

BERTRAND ANEL

**Des systèmes agroforestiers incluant une production
de feuillus nobles
pour la mise en valeur de l'espace rural québécois**

**Essai
présenté pour l'obtention du grade de
Maître ès sciences (M.Sc.)**

**Département des Sciences du Bois et de la Forêt
Faculté de Foresterie et Géomatique
Université Laval**

Février 2003

Sommaire

Liste des annexes.....	Page iii
Liste des acronymes.....	Page iii
Liste des tableaux.....	Page iv
Liste des figures.....	Page iv
Remerciements.....	Page v
Introduction : le milieu rural québécois, le développement durable et l'agroforesterie.....	Page 1
➤ Agriculture et foresterie : une cohabitation difficile.....	Page 1
➤ Une agriculture remise en question.....	Page 2
➤ Les feuillus : une ressource en baisse.....	Page 2
➤ La voie du développement durable.....	Page 3
➤ L'agroforesterie pour de nouvelles associations arbres – cultures.....	Page 3
1 Description des systèmes.....	Page 7
1.1 Des systèmes explicitement productifs.....	Page 7
➤ Des arbres sur les parcelles.....	Page 7
➤ Des arbres autour des parcelles.....	Page 10
1.2 Le cas des boisés de ferme.....	Page 11
1.3 Insérer une production de feuillus nobles dans des systèmes agroforestiers à vocation environnementale.....	Page 13
1.4 Bilan : multifonctionnalité des systèmes agroforestiers et diversité des arrangements spatiaux entre les composantes.....	Page 14
2 Le fonctionnement du système agroforestier.....	Page 17
2.1 Introduction : interactions entre les composantes.....	Page 17
2.2 Le choix des composantes.....	Page 19
➤ La composante ligneuse.....	Page 19
➤ La composante culturelle.....	Page 22
2.3 La disposition spatiale.....	Page 25
➤ Espacement entre les arbres et densité de plantation.....	Page 25
➤ La largeur des bandes agricoles.....	Page 27
➤ La largeur des bandes boisées.....	Page 27
➤ La disposition des bandes.....	Page 28
2.4 La gestion des bandes boisées et des arbres.....	Page 29
➤ La lutte contre les adventices sur la bande boisée.....	Page 29
➤ La protection des arbres dans un système sylvopastoral.....	Page 31
➤ Les éclaircies.....	Page 32
➤ La formation des arbres.....	Page 33
➤ Croissance et qualité du bois.....	Page 34
➤ La limitation des interactions souterraines.....	Page 35
3 Le projet « Cerisier d'automne » : de l'agroforesterie en Mauricie.....	Page 37
3.1 Le contexte du projet.....	Page 37
3.2 La mise en place du système.....	Page 38
➤ Localisation.....	Page 38
➤ La composante ligneuse.....	Page 38
➤ La composante agricole.....	Page 40
➤ Les opérations culturales : la préparation du sol et la protection des arbres.....	Page 40
➤ La disposition du système.....	Page 41
Le système intercalaire.....	Page 41
Les haies en bordure de parcelle.....	Page 43

3.3 Le dispositif de suivi.....	Page 48
➤ Le taux de survie des arbres.....	Page 48
➤ La croissance des arbres.....	Page 51
➤ La croissance de la culture associée.....	Page 55
➤ L'exploitation du système	Page 55
3.4 L'espace alloué à chaque composante	Page 57
4 Agroforesterie, économie et société.....	Page 59
4.1 La diversification des productions.....	Page 59
➤ Les conséquences de la diversification sur l'économie de l'exploitation.....	Page 59
➤ La gestion des différentes tâches.....	Page 61
➤ Les conséquences de la diversification sur l'économie régionale.....	Page 63
4.2 Les bénéfices environnementaux.....	Page 64
5 L'intérêt des acteurs du développement.....	Page 67
5.1 L'intérêt des agriculteurs et propriétaires.....	Page 68
➤ Les parcelles improductives.....	Page 68
➤ Les espaces linéaires – haies.....	Page 69
➤ Les systèmes intercalaires.....	Page 70
➤ L'aide nécessaire.....	Page 70
5.2 L'intérêt des intervenants du milieu – cadre d'action.....	Page 71
➤ Le réseau des intervenants de la filière des feuillus nobles.....	Page 72
➤ La plantation de feuillus nobles.....	Page 74
➤ La mise en valeur des friches.....	Page 75
➤ Le développement des systèmes agroforestiers.....	Page 75
➤ Le financement	Page 77
Conclusion.....	Page 79
Bibliographie.....	Page 81

Liste des annexes

Annexe 1 : Questionnaire de rencontre terrain pour le projet « Mise en valeur des zones agricoles marginales par la production de feuillus nobles ».....	Page 87
Annexe 2 : Feuille de rencontre avec les intervenants du milieu pour le projet « Mise en valeur des zones agricoles marginales par la production de feuillus nobles ».....	Page 91

Liste des acronymes

ADSFQ :	Association déroulage et sciage de feuillus du Québec
AMFM :	Agence régionale de mise en valeur des forêts mauriciennes
CLD :	Centre local de développement
GF :	Groupement forestier
MAPAQ :	Ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec
MENV :	Ministère de l'environnement du Québec
MRC :	Municipalité régionale de comté
MRN :	Ministère des ressources naturelles du Québec
SPBM :	Syndicat des producteurs de bois de la Mauricie
UPA :	Union des producteurs agricoles

Liste des tableaux

Tableau 1 : Les feuillus nobles du Québec.....	Page 19
Tableau 2 : Caractéristiques des arbres agroforestiers favorables aux cultures associées.....	Page 21
Tableau 3 : Quelques exemples d'espacements et de densités pour des chênes et des noyers en plantations agroforestières expérimentales et forestières	Page 26
Tableau 4 : Caractéristiques de chaque rangée d'arbres lors de la plantation.....	Page 46
Tableau 5 : Taux de survie des arbres de chacune des espèce pour chacune des rangées au domaine <i>Le Portageur</i> , à Saint-Édouard de Maskinongé...	Page 49
Tableau 6 : Croissance en hauteur des feuillus nobles de chaque espèce au sein de chacune des rangées.....	Page 52
Tableau 7 : Croissance en hauteur des peupliers hybrides de chaque clone au sein de chacune des rangées.....	Page 53
Tableau 8 : Nombre de personnes montrant un intérêt pour le reboisement des bordures de champ à l'aide de feuillus nobles disposés en plantations linéaires - haies	Page 69

Liste des figures

Figure 1 : Système intercalaire noyer – maïs en Indiana (USA).....	Page 8
Figure 2 : Système intercalaire noyer – blé dur pendant la moisson dans le sud de la France (région Languedoc – Roussillon).....	Page 9
Figure 3 : Système sylvopastoral frêne - ovin en Irlande.....	Page 10
Figure 4 : Exemple de structure d'une haie complexe avec arbres de haut jet et étage intermédiaire en bordure de prairie	Page 11
Figure 5 : Exemple de gestion sylvicole par bandes d'une haie brise-vent de plusieurs rangs.....	Page 13
Figure 6 : Bande riveraine.....	Page 14
Figure 7 : Le système intercalaire	Page 42
Figure 8 : Cerisier tardif en bordure de parcelle (rangée 25:8).....	Page 45
Figure 9 : Frênes de Pennsylvanie en bordure de fossé de drainage (rangées 26:1 et 26:2).....	Page 45
Figure 10 : Localisation des rangées d'arbres sur les parcelles du domaine <i>Le Portageur</i> , à Saint-Édouard de Maskinongé	Page 47
Figure 11 : Réseau des intervenants de la filière des feuillus nobles	Page 73

Remerciements

Je tiens à adresser mes sincères remerciements à mon directeur d'études, Alain Olivier, ainsi qu'à mon co-directeur, Guy Debailleul, pour leurs judicieux conseils et leur patience.

Mes remerciements vont également à Michel Arès, qui m'a intégré dans le milieu agroforestier mauricien, me permettant ainsi de donner à ce travail sa dimension pratique, et à sa mère, qui m'a accueilli à Saint-Édouard de Maskinongé.

Sans le support de mes parents, je n'aurais pas pu envisager ces études à l'Université Laval. Je tiens donc à les remercier chaleureusement d'avoir rendu possible cette belle expérience.

Enfin, toute ma gratitude va à Évelyne, ma compagne, pour ses nombreuses et précieuses relectures mais surtout pour son soutien tout au long de cette aventure.

Sans toutes ces personnes, la réalisation de ce travail n'aurait certainement pas été possible.

Bertrand Anel, le 25 février 2003

Introduction : le milieu rural québécois, le développement durable et l'agroforesterie

➤ Agriculture et foresterie : une cohabitation difficile

Le milieu rural québécois se partage entre agriculture et foresterie, qui trouvent leurs racines dans l'histoire et l'économie de la province. La recherche de l'efficacité et d'une productivité accrue a entraîné la simplification et la spécialisation des systèmes. L'agriculture se pratique souvent sous forme de monocultures et la foresterie sous forme de reboisements monospécifiques. Ces tendances et des modes de gestion différents ont amené à un éloignement progressif de l'agriculture et de la foresterie au Québec, que ce soit dans leurs pratiques, dans les mentalités ou dans les administrations, comme le souligne Jean Désy (1985). Outre cet éloignement, des conflits d'intérêts pour l'utilisation du territoire opposent désormais de plus en plus fréquemment agriculteurs et producteurs de bois. Ainsi peut-on lire un article intitulé « Non au reboisement en milieu agricole », dans la rubrique d'opinions rurales de l'hebdomadaire *La Terre de Chez Nous*, dans lequel un agriculteur s'indigne des superficies reboisées dans la région de Saguenay-Lac-Saint-Jean alors qu'il est de plus en plus difficile de trouver des terres pour élever des bovins (Ouellet, 2002). Dans la direction opposée, des sonnettes d'alarmes sont tirées lorsque des pertes de superficies boisées sont enregistrées au profit d'un agrandissement des surfaces agraires. De tels conflits pour l'utilisation du territoire se trouvent exacerbés par l'actuelle crise de l'industrie porcine (Gagné, 2002). Les zones boisées situées en territoire agricole font en effet l'objet de convoitises particulières car elles représentent des zones potentielles d'épandages si elles sont mises en culture. Leur valeur économique dépasse alors celle du bois qui s'y trouve. De complémentaires au départ, les activités agricoles et forestières sont devenues concurrentes pour l'utilisation des terres et la place de l'arbre en milieu agricole est bien souvent compromise. Bien sûr, de nombreux agriculteurs conservent encore des boisés sur leurs terres, mais ceux-ci sont rarement entretenus dans une optique sylvicole. Ils se trouvent souvent sur les terres les plus marginales, difficilement cultivables (topographie accidentée, mauvais drainage...), et sont la plupart du temps rattachés à la production de sucre d'érable (érable) et de bois de chauffage. Sur les 120 000 propriétaires forestiers du Québec, 68 % ne sont pas agriculteurs (FPBQ, 2002) ; mais la quasi-totalité des forêts privées se situe dans les grands bassins agricoles de la plaine du Saint-Laurent, du lac Saint-Jean et de l'Outaouais (Parent et Fortin, 2002).

➤ Une agriculture remise en question

En matière d'activité agricole, le territoire rural québécois se montre hétérogène et partagé. Les terroirs les moins productifs sont souvent marginalisés ou en voie de le devenir. La Gaspésie en est sûrement l'exemple le plus cité. Cette marginalisation vient souvent de l'impossibilité de produire à des prix concurrentiels les mêmes denrées que dans les terroirs agricoles les plus productifs (comme ceux du sud-ouest québécois). Les difficultés liées à l'éloignement, au climat rigoureux ou à la qualité médiocre des sols représentent autant de freins au développement agricole. Dans l'histoire du Nord-Est américain, la conversion à l'agriculture de zones inappropriées (sol trop superficiel etc.) a ainsi été fréquente et ces zones se retrouvent aujourd'hui marginalisées (Williams et al., 1997). Il s'ensuit une diminution de l'activité économique et, à plus long terme, une désagrégation du tissu rural. À l'opposé, les terroirs les plus productifs sont utilisés de manière toujours plus intensive dans un objectif de rendement maximal. Les pratiques nuisibles à l'environnement ont sans cesse pris de l'ampleur au cours des dernières décennies et, dans l'ensemble, on constate une uniformisation des campagnes. De plus, l'augmentation de l'activité économique n'est pas synonyme d'augmentation de l'emploi en raison d'une mécanisation toujours plus poussée. Enfin, la dégradation du paysage et la perte de biodiversité sont malheureusement de plus en plus fréquemment observés.

➤ Les feuillus : une ressource en baisse

La récolte ligneuse sur les terres privées québécoises se partage de manière sensiblement égale entre feuillus et résineux (Parent et Fortin, 2002). Par rapport aux feuillus, les résineux sont mieux connus, se cultivent plus facilement, ont des rotations plus courtes, sont plus tolérants aux milieux difficiles (Dumont et al., 1995 ; von Althen, 1990) et, avantage décisif, ont bénéficié les premiers d'un programme de subvention destiné à assurer l'approvisionnement des compagnies forestières - papetières. En conséquence, les plantations artificielles de feuillus destinées à l'obtention de bois d'œuvre de qualité sont très peu nombreuses : seulement 346 ha de forêts privées ont été boisés avec des feuillus en 2000 (nouveaux boisements et reboisements après coupe), contre 15 000 ha avec des résineux, alors que le territoire couvert par la forêt privée correspond parfaitement à la zone bioécologique de croissance des feuillus (Parent et Fortin, 2002). La récolte de feuillus se fait donc essentiellement dans les forêts naturelles, mais celles-ci ont tendance à s'épuiser (Francoeur, 2001). Ainsi, le renouvellement de la ressource en bois de feuillus n'est pas assuré. Pourtant,

la demande existe : l'industrie québécoise du meuble a triplé son volume de production ces dernières années (Francoeur, 2001) et le manque de feuillus québécois oblige les industriels à se pencher de plus en plus vers l'importation pour couvrir leurs besoins. Le Québec importe plus de 2,4 millions de m³ de bois de feuillus et en exporte à peine plus de 100 000 (Parent et Fortin, 2002).

➤ La voie du développement durable

Ces problèmes d'intensification, de dégradation, de fragmentation et de marginalisation de l'espace rural ainsi que ceux relatifs aux productions excédentaires ou déficitaires ne sont néanmoins pas nouveaux et les dirigeants du gouvernement oeuvrant notamment à travers le Ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec (MAPAQ) ainsi que le Ministère des ressources naturelles (MRN) ont adopté une démarche de développement durable (MAPAQ, 2002 ; Parent et Fortin, 2002). La définition la plus couramment admise du développement durable est celle formulée dans le Rapport Brundtland (1987) : « répondre à nos besoins présents sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs ». Pour le MAPAQ (2002), il s'agit concrètement de rechercher des moyens de production plus respectueux de l'environnement et des ressources (sol, eau, air). Le développement durable concerne les deux situations extrêmes qui viennent d'être décrites : il s'agit autant de promouvoir un développement synonyme de maintien de la vie en milieu rural « marginalisé » que de limiter l'impact négatif des pratiques agricoles dans les terroirs où l'agriculture est la plus intensive. Il est aussi primordial, pour que le développement rural soit une réussite, de l'envisager dans son aspect communautaire. Cela implique une vision participative du développement durable dans laquelle les différents acteurs du monde rural ont leur mot à dire, de façon à bénéficier entre autres des savoirs locaux, notamment sur les diverses productions envisageables et leurs utilisations, et à bâtir un développement viable car intégrateur pour l'ensemble de la communauté rurale.

➤ L'agroforesterie pour de nouvelles associations arbres - cultures

L'agroforesterie offre des pratiques alternatives aux modèles d'utilisation exclusive des terres de l'agriculture conventionnelle et de la foresterie (Gordon et Williams, 1991). On désigne sous ce nom l'ensemble des pratiques dans lesquelles des végétaux ligneux et des cultures agricoles ou des animaux sont intentionnellement mis en présence les uns avec les autres (Nair, 1993). Si la plupart des recherches en agroforesterie ont été initiées dans les zones

tropicales où il a été prouvé que de nombreux avantages pouvaient en être tirés, l'agroforesterie connaît aussi un développement récent et motivé en zones tempérées.

Les applications de l'agroforesterie les plus développées et les plus classiquement intégrées au paysage rural québécois consistent surtout en l'utilisation des arbres pour l'amélioration des conditions environnementales. Le rôle des brise-vent et des bandes riveraines dans la création d'un environnement de culture favorable, dans la lutte contre l'érosion éolienne et hydrique et dans la prévention des pollutions d'origines agricoles est bien reconnu. Ces pratiques, qui favorisent une gestion réfléchie des ressources par l'utilisation d'interactions naturelles (par opposition à l'emploi de méthodes chimiques, mécaniques et autres), entrent directement dans le cadre du développement durable. Elles sont d'ailleurs recommandées à ce titre aux États-Unis (USDA, 1996).

Mais l'agroforesterie peut aussi intéresser les acteurs du développement rural - et en premier lieu les agriculteurs - en tirant partie de l'aspect productif de l'arbre (Ashton et Montagnini, 2000). Il s'agit de trouver les moyens d'associer l'arbre aux cultures agricoles classiques dans le but d'obtenir pour chacun une bonne productivité et, à terme, de construire un développement aussi durable que possible par des pratiques présentant un agroécosystème équilibré. L'idée d'associer des feuillus de grande valeur aux systèmes agricoles a déjà été mise en pratique dans plusieurs stations expérimentales en Ontario (Gordon et Williams, 1991), aux États-Unis (Garrett et MacGraw, 2000) et en Europe (Dupraz et Newman, 1997). Ces essais ont mis en évidence la faisabilité de tels systèmes et, dans certains cas, ils ont même donné des succès inattendus, avec de bons rendements cultureux et des croissances des arbres dépassant les normes forestières habituelles ! Dans le contexte québécois que nous venons de décrire, la mise en place de systèmes agroforestiers intégrant des feuillus nobles semble donc tout à fait pertinente. Sans prétendre pallier le problème de pénurie de feuillus nobles, elle pourrait tout de même contribuer à l'amoindrir tout en proposant de nouvelles alternatives agricoles.

Cet essai a pour objectif d'entamer une réflexion sur la faisabilité de l'implantation de systèmes agroforestiers incluant des feuillus nobles et sur l'apport qu'ils peuvent représenter pour le milieu rural québécois. Quels avantages y a-t-il à tirer de la réconciliation de l'agriculture et de la foresterie ? Comment s'y prendre ?

Notre cheminement nous conduira tout d'abord à décrire les systèmes agroforestiers associant pratiques agricoles et sylviculture des feuillus nobles susceptibles d'intéresser les exploitants québécois. Nous nous pencherons ensuite sur le fonctionnement de tels systèmes dans leurs aspects agronomiques et sylvicoles. L'étude d'une réalisation agroforestière concrète mise en place en Mauricie (Québec) viendra appuyer par la pratique ces considérations. Nous dépasserons alors le cadre strictement productif pour tâcher d'entrevoir ce que l'agroforesterie peut apporter au milieu rural. Une autre étude concrète nous permettra ensuite de « prendre le pouls » des principaux intéressés (agriculteurs, propriétaires et personnel encadrant) et de mieux comprendre le milieu dans lequel pourrait se développer l'agroforesterie. Nous terminerons par un bref bilan.

Bonne lecture !

1 Description des systèmes

La définition de l'agroforesterie telle qu'énoncée par l'ICRAF (International Centre for Research in Agroforestry) implique que dans un système agroforestier, les arbres soient intentionnellement mis en présence des autres composantes d'un système agricole, qu'il s'agisse d'une production végétale ou animale (Nair, 1993). Cette définition met clairement en avant la proximité spatiale des composantes ligneuses et agricoles.

