie. Il occupe habituellement des sites en contrebas du type écologique FE32 (érablière à bouleau jaune sur dépôt mince à épais, de texture moyenne et de drainage mésique), en mi-pente ou en bas de pente, sur moyen ou bas versants et couverts de till moyennement épais et bien drainés (20, 30).

- RE20 Pessière noire à mousses ou à éricacées sur dépôt très mince, de texture variée, au drainage xérique à hydrique

Ce type écologique occupe 2.9 % de la superficie de l'aire commune. On le trouve surtout en hauts-versants sur des dépôts très minces ou sur le roc où le drainage est de rapide à excessif. L'épinette rouge remplace habituellement l'épinette noire.

- RE21 Pessière noire à mousses ou à éricacées sur dépôt mince à épais, de texture grossière et de drainage xérique mésique

Ce type écologique occupe 2.8 % de la superficie de l'aire commune et se rencontre surtout sur les terrasses couvertes de dépôts fluvioglaciers (2A, 2BE) dont la texture est plus grossière que dans les autres sous régions. L'épinette rouge remplace habituellement l'épinette noire.

- RS50 Sapinière à épinette rouge sur dépôts très minces, de texture variée, au drainage xérique à hydrique

Ce type écologique occupe 4.1 % de la superficie de l'aire commune et se rencontre le plus souvent en hauts versants sur des affleurements rocheux ou des tills très minces où le

drainage est bon (20) ou excessif (10). Les vacciniums et les pleuroziums caractérisent le sous-bois. Le type écologique RS20 est regroupé à RS50 sur ce territoire.

➤ RS52 Sapinière à épinette rouge sur dépôt mince à épais, de texture moyenne et de drainage mésique

Ce type écologique occupe 3.0 % de la superficie de l'aire commune et s'observe sur des sites couverts de till épais ou de matériel fluvioglaciaire où le drainage est de bon (20) à modéré (30). Le sous-bois est dominé par les vaccinium (VAM) et les diervilla (DIE). Le type RS22 est regroupé au type RS52 sur ce territoire.

2.4 Traitement des données

Les données issues de l'analyse de tiges rendent possible la reconstitution des patrons de croissances dans le temps des arbres, ce qui permet de créer des courbes d'indice de qualité de station. Cependant, certaines tiges récoltées ont subi des retards de croissance, généralement attribuables à l'oppression qu'a pu subir la tige en bas âge et aux diverses épidémies de tordeuse des bourgeons de l'épinette (TBÉ) qu'a connu l'arbre au cours de sa croissance. Comme ces retards augmentent l'âge biologique de l'arbre par rapport à son stade de développement (Zarnovican 1983, dans Bédard 1998), ils sous-estiment le potentiel réel du site à l'étude. Il s'avère donc essentiel de tenir compte de ces pertes de croissance lors de la modélisation, si l'on veut obtenir des courbes d'IQS qui sont véritablement représentatives des stations observées, en l'absence des facteurs externes. Les différentes étapes de la méthode de traitement utilisée, développée par Bédard (1998), permettent d'apporter les corrections nécessaires. Comme la méthode d'analyse retenue est abondamment détaillée dans les travaux de Bédard (1998), seules les grandes lignes seront décrites ici. De plus, un guide d'utilisation du programme de modélisation a été produit par Lapointe (1997).

2.4.1 PÉRIODES D'OPPRESSION

Dans le but de retirer la période d'oppression juvénile, l'âge à 1.3 m est utilisé plutôt que l'âge à la souche. Il est préférable d'utiliser l'âge au DHP car la croissance juvénile n'est pas nécessairement corrélée à celle de l'arbre libre de croître, puisque la période de suppression ne dépend pas des caractéristiques stationnelles mais de la compétition intra et extra-spécifique (Blais, 1995). Comme ce choix n'élimine pas complètement la période d'oppression pour certaines tiges, une seconde

étape est requise. L'évaluation de la fin de la période d'oppression et de la hauteur des tiges à la fin de cette période a été réalisée, ce qui a permis de corriger l'âge des tiges opprimées. Cette correction est réalisée par comparaison avec l'âge moyen qu'ont pris les arbres non opprimés à atteindre cette même hauteur. Dans notre cas, 28 des 102 tiges (27.5 %) à l'étude comportaient toujours de l'oppression malgré l'utilisation de l'âge au DHP. La correction s'est donc appliquée pour ces tiges.

2.4.2 TORDEUSE DES BOURGEONS DE L'ÉPINETTE (TBÉ)

Puisque les divers épisodes épidémiques de TBÉ ont aussi affecté la croissance en hauteur des arbres à l'étude, une correction est aussi apportée. Des pertes de croissances causées par les épidémies de tordeuse ont été détectées pour la totalité des tiges récoltées. Étant donné les années pour lesquelles les pertes de croissances ont été détectés (généralement les années cinquante et soixante-dix), correspondent au passage de la tordeuse, il est plus que probable que celle-ci soit responsable de la baisse de croissance. Près de 60 % des tiges ont souffert d'une épidémie, 36 % de deux épidémies et 4 % plus de deux. Il est donc indispensable d'apporter les corrections nous permettant d'évaluer le potentiel véritable du site. Pour ce faire, la durée de la réduction de croissance est évaluée pour pouvoir estimer la croissance potentielle de chaque tige. La correction des courbes hauteur-âge des tiges affectées par la TBÉ est réalisée à l'aide d'un modèle mathématique. L'équation utilisée est celle de Chapman-Richards (Richards, 1959) (équation 1), modifiée avec la méthode de Riopel (1998) (équation 2). Encore une fois, le lecteur pourra se référer aux travaux de Bédard (1998) pour le détail de ces méthodes.

$$(1) \text{Hauteur} = 1.3 + b_1 [1 - \exp(-b_2 \times \text{âge})]^{b_3}$$

$$(2) \text{Hauteur} = 1.3 + b_1 [1 - \exp(-b_2 \times (\text{âge}_i + c_1 \times Z_{1i}))]^{b_3}$$

où :

b1, b2 et b3 : coefficients de régression

exp : base du logarithme népérien (base e)

âge : âge à hauteur de poitrine

c : valeur estimée qui représente l'effet de retard sur l'âge de la tige que produit la période d'épidémie

Z : variable binaire qui s'ajoute en fonction du nombre de périodes observées sur une même tige

2.4.3 CALCUL DES INDICES DE QUALITÉ DE STATION

Le modèle retenu pour le calcul des indices de qualité de station est, comme mentionné précédemment, celui de Chapman-Richards (équation 1) avec trois paramètres. Ce modèle est reconnu pour un ajustement précis aux données de croissance des arbres et des peuplements forestiers (Zeide 1993, *dans* Bédard, 1998). Les tests statistiques pour la comparaison des courbes par essence et par type écologique sont du type de Wald, tel qu'utilisé par Bédard (1998). Le seuil global de décision est fixé à 0.05. Lorsque plus d'une comparaison est réalisée, la correction de Bonferroni pour le seuil (Neter et Wasserman 1974, *dans* Bédard, 1998) est utilisée. Cette correction tient compte du nombre de comparaisons effectuées, en divisant le seuil de décision par le nombre de comparaisons effectuées, rendant ainsi le test plus sévère.