Parmi les systèmes agroforestiers, ceux qui associent une production ligneuse à une culture végétale entrent dans le cadre de l'agrosylviculture et ceux qui associent la production d'arbres à des pratiques d'élevage entrent dans le cadre du sylvopastoralisme (Guitton, 1994). Néanmoins, les systèmes agrosylvicoles et sylvopastoraux seront ici traités ensemble car la différence entre les deux se limite le plus souvent au remplacement des cultures par des prairies pâturées. La distinction entre agrosylviculture et sylvopastoralisme implique par contre des régions assez différentes qui seront plus détaillées par la suite.

L'objectif de cette première partie est de répondre à la question : « A quoi ressemble un système agroforestier où sont produits des feuillus nobles ? » Nous passerons ici en revue les systèmes pour lesquels la production sylvicole est explicitement recherchée, puis ceux dans lesquels elle peut s'intégrer même si la première raison d'être du système peut être autre.

1.1 Des systèmes explicitement productifs

La forme que peuvent prendre les parcelles agrosylvicoles et sylvopastorales où production de feuillus nobles et production agricole sont intégrées dépend en grande partie des objectifs de l'exploitant. Si celui-ci désire favoriser la production sylvicole, la présence des arbres sera plus importante et ceux-ci seront généralement disposés de façon homogène dans la parcelle. Au contraire, l'exploitant peut choisir de cantonner la production sylvicole en bordure de parcelle et mettre ainsi l'accent sur la production agricole. Entre les deux, toutes les variantes sont possibles en faisant jouer la densité des arbres.

➤ Des arbres sur les parcelles

Lorsque les arbres sont répartis sur toute la parcelle, ils sont la plupart du temps disposés en lignes de façon à faciliter les opérations culturales mécanisées. La disposition de ces lignes

doit être réfléchi pour chaque cas. Des éléments de réflexion à ce propos seront présentés dans la partie suivante. Les cultures agricoles sont entreprises entre les rangées d'arbres, qui doivent être suffisamment espacées (généralement entre 8 et 30 mètres) pour rendre cet objectif réalisable. Cette forme d'agroforesterie est qualifiée d'intercalaire de part et d'autre de l'Atlantique et sa description dans la littérature est abondante (ex : Dupraz et al., 1996 ; Garrett et McGraw, 2000).

Dans le cas des systèmes agrosylvicoles, les arbres sont plantés sur une bande laissée nue de 1 mètre minimum, à la fois pour ne pas déranger les racines des arbres et parce que la mise en culture de l'espace entre les arbres serait rendu trop complexe (Dupraz et al., 1996). Les bandes boisées peuvent comporter une seule rangée d'arbres ou plusieurs ainsi qu'une ou plusieurs essences dépendamment des objectifs de l'exploitant. Les figures 1 et 2 illustrent deux systèmes intercalaires avec des intensités sylvicoles différentes, le premier ayant une densité d'arbres deux fois plus élevée que le second.



Figure 1 : Système intercalaire noyer – maïs en Indiana (USA)

Tiré de Gillepsie et al. (2000)

Ces systèmes agrosylvicoles intercalaires trouvent leurs racines dans des systèmes traditionnels où la présence des arbres n'était pas forcément liée à la production de bois d'œuvre, mais souvent à la production de fruits (Dupraz, 1994 ; Garrett et McGraw, 2000). Aujourd'hui, ils font l'objet de nouvelles recherches orientées vers la production de bois de qualité. C'est le cas en Amérique du Nord, principalement avec du noyer noir (*Juglans nigra*) qui est souvent utilisé pour la production de bois et de noix (noyer double fin) (Williams et al.,

1997). En Europe, ces systèmes sont aussi présents au stade expérimental ou fonctionnel avec des noyers, mais aussi d'autres essences recherchées telles que le merisier (au sens européen : *Prunus avium*) et diverses variétés de frênes (*Fraxinus* spp.), par exemple (Dupraz et Newman, 1997). L'Université de Guelph en Ontario (Canada) mène une expérimentation de grande envergure sur ses terrains et chez plusieurs agriculteurs avec des systèmes où sont associées différentes essences feuillues, telles que du noyer, du chêne rouge d'Amérique (*Quercus rubra*), du frêne, de l'érable (*Acer* sp.), du peuplier (*Populus* sp.), ou résineuses, avec des cultures commerciales (soja, maïs, blé d'hiver, orge) (Gordon et al., 1997 ; Gordon et Williams, 1991). Cet exemple est particulièrement remarquable car il laisse clairement présumer que, malgré un climat différent, de tels systèmes pourraient aussi être développés au Québec.



Figure 2 : Système intercalaire noyer – blé dur pendant la moisson dans le sud de la France
(région Languedoc – Roussillon)

Photo INRA

Dans une parcelle sylvopastorale, la prairie couvre tout l'espace ou presque, une zone sans végétation étant parfois conservée au pied de l'arbre pour favoriser son développement durant les premières années suivant la plantation. L'alignement des arbres est également préférable pour pouvoir passer avec la machinerie si nécessaire (épandage, fauche éventuelle...). Les animaux présents dans ces systèmes sont habituellement les bovins, ovins et caprins et, plus rarement, les volailles. La figure 3 illustre un tel type de parcelle. Bien que la logique voudrait que l'on parle de parcelle sylvopastorale intercalaire, le terme sylvopastoral est souvent utilisé seul.



Figure 3 : Système sylvopastoral frêne – ovin en Irlande

Photo INRA

➤ Des arbres autour des parcelles

L'association agroforestière d'arbres de haute valeur commerciale avec des cultures agricoles peut aussi prendre la forme de haies entourant les parcelles si l'objectif de production ligneuse est moins prononcé et qu'en conséquence le nombre d'arbres nécessaire est plus faible. Ce système de plantation linéaire en bordure de champ est à mettre en relation avec les haies de bocage qui se retrouvent dans presque tous les systèmes agraires traditionnels de la planète (Baudry et al., 2000). Cependant, ce type d'association est plus rarement décrit dans la littérature, sans doute parce qu'il s'agit d'une pratique plus extensive et moins spécialisée. En effet, l'implantation d'une haie répond généralement à des objectifs multiples et sa structure est souvent complexe, notamment quand elle comporte des mélanges de types de végétations tels que buissons, arbustes et arbres de haut jet (Soltner, 1988 ; figure 4). La généralisation du système devient alors difficile. Mais la structure complexe des haies n'est pas systématique. Terrasson et Le Floch (1995) décrivent ainsi un paysage traditionnel français dans lequel des alignements de peupliers de haute tige sont situés en bordure de prairie.

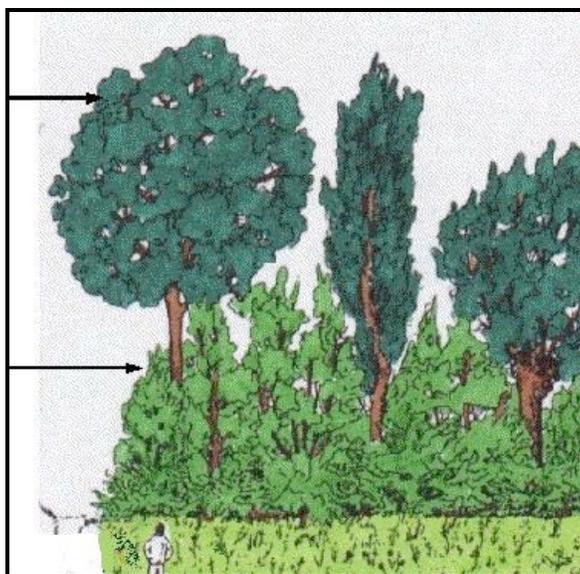


Figure 4 : Exemple de structure d'une haie complexe avec arbres de haut jet et étage intermédiaire en bordure de prairie
Tiré de Soltner (1988)

Aujourd'hui, les haies en bordure de champ sont plutôt rattachées à des fonctions environnementales telles que brise-vent (voir 1.3), corridors fauniques etc. Pourtant, leur rôle de production de billes de bois d'œuvre de qualité est traditionnellement reconnu et encore tout à fait d'actualité. Pour un exploitant désirant produire des feuillus de qualité tout en conservant ses parcelles libres d'arbres, l'implantation de haies semble donc tout à fait appropriée.

1.2 Le cas des boisés de ferme

La présence des arbres dans le paysage agricole prend souvent la forme de petits boisés. Leur rattachement aux pratiques agroforestières est source de polémiques. Ainsi Dupraz et al. (1996) parlent-ils plutôt de foresterie paysanne pour qualifier de tels boisés, et cela à condition qu'ils soient entretenus. La discussion qui suit se situe dans un tel cadre où le boisé est utilisé à des fins sylvicoles, qu'il s'agisse d'un boisé « naturel » exploité ou d'une plantation. Quoi qu'il en soit, la présence d'un boisé de ferme exploité pour la sylviculture ou pour d'autres objectifs semble bien s'intégrer dans l'idée de l'agroforesterie à condition que ses dimensions rendent possible l'existence d'interactions avec les autres pratiques agricoles.

La plupart du temps, un petit boisé est une habile récupération d'un espace qui aurait autrement été perdu, le plus souvent pour des raisons techniques telles qu'une accessibilité réduite, une pente trop marquée, un sol inadéquat pour les pratiques agricoles etc. Des zones typiques qui pourraient ainsi être récupérées dans le terroir québécois sont les coulées argileuses traditionnellement utilisées comme pâturage, mais de plus en plus souvent délaissées avec les pratiques d'élevage actuelles. Kuhn (2001) décrit un système développé par des fermiers de l'État de Washington dans un contexte d'agriculture intensive moderne. Plutôt que de laisser vides les espaces situés entre les zones cultivées sous pivots d'irrigation, ils y ont implanté des peupliers hybrides. Avant l'implantation, l'entretien de ces espaces consommait du temps et de l'énergie mais restait improductif. Les peupliers permettent de les valoriser tout en limitant les opérations annuelles de débroussaillage en raison de l'ombrage des arbres qui limite la croissance de la végétation herbacée. De plus, ils bénéficient de l'eau d'irrigation perdue pour les cultures et des engrais entraînés par lessivage. Ils permettent donc même de limiter la pollution diffuse ! Bien que cet exemple concerne spécifiquement le peuplier hybride, le même système aurait pu être développé avec d'autres feuillus nobles. Vu de cette manière, ce boisé est incontestablement une pratique agroforestière. On peut remarquer qu'en fonction de la surface consacrée à la plantation des arbres et de la disposition de ceux-ci, ce type de récupération de l'espace jouxte celui des boisés linéaires en bordure de parcelles, qui a été décrit plus haut.

À un boisé pour la production sylvicole peut aussi être associée une production sous couvert comme des plantes médicinales, des champignons ou autres. De telles pratiques correspondent au « forest farming » anglophone (Hill et Buck, 2000). Elles s'intègrent bien dans une logique de diversification des productions agricoles.

Enfin, une plantation forestière peut à l'occasion accueillir du bétail. Il s'agit d'une forme de sylvopastoralisme en plein développement en Colombie-Britannique. Les animaux remplacent avantageusement le désherbage chimique, qui peut être nocif au point de vue environnemental, et le désherbage mécanique qui peut être délicat à appliquer sans risquer d'abîmer les arbres (Williams et al., 1997).

A moins qu'une production ne soit entreprise sous couvert du boisé, l'aménagement de celui-ci s'appuie sur les principes de la sylviculture. C'est sa dimension et son intégration au sein des autres pratiques agricoles qui en font un élément agroforestier.

1.3 Insérer une production de feuillus nobles dans des systèmes agroforestiers à vocation environnementale

Dans les ouvrages récents sur l'agroforesterie tempérée tel que celui de Garrett et al. (2000) ou celui de Gordon et Newman (1997), certains systèmes agroforestiers sont présentés comme ayant une vocation spécifique de portée environnementale. Il en va ainsi des systèmes de brise-vent destinés à limiter l'érosion éolienne et à protéger les cultures ou les animaux du vent (ex : Brandle et al., 2000) et des systèmes de bandes riveraines qui permettent à la fois de limiter l'érosion des berges et de jouer un rôle tampon dans la circulation des éléments fins dissous drainés vers les cours d'eau depuis les champs (ex : Schultz et al., 2000). Lorsque ces systèmes sont mis en place, il est la plupart du temps possible de les aménager de sorte qu'ils portent une production sylvicole en plus de leur objectif de protection des ressources.

Dans le cas des haies brise-vent, une gestion appropriée peut facilement mettre en valeur leur production ligneuse. Il est par exemple possible de sélectionner 1 arbre sur 4 qui sera conduit pour former une bille de qualité. Les caractéristiques du brise-vent (hauteur, perméabilité, homogénéité) ne seront quasiment pas perturbées par cette pratique. Une autre approche peut être de concevoir une haie avec plusieurs rangées d'arbres qui pourront être récoltés à différentes périodes, laissant ainsi une protection permanente. Ce système est illustré à la figure 5.

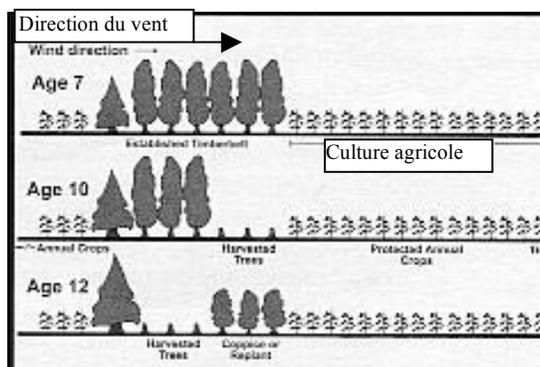


Figure 5 : Exemple de gestion sylvicole par bandes d'une haie brise-vent de plusieurs rangs
Tiré de Josiah et Kuhn (2000)

Il en va de même pour les bandes riveraines : elles peuvent supporter une production sylvicole tout en jouant leur rôle protecteur (Schultz et al., 2000). Une partie de la bande riveraine peut y être consacrée (figure 6) ou simplement quelques arbres épars. La réglementation québécoise prévoit que 40 % du volume d'une bande riveraine peut être exploité.

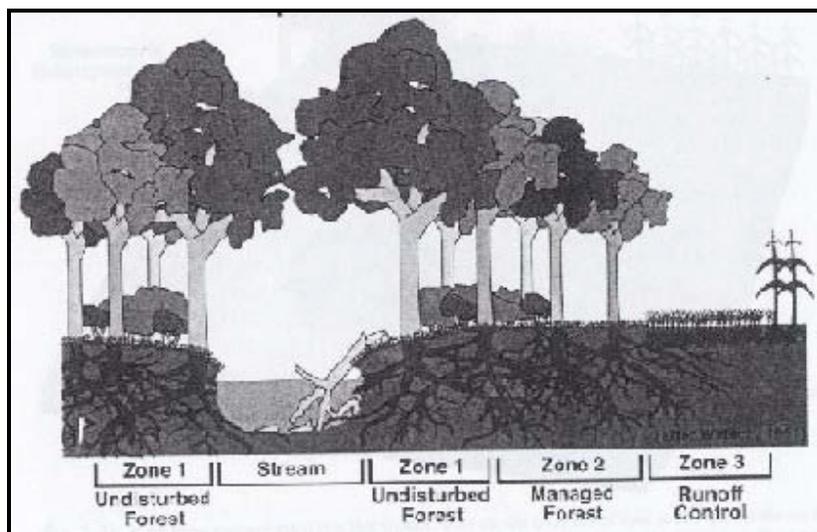


Figure 6 : Bande riveraine

Sur cette représentation schématique, on distingue le cours d'eau (stream), une zone de protection permanente (Zone 1), une zone où la production sylvicole est envisageable (Zone 2) et une troisième zone pour le filtrage des sédiments (Zone 3)

Tiré de Schultz et al. (2000)

1.4 Bilan : multifonctionnalité des systèmes agroforestiers et diversité des arrangements spatiaux entre les composantes

En conclusion, l'association de feuillus nobles à destination commerciale aux systèmes agricoles peut prendre des formes multiples. Chaque exploitant ou propriétaire terrien est susceptible de développer un système qui lui est propre en fonction de ses objectifs et préférences. De tels systèmes sont parfois décrits dans la littérature (ex : Kuhn, 2001). L'examen des systèmes "spontanés" et la recherche d'une efficacité maximum ont conduit les scientifiques agronomes et forestiers spécialistes de l'agroforesterie à développer des catégories de systèmes qui répondent chacun à des objectifs spécifiques et qui ont des caractéristiques propres. Ceci est sans doute d'autant plus vrai en Amérique du Nord et

particulièrement aux Etats-Unis, comme en témoigne le découpage par système du programme d'agroforesterie du USDA (1996). Il en va de même d'un des ouvrages de référence pour l'agroforesterie tempérée : « North American agroforestry : an integrated science and practice » de Garrett et al. (2000), dans lequel l'agroforesterie est présentée comme un ensemble de pratiques assez spécialisées. Dans un souci d'homogénéité avec la littérature existante, notre présentation des systèmes ayant un potentiel dans la production de feuillus nobles reprend cette nomenclature conventionnelle. Il ne faut cependant pas perdre de vue une caractéristique qui nous semble essentielle des systèmes agroforestiers : leur multifonctionnalité.

Les systèmes agroforestiers ont aussi comme caractéristique d'être dynamiques. Au fur et à mesure de la croissance des arbres ils se trouvent modifiés. Système agrosylvicole et sylvopastoralisme peuvent ainsi très bien se succéder pour tirer un meilleur parti des interactions entre composantes, comme nous allons le voir dans la partie suivante.

Cependant, chaque exploitant devra parfaitement préciser ses objectifs afin de définir le système qui lui convient le mieux et d'en tirer les meilleurs avantages. Il ne s'agit donc pas tant de choisir un système dans un catalogue que de créer le système original le plus fonctionnel. Tous les auteurs insistent sur cette importante phase de planification qui prend autant en compte les aspects agroécologiques qu'économiques, ainsi que la disponibilité, le savoir-faire sylvicole et la motivation de l'exploitant.

Pour la suite, nous nous pencherons plus spécifiquement sur les systèmes de types intercalaire et haie qui sont les plus génériques pour l'association de la sylviculture aux activités agricoles.

2 Le fonctionnement du système agroforestier

2.1 Introduction : interactions entre les composantes

Dans un système agroforestier, la proximité entre les composantes que nous avons mentionnée dans la partie précédente donne lieu à des interactions entre celles-ci. Idéalement, ces interactions se traduisent par une augmentation du rendement à l'hectare ou par une amélioration de la productivité en rapport à l'ensemble des intrants ou encore par des gains environnementaux (Gordon et al., 1997). On comprend donc que ces interactions sont de plusieurs ordres. Elles seront discutées tout au long de cet essai. Dans le cadre de cette partie ce sont surtout les interactions biophysiques susceptibles de jouer sur les rendements qui seront mises de l'avant.

Pour les composantes végétales – arbres et cultures – les interactions potentiellement bénéfiques sont théoriquement liées à la complémentarité dans la capture des ressources et à la création d'un environnement favorable pour les arbres et les cultures grâce en particulier à la modification du microclimat (Monteith et al., 1991; Ong et Huxley, 1996). La complémentarité dans la capture des ressources correspond à l'exploitation de niveaux du sol différents en raison des systèmes racinaires différents de chacune des strates végétales. On suppose généralement que les arbres sont capables d'aller chercher l'eau et les éléments minéraux plus profondément que ne le font les cultures. La complémentarité peut également provenir d'un pic d'utilisation des ressources ne survenant pas au même moment pour chacune des composantes de l'association. Cependant, des expériences récentes menées sur des associations du maïs avec différentes essences d'arbres ont démontré que la complémentarité des systèmes racinaires n'était pas systématique (Gillepsie et al., 2000 ; Miller et Pallardy, 2001). En ce qui concerne la modification du microclimat, les arbres augmentent la rugosité aérodynamique générale des parcelles, diminuant ainsi la vitesse du vent (Teklehaimanot et al., 1991). Cet effet est généralement positif car il limite le stress hydrique des cultures en réduisant la demande évaporatoire. De plus, cet effet brise-vent favorise l'accumulation de la neige et donc la recharge des nappes hydriques. Mais les arbres peuvent aussi faire écran aux radiations solaires, particulièrement en système intercalaire. Si cette compétition pour la lumière peut éventuellement avoir des impacts positifs sur la culture dans le cas où la ressource hydrique est insuffisante (comme cela a été mis en évidence dans les pays chauds : meilleure utilisation de l'eau disponible en raison d'une contrainte énergétique plus faible), le cas général est plutôt une productivité diminuée pour les cultures.