3. Résultats

3.1 Courbes spécifiques par type écologique

La modélisation de la croissance en hauteur en fonction de l'âge pour l'épinette blanche, les épinettes noire et rouge et le sapin a permis de produire 6 courbes spécifiques pour les types écologiques étudiés. Le tableau 3 présente les résultats obtenus pour les 6 courbes. On y retrouve le type écologique, le nombre de couples hauteur-âge (N) disponibles, l'indice de qualité de station, la valeur des trois paramètres de l'équation de Chapman-Richards ainsi que leur écart-type respectif. Les coefficients de détermination des équations (R^2) obtenus varient de 0.92 à 0.98, ce qui permet d'affirmer que le modèle utilisé exprime avec précision la croissance en hauteur en fonction de l'âge pour les trois essences. Les indices de qualité de station varient dans l'ensemble de 20.55 à 14.25 m. Les courbes hauteur-âge spécifiques obtenues à partir de la modélisation sont présentées aux figures 1, 2 et 3. On peut y constater que la majorité des courbes présentent des formes similaires et recherchées.

TABLEAU 3 - IQS et coefficients de régression par type écologique

Type écologique	N ^a	IQS (m)	B ₁	B ₂	B ₃	R ²
Épinette blanche						
MJ22	731	16.60	38.88±2.28	0.0137±0.0014	1.333±0.0421	0.97
Épinettes rouge et noire						
RE21	1079	17.84	29.14±1.34	0.0210±0.0008	1.318±0.0209	0.92
RS50	828	14.57	40.43±3.48	0.0086±0.0010	1.057±0.0254	0.93
RS52	995	14.25	39.74±2.54	0.0088±0.0008	1.0819±0.0220	0.93
Sapin baumier						
MJ22	1081	20.55	31.00±1.54	0.0238±0.0017	1.3169±0.0338	0.96
RS50	194	17.23	47.37±9.01	0.0106±0.0027	1.2289±0.0645	0.98

a : nombre de couples hauteur-âge

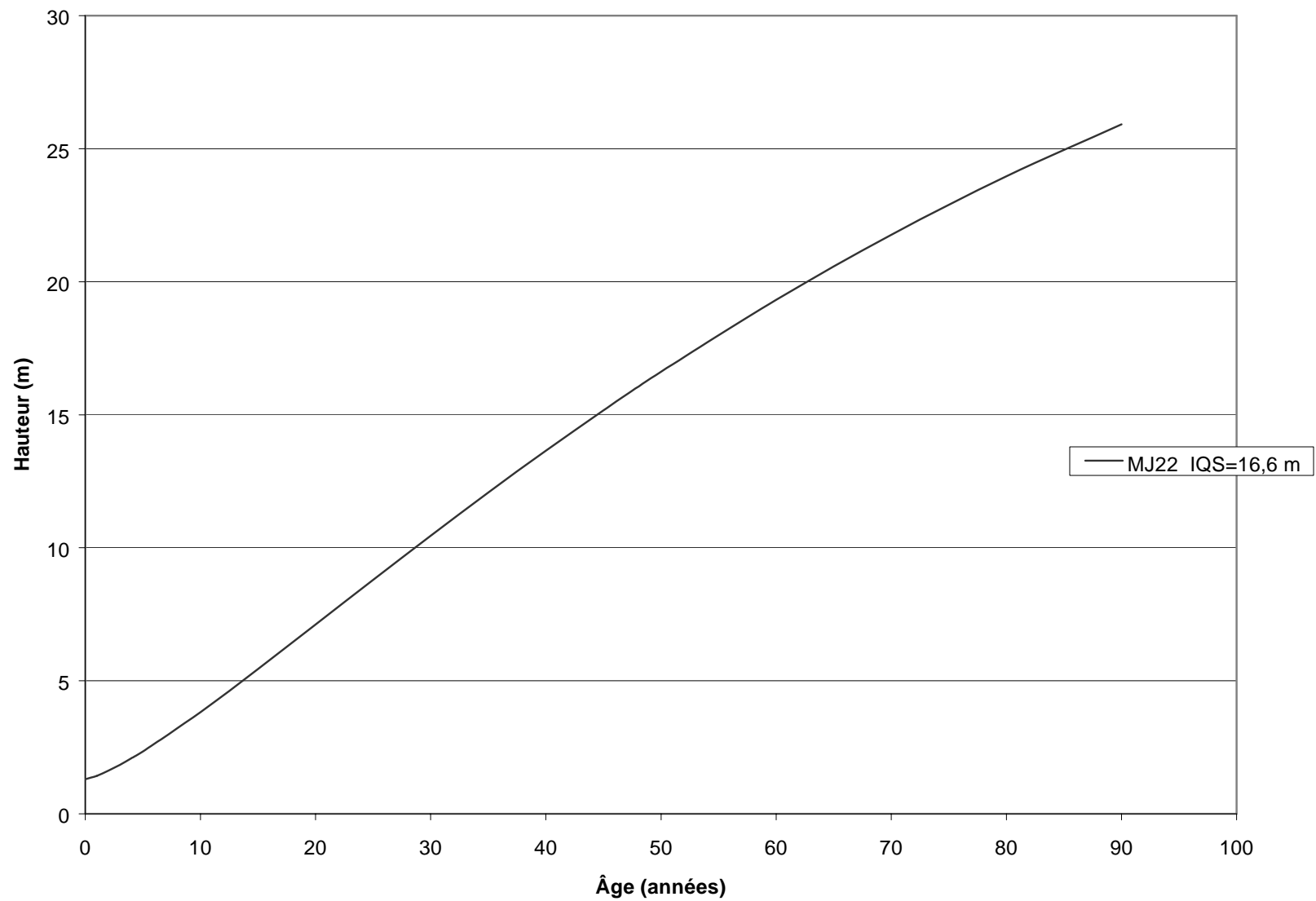


Figure 1. Courbe de la hauteur en fonction de l'âge pour l'épinette blanche.

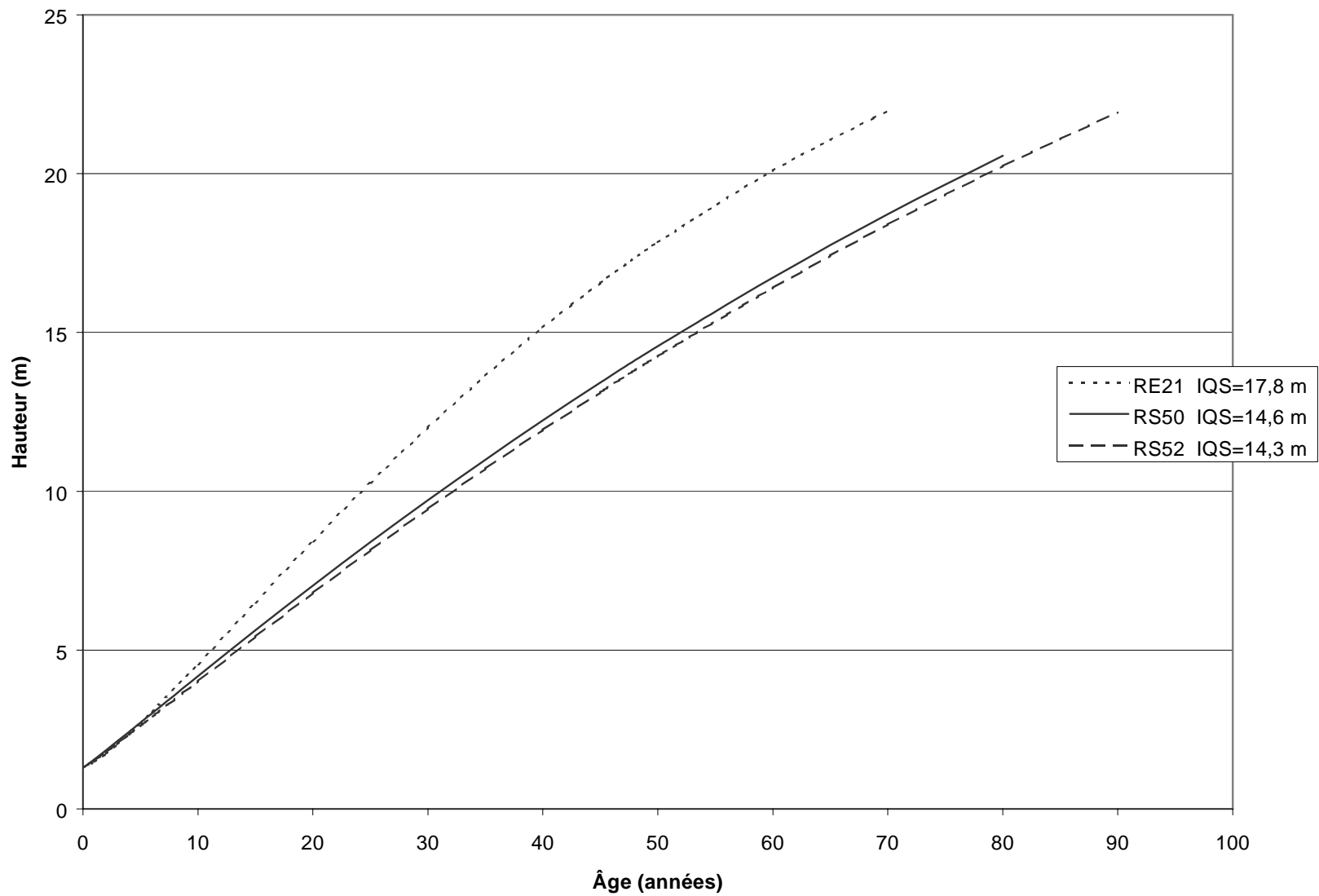


Figure 2. Courbes de la hauteur en fonction de l'âge pour les épinettes noire et rouge.