Une étude approfondie des relations entre les composantes végétales a été publiée par Ong et Huxley (1996).

Dans le cas des systèmes sylvopastoraux, les interactions entre arbres et animaux sont plus simples. La présence de l'arbre est assurément bénéfique aux animaux pour la protection qu'il leur apporte contre les intempéries. Les arbres leur offrent en effet une protection contre le soleil mais aussi contre le vent. Pour ces raisons, les animaux ont tendance à se regrouper sous les arbres, et ceci est d'autant plus net que la densité des arbres est faible et que leur effet est plus localisé (Sibbald et al., 1997). Dans les recommandations faites par l'USDA (1996), la présence des arbres est reconnue pour diminuer les coûts d'élevage en raison de l'économie d'énergie faite par les animaux qui ont moins à lutter contre les intempéries. Cet avantage pour les animaux peut cependant devenir un inconvénient pour la croissance des arbres car la présence régulière du bétail à la même place engendre une plus forte compaction du sol (Sibbald et al., 1997). La compaction du sol diminue la circulation des fluides et gêne la progression des racines des arbres. Ce risque de compactage est d'autant plus important que les arbres sont en plus faible densité. L'avantage pour les arbres est qu'ils bénéficient d'un apport de matière organique. Mais là aussi, attention aux conséquences induites en cas de trop forte concentration animale. Si les arbres sont en faible densité, les animaux ont tendance à concentrer leur fèces et cet excès peut être nuisible.

Cette mise au point sur les interactions biophysiques entre les composantes n'a pas pour objectif d'élaborer sur les détails du fonctionnement écophysologique de la parcelle agroforestière. Les interactions sont en effet très complexes et dépendent finalement de chaque association prise dans son contexte propre (composantes, sol, climat etc.). Il n'y a pas a priori de règle générale qui puisse être appliquée et la limite entre complémentarité et compétition est ténue. Contrairement aux premières études menées dans les pays chauds où l'idée était d'obtenir des résultats spectaculaires grâce aux associations arbres-cultures-animaux, l'agroforesterie telle qu'elle est désormais perçue et développée dans les régions tempérées vise plutôt à atteindre un équilibre dans les productions. Si les interactions biophysiques pour un rendement accru ne sont donc plus la seule base de la motivation pour le développement des systèmes agroforestiers présentés ici, elles en sont tout de même partie intégrante et doivent être gérées au mieux, pour le meilleur ou pour éviter le pire ! D'où l'importance de les avoir en tête au moment de concevoir un système donné.

Pour l'ensemble des systèmes passés en revue dans la première partie, ce sont dans les systèmes agrosylvicoles et sylvopastoraux de type intercalaire que les interactions sont les plus importantes. Dans le cas où les arbres seraient implantés en bordure des parcelles (systèmes de type haie), la zone d'interactions se trouve naturellement réduite mais n'en est pas moins négligeable !

2.2 Le choix des composantes

➤ La composante ligneuse

Nous avons choisi dans cette étude de nous intéresser exclusivement aux feuillus nobles. Ce choix se justifie par leur grande valeur économique individuelle qui s'accorde bien au contexte agroforestier où les densités d'arbres restent faibles par rapport aux plantations forestières. L'idée est d'obtenir une valeur maximale d'un nombre d'arbres qui reste réduit grâce à une sylviculture intensive de façon à rendre possible une activité agricole simultanée.

Le MRN a recensé 12 essences particulièrement intéressantes pour qui voudrait planter des feuillus nobles en conditions forestières au Québec (Dumont et al., 1995). Elles sont présentées dans le tableau 1. D'autres essences pourraient être ajoutées à cette liste même si elles ne sont pas répertoriées comme feuillus nobles, entre autres les peupliers (*Populus* spp.), l'érable argenté (*Acer saccharinum*) etc.

Tableau 1 : Les feuillus nobles du Québec (Dumont et al., 1995)

Nom vernaculaire	Nom latin	Nom vernaculaire	Nom latin
Bouleau jaune	<i>Betula alleghaniensis</i>	Frêne d'Amérique	<i>Fraxinus americana</i>
Bouleau à papier	<i>Betula papyrifera</i>	Frêne de Pennsylvanie	<i>F. pennsylvanica</i>
Cerisier tardif	<i>Prunus serotina</i>	Noyer cendré	<i>Juglans cinera</i>
Chêne à gros fruits	<i>Quercus macrocarpa</i>	Noyer noir	<i>Juglans nigra</i>
Chêne rouge	<i>Quercus rubra</i>	Orme d'Amérique	<i>Ulmus americana</i>
Erable à sucre	<i>Acer saccharum</i>	Tilleul d'Amérique	<i>Tilia americana</i>

La plupart de ces essences étant endémiques dans les différentes régions agricoles du Québec, leur implantation devrait être facile à condition de le faire dans les bonnes zones bioclimatiques. De manière générale, les sols agricoles susceptibles d'accueillir les systèmes

agroforestiers offrent des conditions de croissance idéales pour ces feuillus (von Althen, 1990). Le respect des besoins de l'arbre en matière de type de sol et de climat est capital. Les échecs de plantations agroforestières sont en fait souvent dus à une inadéquation des arbres avec le terrain (Balandier et Dupraz, 1999).

La compatibilité a priori des feuillus avec les cultures agricoles tient entre autres à la qualité de la litière qu'ils produisent. Celle-ci se dégrade plus rapidement que celle des résineux et elle n'acidifie pas les sols (Gobat et al., 1998). En effet, la litière végétale fournie par les feuillus est riche en azote et en cellulose (énergie facilement utilisable) mais relativement pauvre en lignine. Elle active les processus bactériens dans le sol et notamment les transferts d'azote, alors que la litière de plusieurs résineux, riche en lignine, peut avoir tendance à les inhiber par la libération de phénols et de tanins qui conduit à l'acidification. Le frêne, l'érable, le tilleul et l'orme sont parmi les meilleurs producteurs de litière améliorante alors que le chêne et le hêtre (*Fagus* sp.) se placent en seconde position (Gobat et al., 1998). De façon générale, les feuilles de petites dimensions et de faible teneur en lignine sont celles qui se décomposent le plus facilement. Cette source de matière organique représente un apport d'éléments nutritifs pour les plantes et contribue à la structuration et à la vie du sol. Williams et al. (1997) rapportent une expérience menée en Ontario sur une association peuplier – orge où un transfert d'azote via les feuilles de peupliers laissées au sol à l'automne s'effectuait en faveur de l'orge.

Il est important de réfléchir aux caractéristiques morpho-physiologiques des arbres que l'on désire planter car elles doivent autant que possible être compatibles elles aussi avec la composante agricole. Dans le tableau 2 sont reportées des caractéristiques particulièrement souhaitables, dont il ne faut cependant pas oublier de voir aussi les revers.

Les caractéristiques morpho-physiologiques des arbres sont aussi à voir d'un point de vue sylvicole. Ainsi, une dominance apicale marquée est souhaitable, dans la mesure où elle facilite la formation d'un tronc unique et simplifie d'autant les tailles de formation nécessaires. Un autre aspect particulièrement important est la forme du système racinaire. En plus de limiter la compétition souterraine pour l'eau avec les cultures (tableau 2), un système racinaire profond réduit le risque que les racines soient endommagées lors des façons culturales. Le bris des racines peut en effet faire perdre de la vigueur à l'arbre ou entraîner la formation de drageons. Dans un système agrosylvicole, il semble donc préférable de s'orienter vers les arbres à système racinaire de type pivot central, comme le cerisier tardif, les chênes (rouge et

à gros fruit), les noyers (noir et cendré) et le tilleul (Dumont et al., 1995, pour les caractéristiques des arbres). Par contre, dans un système sylvopastoral avec prairie permanente où les opérations culturales sont peu nombreuses, il semble tout à fait envisageable de planter des arbres au système racinaire plus superficiel comme les frênes (d'Amérique et de Pennsylvanie) et les ormes (Dumont et al., 1995, pour les caractéristiques des arbres). Traditionnellement l'orme est d'ailleurs souvent associé à l'agriculture au Québec en raison du faible ombrage qu'il donne. On peut en voir dans les champs à l'occasion de promenades champêtres.

Tableau 2 : Caractéristiques des arbres agroforestiers favorables aux cultures associées (adapté de Dupraz et al., 1996 et Garrett et McGraw, 2000)

Caractéristique de l'arbre	Conséquence
Débourrement tardif	Bonne croissance des cultures d'hiver
Feuillage peu dense	Moindre compétition pour la lumière
Feuilles de petites dimensions et peu lignifiées	Pas de recouvrement des cultures, bonne décomposition au sol
Litière riche en azote à dégradation rapide	Fertilisation des cultures associées
Fixateur d'azote	Faible compétition pour l'azote
Système racinaire profond	Faible compétition pour l'eau (mais risque de compétition pour l'azote)

Un autre aspect qui peut intéresser certains producteurs est la possibilité d'utiliser les émondes de feuillus pour la nutrition animale. Des feuillus nobles fourragers ? La question peut paraître quelque peu déplacée vu les techniques d'élevage actuelles au Québec. Pourtant l'alimentation du bétail à partir de produits ou de résidus d'arbres est une pratique traditionnelle. Ainsi, Dupraz et Newman (1997) mentionnent l'utilisation ancienne des frênes comme fourrage en Europe. Lorsque le fourrage est insuffisant ou de qualité médiocre (sécheresse), il peut servir de source complémentaire d'alimentation fraîche (Dupraz et al., 1996). Dans le même ordre d'idée, les glands de chêne sont utilisés pour la nutrition animale, et notamment porcine, en Espagne (système de *dehesa*) (Dupraz et Newman, 1997). Pourquoi ne pas développer un élevage porcin semi-extérieur au Québec ? Vu la crise que traverse l'industrie porcine québécoise, il pourrait s'agir d'une occasion de diversification vers des produits à très forte valeur ajoutée.

Enfin, la demande sur les marchés du bois détermine en partie le choix des essences feuillues, pour lesquelles il doit exister un débouché. Le bois sera vendu à des usines où il sera traité (sciage, déroulage...), mais, le marché de certains bois nobles n'étant pas très développé au Québec, faute de production, certaines essences ne peuvent pas être traitées actuellement et sont plus difficiles à vendre malgré leur grande valeur.

Il ne reste donc plus qu'à rechercher l'arbre combinant toutes les qualités énumérées plus haut... Des ouvrages spécialisés sur les feuillus nobles des régions québécoises, comme celui de Dumont et al. (1995), seront utiles dans cette tâche. Cependant, l'arbre agroforestier idéal n'existe pas et c'est plutôt un compromis qu'il faudra faire en essayant d'être clairvoyant sur l'avenir du système (Dupraz et al., 1996 ; Gordon et al., 1997).

➤ La composante culturelle

Le choix de la culture associée doit lui aussi être bien raisonné. La culture représente en effet le seul revenu de la parcelle agroforestière jusqu'à la récolte des arbres. Il s'agit de trouver l'équilibre lui assurant un développement normal à proximité des arbres sans imposer à ceux-ci une concurrence trop forte durant leur stade juvénile. Il faut garder à l'esprit que c'est dans les systèmes agrosylvicoles et sylvopastoraux de type intercalaire que les interactions sont les plus marquées, alors que dans un système moins intensif, les risques de concurrence défavorables sont moins élevés.

Malgré la double contrainte biologique et économique, le choix de la culture n'est pas restreint, notamment dans les premières années où pratiquement toutes les cultures conventionnelles peuvent être envisagées. En effet, la première phase de la vie du système peut être caractérisée par le fait que les arbres n'exercent pas une concurrence majeure sur la capture des ressources (lumière, eau, éléments minéraux). Cette période peut durer entre 5 et 15 ans selon leur croissance (Garrett et McGraw, 2000). En fait, le risque que la croissance de la culture soit perturbée par les jeunes arbres est quasi nul et ce sont au contraire les arbres qui risquent de souffrir de la concurrence des cultures. S'il n'y a donc pas lieu de rechercher absolument des cultures tolérantes, il faut par contre éviter les cultures trop « gourmandes » ou tout au moins prendre des mesures pour limiter la concurrence envers les jeunes arbres, en laissant suffisamment d'espace au pied des arbres par exemple. Une étude menée par Williams et Gordon (1994) en Ontario a ainsi révélé qu'une importante utilisation de l'eau tôt en saison par l'orge en faisait un redoutable concurrent qui limitait le développement des

arbres (chênes, noyers, frênes). Il s'agissait certes d'une année particulièrement sèche, mais le risque a néanmoins été mis en évidence. D'autres cultures, comme le blé et le maïs, ont posé moins de problèmes dans le cadre de cette étude. Moyennant une bonne gestion, les exemples de cultures associées qui se sont révélés fonctionnels sont nombreux. Dans leur étude de synthèse sur les systèmes intercalaires en Amérique du Nord, Garrett et McGraw (2000) rapportent l'utilisation du maïs, du blé, de l'orge, du soja, de l'avoine, des pommes de terre et du pois. À condition d'adapter adéquatement la régie, toutes les cultures classiques semblent donc bien envisageables dans un premier temps.

Dans un second temps, les arbres peuvent limiter l'accès des cultures aux ressources. Dépendamment des conditions de croissance (climat, type de sol...) et du choix des arbres, cette compétition sera plus ou moins marquée pour la lumière, l'eau ou les éléments minéraux. La qualité des sols et le climat des zones tempérées, de même que l'utilisation d'engrais et l'irrigation, limitent généralement les carences en eau et en éléments minéraux. L'irrigation n'étant cependant pas envisageable partout, la compétition hydrique peut à l'occasion être marquée, surtout lors d'années sèches comme l'a été l'été 2002 dans l'Ouest canadien (qui a affecté toutes les cultures, agroforestières ou pas). Par contre, la lumière ne peut être contrôlée que par le choix des essences feuillues et de leur disposition en plantation plus ou moins dense. Dans un système intercalaire, il est certain que tôt ou tard les arbres créeront une ombre non négligeable sur les bandes en culture. Deux stratégies ont jusqu'à présent été développées : se diriger d'emblée ou progressivement vers des cultures tolérantes à l'ombre (Garrett et McGraw, 2000) ou contourner l'obstacle en réduisant l'espace cultivé entre les bandes d'arbres de sorte que la culture bénéficie toujours de l'ensoleillement minimum nécessaire (Dupraz et al., 1996).

L'orientation vers des cultures tolérantes n'implique pas forcément de changer de type de production. Ainsi, certaines graminées fourragères, par exemple des variétés de fétuque, sont non seulement tolérantes à l'ombre mais peuvent même voir leur rendement augmenter sous de telles conditions, et leur qualité nutritive s'améliorer (Lin et al., 2001). Il s'agit donc de choisir des variétés appropriées. L'orientation vers des cultures tolérantes peut aussi être l'occasion d'une diversification avec des productions spécialisées à haute valeur ajoutée, telles des plantes médicinales endémiques aux milieux forestiers semi-ouverts, des baies forestières ou encore des cultures de champignon (Garrett et McGraw, 2000). Toujours dans une optique de diversification, il est possible de planter dans les bandes initialement agricoles

des cultures ligneuses telles que des sapins de Noël ou même du bouleau jaune (feuillu noble) qui demande un environnement forestier pour se développer (Dumont et al., 1995).

Il se peut aussi – seconde stratégie – que l’exploitant ne puisse ou ne désire pas s’orienter vers des cultures tolérantes à l’ombre. Il est alors possible de ne garder en culture que les espaces bénéficiant d’un accès aux ressources suffisant, et particulièrement de l’ensoleillement. On peut y parvenir en réduisant progressivement les espaces agricoles à mesure que les arbres grandissent et deviennent plus concurrents. Des bandes cultivées plus larges permettent, d’une part, une pénétration de la lumière plus importante et, d’autre part, une réduction progressive de la largeur des bandes cultivées sans qu’elles ne deviennent trop étroites. Cette stratégie pour conserver des cultures héliophiles peut paraître singulière. Elle trouve pourtant une justification économique, comme l’ont prouvé Dupraz et al. (1996), et peut être valable dans certains cas particuliers où l’exploitant peut se permettre de réduire sa production quelques années, avant le retour économique apporté par les arbres. Dans ce cas, toutes les cultures conventionnelles restent envisageables.

Certaines de ces conclusions concernant les systèmes intercalaires agrosylvicoles sont aussi valables dans le cas des systèmes sylvopastoraux. Dans le premier temps de l’établissement des arbres, ceux-ci n’offrent pas de concurrence sur le développement de la prairie. Au contraire, il faut veiller à ce que les herbacées n’inhibent pas la croissance des jeunes feuillus. Dupraz et Newman (1997) rapportent des expériences menées en Angleterre où aucune différence de productivité n’a été enregistrée en 7 ans avec des fourrages classiques (aucune remarque spécifique vis-à-vis de leur tolérance à l’ombrage n’est fournie) pour des densités de 0 (témoin), 100 et 400 arbres par hectare. Lorsque les feuillus se sont suffisamment développés, ils peuvent cependant engendrer une certaine concurrence. Étant donné qu’aucun suivi de système n’a été fait à long terme, il n’y a pas de données exactes sur l’impact des arbres à long terme sur la production prairiale. Des extrapolations à partir d’individus (frênes) de 45 ans situés en prairie indiquent que la réduction de production du fourrage avec des arbres de cette taille à une densité de 100 arbres à l’hectare serait de 16 % (Dupraz et Newman, 1997). Les auteurs ne précisaient toutefois pas quel type de prairie était concerné. À condition de sélectionner des végétaux prairiaux tolérants à l’ombre, il semble tout à fait possible de ne pas avoir de diminution de production. Comme pour les fourrages destinés à la fauche, certains de ceux destinés au pâturage ont même montré une productivité supérieure en condition ombragée (Lin et al., 2001). L’interaction entre arbre et culture serait donc, dans ce cas, positive. Un autre impact positif de la présence des arbres sur la prairie est

que sa période de production est généralement allongée (Dupraz et Newman, 1997). Il peut donc s'agir d'un bon moyen de prolonger la période de pâturage sans l'apport de fourrage qui est souvent nécessaire pour ce faire quand la saison avance.

Il est intéressant de noter ici que dans plusieurs expérimentations, le rendement des cultures a été plus important en système intercalaire qu'en culture pure (Dupraz et al., 1996 ; Garrett et McGraw, 2000). Ces résultats viennent appuyer la thèse de la possible complémentarité biologique dans l'utilisation des ressources et dans la création de milieux de croissance favorables et prouvent que les interactions peuvent être bénéfiques sur le plan du rendement. Les moins optimistes pourront quant à eux conclure que les interactions ne sont pas forcément nuisibles à l'élaboration du rendement des composantes !

Finalement, dépendamment des objectifs de l'exploitant et de la stratégie qu'il emploie, la mise en place d'un système agrosylvicole intercalaire ou sylvopastoral, et donc a fortiori d'un système agroforestier encore moins intensif, ne constitue pas une réelle limitation au choix des cultures. Au contraire, cela peut même être l'occasion d'une diversification.

2.3 La disposition spatiale

La détermination de l'espace occupé par chaque composante est une étape clé de la mise en place d'un système agroforestier. Cet espace dépend des objectifs de production de l'exploitant et des contraintes inhérentes au système en matière d'interactions et d'exploitation. Le système agroforestier est un système dynamique et il convient de tenir compte de ses variations futures. Il est avant tout indispensable que l'exploitant connaisse ses priorités en matière de production : désire-t-il favoriser la présence continue d'une agriculture productive ou la conçoit-il comme un accompagnement aux arbres qui ne durera qu'une partie – qui peut être importante – de leur révolution ?

➤ Espacement entre les arbres et densité de plantation

Un premier choix technique est celui du nombre d'arbres plantés. La densité à implanter doit permettre d'envisager la production agricole en lui laissant un espace suffisant. La valeur économique des arbres et leur développement espéré en fonction du milieu doivent être pris en compte. Il faut prévoir que tous les sujets ne parviendront pas à maturité et la densité initiale doit tenir compte d'une sélection qui en prélèvera une partie (voir « éclaircie »). Enfin,

les arbres ont des besoins propres en terme d'espace : en particulier, l'envergure de leur houppier à maturité doit être connue (Dumont et al., 1995).

De manière générale, les systèmes agroforestiers avec des feuillus nobles présentés dans la littérature ont des densités de 50 à 500 arbres par hectare.

Le tableau 3 présente pour le chêne et le noyer des densités recommandées ou testées en système intercalaire. Notons qu'à l'avant-dernière ligne de ce tableau, la densité extrêmement faible de noyers hybrides pour une plantation forestière s'explique par la volonté de tester l'effet de larges espacements sur la croissance de ces arbres.

Tableau 3 : Quelques exemples d'espacements et de densités pour des chênes et des noyers en plantations agroforestières expérimentales (Agf exp) et forestières (For)

Essence	Type de plantation	Lieu	Espacement (m) entre rangs X dans le rang	Densité initiale (arbres /ha)	Référence
Chêne rouge	Agf exp	Ontario	15 X 5	130	Gordon et Williams, 1991
Chêne rouge	Agf exp	Indiana (USA)	8,5 X 2,4	490	Gillepsie et al., 2000
Chêne rouge	For	Québec	3 X 2	1 660	Dumont et al., 1995
Noyer noir	Agf exp	Ontario	12,5 X 6,25	128	Gordon et Williams, 1991
Noyer noir	Agf exp	Indiana (USA)	8,5 X 2,4	490	Gillepsie et al., 2000
Noyer hybride	Agf exp	France	13 X 4	192	INRA et CRPF, 2000
Noyer hybride	For	France	7 X 7	204	INRA et CRPF, 2000
Noyer	For	Québec	3 X 4	830	Dumont et al., 1995

Dans un système de type haie, le nombre d'arbres dépend de l'espace linéaire disponible en bordure de parcelle. Sur une même ligne, l'espacement entre les arbres varie en fonction des objectifs et du modèle de plantation. S'il n'y a que des feuillus nobles et qu'il est prévu de ne garder qu'un arbre sur quatre, la distance peut être aussi courte que 2 m. Si une végétation d'accompagnement est mise en place et/ou que la sélection doit être plus faible, les arbres peuvent aussi être espacés jusqu'à une quinzaine de mètres entre eux (Soltner, 1988).

➤ La largeur des bandes agricoles

En système intercalaire, les bandes agricoles doivent être suffisamment larges pour permettre la culture. Ceci inclut des considérations par rapport à la pénétration de la lumière, qui doit être suffisante, mais aussi par rapport aux façons culturales, qui doivent être réalisables sans gêne excessive. Une largeur équivalente à un multiple de la machinerie la plus large utilisée est généralement conseillée pour éviter les « passages à vide » (Dupraz et al., 1996). La largeur recommandée est habituellement de l'ordre de 12 m et varie de 8 m à 20 m. Cependant, ces distances ne sont qu'indicatives. L'espace alloué aux cultures et aux arbres dépend aussi du modèle de plantation choisi : pour une même densité, le choix d'implanter deux rangées d'arbres connexes ou plus sur la même bande donne des bandes agricoles plus larges.

En fonction des options prises pour la production agricole associée, il est possible, comme nous l'avons vu précédemment, de réduire progressivement la largeur de la bande agricole afin de conserver aux cultures une bonne accessibilité aux ressources. Dans ce cas, la largeur initiale des bandes doit être suffisante pour que cette réduction puisse avoir lieu. La réduction correspond alors à la largeur d'un outil de travail et s'effectue régulièrement (tous les cinq à dix ans).

➤ La largeur des bandes boisées

La largeur des bandes boisées détermine à la fois le nombre de rangées d'arbres qui seront implantées sur la bande et l'espace laissé entre le dernier rang d'arbres et le premier rang de culture.

Le nombre de rangées d'arbres disposées par bande constitue un bon levier pour augmenter la densité des arbres sans prendre trop d'espace aux cultures. En effet les rangées peuvent être rapprochées jusqu'à 1,5 m si les arbres sont plantés en quinconce sur une haie avec plusieurs strates de végétation (Soltner, 1988). Il faut cependant veiller à ce que deux arbres ne soient pas plantés trop proches, au risque de se gêner et d'entraîner une dissymétrie de leur tronc, donc une perte de valeur. Dans les systèmes actuellement mis en place, la juxtaposition de plusieurs rangées d'arbres semble plutôt concerner les haies que les systèmes intercalaires.

L'espace laissé entre le dernier rang d'arbres et le premier rang de culture a la double fonction de réduire la compétition des cultures sur les jeunes arbres et d'éviter de les endommager avec la machinerie agricole lors des façons culturales (Dupraz et al., 1996). Il n'y a pas de règles fixes pour déterminer cet espace. Par exemple, si l'enracinement de l'arbre est superficiel, il peut être bon de laisser un espace plus important afin d'éviter de trop endommager le système racinaire. Cet espace est aussi variable en fonction de la compétition entre les composantes, le cas extrême étant celui d'un arbre à enracinement superficiel et au houppier assez dense associé à une culture exigeante en matière de lumière : dans ce cas-là, mieux vaut laisser plus d'espace entre les deux !

Des expériences sont actuellement menées en France sur l'espacement entre arbre et culture. Des régies intensive (0,5 m) et extensive (2 m) ont été appliquées à du noyer hybride et du blé dur (INRA et CRPF, 2000). À 5 ans, les noyers élevés selon le modèle extensif ont légèrement dépassé les 4 m de hauteur, alors que ceux en modèle intensif atteignaient environ 3,4 m. La croissance était donc, dans ce cas, meilleure avec un espacement plus important. Il est intéressant de noter que les noyers du témoin forestier (écartement de 7 m entre les arbres) établi lors de cette expérimentation atteignaient tout juste les 2 m.

La compétition exercée par des cultures de haute taille, telles que le maïs, sur les arbres, peut toutefois avoir un impact positif en leur faisant acquérir rapidement un tronc plus haut comportant moins de branches basses. De telles cultures exercent alors l'effet d'un peuplement forestier. Il faut cependant veiller à ce que la compétition ne soit pas trop forte et qu'elle ne limite pas le développement de l'arbre. Il faut aussi prendre garde aux risques phytosanitaires dus à la densité de la végétation.

➤ La disposition des bandes

En plantation forestière, l'orientation des bandes doit théoriquement se faire en respectant trois principes d'importance décroissante (Dumont et al., 1995). L'orientation nord-sud permet de bénéficier de plus de lumière pour les arbres qu'une orientation est-ouest. L'alignement des arbres dans le sens du vent limite les risques de casse et de malformation. L'orientation dans le sens de la pente évite la formation de poches d'air froid et les gelées subséquentes. Il existe cependant des variantes permettant de passer outre à ces consignes, comme la protection de la plantation par un brise-vent. La disposition des bandes le long des lignes de niveau permet par ailleurs de limiter l'érosion.

Dans un contexte agroforestier, l'orientation nord-sud est également à privilégier, sans quoi les cultures risquent de souffrir du manque de lumière. Par contre, la disposition par rapport au vent et à la pente est plus discutable. Les objectifs du système en matière de préservation de l'environnement pourront être mis en avant (lutte contre l'érosion éolienne et hydrique) si nécessaire.

2.4 La gestion des bandes boisées et des arbres

Dans un système agroforestier, la présence des arbres ne modifie pas fondamentalement l'activité agricole. Bien sûr les déplacements avec la machinerie doivent se faire selon de nouveaux itinéraires et se trouvent aussi souvent allongés en raison des manœuvres de contournement et de l'attention constante nécessaire pour ne pas endommager les arbres. C'est plutôt en ce qui a trait à la gestion des arbres et de l'espace qui leur est consacré que la régie du système agroforestier est innovante. Non seulement les arbres sont en faible densité, ce qui diminue la marge d'erreur possible pour leur éducation, mais en plus ils sont soumis à des contraintes nouvelles de cohabitation avec l'activité agricole. Le contexte agroforestier implique donc une véritable sylviculture intensive.

➤ La lutte contre les adventices sur la bande boisée

Selon von Althen (1990), la limitation des adventices est le second point clé de la réussite d'une plantation de feuillus après la sélection du site. Les bandes réservées aux arbres doivent être maintenues libres d'adventices qui pourraient entrer en compétition avec les arbres mais aussi, par la suite, avec les cultures. Le désherbage combiné des cultures et des arbres constitue un avantage de la culture intercalaire, qui réduit les coûts du désherbage des feuillus par rapport à un dégagement forestier (Dumont et al., 1995 ; Dupraz et al., 1996). Vu sous l'angle agronomique, les bordures de champ doivent également être maintenues propres. L'implantation d'une haie convertit ce travail d'entretien en un travail productif.

Le désherbage peut se faire de façon mécanique à l'aide d'un gyrobroyeur ou d'un rotoculteur. Il permet alors de détruire aussi l'habitat des rongeurs qui pourraient nuire aux arbres pendant l'hiver. Cependant, il faut prendre garde à ne pas blesser les arbres (troncs et racines) avec la machinerie (Williams et al., 1997). L'emploi de désherbants chimiques est efficace, mais leur gestion est délicate en raison de la proximité des cultures. Une expérience menée dans le sud-ouest du Québec avec quatre essences feuillues en contexte forestier a démontré que le

glyphosate libérait efficacement le sol et permettait également une bonne libération de l'azote ; il s'ensuivait une meilleure croissance des plants par rapport à un témoin non dégagé et un paillis de bois raméal (Cogliastro et al., 1993). Cependant, une bonne gestion des produits employés, notamment pour les herbicides de contact, est nécessaire si l'on ne veut pas risquer d'endommager les arbres et les cultures. L'emploi de manchons de protection autour des arbres limite ce genre de risques (Dupraz et al., 1996). Le glyphosate était en 1995 le seul herbicide autorisé pour le dégagement des espèces décidues au Québec. Mais son application est risquée car elle doit se faire au stade trois feuilles, alors que les jeunes arbres sont généralement en pleine croissance (Dumont et al., 1995). Néanmoins, que le désherbage soit fait de façon mécanique ou chimique, le passage de la machinerie sera impossible pendant la saison de croissance de la culture, à moins d'avoir conservé une largeur d'au minimum 2 m entre les troncs et la culture.

L'utilisation d'un paillis semble une alternative des plus intéressantes. En recouvrant le sol, il empêche en effet la croissance de la végétation adventice. Il peut s'agir soit d'un film de plastique opaque, soit de matériaux dégradables tels que le carton ou encore de matériaux naturels (bois raméal...). Ce sont les matériaux synthétiques qui sont vraisemblablement les plus performants actuellement. Ils sont aussi les plus durables, mais sont plus coûteux. Les paillis présentent d'autres avantages, notamment un meilleur maintien de l'humidité et de la structure du sol et son réchauffement rapide (sauf dans le cas des matériaux naturels). Ils jouent donc doublement en faveur d'une meilleure croissance des arbres (compétition limitée et conditions de culture plus favorables). Certains paillis peuvent toutefois avoir des effets secondaires non désirés. Cogliastro et al. (1993) ont noté une baisse de la température du sol et une diminution de l'azote utilisable par les arbres (puisqu'il est utilisé par les micro-organismes pour dégrader le paillis riche en carbone) sous le paillis raméal, ce qui défavorisait la croissance des plants. Tous les paillis peuvent par ailleurs servir d'abris aux rongeurs. Dans tous les cas, ils demandent aussi une manipulation importante (entraînant une augmentation de l'investissement). Les paillis de plastique sont souvent disponibles en longueur, ce qui permet la protection de toute la rangée d'arbres. Enfin, leur utilisation s'intègre bien à l'objectif de réduction de l'emploi des herbicides chimiques du Ministère de l'environnement (MENV), dont le but est de limiter les risques de pollution du sol et de l'eau.

Dans le cas des systèmes sylvopastoraux, les arbres ne sont pas plantés sur une bande conservée nue, mais en plein pâturage. La présence du troupeau limite la croissance de la végétation concurrente (pâturage). Un désherbage individuel autour de chaque arbre peut

cependant être entrepris. L'application manuelle d'herbicide ou la mise en place d'un paillis individuel sont suffisants.

➤ La protection des arbres dans un système sylvopastoral

La présence des animaux dans le système sylvopastoral peut être une réelle source de problèmes pour le bon développement des feuillus. Nous avons déjà évoqué les risques liés à la présence continue des animaux, qui peut engendrer compactage du sol et surfertilisation. Voyons maintenant quelles protections sont disponibles pour les arbres et quelles mesures peuvent être prises pour tirer le meilleur parti de ces systèmes.

Pour empêcher le bétail de consommer les parties tendres des jeunes arbres, leur protection individuelle s'impose. Cette protection peut être nécessaire pour une durée de 5 à 15 ans en fonction de l'essence et des caractéristiques du site. Plusieurs types de protection existent. La délimitation, autour de l'arbre, avec des piquets et une clôture, d'un espace interdit aux animaux est techniquement la plus efficace. En effet, elle ne perturbe en rien l'environnement de l'arbre tout en présentant une résistance maximale aux animaux si elle est bien conçue. Cependant, sa mise en place demande beaucoup de temps et de matériel et se trouve rédhibitoire sur le plan économique. La recherche s'est donc orientée vers des protections individuelles en plastique plus faciles à poser et de moindre coût. À condition d'utiliser des manchons d'une taille adéquate au type d'animal concerné (jusqu'à deux mètres pour des chèvres) et de les fixer solidement pour éviter qu'ils ne se déplacent autour de l'arbre, il s'agit d'une protection réellement efficace. Il y a néanmoins un revers à la médaille : ils entraînent des croissances anormales. Un ratio croissance en hauteur / croissance en diamètre supérieur au seuil critique de 100 ont été observés pour divers feuillus nobles en France (Balandier et Dupraz, 1997). Il en résulte une grande fragilité des arbres lorsqu'ils émergent des manchons et les risques de casses dus au vent sont importants. De plus, la croissance des arbres subit généralement un ralentissement important, sans doute en raison de l'extension du système racinaire de l'arbre pour contrer le manque de stabilité de la tige. Une partie de ces problèmes peut être évitée en plantant directement des arbres de plus grande taille qui passeront donc moins de temps entièrement à l'intérieur de l'abri. Il faut toutefois veiller alors à apporter suffisamment de soins lors de la plantation car la reprise est souvent moins facile pour des arbres plus âgés. Des équipes françaises travaillent à la conception de nouveaux manchons de protection avec aération qui devraient permettre de rendre plus naturelle la croissance des arbres protégés.

Des manchons de protection peuvent aussi être utilisés dans les systèmes agrosylvicoles (Balandier et Dupraz, 1997). Ils protègent alors les jeunes arbres contre les rongeurs, les coups et éventuellement les pesticides. Ils permettent également un meilleur repérage des plants lors du passage de la machinerie.

La protection des arbres en système sylvopastoral passe aussi par une bonne gestion du troupeau (Dupraz et Newman, 1997). La présence du bétail pour un temps limité seulement, permet d'éviter le surpâturage qui risque d'orienter les animaux vers les arbres dans leur recherche d'aliments. Il semblerait aussi que laissés trop longtemps dans un même pâturage, les animaux aient parfois tendance à « déguster » les arbres pour varier leur régime alimentaire. Nous avons aussi évoqué le problème du compactage du sol engendré par une trop forte présence animale en des points précis. La limitation du temps passé par les troupeaux au pâturage peut aider à lutter contre ces problèmes, tout comme la diminution de la pression animale (nombre d'animaux par hectare). Une bonne conduite du troupeau permet donc de profiter des avantages de l'association (fertilisation des arbres, ombrage pour les animaux), tout en limitant l'abroussement et le compactage du sol.

➤ Les éclaircies

En comparaison avec une plantation forestière, la faible densité initiale des plantations agroforestières diminue les possibilités d'éclaircie. Selon les cas, le rapport de la densité finale à la densité initiale est de quatre, deux ou un. Plusieurs stratégies sont décrites dans la littérature.

Il peut n'y avoir qu'une unique éclaircie pratiquée dès que les individus ayant le meilleur potentiel ont été identifiés (Dupraz et al., 1996). Ceux qui sont alors éliminés n'ont pas encore de réelle valeur commerciale car ils sont encore trop jeunes et il ne s'agit donc pas d'une éclaircie commerciale durant laquelle des individus seraient récoltés. Il importe de bien sélectionner les individus conservés et d'en garder suffisamment pour que la parcelle soit rentable tout en tolérant une certaine marge de risque. Mais il est aussi possible de pratiquer deux éclaircies, dont la deuxième concerne des individus déjà commercialisables (Kurtz, 2000). Ce choix doit être fait pendant la phase de planification du système en relation avec la densité et la disposition des arbres.

Dans le cas où un mélange d'essences serait envisagé, la stratégie peut être de récolter l'essence à croissance la plus rapide dès qu'elle est commercialisable pour laisser la deuxième essence terminer sa croissance. Les arbres ayant la croissance la plus faible étant généralement ceux qui ont la plus forte valeur commerciale, cette pratique peut se révéler particulièrement intéressante.

➤ La formation des arbres

Dans un système agroforestier, les faibles densités limitent la possibilité de sélection par éclaircie. De plus, les arbres s'y trouvent dans un environnement différent de l'environnement forestier, notamment par la suppression de l'effet de peuplement. Par rapport à une plantation forestière, l'absence d'effet de peuplement donne aux arbres une tendance certaine au développement des branches latérales qui sont alors plus grosses (mais pas plus nombreuses). La tendance à fourcher est aussi plus importante. Étant donné que le but est d'obtenir des arbres de grande valeur (bille droite, cylindrique, longue et sans nœud), il faut pratiquer un travail de formation plus important qu'en milieu forestier, c'est-à-dire plus fréquent et plus sévère (Williams et al., 1997).

La taille de formation consiste essentiellement à maintenir une unique tige principale en éliminant les fourches. Elle peut être entreprise dès la troisième année. L'élagage, qui vise à éviter la formation de branches ayant un diamètre supérieur à 5 cm, commence lorsque l'arbre atteint 3 à 4 m de hauteur. Il permet d'éliminer les nœuds en supprimant les branches de la partie inférieure du tronc. En inspectant les arbres tous les ans et en effectuant les tailles annuellement, il est tout à fait possible de corriger la grande majorité des défauts que les arbres prennent naturellement (Balandier, 1997). La présence sur le terrain que nécessitent les activités agricoles est d'ailleurs un atout pour ce suivi, au moins pour la surveillance. Les interventions régulières pour la formation des arbres permettent aussi un meilleur suivi de leur santé globale et limitent le travail à effectuer à chaque intervention. L'élimination des branches basses est d'ailleurs nécessaire pour faciliter l'accès de la machinerie agricole.

Par ailleurs, dans une certaine mesure, l'élagage est à adapter en fonction de la culture associée (Williams et al., 1997). Ainsi, s'il s'agit de maïs, les arbres devront être élagués rapidement pour conserver un maximum de lumière entre les rangs, alors que s'il s'agit de plantes de sous-bois (comme le ginseng) ou de fourrage dont la croissance optimale est atteinte en condition d'ombrage, les tailles pourront être moins sévères et éventuellement plus

tardives. Il s'agit là de stratégies qui seront mises en place au cas par cas en fonction des objectifs de l'exploitant.