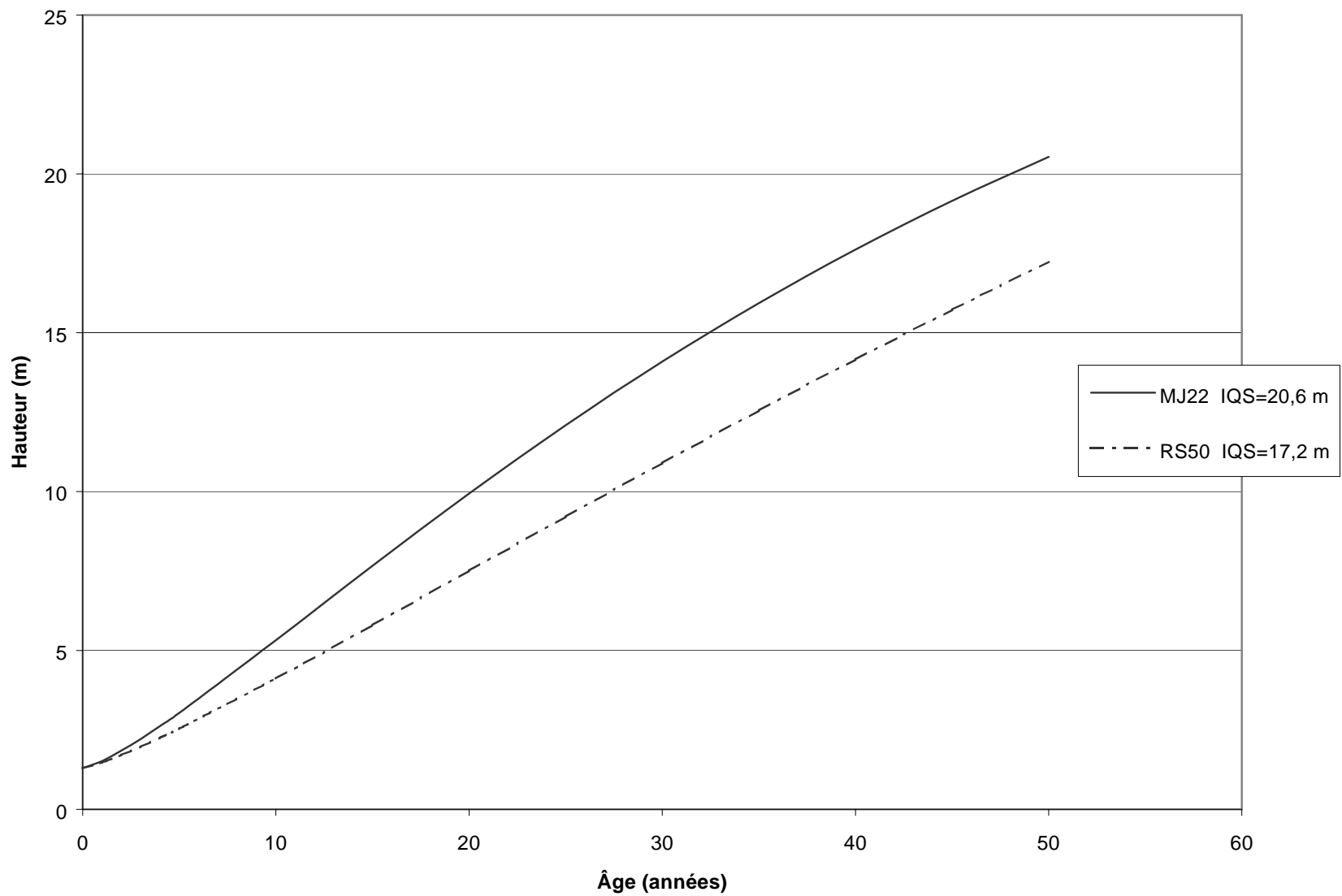


Figure 3. Courbes de la hauteur en fonction de l'âge pour le sapin baumier.

3.2 Étude comparative des types écologiques

Les résultats des études comparatives entre la croissance sur les types écologiques réalisées grâce aux tests de Wald pour un seuil global de 5 % sont présentés pour chacune des espèces au tableau 4.

TABLEAU 4 - Seuils observés des comparaisons des courbes hauteur-âge par type écologique

Types écologiques	MJ22	RE21	RS50	RS52
Épinette blanche				
MJ22	1	-----	-----	-----
Épinettes noire et rouge				
RE21	-----	1		
RS50	-----	0.0001*	1	
RS52	-----	0.0001*	0.5789	1
Sapin baumier				
MJ22	1	-----		
RS50	0.0001*	-----	1	-----

(*) indique une différence significative au seuil global de 0.05

On remarque qu'il existe des différences de croissance dans la majorité des cas. Par contre, les résultats obtenus pour les épinettes noire et rouge suggèrent le regroupement des types RS50 (qui inclut déjà le type RE20) et RS52, ce qui a été fait (valeur de 0.5789) probabilité non significative au seuil de 0.05). Le tableau 5 présente les résultats obtenus pour cette nouvelle courbe et la figure 4 présente les courbes finales pour le groupe des épinettes noire et rouge.

TABLEAU 5 - IQS et coefficients de régression pour les types écologiques regroupés

Type écologique	N	IQS (m)	B ₁	B ₂	B ₃	R ²
Épinettes rouge et noire						
RS50, RS52	1823	14.39	40.20±2.05	0.0086±0.006	1.0698±0.0164	0.93

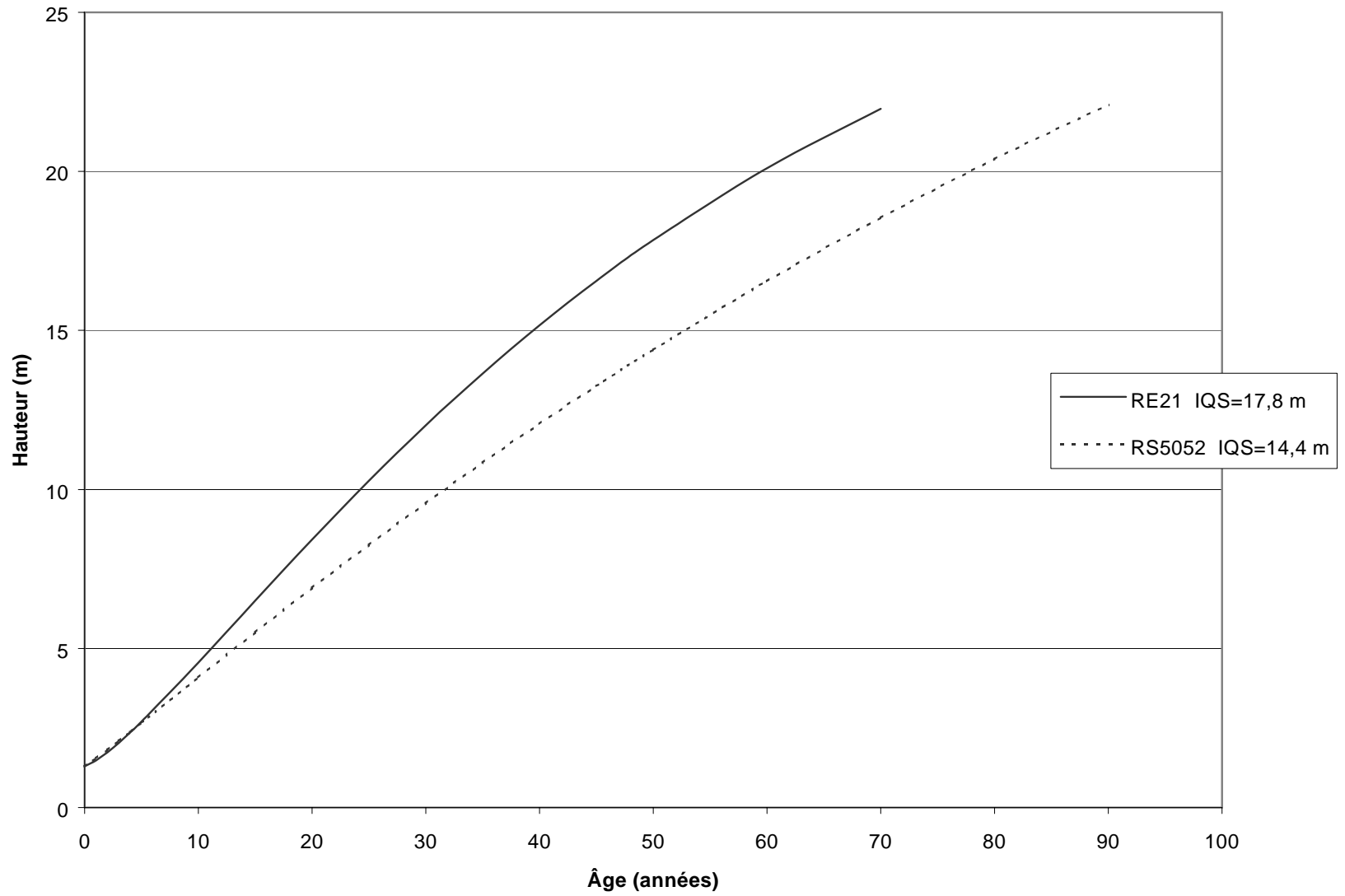


Figure 4. Courbe de la hauteur en fonction de l'âge pour les épinettes noire et rouge, types écologiques regroupés.