➤ Croissance et qualité du bois

Dupraz et al. (1999) ont mené une comparaison entre des noyers hybrides en plantation forestière et d'autres en intercalaire avec une rotation colza-blé de 4 ans. Ils ont pu constater qu'à l'issue des 4 premières années, la hauteur des noyers en système intercalaire était de 85% supérieure à celle des noyers en plantation forestière, et que leur diamètre était de 62% supérieur. Dans cette expérience, l'activité agricole était de type conventionnel et comportait notamment une fertilisation azotée. Les auteurs émettent comme hypothèse que les noyers peuvent avoir tiré parti de cet azote, soit en le prélevant en profondeur après lixiviation, soit qu'il ait été épandu directement sous les arbres.

Une étude menée en Italie par Janin et al. (1997) révèle pour sa part que le développement agroforestier du merisier (sens européen : *Prunus avium* ; il s'agit d'un arbre très recherché pour la couleur de son bois) permet d'obtenir des individus commercialisables en une quarantaine d'années seulement alors qu'il faut compter le double pour des individus en forêt. Selon ces auteurs, la qualité du bois n'est pas altérée, mais le bois de cœur à la coloration caractéristique sera néanmoins proportionnellement moins développé. Bien que le merisier (*P. avium*) ne se cultive pas au Québec, le parallèle avec un arbre comme le cerisier tardif est intéressant à établir. Ces arbres sont des proches parents. Or, le cerisier tardif est apprécié en Amérique du Nord. Si son développement agroforestier s'avérait comparable à celui du *P. avium*, il s'agirait d'une opportunité intéressante. Les autres feuillus nobles québécois sont bien sûr tout aussi intéressants. Il ne reste en fait qu'à découvrir leur comportement en milieu agroforestier.

Ces deux études appuient la thèse d'une croissance ligneuse en conditions agroforestières pouvant facilement rivaliser avec la production forestière et même la surpasser. Les conditions de croissance particulières aux systèmes agroforestiers, et notamment l'absence d'effet de peuplement, peuvent avoir pour conséquence une éventuelle diminution de la hauteur, mais qui est compensée par une plus forte croissance en diamètre du tronc. Ainsi, selon Dupraz et Newman (1997), les arbres développés en milieu agroforestier ont sensiblement le même volume que des arbres développés dans un milieu forestier.

➤ La limitation des interactions souterraines

La limitation des interactions souterraines par tranchage des racines et pose éventuelle d'une barrière souterraine est loin d'être, à l'heure actuelle, une technique universellement adoptée. Ce sont surtout des expériences américaines récentes qui la présentent comme une technique particulièrement rentable à mettre en œuvre (Benjamin et al., 2000 ; Miller et Pallardy, 2001).

Comme cela a été évoqué dans la partie relative aux interactions (2.1), les systèmes racinaires des arbres et des cultures ne sont pas toujours idéalement complémentaires. C'est ce qu'ont démontré deux études menées sur des systèmes noyer-maïs et chêne-maïs âgés de 11 ans en Indiana (Gillepsie et al., 2000) et sur un système érable argenté-maïs du même âge au Missouri (Miller et Pallardy, 2001). Dans la première étude, et contrairement aux suppositions habituelles, l'interception de la lumière n'a pas entraîné de baisse de rendement pour le maïs. Mais les interactions souterraines ont eu un tel effet (Gillepsie et al., 2000). Cela a été mis en évidence en mesurant l'effet sur le rendement du maïs du tranchage des racines à 1,2 m de distance des troncs jusqu'à 1,2 m de profondeur et en insérant ou pas une barrière souterraine. Avec ou sans barrière, le résultat du tranchage des racines a en effet été une augmentation du rendement des rangs de maïs les plus proches des arbres jusqu'au niveau de ceux du centre. La deuxième étude a elle aussi permis de démontrer l'intérêt du tranchage des racines, à la différence que l'ombre portée aux cultures joue également un rôle limitant sur la croissance des premiers rangs de maïs (Miller et Pallardy, 2001).

Concernant la croissance des arbres, Gillepsie et al. (2000) n'ont pas remarqué d'influence du tranchage des racines. Mais Miller et Pallardy (2001) ont noté une diminution de croissance quand le tranchage avait lieu sur des arbres aux racines déjà bien établies.

Sur le plan économique, la conclusion de la première étude était qu'il est préférable de procéder au tranchage des racines des arbres afin de bénéficier de meilleurs rendements pour la culture (Benjamin et al., 2000). Miller et Pallardy (2001) sont plus nuancés. Selon eux, un tranchage régulier des racines pourrait être intéressant à condition qu'il soit pratiqué dès le plus jeune âge de l'arbre de sorte que ses racines se dirigent naturellement vers les horizons inférieurs du sol. Enfin ces auteurs notent que la compétition pour l'eau est d'autant plus forte que l'humidité du sol est faible. On peut espérer qu'un climat plus humide jouera en faveur d'une agroforesterie québécoise !

3 Le projet « Cerisier d'automne » : de l'agroforesterie en Mauricie

Le projet « Cerisier d'automne » a consisté en la mise en place d'un système agroforestier avec des feuillus nobles chez un particulier dans la région mauricienne, au Québec. Le projet a été réalisé durant le printemps et l'été 2001. L'objectif de sa présentation est d'étayer les propos théoriques des précédentes parties par l'étude d'une réalisation concrète. Comme tout projet de ce type, il faut le prendre comme un cas particulier : l'objectif n'est pas d'en tirer des conclusions générales, mais de voir à travers un exemple comment les principes généraux peuvent s'appliquer.

3.1 Le contexte du projet

Le projet « Cerisier d'automne » s'est déroulé sur le domaine *Le Portageur*, en Mauricie. Le propriétaire et gestionnaire des terres, Michel Arès, désirait mettre en valeur les 12 ha de terres agricoles de sa propriété forestière multi-ressources alors maintenus en production fourragère dans le but d'éviter un retour à la friche. Avant le projet, le seul bénéfice que Michel Arès tirait de ces terres était d'ordre paysager puisqu'elles étaient prêtées sans argent en retour. Cette motivation pour l'entretien du paysage s'explique par la position du domaine dans un territoire en grande partie boisé où les parcelles agricoles donnent une certaine ouverture. Michel Arès désirait conserver ce paysage agro-forestier (ce terme étant utilisé dans le sens que lui donne Jean Désy [1985]), tout en tirant un bénéfice économique supplémentaire de ces terres. La plantation de feuillus nobles en modèle agroforestier est apparue comme une alternative intéressante puisqu'elle permet de conserver cette identité paysagère où l'agriculture a sa place, tout en assurant un revenu à la parcelle par le biais de la vente d'arbres de qualité.

En plus de ce premier objectif de mise en valeur par une production agroforestière, s'est ajouté un second objectif, expérimental cette fois. Il n'y avait alors pas de système agroforestier combinant agriculture et feuillus nobles répertorié comme tel dans la province du Québec, même s'il n'est pas à exclure que certains exploitants en aient déjà implanté de leur propre initiative. Dans le cadre de la présente étude sur le potentiel de développement de l'agroforesterie avec des feuillus nobles au Québec, il s'avérait donc tout à fait pertinent de mettre sur pied un système qui puisse être suivi et étudié par ceux qui s'intéressent à l'agroforesterie québécoise, mais aussi vu par d'autres exploitants afin qu'ils puissent en juger par eux-mêmes (parcelle de démonstration). Ce premier système devrait permettre de tirer

des enseignements sur le comportement des feuillus nobles en plantation agroforestière au Québec. Le dispositif de suivi et les premières données recueillies sont présentés dans la partie 3.3.

3.2 La mise en place du système

➤ Localisation

Le domaine *Le Portageur* est situé sur la municipalité de Saint-Édouard de Maskinongé sur le piedmont du bouclier Laurentien, en Mauricie (Québec, Canada). Sa position géographique est 46°18' de latitude Nord et 73°13' de longitude Ouest. L'altitude est de 400 m. Le climat est de type continental avec des hivers froids et secs et des étés chauds. Le cumul des précipitations est de 900 mm par an. La zone écologique sur laquelle se situe le domaine est la 3c-M selon la version révisée de la classification des régions écologiques du Québec (Saucier et al., 1998). Il s'agit des Hautes Collines du Bas Saint-Maurice, caractérisées par l'érablière à bouleau jaune. Les 12 ha se répartissent en 3 parcelles (24, 25 et 26 : voir la figure 10) de 3, 2 et 7 ha respectivement. Les sols rencontrés sont des dépôts lacustro-marins ou fluvio-marins sur argile. Ils sont assez pauvres dans l'ensemble, mais présentent une teneur relativement élevée en matière organique (5,5 %). Sur l'ensemble des parcelles, le pH est de 6,3.

➤ La composante ligneuse

Sur les 12 ha de terres en exploitation fourragère du domaine du *Portageur*, 937 arbres ont été plantés. Ils se répartissent en 178 chênes rouges (CHR), 119 cerisiers tardifs (CET), 119 frênes d'Amérique (FRA), 235 frênes de Pennsylvanie (FRP) et 286 peupliers hybrides (PEH). Les peupliers hybrides sont issus de 3 clones du MRN : 91-530-2, 91-500-5 et 91-531-3 désignés respectivement par PEH I, PEH II et PEH III, et dont le nombre d'arbres plantés est 89, 121 et 76 respectivement. Tous les chênes rouges, cerisiers tardifs et frênes d'Amérique, ainsi que 117 frênes de Pennsylvanie sont des plants en récipients, les autres plants étant à racines nues.

Tous ces arbres ont été fournis dans le cadre d'un programme gouvernemental (Mauricie 2001 : capitale forestière). L'avantage de cet appui gouvernemental est que les arbres ont été obtenus sans frais, mais son inconvénient est que le choix s'en est trouvé limité. Si toutes les

essences plantées sont bien adaptées à la région bioclimatique des Hautes Collines du Bas Saint-Maurice, l'impossibilité de les choisir en fonction de leurs caractéristiques morpho-physiologiques aurait pu nous handicaper. Heureusement, les contraintes imposées par le système agricole déjà présent étaient minimales. Il s'agissait en effet d'une production fourragère extensive pratiquée selon les habitudes locales, qui consistent à retourner la prairie tous les 5 ans environ pour y semer un mélange fourrager après épandage de fumier. Cette activité agricole présente l'avantage d'être peu dérangement pour les racines des arbres même les plus superficielles, comme celles des frênes. De plus, la production fourragère étant menée de façon extensive, une ombre plus dense est moins gênante que s'il s'était agi de la production intensive d'une culture peu tolérante à l'ombre. La sélection d'arbres produisant une ombre peu dense aurait alors été indispensable.

Le choix d'associer plusieurs essences provient d'une volonté de diversification. Celle-ci présente de nombreux avantages. Tout d'abord, elle pourrait entraîner une plus grande stabilité écologique du système et une moins grande sensibilité aux risques naturels. Les données sur la croissance des feuillus nobles dans les Hautes Collines de la Mauricie étant pour ainsi dire absentes, la stratégie de limitation du risque était de rigueur. D'autre part, les parcelles sur lesquelles a été implanté le système agroforestier présentant une certaine hétérogénéité dans le sol et le drainage, l'association de plusieurs essences aux besoins différents permettait de s'adapter au terrain. Autre argument, la possibilité d'étaler les revenus dans le temps en ayant des arbres dont la période de rotation est différente est un atout de poids dont le propriétaire désirait se prévaloir. Enfin, l'association de plusieurs essences donnait une plus grande portée expérimentale et démonstrative à ce système. Le comportement de chaque essence en environnement agroforestier pourra être mieux connu et la sélection pour de futurs systèmes en sera d'autant facilitée. Et puis, associer plusieurs arbres c'est aussi se rapprocher d'un écosystème plus naturel...et plus agréable à l'œil.

À la suite d'une proposition du bureau du MRN de la pépinière, nous avons aussi inclus trois clones de peuplier hybride. Sa croissance très rapide assure en effet des revenus à moyen terme (bonne valeur pour la cartonnerie dès 10 ans). Le peuplier hybride sera ainsi la première essence à être récoltée. Il présente par ailleurs une bonne adaptation aux milieux humides, ce qui permettait de l'utiliser dans plusieurs zones de la parcelle 26 qui ont de mauvaises capacités de drainage ou une nappe phréatique superficielle. Enfin, son aptitude au rejet permet d'obtenir une régénération rapide après la coupe, évitant d'avoir à recommencer le processus assez laborieux de la plantation.

➤ La composante agricole

Actuellement, la principale raison d'être de la culture agricole associée est, comme nous l'avons déjà mentionné, de garder le paysage ouvert.

Robert Lambert, qui exploite les terres, possède des vaches allaitantes qu'il nourrit exclusivement avec du foin et des céréales fourragères. S'il n'est actuellement pas dépendant du foin récolté au *Portageur*, la situation pourrait changer dépendamment de l'état de son troupeau et de ses besoins. Il y pratique une agriculture écologique et extensive, en raison de ses convictions personnelles, mais aussi en raison d'un manque de temps certain. Il était donc important de concevoir un système qui resterait facile à entretenir sur le plan agricole et qui ne nécessiterait pas de forts apports d'intrants. La production fourragère extensive a donc été maintenue.

Il n'est cependant pas exclu qu'une orientation vers une agriculture plus productive soit prise dans le futur. Il pourrait alors s'agir d'une production fourragère un peu plus intensive, d'une prairie pâturée ou encore d'une culture de rapport. Dans le dernier cas, il s'agirait probablement du sarrasin, qui est bien adapté aux conditions locales et trouve un débouché sur le marché régional par le biais du « Festival de la galette ». Mais d'autres options agricoles pourraient aussi être choisies. Il importe donc de garder un système qui reste modelable sur le plan agricole.

➤ Les opérations culturales : la préparation du sol et la protection des arbres

Afin de favoriser un bon développement racinaire, un travail du sol a été réalisé le 29 mai 2001, peu avant la plantation. En effet, le sol n'avait pas été travaillé depuis cinq ans et les couches supérieures étaient indurées. Le sol a été travaillé à l'aide d'un rotoculteur sur une profondeur de 15 cm environ et sur une largeur de 1,5 m. Trois passages ont été nécessaires pour avoir une pénétration efficace du rotoculteur dans le sol. Malgré tout, la profondeur à laquelle le sol a été travaillé nous a par la suite paru insuffisante. L'utilisation d'une sous-soleuse aurait sans doute été justifiée. Le passage du rotoculteur a aussi permis l'élimination de la végétation herbacée susceptible de concurrencer les jeunes plants.

Afin de lutter contre la reprise de la végétation herbacée nuisible à la croissance des plants, un paillis de plastique opaque de 1,5 m de largeur a été installé. Il devrait éviter d'avoir à

effectuer des opérations de désherbage tous les ans. Ce paillis a une durée de vie avant dégradation de 5 ans. On peut donc espérer qu'il limitera le développement des adventices jusqu'à ce que les arbres soient hors de danger. En plus d'empêcher le développement des adventices, il retient l'humidité dans le sol et en augmente la température. Pour chaque rangée, le paillis a été installé juste avant la plantation des arbres, qui s'est déroulée du 30 mai au 7 juin 2001.

Les jeunes arbres sont aussi sujets aux attaques de rongeurs, principalement en hiver, d'autant plus que le paillis de plastique risque de leur servir de corridors de déplacement. Les plants ont donc reçu un traitement à base de thiram contre les rongeurs et les moisissures, appliqué individuellement à l'aide d'un gant de laine en guise de pinceau. Ils n'ont par contre pas été protégés contre les grands mammifères (cervidés).

Enfin, la plantation a été complétée avec un arrosage individuel et un apport de poudre d'os à raison d'une poignée par arbre pour aider le démarrage des plants dans ce sol très pauvre. L'apport de fertilisant a été fait au moment même de la plantation et l'arrosage tout de suite après.

➤ La disposition du système

Nous avons décidé de répartir les arbres entre un système intercalaire et des haies en bordure de parcelles et de fossés. En plus de bien s'adapter aux conditions des parcelles, ces deux schémas sont ainsi mis à l'épreuve. L'ensemble des rangées d'arbres décrites ci-dessous est représenté à la figure 10 et leurs caractéristiques sont résumées au tableau 4, à la fin de cette sous-section.

Le système intercalaire

La parcelle 25 est celle que nous avons jugée le mieux convenir à l'établissement du système intercalaire. Sa texture moyenne de loam-sableux et le bon drainage correspondent à des conditions idéales pour le développement du chêne rouge, du frêne d'Amérique, du frêne de Pennsylvanie et du cerisier tardif. Cependant, étant donné que le cerisier tardif est une espèce qui demande une certaine compétition pour la lumière pour se développer en hauteur, il n'a pas été inclus dans le système intercalaire.

Le système intercalaire est composé de 5 rangées (25:1 à 25:5) situées en plein champ. La figure 7 présente une photographie d'une partie de ce système peu après sa mise en place. Les rangées sont espacées de 20 m entre elles et ont des longueurs variant de 90 à 138 m (voir le tableau 4 qui résume les caractéristiques de chaque bande pour tout le site). L'espacement entre les rangées et une distance de 12 m entre l'extrémité de chaque rangée et le bout de la parcelle permettent la circulation de la machinerie agricole. Les rangées sont orientées nord-nord-est sud-sud-ouest, parallèlement à la bordure ouest de la parcelle. L'ensoleillement des bandes en culture est ainsi assuré, tout comme celui des arbres. Les risques de grands vents et de verglas ont aussi été pris en compte. Les tempêtes hivernales proviennent généralement de l'est-nord-est. Il était cependant impossible de s'aligner parallèlement à cette direction car la pénétration de la lumière aurait été trop faible entre les rangées.



Figure 7 : Le système intercalaire

On distingue en avant-plan les bandes de paillis sur lesquelles sont disposés les arbres

Sur une même rangée, les arbres ont été espacés de 2 m, sauf dans la première rangée où une distance de 2,5 m a été adoptée pour pouvoir apprécier l'influence éventuelle de l'espacement sur la croissance du chêne rouge (quoique le dispositif ne permette pas de le faire avec toute la rigueur nécessaire). Ces distances sont celles qui sont recommandées dans une plantation pure en milieu agricole (Dumont et al., 1995).

Sur les rangées 25:2 et 25:4, des chênes rouges et des frênes d'Amérique ont été plantés en alternance selon le modèle : 2 frênes d'Amérique suivis d'un chêne rouge. Cette association en alternance a pour but de donner plus d'espace au chêne rouge après la récolte du frêne d'Amérique dont la rotation est plus courte. Des rangées où les espèces sont cultivées seules ont aussi été implantées afin de les comparer aux autres pour mesurer l'impact éventuel du mixage sur la croissance et la régénération.

Les haies en bordure de parcelle

Sur l'ensemble des trois parcelles, des zones où la production agricole est limitée ont été mises en évidence. Les zones qui nous ont paru les plus intéressantes à récupérer ont été reboisées avec des plantations linéaires de type haie.

La démarche pour sélectionner les zones à reboiser a consisté tout d'abord à identifier les bordures de parcelles les moins productives sur le plan agricole (fourrage plus ou moins dégradé). Étant donné que le nombre d'arbres dont nous disposions n'était pas suffisant pour couvrir l'ensemble de ces zones, un choix parmi celles-ci a été fait en fonction de la compétition qu'entraîneraient les arbres sur les cultures après quelques années (ombrage). Les arbres ont été placés de sorte à entraîner un minimum de compétition pour la lumière. Des considérations esthétiques ont également été prises en compte. Quant au choix des espèces pour chaque zone, il a été fait en fonction de la nature du terrain.

Dans la mesure où ces haies sont pour la plupart composées d'une seule rangée d'arbres, nous continuerons ici à parler de rangée, comme pour le système intercalaire. Les cas où plus d'une rangée sont situées côte à côte seront spécifiés.

Vingt-cinq frênes de Pennsylvanie ont été plantés sur la parcelle 24 en bordure du fossé de drainage et du ruisseau dans lequel il se jette (figure 10 et tableau 4). L'ombrage porté à la culture ne devrait pas se manifester avant plusieurs années étant donné la largeur du fossé. L'humidité devrait par ailleurs favoriser le bon développement des frênes de Pennsylvanie.

La bordure nord de la parcelle 25 (25:6) a été plantée en chênes rouges. Elle est située en bordure immédiate du fossé de drainage situé entre la route et le champ, ce qui lui confère un très bon drainage. Cette rangée d'arbres ne devrait apporter aucun ombrage au fourrage. Par contre, elle recevra de côté les vents dominants en hiver, d'où un certain risque de casse,

notamment en présence de verglas. L'aspect esthétique a influencé la mise en place de cette rangée. Les bordures ouest (25:7) et sud (25:8) ont été plantées en cerisier tardif (figure 8). La présence d'arbres le long de ces rangées a motivé ce choix, car on suppose que la compétition pour la lumière qu'ils exerceront sur les cerisiers tardifs sera favorable au bon développement de ceux-ci.

Sur la parcelle 26, la rangée 26:1 a été située à l'est du fossé de drainage, d'orientation nord-sud. Elle bénéficie donc d'un ensoleillement maximum, tout en créant peu d'ombrage alentour. La proximité immédiate du fossé lui confère un bon drainage, sauf à son extrémité sud où l'eau ne s'écoule plus. Le reboisement s'est fait avec des frênes de Pennsylvanie (à racines nues) qui présentent une bonne tolérance aux milieux temporairement saturés en eau (figure 9). La rangée 26:2 a été plantée avec des chênes rouges en alternance avec des frênes de Pennsylvanie (1 /1). Il est possible que lorsque les arbres des rangées 1 et 2 se seront bien développés, ils exercent une certaine concurrence les uns sur les autres car ils ne sont situés qu'à environ 3 m d'écart (largeur du fossé). Les frênes de Pennsylvanie à racines nues de la rangée 26:1 devraient cependant pouvoir être coupés plus tôt puisqu'ils étaient plus âgés d'un an et plus hauts au moment de la plantation.

La rangée 26:3 présente des caractéristiques de drainage bien particulières. Elle se trouve en effet, sur sa partie centrale, à la même hauteur que le fossé de drainage, qui n'est plus en pente à cet endroit et n'assure donc plus son rôle d'évacuateur d'eau, bien au contraire. Cette zone centrale de la rangée 26:3 a donc un très mauvais drainage, ce qui nous a amenés à choisir d'y planter également des peupliers hybrides. Trois peupliers hybrides ont été intercalés aux frênes (1/1), et l'écart entre les arbres n'est à cet endroit que de 1,5 m, alors qu'il est de 2,5 m sur le reste de la bande (frênes de Pennsylvanie seulement). Selon la croissance obtenue, il sera possible de ne conserver que les frênes, que les peupliers ou de conserver l'ensemble des arbres (dépendamment de leur adaptation à l'humidité et de la compétition entre eux). La rangée 26:4 présente elle aussi des conditions de drainage imparfaites : de bonnes au nord de la rangée, elles deviennent mauvaises dans son extrémité sud. Elle a été plantée en peupliers hybrides. Les rangées 26:51 et 26:52 sont situées côte à côte, à 2 m l'une de l'autre. Elles forment ensemble la haie 26:5. Le sol y est humide, bien que sablonneux. Afin de limiter la compétition entre les arbres des deux rangées, les plants ont été disposés en quinconce. La rangée la plus proche du fossé a été plantée de peupliers hybrides et l'autre de frênes de Pennsylvanie. La croissance plus rapide des peupliers hybrides devrait permettre de les récolter assez tôt pour limiter la compétition avec les frênes de Pennsylvanie.

La rangée 26:6 a un très bon drainage, mais l'eau est présente à une profondeur relativement faible (entre 50 cm et 1 m). La rangée 26:71 est en continuité avec la rangée 26:6 et possède les mêmes caractéristiques que cette dernière. Les différents clones de peupliers hybrides y ont été disposés en alternance, de sorte, d'une part, à limiter les risques au cas où un des clones ne se développerait pas bien, et, d'autre part, à pouvoir mieux comparer les différents clones si des variations existaient dans les caractéristiques du milieu et qu'elles n'avaient pas été perçues lors de la phase de diagnostic du terrain. Cependant, pour des raisons de facilité lors de la plantation, cette alternance s'est faite par la succession de groupes de 10 plants, comme dans un plan en blocs complets à 4 répétitions. La rangée 26:72 a été située de l'autre côté du fossé, dans un espace dégagé. Cette rangée plantée hors paillis a en fait permis de placer des plants non encore utilisés. Deux rangées de frênes de Pennsylvanie plantés en quinconce constituent la haie 26:8.



Figure 8 : Cerisier tardif en bordure de parcelle (rangée 25:8)



Figure 9 : Frênes de Pennsylvanie en bordure de fossé de drainage (rangées 26:1 et 26:2)

Pour conclure cette partie sur la mise en place du système agroforestier, il nous paraît intéressant de noter que celui-ci pourrait également être envisagé dans des exploitations agricoles plus classiques et performantes. Dans plusieurs cas, certes, l'aspect paysager n'y revêtait vraisemblablement qu'un rôle secondaire. Mais des haies de feuillus nobles mettent bien en valeur les diverses bordures de champs et de fossés, qui doivent de toute façon être entretenues pour ne pas s'embroussailler, et un système intercalaire permet d'ajouter une plus-value à une parcelle, que sa production soit marginale ou pas.

Tableau 4 : Caractéristiques de chaque rangée d'arbres lors de la plantation

Rangée	Longueur de la rangée (m)	Espacement entre les arbres sur la rangée (m)	Nombre d'arbres total	Nombre d'arbres de chaque espèce	Taille moyenne des arbres à la plantation (m)
24:1	30	2	15	15 FRP	42,8
24:2	2*10	2	10	10 FRP	39,75
25:1	90	2,5	36	36 CHR	31,42
25:2	138	2	71	19 CHR 41 FRA 11 FRP	31,3 35,7 42
25:3	125	2	63	23 FRP 40FRA	42,1 35,5
25:4	110	2	56	18 CHR 38 FRA	31,5 34,7
25:5	98	2	47	47 CHR	34,2
25:6	100	2,5	41	41 CHR	36,4
25:7	100	2	50	47 CET 3 FRP	59
25:8	135	2	72	72 CET	44,7
26:1	115	2,5	45	45 FRP	48,5
26:2	68	2	34	17 CHR 17FRP	36,3 42,1
26:3	40	2,5 et 1,5	20	17 FRP 3 PEH I	49,3 160
26:4	80	1,5	53	36 PEH I 17 PEH II	161,8 161,6
26:51	100	1,5	64	64 PEH II	138,2
26:52	100	2	56	56 FRP	55,9
26:6	160	1,5	95	30 PEH I 20 PEH II 45 PEH III	144,6 147 188,7
26:71	94	1,5	65	20 PEH I 20 PEH II 25 PEHIII	151 126,3 191,6
26:72	10	1,5	6	6 PEH I	156,3
26:81	50	2,5	19	19 FRP	39,6
26:82	50	2,5	19	19 FRP	39,6
TOTAL	1813		937		

CET = cerisier tardif ; CHR = chêne rouge ; FRA = frêne d'Amérique ; FRP = frêne de Pennsylvanie ; PEH = peuplier hybride, le chiffre faisant référence au clone

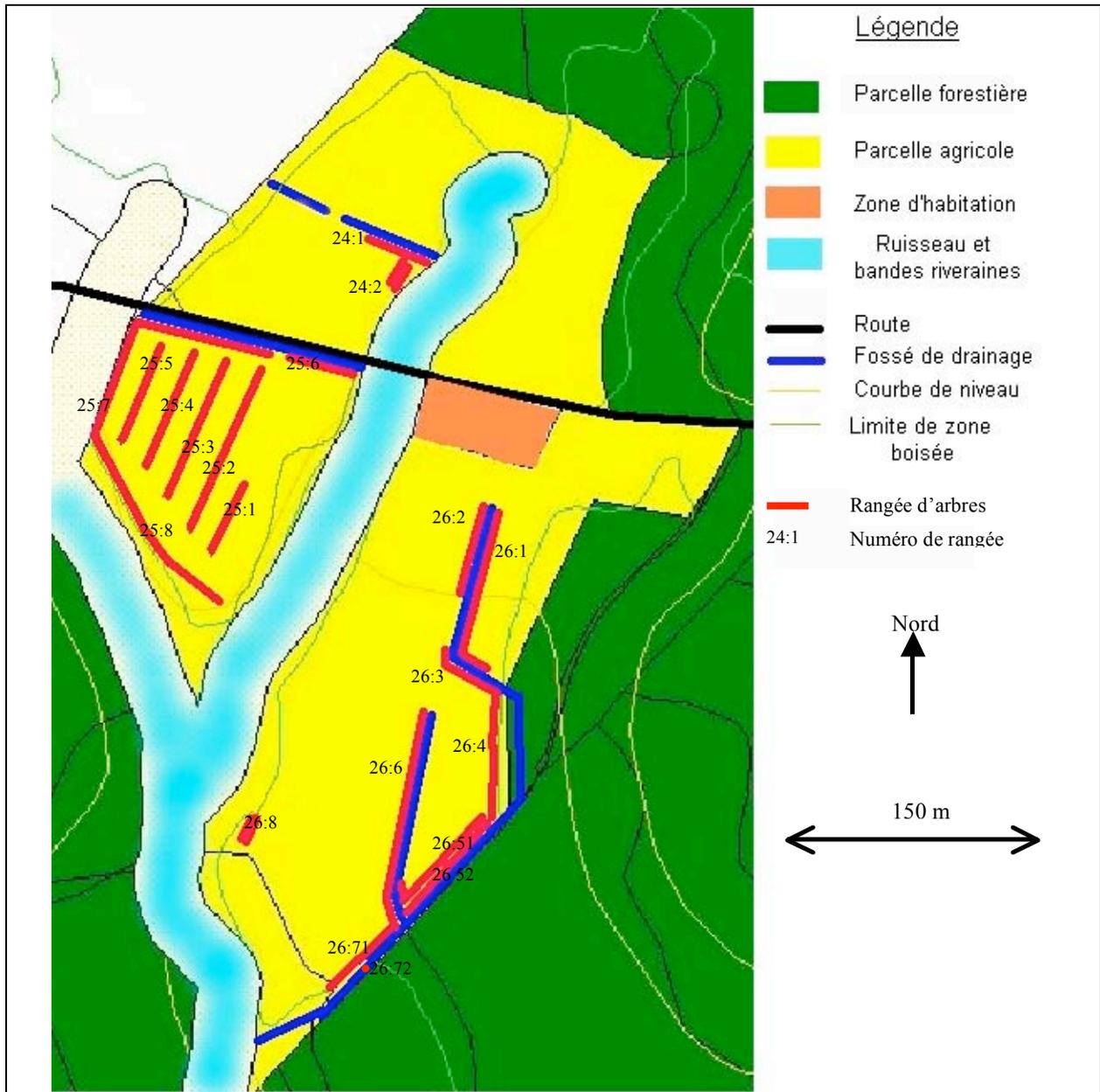


Figure 10 : Localisation des rangées d'arbres sur les parcelles du domaine *Le Portageur*, à Saint-Édouard de Maskinongé

3.3 Le dispositif de suivi du système

Le deuxième volet du projet « Cerisier d'automne » consistait à obtenir des données sur le comportement du système agroforestier dès après son installation. Ces données devraient permettre de mesurer l'efficacité d'un tel projet en matière de production pour pouvoir par la suite l'améliorer et en faire la promotion.

Il est important de bien garder à l'esprit que l'obtention de données n'était qu'un objectif secondaire pour le propriétaire et gestionnaire des terres, qui cherchait surtout à élaborer un système fonctionnel. Le système agroforestier n'a donc pas été construit selon un dispositif expérimental qui aurait permis de comparer entre eux divers traitements. Les données recueillies sont donc de nature exploratoire et qualitative. Certaines comparaisons que l'on pourrait être tenté d'établir ne peuvent et ne doivent donc pas être faites.

Les résultats présentés ici ont été obtenus à la fin de la première saison de croissance, à l'automne 2001. Une visite lors de la saison d'été 2002 a également permis de réaliser quelques observations.

➤ Le taux de survie des arbres

La survie des arbres est un élément capital pour un système agroforestier où la densité de peuplement est faible. Le taux de survie va permettre de juger de l'efficacité de la reprise qui dépend elle-même de la méthode de plantation, de l'adaptation des arbres au milieu et de la qualité des jeunes plants. Ces informations permettront de mieux connaître les conditions pour une plantation réussie. Le taux de survie a été mesuré sur l'ensemble des sujets de la plantation les 28 et 29 août 2001. Pour ce faire, les arbres ne présentant aucune feuille depuis un mois à ce moment ont été considérés comme morts.

Les résultats par essence et par bande sont présentés dans le tableau 5.

À la fin de la première saison de croissance, les taux de survie obtenus étaient très élevés. La moyenne pour la plantation, qui est de 97,01 %, est excellente et dépasse les objectifs de Michel Arès qui espérait un taux de survie de 85 %. Il serait intéressant de pouvoir comparer ce taux de survie à celui des plantations forestières. Selon Michel Arès, qui est technicien forestier, un taux de survie de 75 % est déjà très élevé.

Tableau 5 : Taux de survie des arbres de chacune des espèces pour chacune des rangées au domaine *Le Portageur*, à Saint-Édouard de Maskinongé

Essence	Rangée	Nombre d'arbres plantés	Nombre d'arbres morts	Taux de survie (%)
CET	25:7	47	0	100,00
	25:8	72	3	95,83
	Total	119	3	97,48
CHR	25:1	36	1	97,22
	25:2	19	2	89,47
	25:4	18	0	100,00
	25:5	47	3	93,62
	25:6	41	1	97,56
	26:2	17	1	94,12
	Total	178	8	95,51
FRA	25:2	41	0	100,00
	25:3	40	0	100,00
	25:4	38	0	100,00
	Total	119	0	100,00
FRP racines nues	26:1	45	0	100,00
	26:3	17	0	100,00
	26:52	56	0	100,00
	Total	118	0	100,00
FRP réceptif	24:1	15	0	100,00
	24:2	10	0	100,00
	25:2	11	0	100,00
	25:3	23	0	100,00
	25:7	3	0	100,00
	26:2	17	0	100,00
	26:81	19	0	100,00
	26:82	19	0	100,00
	Total	117	0	100,00
FRP	Total	235	0	100,00
PEH I	26:3	3	0	100,00
	26:4	36	0	100,00
	26:6	30	0	100,00
	26:71	20	4	80,00
	Total	89	4	95,51
PEH II	26:4	17	0	100,00
	26:51	64	2	96,88
	26:6	20	0	100,00
	26:71	20	2	90,00
Total	121	4	96,69	
PEH III	26:6	45	6	86,67
	26:71	25	3	88,00
	26:72	6	5	16,67
	Total	76	9	88,16
Feuillus nobles	Total	651	11	98,31
PEH	Total	286	17	94,06
Plantation	Total	937	28	97,01

CET = cerisier tardif ; CHR = chêne rouge ; FRA = frêne d'Amérique ; FRP = frêne de Pennsylvanie ; PEH = peuplier hybride, le chiffre faisant référence au clone

Toutes les essences, en fait, ont affiché d'excellents taux de survie avec une mention spéciale pour les frênes (d'Amérique et de Pennsylvanie) pour lesquels aucune mort n'est à déplorer. Ces résultats sont sans doute attribuables à la méthode de plantation (travail du sol et paillis) qui a donné des conditions très favorables au développement racinaire, tout en limitant les pertes d'eau par évaporation ou compétition. La rangée 26:72, plantée hors paillis et sans travail du sol, présente d'ailleurs un taux de survie de 16,67 %, ce qui semble confirmer cette hypothèse. Lors d'une brève visite le 27 juillet 2002, aucun peuplier n'était plus vivant dans cette rangée (0 % de survie). La rangée 26:51, plantée elle aussi hors paillis, mais ayant bénéficié du travail du sol, affiche par contre un taux de survie de 96,88 %. La zone étant humide (nappe superficielle), l'évaporation du sol et la transpiration des adventices n'auraient pas suffi à amener les peupliers hybrides en état de stress hydrique.

Plusieurs autres conclusions sont suggérées par les données présentées au tableau 5. Néanmoins, il serait hasardeux de pousser trop loin les comparaisons, en raison notamment de la grande diversité des zones de plantation. Certains éléments mériteraient toutefois d'être approfondis, et en particulier :

- la comparaison des taux de survie des chênes rouges, des frênes d'Amérique et des frênes de Pennsylvanie sur la parcelle intercalaire où les conditions sont a priori homogènes, dans le but de savoir quelle essence pourrait être recommandée dans de telles conditions ;
- l'influence négative éventuelle de l'ombre sur la survie des peupliers hybrides, sachant qu'au sein de la rangée 26:71, les sujets morts sont tous situés au sud de la bande où l'ombrage dû à la végétation adjacente est plus important ;
- le taux de survie variable des différents clones de peuplier hybride.

Une étape importante pour la survie des jeunes arbres était le franchissement du premier hiver. Celui-ci faisait en effet peser deux principaux risques sur les jeunes arbres, soit le verglas et le déchaussement des plants en récipients à cause du gel (la motte de terre dans laquelle se trouvent les racines peut être expulsée lorsque le sol gèle en hiver, ce qui n'est pas le cas pour les plants à racines nues). Lors de l'été 2002 (27 juillet), un rapide aperçu du système semblait indiquer que les taux de survie étaient sensiblement les mêmes qu'à la fin de la saison précédente. Les difficultés du premier hiver semblent donc avoir été surmontées avec succès. Ce résultat encourageant reste à confirmer avec les données de fin de saison et des saisons à venir.

➤ La croissance des arbres

La croissance en hauteur des arbres est la deuxième variable mesurée ayant un impact sur la production ligneuse. La croissance en hauteur sur une période donnée est obtenue par la différence entre la taille à la fin de la période considérée et la taille au début de la période. La taille est donc la variable véritablement mesurée. La taille est obtenue par la mesure de la distance entre le collet et la base du bourgeon terminal. S'il n'y a pas de dominance apicale nette et que plusieurs têtes se sont développées, c'est la mesure la plus longue qui s'applique. La plantation n'ayant pas été réalisée selon un dispositif expérimental rigoureux, nous n'avons pas jugé opportun d'utiliser la taille initiale de l'arbre comme covariable dans notre analyse. Il est clair cependant que cette taille initiale peut avoir un impact important sur la croissance subséquente de l'arbre.

Étant donné que le relevé de la taille sur plus de 900 individus est un travail fastidieux, nous ne l'avons réalisé que sur un plant sur trois pour toutes les espèces et dans toutes les conditions de plantation. Nous estimons en effet qu'un échantillon constituant un tiers de la population totale est tout à fait suffisant pour obtenir des données représentatives dans le cadre de ce travail. Techniquement, l'identification des arbres a été réalisée à l'aide du numéro de la rangée tel qu'indiqué sur la figure 10 et du numéro de l'arbre au sein de la rangée. Les arbres au sein de chaque rangée ont été numérotés du nord au sud. Tous les arbres du système peuvent ainsi être identifiés facilement.

Au moment de la plantation et avant la première mesure des plants, nous avons constaté que de nombreux peupliers hybrides semblaient être abîmés dans leur partie supérieure (écorce noirâtre et tissus très mous). Nous avons donc décidé d'ajouter comme mesure la hauteur de tête morte, c'est-à-dire la hauteur de tige sur laquelle les bourgeons ne démarraient pas.