Il est important de noter que ce regroupement est le seul possible sur la base des données disponibles. Les courbes concernant le type RE21 pour les épinettes noire et rouge ainsi que tous les groupes des autres essences demeurent inchangés (réf. tableau 3 et figures 1, 2 et 3).

3.2.1 ÉPINETTE BLANCHE

Pour l'épinette blanche, un seul indice de qualité de station fut calculé, puisqu'un seul groupe était disponible pour l'analyse, soit le groupe MJ22, la bétulaie jaune à sapin sur dépôt mince à épais, de texture moyenne et de drainage mésique. L'IQS y est de 16.61 m à 50 ans, ce qui se compare aux deux IQS les plus élevés (16 et 18 mètres à 50 ans) utilisés dans le manuel d'aménagement (1998) pour la sélection des tables de production (Pothier 1998). Il est évident qu'un échantillonnage plus important du territoire est souhaitable dans le but de permettre la production des courbes d'IQS pour les autres types écologiques où se retrouve l'épinette blanche et de rendre possible les comparaisons entre ceux-ci. Cependant, il n'a pas été possible de trouver de peuplements convenables et accessibles contenant de l'épinette blanche sur le terrain.

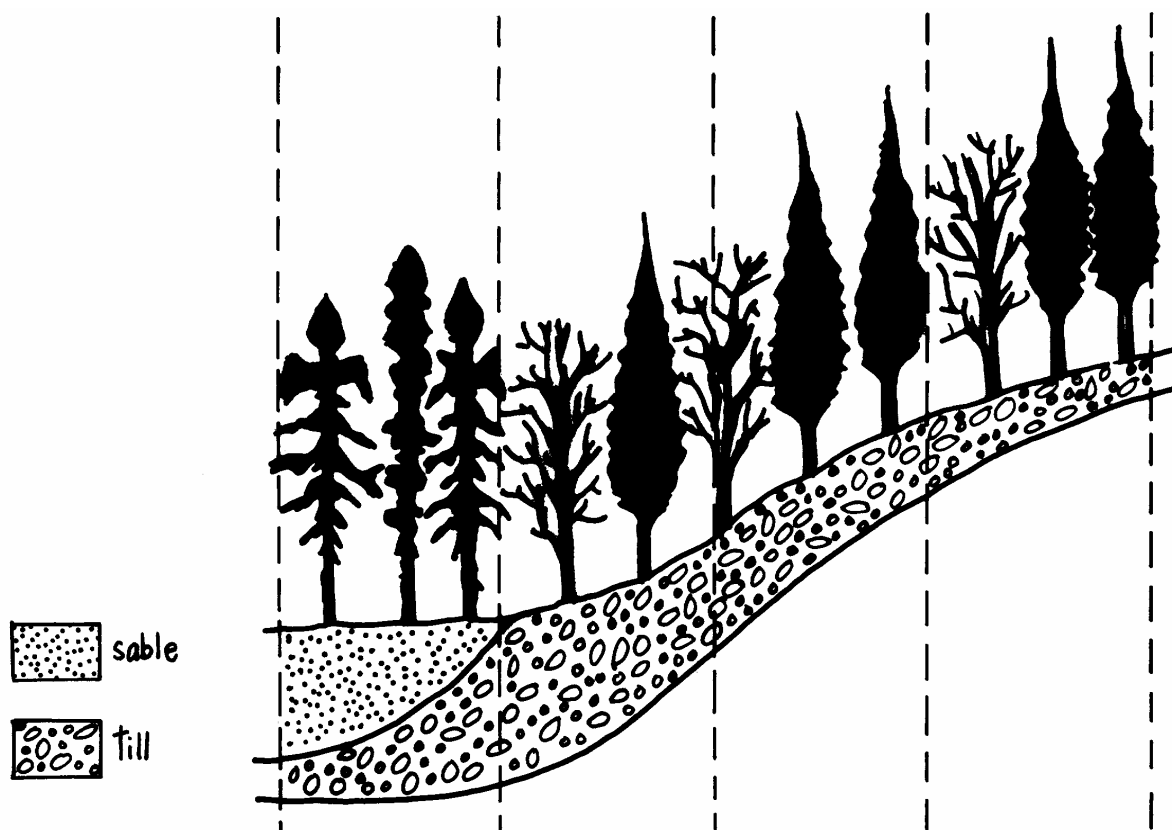
3.2.2 ÉPINETTES NOIRE ET ROUGE

L'analyse des résultats permet de constater que le type RE21, la pessière noire à mousses ou à éricacées sur dépôt mince à épais, de texture grossière et de drainage xérique mésique, diffère des deux autres types étudiés pour ces essences (RS50, sapinière à épinette rouge sur dépôts très minces, de texture variée, au drainage xérique à hydrique et RS52, sapinière à épinette rouge sur dépôt mince à épais, de texture moyenne et de drainage mésique). Le type RE21 semble le plus productif pour ces essences, avec un IQS de 17.84 m à 50 ans comparativement à 14.57 m et 14.25 m pour les types RS50 et RS52 respectivement. Après regroupement de ces deux derniers types, leur IQS passe à 14.39 m à 50 ans. La moins grande productivité des types RS50 et RS52 peut s'expliquer par le dépôt souvent très mince que l'on retrouve sur ces sites. D'après Gerardin (1989), l'épaisseur du dépôt est un facteur important influençant la qualité des sites. Les IQS se rapprochent des IQS de 15 et 18 mètres à 50 ans utilisés par Pothier (1998) dans le manuel d'aménagement (1998).

3.2.3 SAPIN BAUMIER

Pour sa part, le sapin baumier nous fournit l'IQS le plus élevé, 20.55 m à 50 ans pour le type MJ22 et un IQS de 17.23 m à 50 ans pour le type RS50. La supériorité du type MJ22 sur le RS50 était prévisible. Le type MJ22 est reconnu comme étant généralement parmi les plus riches. Sa situation en bas de pente, son dépôt plus épais et sa texture habituellement meilleure expliquent sa bonne performance. Les IQS calculés se comparent aux IQS de 18 et 21 mètres à 50 utilisés par Pothier (1998) dans le manuel d'aménagement (1998). Encore ici, un échantillonnage plus important serait souhaitable, mais il n'a pas été possible de trouver des tiges convenables sur le terrain pour tous les types écologiques, en raison de l'accessibilité des peuplements et des sites récoltés.

TABLEAU 6 - Synthèse des résultats



Principales caractéristiques écologiques des stations étudiées				
Type écologique	RE21	MJ22	RS52	RS50(RE20)
Végétation potentielle	Pessière noire à mousse ou éricacées	Bétulaie jaune à sapin mésique	Sapinière à épinette rouge	Sapinière à épinette rouge
Dépôt (code)	Minéral mince à épais (2A, 2BE)	Minéral épais (1a, 1ay)	Minéral mince à épais (M1A, 1AY, 1A)	Minéral très mince (M1A, R1A)
Drainage (classe)	Xérique-mésique (10,20)	Mésique (20, 30)	Mésique (20, 30)	Xérique-mésique (10, 20)
Indice de qualité de station (m)				
Essence				
EPB	-----	16.60	-----	-----
EPX*	17.84	-----	14.25	14.57
SAB	-----	20.55	-----	17.23

*L'IQS de l'essence EPX, pour le regroupement des types RS50 et RS52 est de 14.39 m.

4. Conclusion

Les IQS obtenus démontrent des différences significatives de croissance non seulement d'un type écologique à l'autre, mais aussi d'une essence à l'autre sur un même type. Ces résultats sont corroborés par plusieurs études passées (Bédard 1998, Grondin et *al.* 1993 et Saucier 1992). Il est donc très important de considérer le potentiel de chaque espèce sur chaque station lorsque l'on veut modéliser la croissance d'un peuplement et lors des décisions d'aménagement. Les comparaisons des courbes hauteur-âge ont permis le regroupement de deux types écologiques ayant une croissance potentielle semblable pour les épinettes noire et rouge.

Il est important de se souvenir qu'il s'agit d'indices de qualité de station potentiels, d'où les facteurs externes d'oppression et de tordeuse des bourgeons de l'épinette ont été retirés. Ce potentiel ne pourra être atteint que si l'on pratique des interventions sylvicoles permettant de réduire au maximum les pertes de croissance (Bédard, 1998). Ces IQS se veulent des objectifs à atteindre et non le reflet de la croissance actuelle des forêts. L'aménagiste devrait utiliser ces IQS avec soin lors du calcul de possibilité, dans les secteurs d'aménagement intensif seulement. Notons aussi que ces IQS, étant donnée leur provenance, peuvent être extrapolés au niveau de la sous-région écologique, mais doivent être utilisés avec parcimonie à l'extérieur de ces limites.

Notons en terminant que les données et les échantillons récoltés lors de cette étude par l'analyse de tiges pourront être éventuellement utilisés pour d'autres études, puisqu'il est possible, entre autre, de développer des tarifs de cubage ou de procéder à une étude de qualité des fibres à partir de ces données et échantillons. De plus, la qualité des méthodes utilisées pour le calcul des IQS potentiels a été démontrée à nouveau. Ces méthodes pourront facilement être utilisées dans le même but sur d'autres territoires.

5. Références

- Anonyme. 1998.** Clés d'identification du type forestier et du type écologique, sous-domaine de l'érablière à bouleau jaune de l'Est. Rapport, MRN, service de l'évaluation de l'offre.
- Bédard, S. 1998.** L'estimation de la croissance potentielle des stations forestières basée sur l'information écologique : exemple du sous-domaine de la sapinière à bouleau jaune de l'Est-du-Québec. Mémoire de maîtrise, Fac. de foresterie et de géomatique, Université Laval, Québec, 46 p.
- Bégin, J., L. Bélanger, J. Pfalzgraf et M. Pineau. 1990.** Qualité de station et production dans les érablières rouges de la plaine de Drummondville, Québec. For. Chr. August, 377-387.
- Bégin, J. 1998.** Anatige. Programme de compilation des données du logiciel Windendro. Fac. de foresterie et de géomatique, Université Laval, Québec.
- Blais, M. J. 1995.** Les indices de qualité de station. Fac. de foresterie et de géomatique, Université Laval, Québec, 16 p.
- Carmean, W. H. 1975.** Forest site quality evaluation in the United States. Adv. Agron. 27 : 209-269.
- Dyer, M. E. et R.L. Bailey. 1987.** A test of six methods for estimating true heights from stem analysis data. For. Sci. 33 : 3-13.
- Gerardin, V. 1989.** Introduction à l'écologie forestière. Formation continue, OIFQ, L'aubelle, no 73, octobre 1989, 16 p.
- Groncin P., J. Laroche, P. Tardif et J.P. Saucier. 1993.** Utilisation des modèles de croissance dans la définition des stations forestières. Les modèles de croissance et leurs utilisations. Ung. C. H. éd., Service canadien des forêts, Québec, 204-218.
- Groncin, P., S. Bédard et P. Dorais. 1995b.** Classification écologique abrégée du sous-domaine de l'Est de la sapinière à bouleau jaune. MRN, direction de la recherche forestière, 31 p.
- Groncin, P., J. Noël et S. Bédard, 1995a.** Classification écologique préliminaire du sous-domaine de l'Est de la sapinière à bouleau jaune. MRN, direction de la recherche forestière, 61 p.
- Lapointe, C. 1997.** Guide d'utilisation du programme FITNLINM.SAS. 8 p.

- Ministère des Ressources Naturelles, 1998b.** Manuel d'aménagement forestier. MRN, Québec, 122 p.
- Newnham, R. M. 1988.** A modification of the Ek-Payandeh nonlinear regression model for site index curves. *Can. J. For. Res.* 18 : 115-120.
- Pothier, D et F. Savard, 1998.** Actualisation des tables de production pour les principales espèces forestières du Québec. MRN, direction de la recherche forestière, Gouv. du Québec, 183 p.
- Richards, F. J. 1959.** A flexible growth function for empirical use. *J. Exp. Bot.* 10 : 290-300.
- Riopel, M. 1998.** Potentiel de croissance de la haute régénération pré établie de sapin baumier : une analyse dendrométrique au niveau de la tige et du peuplement. Mémoire de maîtrise, Fac. de foresterie et de géomatique, Université Laval, Québec, (en rédaction).
- Saucier, J. P. 1992.** Croissance et rendement en fonction des types écologiques photo-interprétés de la région écologique 5a-Basses et moyennes Appalaches. Mémoire de maîtrise, Fac. de foresterie et de géomatique, Université Laval, Québec, 189 p.
- Spurr, S. H. et B. V. Barnes. 1980.** *Forest ecology*. 3^e édition, John Wiley & Sons, New York. 571p.

ANNEXE 1

Localisation des placettes

ANNEXE 2

Étapes de réalisation

Annexe

La présente annexe contient une description sommaire des étapes effectuées lors de la réalisation du projet d'analyse de tiges réalisé pour le compte des bénéficiaires de l'aire commune 41-02, plus particulièrement la compagnie Gérard Crête et fils. Les étapes sont illustrées, lorsque possible.