Les résultats obtenus à la fin de la première saison de croissance sont présentés aux tableaux 6 (croissance des feuillus nobles) et 7 (croissance des peupliers hybrides). Il n'y a pas de valeur moyenne pour l'ensemble de la plantation ou pour un groupe d'essences (feuillus nobles) car ces données ne signifieraient rien, les caractéristiques de chaque arbre étant différentes.

Tableau 6 : Croissance en hauteur des feuillus nobles de chaque espèce au sein de chacune des rangées

Essence	Rangée	Nombre d'arbres plantés	Nombre d'arbres mesurés	Taille moyenne à la plantation (7/06/01)	Taille moyenne en fin de saison (29/08/01)	Accroissement en hauteur (cm)	Accroissement en hauteur (en % de la valeur initiale)
CET	25:7	47	16	59,00	81,31	22,31	37,81
	25:8	72	24	44,71	78,70	33,99	76,02
	Total	119	40	50,43	79,74	29,32	58,14
CHR	25:1	36	12	31,64	44,55	12,91	40,80
	25:2	19	7	32,50	41,00	8,50	26,15
	25:4	18	6	31,50	38,33	6,83	21,68
	25:5	47	16	35,50	54,21	18,71	52,70
	25:6	41	14	36,62	56,23	19,62	53,58
	26:2	17	6	36,33	47,33	11,00	30,28
	Total	178	61	34,34	49,02	14,68	42,75
FRA	25:2	41	13	35,69	64,08	28,38	79,52
	25:3	40	13	35,54	59,08	23,54	66,24
	25:4	38	13	34,69	65,92	31,23	90,03
	Total	119	39	35,31	63,03	27,72	78,50
FRP racines nues	26:1	45	15	48,53	87,80	39,27	80,92
	26:3	17	6	49,33	81,17	31,83	64,52
	26:52	56	19	55,89	99,26	43,37	77,60
	Total	118	40	52,15	92,25	40,10	76,90
FRP récipient	24:1	15	5	42,80	83,20	40,40	94,39
	24:2	10	4	39,75	82,25	45,50	114,47
	25:2	11	4	42,00	87,00	45,00	107,14
	25:3	23	8	42,13	75,25	33,13	78,64
	25:7	3	0	Z	Z	Z	Z
	26:2	17	6	42,17	82,50	40,33	95,64
	26:8	38	12	38,45	76,36	37,91	98,60
	Total	117	39	40,83	79,65	39,13	95,82

Z : aucune mesure effectuée

CET = cerisier tardif ; CHR = chêne rouge ; FRA = frêne d'Amérique ; FRP = frêne de Pennsylvanie

Tableau 7 : Croissance en hauteur des peupliers hybrides de chaque clone au sein de chacune des rangées

Essence	Rangée	Nombre d'arbres plantés	Nombre d'arbres mesurés	Taille moyenne à la plantation (7/06/01)	Hauteur de tête morte au débourrement	Taille moyenne en fin de saison (29/08/01)	Accroissement en hauteur (cm)	Accroissement en hauteur (en % de la valeur initiale)
PEH I	26:3	3	3	160,00	Z	143,30	Z	Z
	26:4	36	12	161,83	26,17	177,17	41,50	25,64
	26:6	30	10	144,60	19,60	167,80	42,80	29,60
	26:71	20	7	157,60	21,86	159,20	23,46	14,89
	Total	89	32	155,35	22,86	167,14	37,59	24,20
PEH II	26:4	17	6	161,67	4,50	196,67	39,50	24,43
	26:51	64	21	137,42	5,14	160,74	28,46	20,71
	26:6	20	6	147,00	8,33	157,83	19,17	13,04
	26:71	20	7	126,29	8,00	149,83	31,55	24,98
	Total	121	40	140,55	6,02	163,78	29,26	20,82
PEH III	26:6	45	19	189,47	35,00	189,71	35,24	18,60
	26:71	25	8	190,14	37,14	184,86	31,86	16,76
	26:72	6	X	X	X	X	X	X
	Total	76	27	189,67	35,63	188,27	34,24	18,05
PEH	Total	286	99	158,73	19,44	171,55	33,18	20,90

Z : aucune mesure effectuée

X : arbres morts

PEH = peuplier hybride, le chiffre faisant référence au clone

L'exploitation que l'on peut faire de ces résultats est relativement limitée. Tout d'abord, les taux de croissance ne pouvaient qu'être relativement faibles puisque les arbres ont d'abord dû prendre le temps de s'implanter et développer leur système racinaire. Il aurait certes été intéressant de comparer les données obtenues avec un témoin forestier pour chaque essence, mais le nombre limité de plants disponibles nous a empêché de disposer de tels témoins. Il existe par ailleurs peu de données sur le comportement habituel des arbres choisis en plantations pures car la plantation de feuillus n'est envisagée que depuis peu de temps au Québec.

Diverses remarques peuvent être faites au sujet des résultats obtenus, qui nécessiteraient cependant des études approfondies pour être vérifiées :

- La croissance des cerisiers tardifs a été différente sur les deux rangées, les plants de la rangée 25:8 ayant en fait rattrapé leur retard initial sur la rangée 25:7. Étant donné que la rangée 25:8 subissait un ombrage plus important, il se peut que cela ait favorisé la croissance en hauteur des cerisiers, ce qui correspondrait bien aux prescriptions habituelles (les cerisiers ont besoin de concurrence pour avoir un bon développement en hauteur).
- La moins bonne croissance des frênes de Pennsylvanie à racines nues a été obtenue sur la rangée 26:3, qui est la plus humide de celles où il a été planté. Il est possible qu'un excès d'humidité ait limité leur développement.
- En culture intercalaire (25:1 à 25:5), les frênes de Pennsylvanie ont montré la plus grande croissance, suivis des frênes d'Amérique et, en dernier lieu, des chênes rouges.
- Il est intéressant de noter que les deux rangées où la croissance des chênes rouges a été la plus faible (25:2 et 25:4) sont également les deux rangées à avoir été plantées en dernier (6 et 7 juin 2001) ; au contraire, les deux rangées pour lesquelles la croissance a été la plus forte (25:6 et 25:5) ont été plantées parmi les premières (30 mai et 1er juin respectivement). Étant donné que la température a été élevée au début de juin et que les plants en attente de plantation étaient conservés dans des sacs, il est possible qu'ils y aient subi un stress qui se serait répercuté par la suite sur leur croissance. La fragilité des jeunes plants avant plantation est d'ailleurs mise de l'avant par Dumont et al. (1995).
- Les trois clones de peupliers hybrides ne montrent que de faibles différences pour la croissance et pour la hauteur de tête morte. Les clones I et III ont eu un accroissement (en cm) un peu plus important que le clone II, mais cela n'est plus vrai lorsqu'on considère plutôt le pourcentage d'accroissement, le clone II étant aussi celui qui comportait les plus petits plants à la plantation. C'est aussi le clone dont la hauteur de tête morte était la plus faible. Après contact avec le responsable des peupliers hybrides du centre de recherche du MRN à Québec, l'explication semble venir de l'origine des clones. Le clone II a une période de croissance végétative plus courte que les deux autres en raison de la provenance abitibienne (région froide et à courte saison végétative) d'un de ses parents. Son accroissement en hauteur est donc logiquement plus faible que celui des deux autres. Le fait que sa période de croissance soit plus courte a pu faire en sorte qu'il ait été relativement épargné par le gel précoce survenu à la fin de l'été 2000 alors que les plants étaient encore en pépinière.

Lors de la mesure des arbres, nous avons par ailleurs pu remarquer la propension de certaines essences à fourcher (développement simultané de deux tiges principales). Ce phénomène entraînant une augmentation du temps de travail (élagage) et une éventuelle perte de valeur, il serait intéressant de le quantifier.

Notons enfin que la mesure du diamètre des arbres pourra être réalisée dans quelques années, ce qui donnera une idée du volume de bois produit.

➤ La croissance de la culture associée

L'impact des arbres sur le développement de la culture associée conditionne en partie la viabilité du système. Si on peut présumer que l'ombrage finira par diminuer la production agricole, il est indispensable de connaître l'ampleur de cette diminution de rendement dans l'espace (selon l'éloignement par rapport à la rangée d'arbres) et dans le temps (selon le nombre d'années après la plantation des arbres) pour planifier l'élaboration de tels systèmes.

La croissance de la culture associée sera évaluée par le biais de la biomasse de la matière fraîche, de la biomasse de la matière sèche et de la hauteur de la culture à différentes distances des arbres. Ces données seront comparées à un témoin situé en plein champ. Plusieurs séries de mesures sur chaque saison de croissance permettront de déterminer les éventuelles phases critiques de la compétition.

Les mesures de la croissance de la culture associée n'ont pas encore commencé à la saison 2002. En effet, l'état de l'actuelle vieille prairie ne permet pas d'effectuer de relevés représentatifs. Ces mesures pourront être entreprises avec la mise en place d'une nouvelle culture (sarrasin, céréale grainée, pâturage).

➤ L'exploitation du système

Pour que le système soit viable, il faut qu'en plus de présenter une bonne production, il reste facilement exploitable. D'une part, une trop grande difficulté d'exploitation risquerait de faire perdre (en temps et en moyens financiers) les éventuels bénéfices du système. D'autre part, elle risquerait de discréditer le système auprès de ceux qui seraient susceptibles de l'adopter.

Cependant, cet aspect est difficilement quantifiable. Nous l'abordons ici par l'aspect technique de l'exploitation mécanisée de la culture associée. Deux 'mesures' ont été prises pour se faire une idée de la difficulté d'exploitation du système : les surfaces qui n'ont pu être travaillées en raison de l'implantation des arbres et l'éventuel temps supplémentaire nécessaire pour effectuer les opérations culturales. Il ne s'agit cependant ici que d'une estimation de la part de l'agriculteur, vu qu'aucune évaluation du temps de travail n'a été faite avant l'implantation du système. De manière générale, tout commentaire de l'exploitant constitue un élément important pour évaluer la fonctionnalité du système. Bien que peu conventionnelle, cette approche n'est pas sans valeur puisque c'est, en finale, l'adoption du système par l'agriculteur que l'on recherche.

La mesure des zones non fauchées (d'un seul ou de deux côtés selon qu'il s'agissait d'une haie en bordure de champ ou d'une bande intercalaire) a donné des résultats différents lors des saisons 2001 et 2002. En 2001, une bande de 30 à 80 cm en bordure des rangées d'arbres (paillis exclus) n'avait pas été fauchée. En 2002, cette bande s'est trouvée réduite à une vingtaine de centimètres au maximum, tout ayant été fauché jusqu'au paillis par endroit. Cette différence s'explique sans doute par la plus grande familiarité de Robert Lambert avec le système, d'une part, et par le fait que les travaux liés à la plantation avaient pu limiter la croissance herbacée en bordure des rangées, d'autre part.

Concernant le temps nécessaire pour effectuer la fauche, Robert Lambert a simplement précisé que le temps passé dans la parcelle intercalaire était un peu plus long que s'il n'y avait pas d'arbres, mais qu'il y avait tout de même passé moins de temps en 2002 qu'en 2001, en raison de sa plus grande habitude du système. L'implantation du système augmente tout de même de façon sensible le temps passé sur la parcelle. Elle nécessite aussi une plus grande vigilance dans la conduite de la machinerie agricole. Incontestablement, la culture intercalaire complique le travail de l'agriculteur et augmente le temps et l'énergie dépensés pour travailler une surface pourtant diminuée par les rangées d'arbres. Par contre, dans le cas des rangées en bordure de champ, le temps d'exploitation est légèrement diminué et, les zones d'accès les plus difficiles étant reboisées, le travail s'en trouve simplifié.

Pour compléter ce volet sur l'exploitation du système, il serait bien sûr intéressant d'y ajouter la comparaison à un système forestier. On pourrait alors relativiser l'investissement supplémentaire (en temps et en moyens financiers) qu'implique l'adoption d'un système agroforestier en remplacement d'un système agricole, en fonction de l'investissement qui

aurait été nécessaire pour la production du même nombre d'arbres sur une parcelle forestière adjacente. La section suivante aborde la question sous l'angle des surfaces.

3.4 L'espace alloué à chaque composante

En plus de l'aspect expérimental, il est intéressant de voir dans ce système quelle surface occupe chaque composante. L'espace alloué aux activités sylvicoles et agricoles sera ainsi connu et on pourra juger de l'intensification apportée à l'exploitation de la parcelle par l'ajout de pratiques agroforestières.

Au total, 937 arbres ont été plantés sur une longueur de 1813 m. La largeur du paillis que nous avons utilisé étant de 1,5 m, dont 10 cm sont enterrés de chaque côté, la surface totale occupée par les arbres est de 2360 m² environ. Il faut y ajouter une bande de 10 cm en moyenne, sur un ou deux côtés selon le cas, qui n'a pu être exploitée par l'agriculteur, ce qui représente environ 220 m² supplémentaires en tenant compte de la position des diverses rangées (la longueur totale de côtés de paillis adjacents à des espaces cultivés est de 2200 m). Au total, 0,26 ha seulement sont donc utilisés pour la production de bois. La surface agricole est donc pratiquement inchangée (- 2 %) alors que près d'un millier d'arbres y sont produits.

Il est intéressant de reprendre cette démarche à l'échelle de la parcelle 25 (système intercalaire et 3 haies) et des parcelles 24 et 26 (haies seulement). Sur les 2 ha de la parcelle 25, 0,13 sont réservés aux arbres, soit 6,5 %. Quatre cent trente-six arbres y ont été plantés, ce qui représente une densité de 220 tiges à l'hectare pour la parcelle. Cette densité correspond à celles que l'on rencontre dans les systèmes intercalaires développés dans d'autres pays. En ce qui concerne les haies des parcelles 24 et 26, 501 arbres y ont été plantés sur 0,13 ha. Ces deux parcelles (24 et 26) ont une superficie de 10 ha et les arbres en occupent seulement 1,3 % ! La densité n'y est que de 50 tiges à l'hectare.

Ces deux systèmes agroforestiers correspondent à des objectifs différents en terme de production, ce qui rend leur comparaison intéressante. Le système de la parcelle 25 (intercalaire et haies) a une orientation sylvicole plus marquée. La densité des arbres est nettement plus importante et la concurrence qu'ils pourront apporter à la culture sera d'autant plus forte. Au contraire, le boisement des bordures des parcelles 24 et 26 laisse une priorité importante à la production agricole. Il s'agit plutôt dans ce cas de récupérer les espaces

marginaux qui sont souvent moins productifs au plan agricole, tels que les bordures de champ qui jouxtent des boisés dont l'ombre gêne déjà les cultures, et les bordures de fossés de drainage trop humides, trop sèches ou difficilement accessibles. La sylviculture y apparaît donc plus comme un complément à l'activité agricole. Il faut bien noter que le reboisement des espaces marginaux des parcelles 24 et 26 concerne seulement une petite partie des fossés de drainage et des bordures de parcelle. Il aurait pu être plus complet tout en laissant la priorité à l'agriculture.

Pour produire le même nombre d'arbres total en plantation de feuillus pure classique avec une densité de 1 800 tiges à l'hectare, 0,52 ha auraient été nécessaires. Dans ce cas, tout l'espace aurait été consacré aux arbres sans risques de concurrence, mais l'espace au sol aurait dû être entretenu sans retour économique avant la coupe des arbres.

On constate donc que le système agroforestier permet d'intensifier l'usage de la terre. Au plan des surfaces utilisées, la production de feuillus nobles ne change pratiquement rien à la production agricole. Bien sûr, il ne s'agit que d'un instantané : si dans quinze ans, il n'y a pas de production agricole à moins de 10 m des arbres en raison de la concurrence qu'ils exercent, il faudra revoir ce bilan. Pour l'instant, cependant, l'investissement foncier consacré aux arbres est minime.

4 Agroforesterie, économie et société

Dans les trois premières parties, nous avons abordé les pratiques agroforestières avec des feuillus nobles sous l'angle pratique des systèmes et de leur gestion dans un but de production. Les seules interactions que nous avons passées en revue sont les interactions d'ordre biophysique qui sont liées au rendement. Mais la combinaison des pratiques agricoles et forestières au sein de systèmes agroforestiers offre également d'autres types d'interactions qui se répercutent notamment sur les plans économiques et sociaux. Ces deux termes sont à prendre dans leur sens le plus large, soit la vie du milieu rural, et au moins deux échelles spatiales sont à prendre en considération : celle de l'exploitation agricole et celle de la région.

Nous traiterons ici des conséquences de l'adoption de pratiques agroforestières en terme de diversification des productions et de protection de l'environnement. Cependant, vu la portée modeste de cette étude, ces réflexions resteront générales. Ainsi nous ne développerons pas sur l'économie financière du système. La synthèse de Kurtz (2000) devrait satisfaire les plus curieux à ce sujet.

4.1 La diversification des productions

L'utilisation de feuillus nobles, qui ont par définition une grande valeur individuelle, permet de combiner sur une même parcelle agriculture et sylviculture en se contentant de faibles densités. Dans un tel système agroforestier, l'objectif est avant tout de combiner plusieurs productions, par opposition aux systèmes tempérés à vocation strictement environnementale ou à la plupart des systèmes tropicaux dans lesquels l'arbre permet avant tout de créer un milieu de culture favorable (Ashton et Montagnini, 2000).

- Les conséquences de la diversification sur l'économie de l'exploitation

Cette diversification de la production, bien que contraire à la logique de l'agriculture industrielle toujours plus spécialisée, présente l'avantage d'une certaine sécurité du revenu de l'exploitation grâce à une diminution de sa sensibilité au risque (Altieri, 1987 cité par Kurtz, 2000). Ce phénomène n'est d'ailleurs pas propre aux systèmes agroforestiers, mais concerne toutes les exploitations à production diversifiée. Le risque de perdre une production diversifiée pour des raisons économiques (chute de la valeur financière), biologiques (maladies) ou

climatiques (sécheresse) est limité lorsque diverses productions sont présentes car on peut supposer qu'elles ne montrent pas la même sensibilité aux mêmes risques. La diminution de l'importance relative de chaque composante à l'échelle de l'exploitation diminue d'autant ce risque. De plus, l'augmentation de la complexité biologique constitue en soi un frein au développement des risques naturels (épidémies, ravageurs des cultures etc.). Le même discours s'applique aussi quand on compare l'agroforesterie à la foresterie traditionnelle, qui est souvent pratiquée sous forme de plantations monospécifiques.

Un autre avantage des systèmes agroforestiers est l'étalement de revenus de différentes sources dans le temps. Agriculture et sylviculture se raisonnent pour des durées bien différentes, l'agriculteur planifiant souvent ses interventions en termes de saisons de culture et le sylviculteur en termes de rotations (de 15 à 80 ans). Williams et Gordon (1992) notent ainsi que « le succès de la plupart des systèmes d'intercultures agroforestiers en Amérique du Nord est dû à la génération d'un revenu à court terme durant les premières années d'installation d'une production à long terme telle que le bois, les noix ou les fruits. » Ceci est d'autant plus vrai dans le cas des feuillus nobles, qui demandent plus de soins que d'autres productions ligneuses et donc des investissements constants, alors que leur rotation est parmi les plus longues. L'association est donc un avantage certain pour le sylviculteur, et ceci sans compter d'éventuelles croissances accélérées par rapport à un développement forestier (voir la section 2.4). Mais il s'agit aussi d'un réel avantage pour l'agriculteur pour lequel les arbres jouent un rôle de capital sur pied qui, moyennant un entretien annuel somme toute minime, peut libérer des liquidités sans risque de perte de valeur ou donne à tout le moins, dans tous les cas, une valeur accrue à la terre (Kurtz, 2000).