SECTION 1 - TRAVAUX DE TERRAIN

Étape 1

Choix des types écologiques à évaluer, en fonction de leur importance en superficie et de leur accessibilité. Cette étape se fait à l'aide des photos aériennes, des cartes écoforestières et des visites sur le terrain.

Étape 2

Cueillette des données dans chacun des types écologiques retenus. Les données ont été récoltées sur 18 placettes temporaires de 11.28 mètres de rayon (400 m²). Sur chacune des placettes, un relevé dendrométrique, un relevé écologique et un relevé pédologique ont été effectués.

- Dendrométrie : dénombrement de toutes les tiges de la classe de 10 cm et plus, par classes de 2 cm et par essence.
- Écologie : identification des groupes d'espèces indicatrices, du type forestier, de la végétation potentielle, du type écologique et de la strate forestière.
- Pédologie : identification du type de dépôt, de la texture du dépôt, du drainage et du pourcentage de pente.

FIGURE 1 - TYPE DE PEUPEMENTS ÉCHANTILLONNÉS



FIGURE 2 - TYPE DE PEUPEMENTS ÉCHANTILLONNÉS



Étape 3

Identification des arbres à récolter. Les tiges retenues pour analyse doivent faire partie du couvert dominant ou co-dominant. De plus, elles doivent être vigoureuses. Les tiges ayant plusieurs têtes, la tête brisée, des traces de maladie évidentes ou une cime mal développée sont à éviter. En fait, les tiges marquées pour la récolte doivent avoir été influencées le moins possible par des facteurs autres que la qualité du site lors de leur croissance. Les tiges choisies sont ensuite marquées à la peinture. Le dhp est marqué d'un trait horizontal et un numéro est inscrit sur la tige. Des marques horizontales sont aussi faites à 15 cm et 70 cm du sol pour la récolte de rondelles. Le choix des tiges se fait en fonction de la diversité en essences de la placette.

FIGURE 3 - ARBRE IDENTIFIÉ POUR LA RÉCOLTE



Étape 4

Récolte des rondelles de bois. Les tiges marquées sont abattues et ébranchées. Elles sont ensuite mesurées pour marquer l'emplacement des rondelles supérieures. Dans notre cas, celles-ci sont situées à tous les deux mètres, à partir du dhp (c'est-à-dire 3.3 m, 5.3 m, 7.3 m, etc.). Par la suite, les tiges sont tronçonnées de manière à récolter des rondelles de bois d'environ 4 à 5 cm d'épaisseur aux endroits pré-identifiés. Chaque rondelle ainsi obtenue est identifiée par le numéro de parcelle, le numéro de la tige et un numéro de rondelle. L'épaisseur des rondelles est importante pour éviter les bris lors du transport et du séchage subséquent et permettre une manipulation facile des échantillons. L'ensemble des rondelles est ensuite transporté au laboratoire pour les étapes suivantes.

FIGURE 4 - ABATTAGE D'UN ARBRE ÉCHANTILLON



FIGURE 5 - ÉBRANCHAGE D'UN ARBRE ÉCHANTILLON



FIGURE 6 - TRONÇONNAGE D'UN ARBRE ÉCHANTILLON,
PRÉLÈVEMENT DES RONDELLES ÉCHANTILLONS



FIGURE 7 - IDENTIFICATION DES RONDELLES ÉCHANTILLONS



SECTION 2 – TRAVAUX DE LABORATOIRE

Étape 5

Séchage des rondelles. Les échantillons doivent être séchés pour permettre l'étape suivante, le sablage d'une des deux faces. Sans un séchage préalable, il est très difficile, voire impossible, de sabler adéquatement les rondelles. Un séchoir à bois industriel donne d'excellents résultats.

Étape 6

Sablage des rondelles. Cette étape s'effectue en deux temps : un premier ponçage avec papier grossier et un deuxième ponçage avec papier fin. Celui-ci doit être d'excellente qualité, c'est-à-dire présenter une surface très lisse (absence de rainures dues au ponçage). Le sablage est indispensable puisqu'il rend possible la lecture des cernes annuels à l'aide d'un appareil optique.

FIGURE 8 - SABLAGE AVEC PAPIER GROSSIER



FIGURE 9 - SABLAGE AVEC PAPIER FIN



Étape 7

Préparation des échantillons. Cette étape consiste à tracer les rayons à partir desquels seront effectuées les mesures sur les cernes annuels. Normalement, deux rayons sont tracés à angle droit. Le premier rayon doit être décalé de 22.5° par rapport au plus grand diamètre de la rondelle. Si la différence de longueur entre les deux rayons est supérieure à 5 %, on devra mesurer quatre rayons.

FIGURE 10 - TRAÇAGE DES RAYONS POUR L'ANALYSE



Étape 8

Numérisation des rondelles. Il s'agit ici de procéder à la lecture de l'ensemble des cernes annuels de chacune des rondelles, le long des rayons préalablement tracés, à l'aide d'un appareil optique (scanner) et d'un logiciel de prise de données (Windendro). Le logiciel permet de mesurer l'épaisseur de chaque cerne annuel et transfère directement les données dans un fichier Excel (format texte, un fichier par tige) où elles sont immédiatement prêtes pour l'analyse. C'est la dernière étape à réaliser avant le début des analyses.

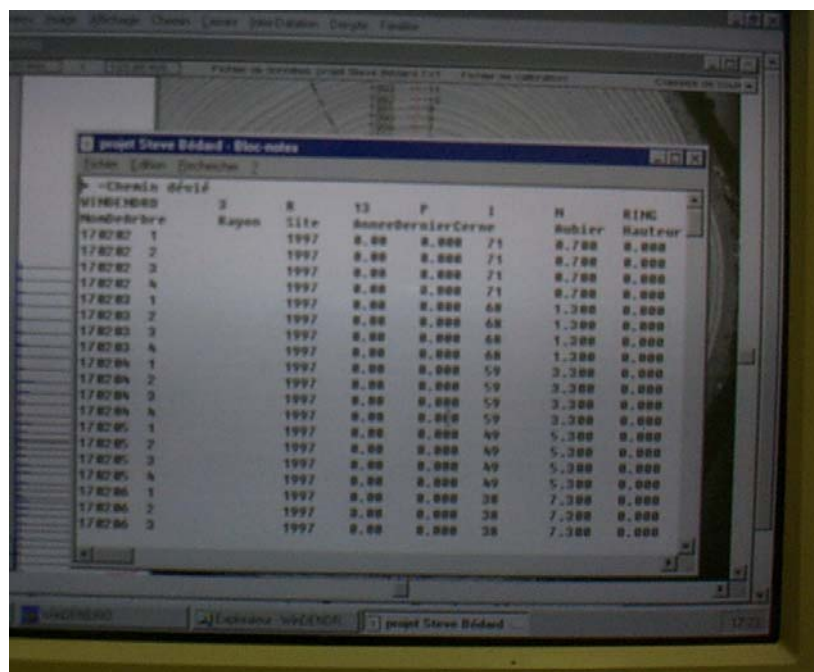
FIGURE 11 - NUMÉRISATION D'UNE RONDELLE ÉCHANTILLON



FIGURE 12 - IMAGE NUMÉRISÉE ET MATÉRIEL INFORMATIQUE



FIGURE 13 - RÉSULTATS DE NUMÉRISATION, FICHER DE DONNÉES OBTENUES



The screenshot shows a window titled 'projet Steve Bédard - Bloc notes' containing a table of data. The table has the following columns: 'Année', 'Diamètre', 'Site', 'Année', 'Diamètre', 'Site', 'H', and 'RINC'. The data rows represent measurements for different trees and years.

Année	Diamètre	Site	Année	Diamètre	Site	H	RINC
178287	1	1997	0.00	0.000	71	0.700	0.000
178287	2	1997	0.00	0.000	71	0.700	0.000
178287	3	1997	0.00	0.000	71	0.700	0.000
178287	4	1997	0.00	0.000	71	0.700	0.000
178283	1	1997	0.00	0.000	48	1.300	0.000
178283	2	1997	0.00	0.000	48	1.300	0.000
178283	3	1997	0.00	0.000	48	1.300	0.000
178283	4	1997	0.00	0.000	48	1.300	0.000
178284	1	1997	0.00	0.000	59	3.300	0.000
178284	2	1997	0.00	0.000	59	3.300	0.000
178284	3	1997	0.00	0.000	59	3.300	0.000
178284	4	1997	0.00	0.000	59	3.300	0.000
178285	1	1997	0.00	0.000	49	5.300	0.000
178285	2	1997	0.00	0.000	49	5.300	0.000
178285	3	1997	0.00	0.000	49	5.300	0.000
178285	4	1997	0.00	0.000	49	5.300	0.000
178286	1	1997	0.00	0.000	28	7.300	0.000
178286	2	1997	0.00	0.000	28	7.300	0.000
178286	3	1997	0.00	0.000	28	7.300	0.000

SECTION 3 - ANALYSE DES DONNÉES

Étape 9

Validation des données. Les fichiers provenant du Windendro sont ensuite soumis au programme Anatiège (Bégin,1998). Cet outil permet la détection de certaines erreurs de manipulation : par exemple, deux rondelles possédant le même âge, des inversions de rondelles, des rondelles manquantes, etc.

Étape 10

Calcul des variables d'étude : diamètres, hauteurs pour chaque tige pour chaque année, encore ici à l'aide du programme Anatiège. Le programme effectue les estimations nécessaires pour les rondelles manquantes, les calculs pour l'obtention des variables d'étude et des accroissements annuels de ces variables. Ces variables sont ensuite disposées en colonnes pour chacun des arbres étudiés.

Étape 11

Création de la base de données SAS. La combinaison des fichiers contenant les variables d'étude et les types écologiques ainsi que les numéros de parcelles rend possible la production de la base de données complète, prête pour l'analyse.

Étape 12

Détermination des périodes d'oppression juvénile et d'épidémies de tordeuse des bourgeons de l'épinette. À l'aide du programme SAS *determpe.sas*, les périodes d'oppression et d'épidémies sont définies pour chaque tige et automatiquement transférées dans le fichier *periode.dat*.

Étape 13

Création des bases de données contenant d'une part les tiges ayant subi une période d'oppression juvénile et, d'autre part, les tiges sans oppression, à l'aide du fichier *periode.dat* et de la base de données originale.

Étape 14

Correction pour la TBÉ de l'âge des tiges sans oppression, avec le programme SAS *Corr4tbe.sas* et de la base de données contenant les tiges sans oppression (*BASE_SOP.sd2*). Cette étape produit une base de données sans oppression et sans TBÉ (*BCIBESOP.sd2*). À partir de cette étape, les différentes phases de l'analyse sont effectuées individuellement pour chacune des essences étudiées.

Étape 15

Modélisation des tiges sans oppression. Cette étape produit des courbes d'indice de qualité de station par type écologique pour chacune des essences. Les programmes SAS utilisés pour cette étape sont les suivants : *FITLM612.sas* et *modélise.sas*. Comme les tiges utilisées n'ont pas subi d'oppression juvénile, ces courbes serviront de référence pour effectuer les corrections nécessaires pour les tiges ayant souffert d'oppression.

Étape 16

Correction de l'oppression. La correction de l'âge pour les tiges opprimées nécessite le programme *CORR_OP.sas*, la base de données contenant les tiges opprimées, les courbes de références produites au point précédant ainsi que le fichier *periode.dat*.

Étape 17

Correction des épisodes de TBÉ, pour les tiges opprimées, après correction de l'oppression. Le fichier *periode.dat*, le programme *CORR4TBE.sas* et la base de données contenant les tiges ayant été corrigées pour l'oppression.

Étape 18

Mise en commun des deux bases de données. Les bases de données produites au point 14 et au point 17 sont fusionnées (toujours par essence), pour obtenir une base de données comprenant toutes les tiges, celles-ci ayant été soumises aux corrections de l'oppression et des épisodes de TBÉ, lorsque requis.

Étape 19

Modélisation de l'ensemble des tiges, par essence et par type écologique. Cette étape permet d'obtenir les courbes d'IQS pour chacune des essences, pour chaque type écologique présent sur le territoire. Sont obtenus par la même occasion : les paramètres de l'équation de Chapman-Richards (équation qui calcule les IQS) et les résultats des tests statistiques.

Étape 20

Analyse des résultats statistiques des comparaisons entre les types écologiques pour chacune des essences, et regroupement des types écologiques ne présentant pas de différences significatives (dans notre cas, les types RS50 et RS52 sont regroupés pour les épinettes rouge et noire).

Étape 21

Modélisation finale, en utilisant les types regroupés. Cette modélisation nécessite encore une fois les programmes sas *FITLM612.sas* et *modelise.sas* et produit les mêmes sorties informatiques qu'au point 19.

Étape 22

Rédaction et remise du rapport portant sur «l'identification du potentiel réel des sites (IQS), aire commune 41-02».