De plus, si l'on considère que les pratiques agroforestières permettent dans l'ensemble de tendre vers une production plus durable (voir la section 4.2), non seulement les arbres apportent un revenu en fin de rotation, mais ils permettent en plus de garder le milieu productif pour une activité agricole subséquente (Kurtz, 2000). Ainsi, si on compare un système agroforestier à une monoculture agricole, même si la production agricole totale de la parcelle agroforestière est inférieure à celle de la monoculture, ce qui n'est pas toujours le cas, on peut s'attendre à de meilleurs rendements agricoles sur la parcelle agroforestière après récolte des arbres que sur la parcelle maintenue en monoculture. L'action bénéfique des arbres est certes avant tout un atout d'ordre environnemental (protection et conservation du sol), mais son impact se traduit aussi, à terme, par des gains d'ordre économique pour l'exploitation.

Par ailleurs, le choix de développer des systèmes agroforestiers permet aussi de limiter l'investissement en matière de sylviculture (Dupraz et al., 1996). Les densités d'arbres étant plus faibles, ainsi que l'espace qui leur est consacré, les travaux d'implantation et de maintenance sont limités. Ainsi, par rapport à la conversion totale d'une parcelle à la foresterie, l'impact d'un échec éventuel de la plantation a moins de gravité. Dans le pire des cas, s'il advenait que la stratégie agroforestière n'était pas adaptée, ou même qu'il serait préférable de boiser intégralement les parcelles, le système agroforestier reste modulable. Éliminer 200 arbres par hectare est une tâche nettement plus facile que de déboiser toute une parcelle comportant 1200 arbres par hectare. Si, au contraire, on désire convertir la parcelle agroforestière en parcelle forestière, il suffit de « compléter » la plantation. Nous avons déjà évoqué la possibilité d'utiliser pour ce faire des cultures ligneuses comme le sapin de Noël ou le bouleau jaune (le merisier québécois).

Enfin, il faut évoquer l'intérêt des travaux à « double fonction ». Ainsi, la culture intercalaire remplace avantageusement le dégagement forestier. L'entretien des bandes boisées permet pour sa part une valorisation du travail accordé à l'entretien des bordures de champ. De même, l'élagage et la formation d'une haie située en bordure de boisé ont plus de valeur que la taille des branches des arbres d'un boisé qui gêneraient la culture, etc. D'autres intrants peuvent également bénéficier aux deux composantes alors qu'ils ne sont destinés qu'à une seule au départ. Les arbres peuvent ainsi bénéficier des engrais inutilisés par les cultures (Dupraz et al., 1999). La présence humaine a aussi un impact considérable sur le développement des arbres (surveillance, interventions bénignes, mais régulières) (Dumont et al., 1995). En favorisant la présence régulière de l'exploitant sur les parcelles grâce à la composante agricole, les pratiques agroforestières le rapprochent également des arbres qui ne peuvent qu'en bénéficier (Balandier, 1997).

➤ La gestion des différentes tâches

La diversification dans les productions entraîne également une diversification des tâches à accomplir dans le système agroforestier. Dans une exploitation agricole, l'introduction de l'activité sylvicole demande ainsi de planifier les plantations, de mettre en terre les arbres, de les éduquer et de les récolter. Ces nouvelles tâches doivent pouvoir être accomplies dans le cadre de l'emploi du temps de l'exploitant, mais elles doivent aussi entrer dans ses champs de compétences.

La question du savoir-faire peut trouver deux types de réponses selon que l'exploitant s'occupe lui-même de ses arbres ou qu'il fait intervenir un autre acteur. Il se peut que l'exploitant ait déjà les connaissances nécessaires ou qu'il se trouve disposé à les acquérir. Dans le premier cas, il n'y a pas de problème, mais il est certain que ce ne sera pas le cas de tous et qu'il faudra voir à créer des activités de formation si on vise un développement de l'agroforesterie québécoise à grande échelle. Dans ce second cas, l'exploitant motivé à acquérir les connaissances pratiques de la sylviculture en agroforesterie devra en effet pouvoir trouver à sa disposition les outils nécessaires. La disponibilité d'ouvrages techniques (livres, vidéo etc.) ou de cours est en fait indispensable à la réussite du projet agroforestier. Mais on suppose alors que l'exploitant est motivé par cette nouvelle activité et qu'il est prêt à y consacrer de son temps, ce qui n'est pas toujours évident quand on connaît l'emploi du temps d'un agriculteur. Une deuxième solution est que la compétence sylvicole agroforestière et la réalisation des travaux proviennent d'un acteur extérieur. Il s'agit à nouveau d'une contrainte puisqu'un tel acteur doit exister. Il doit être compétent et disponible. Vu qu'à l'heure actuelle, les pratiques agroforestières ne sont pas bien développées au Québec, ce personnel n'a pas pour le moment de raison d'exister. Et pour ne rien simplifier, les spécialistes de la sylviculture des feuillus nobles sont peu nombreux, même à l'échelle forestière. On perçoit d'ores et déjà que le développement agroforestier implique un effort qui dépasse la seule motivation des propriétaires/exploitants, puisque même si un exploitant est prêt à payer pour un spécialiste, il n'est pas évident qu'il puisse en trouver un. Mais l'emploi d'un spécialiste est aussi une source de dépenses qui doit être rentable, ce qui n'est pas facile à concevoir quand on commence une rotation de 80 ans ! La solution résiderait donc plutôt dans un service du type de celui offert dans les groupements forestiers, qui sont subventionnés par le gouvernement et l'industrie. Qu'il doive acquérir une connaissance ou employer un spécialiste, il est certain que l'exploitant devra auparavant avoir été convaincu du bien-fondé de l'agroforesterie.

En ce qui concerne la gestion temporelle des tâches reliées aux différentes activités, le problème est plus simple. Le principal problème de la sylviculture des feuillus nobles en gestion forestière est qu'ils demandent une présence assez constante, ce qui tranche avec une foresterie plus classique (résineux) où les opérations sont espacées dans le temps. Or, le manque de soins accordés explique l'échec de nombreuses plantations de feuillus nobles (Dumont et al., 1995). La présence continue imposée par l'agriculture est donc un réel atout pour ces arbres exigeants (Dupraz et al., 1996). D'un autre côté, mis à part quelques opérations de grande envergure comme la plantation, les interventions peuvent généralement rester bénignes si elles sont régulières. Il suffit d'avoir toujours un sécateur avec soi et de s'en

servir dès que nécessaire (Balandier, 1997) ! Dans le cas où c'est un acteur extérieur qui s'occupe des arbres, le problème ne se pose pas. Enfin, la récolte du bois et les tailles d'élagage peuvent être envisagées en hiver et en automne, respectivement, à des moments creux de l'activité agricole où les champs sont normalement facilement accessibles. Dans ce cas, la superposition des activités ne constitue pas une réelle contrainte.

➤ Les conséquences de la diversification sur l'économie régionale

La discussion sur les conséquences à l'échelle régionale de l'adoption de pratiques agroforestières peut rapidement être source de pures spéculations intellectuelles tellement les paramètres entrant en jeu sont nombreux et leurs relations complexes. Cependant, il nous a paru opportun de mettre de l'avant certains points particuliers touchant l'utilisation des ressources régionales, l'emploi local et le paysage rural.

La spécialisation des régions (au sens d'espaces ruraux et non pas au sens administratif) vers une activité dominante est le thème qui a introduit cet essai. Alors que foresterie et agriculture faisaient autrefois bon ménage, les boisés disparaissent des régions agricoles les plus productives, alors que les champs, dans les zones où l'agriculture est moins rentable, laissent leur place à une foresterie tout aussi intensive. Combiner agriculture et sylviculture au sein de systèmes agroforestiers, c'est se rapprocher à nouveau d'un équilibre plus naturel où les deux activités ont droit de cité. De plus, introduire la sylviculture des feuillus nobles sur de bonnes terres agricoles par le biais de systèmes agroforestiers permettrait de tirer le plein potentiel de croissance de ces arbres qui se retrouveraient dans leurs sols de prédilection.

La diversification de la production par l'agroforesterie peut aussi être synonyme de maintien de l'emploi et donc de l'activité rurale. En effet, la composante agricole des systèmes représente une activité permanente, ce qui est un atout par rapport à des systèmes strictement forestiers. Dans le cas des régions agricoles marginales, la réalisation d'activités sylvicoles peut pour sa part procurer un complément au revenu de l'agriculteur, y compris dans le cas de terres louées. Dupraz et al. (1996) ont ainsi démontré l'intérêt qu'il pouvait y avoir, pour un propriétaire privé désireux de rentabiliser au mieux ses terres, de les faire exploiter avec des pratiques agroforestières par un agriculteur qui serait également en charge d'entretenir les arbres. Les deux parties y trouvent leur bénéfice, le propriétaire avec les arbres et l'exploitant avec les terres, les frais de location habituels n'étant pas exigés par le propriétaire en échange d'un entretien des arbres par l'agriculteur. Voilà une alternative au

reboisement intensif des champs en régions marginales (telles que de nombreuses terres en Gaspésie, dans le Bas Saint-Laurent etc.) qui se fait trop souvent aux dépens de ce qui reste d'agriculture locale par des propriétaires désireux de voir leurs terres rapporter encore quelques bénéfices.

La présence conjointe des productions ligneuses et agricoles peut aussi être synonyme d'activités de transformation diversifiées, et donc d'emploi. En Mauricie, le bois d'œuvre destiné à la construction de meubles ne vient pas de la région faute d'une production primaire suffisante pour alimenter les scieries... C'est l'occasion de créer des emplois en optimisant l'exploitation des ressources locales et en diminuant les activités de transport qui vont à l'encontre du développement durable.

Enfin, ces systèmes peuvent permettre de conserver la vocation agricole des terres et leur paysage caractéristique. Il s'agit là d'un point important quand on s'attache à l'histoire du terroir et de ceux qui y vivent. Pour certains agriculteurs, reboiser intégralement des parcelles que leurs ancêtres ont durement gagnées sur la forêt est difficile à accepter, sinon impossible à considérer. Les nouveaux concepts de multifonctionnalité de plus en plus associés à l'agriculture tiennent compte de tels critères paysagers et l'agroforesterie permet de les respecter. L'association au sein de mêmes unités parcellaires de cultures agricoles et d'arbres en faible densité contribue aussi à l'élaboration de nouveaux paysages d'une qualité esthétique certaine.

4.2 Les bénéfices environnementaux

Nous l'avons mentionné dès l'introduction, la réintroduction des arbres dans les systèmes agricoles a souvent eu pour origine la volonté d'améliorer la protection et la conservation des ressources. Si certains systèmes ont été définis explicitement dans cette optique, la seule présence des arbres est déjà, en général, un atout de taille. Nous ne passerons que rapidement sur ces aspects qui pourraient constituer une étude à eux seuls, car notre objectif est simplement d'esquisser un portrait des principaux avantages des systèmes agroforestiers pour le milieu rural.

La présence des arbres est reconnue pour avoir une action positive dans la lutte contre l'érosion éolienne et hydrique, qui est un problème d'envergure pour l'agriculture québécoise (MAPAQ, 2002). Sans même installer des brise-vent, les arbres augmentent la rugosité

générale de l'espace agricole et diminuent la vitesse du vent au sol (Teklehaimanot et al., 1991). En conséquence, les particules les plus fines du sol, qui sont aussi souvent associées à sa fertilité (débris de matière organique, particules d'argiles et limons), ne sont plus emportées. De même les arbres jouent contre l'érosion hydrique en diminuant l'impact au sol de la pluie et en favorisant sa pénétration et son drainage. Lorsque le sol est nu, les sols riches en particules fines risquent en effet d'être rapidement saturés en eau. Celle-ci s'écoule alors en surface, entraînant avec elle les particules fines du sol. La diminution de l'érosion éolienne et hydrique contribue donc à maintenir la fertilité des sols.

Les arbres sont aussi reconnus pour agir comme « pompes » à éléments minéraux dissouts dans l'eau. Ils sont ainsi capables de piéger et d'utiliser les engrais lessivés en profondeur, tels que les nitrates et phosphates responsables de l'eutrophisation des cours d'eau. Mais ils peuvent également faciliter la dégradation des pesticides. Burken et Schnoor (1997) ont ainsi mis en évidence que les peupliers pouvaient dégrader l'atrazine, qui est un désherbant nocif pour l'environnement. Lorsque situés en bordure de cours d'eau (bandes riveraines), les arbres jouent un rôle de piège en filtrant les résidus apportés par ruissellement superficiel et souterrain (Schultz et al., 2000). Or, la constitution d'une bande riveraine à vocation environnementale peut très bien s'accommoder d'une production de feuillus nobles (figure 5, partie 1.3). Dans le cas d'un système intercalaire, la protection est optimale puisque les arbres ne sont pas seulement situés en bordure de parcelle pour filtrer les éléments qui en sortent, mais directement au contact des polluants en plein champ.

Les arbres sont aussi reconnus pour piéger le carbone atmosphérique. Ainsi, l'adoption de pratiques agroforestières permettrait de lutter contre les gaz à effet de serres. Au moment où le gouvernement canadien se penche sur la ratification du protocole de Kyoto, des perspectives intéressantes pourraient se dessiner. Dans une étude adaptée au contexte américain, Brandle et al., (1996) voient dans ce rôle de piège à CO₂ un atout supplémentaire pour l'agroforesterie, qui pourrait en plus lui ouvrir la voie à un système de subventions où tous les types de systèmes seraient admissibles, qu'ils soient productifs ou pas, puisqu'ils contribuent à l'absorbtion du CO₂.

Les systèmes agroforestiers assurent enfin un maintien de la biodiversité par l'implantation d'essences locales qui sont ainsi conservées, mais aussi par la création de niches écologiques abritant de nombreuses espèces de la faune. La complexification des systèmes par l'ajout de nouvelles composantes crée, pour la faune, des opportunités d'habitat qui ne

sont pas présentes dans les monocultures. McAdam et al. (1997) ont ainsi mesuré un accroissement de la diversité et du nombre des invertébrés en Angleterre suite à l'introduction de pratiques agroforestières. Peu après, des espèces avicoles qui n'étaient pas présentes dans l'espace agricole ont été attirées par cette nouvelle source alimentaire et les abris que constituent les arbres.

5 L'intérêt des acteurs du développement

Bien qu'elles comportent bien des exigences, les pratiques agroforestières semblent porteuses d'un bon potentiel pour le développement durable des régions québécoises. La question qui vient alors à l'esprit est de savoir ce qu'en pensent les acteurs du développement que sont en premier lieu les exploitants et propriétaires, mais également le personnel encadrant. Cette deuxième catégorie regroupe en fait tous les intervenants possiblement intéressés dans le cadre du conseil, de la législation, de la commercialisation etc. Nous les appellerons les acteurs du milieu.

Le projet intitulé « Mise en valeur des zones agricoles marginales par la production de feuillus nobles » s'insère dans cette réflexion à un plan local. Il a été réalisé durant l'été 2002 dans le cadre du programme du MRN de mise en valeur du milieu forestier, volet 2 (Projet n° 41 22 60), sur l'initiative de la ferme forestière *Le Portageur*. Dans ce projet, l'agroforesterie a été présentée comme un moyen de mettre en valeur les zones agricoles marginales, telles que les bordures de parcelles ou les terres moins productives, par l'implantation de haies ou de systèmes intercalaires comme cela avait été fait dans le cadre du projet « Cerisier d'automne ». Cette orientation « minimaliste » de l'agroforesterie a été prise de sorte à amener la réflexion de manière progressive, ne sachant pas quel accueil serait réservé à la plantation d'arbres au milieu des meilleures parcelles agricoles...

Les objectifs initiaux du projet étaient de connaître :

- le potentiel de plantations de feuillus nobles à l'échelle de la municipalité de Saint-Édouard de Maskinongé selon des modèles agroforestiers (haie et intercalaire), mais également forestiers (reboisement des terres en friche en plantation forestière), ce potentiel étant illustré sur des cartes où la position de chaque système serait représentée et le nombre d'arbres concernés indiqué ;
- l'intérêt suscité par ces plantations chez les propriétaires et exploitants de la localité ;
- l'intérêt suscité chez les acteurs du milieu par ces plantations.

Le territoire d'étude choisi était celui de la municipalité de Saint-Édouard de Maskinongé, en Mauricie. Le choix de cette zone se justifiait par l'implantation locale du promoteur, ainsi que par la connaissance supposée que les agriculteurs et propriétaires ont de la foresterie, ce qui peut aider à la réalisation d'une telle étude. Enfin, comme il s'agit d'un territoire de petites dimensions, il convenait tout à fait pour une étude exploratoire comme celle-ci.

Malheureusement, le financement dont a bénéficié ce projet a été de beaucoup réduit par rapport à la demande initiale. Aussi, les différents mandats n'ont pu être couverts en profondeur et celui du potentiel technique, qui aurait dû mener à un inventaire, a seulement été effleuré. Nous ne présenterons donc ici que les résultats des entretiens avec les agriculteurs et les acteurs du milieu.

5.1 L'intérêt des agriculteurs et propriétaires

L'accord des propriétaires est une condition indispensable à la mise en place de systèmes agroforestiers. Ce sont donc les acteurs clés pour la mise en valeur des terres agricoles marginales. De plus, leur connaissance du terrain peut être une source d'information pour l'adaptation ou la création de systèmes aux objectifs qui leur semblent plus pertinents, les rendant ainsi plus attrayants pour eux. Plusieurs types de propriétaires pouvant avoir des visions différentes ont été identifiés : les agriculteurs qui exploitent leurs propres terres, les agriculteurs qui exploitent des terres louées ou prêtées et les propriétaires qui font exploiter leurs terres.

La démarche initiale voulait que les agriculteurs et propriétaires soient consultés une fois l'inventaire du potentiel réalisé. Ainsi, la discussion aurait pu s'organiser autour de données concrètes associées à une carte. Vu les difficultés rencontrées, les rencontres se sont faites sans aucun support de ce type. De plus, certains propriétaires ne se sont pas du tout montrés intéressés à participer à cette étude.

Finalement, 6 propriétaires ont été rencontrés directement et un entretien semi-dirigé a eu lieu en s'appuyant sur le questionnaire présenté à l'annexe 1. Parmi eux, 4 sont des agriculteurs qui exploitent leurs propres terres et 2 sont des propriétaires non exploitants. Quatre rencontres ont eu lieu sur le territoire de Saint-Édouard de Maskinongé et 2 à Sainte-Ursule, village voisin. Les résultats présentés ici n'ont donc pas de valeur statistique, mais doivent être considérés dans le cadre d'une démarche de type exploratoire.

➤ Les parcelles improductives

Pour l'ensemble des intervenants, les parcelles improductives correspondent à des terrains difficiles d'accès, comme les coulées argileuses ou les terrains à forte pente, ainsi qu'aux zones où la circulation de la machinerie est problématique, comme dans les parcelles de

faible dimension. Dans tous ces cas, la mise en valeur par le boisement est vue comme une alternative très positive. L'utilisation des feuillus nobles est aussi très bien accueillie. Les raisons n'en sont pas forcément une plus grande valeur économique, mais plutôt des questions d'adaptation au site, de diversité des peuplements et d'esthétique.

➤ Les espaces linéaires – haies

L'utilisation des bordures de champs pour planter des feuillus nobles a soulevé des réactions diverses, et notamment en fonction des types de bordures visés. Pour chacun des types de bordure, les résultats de la consultation sont présentés dans le tableau 8.

Tableau 8 : Nombre de personnes montrant un intérêt pour le reboisement des bordures de champ à l'aide de feuillus nobles disposés en plantations linéaires - haies

Zone à reboiser	Nombre de personnes en accord avec le reboisement de ces zones	Nombre de personnes en désaccord avec le reboisement de ces zones	Nombre de personnes interrogées
Bordures de ruisseaux et de fossés	5	1	6
Bordure de boisés	2	1	3
Bordure de chemins	0	6	6
Bordure de bâtiments	1	5	6
Jonction de parcelles	1	5	6

Le tableau 8 met clairement en évidence l'intérêt des personnes interrogées pour la plantation de feuillus nobles en bordure de ruisseaux et de fossés. Les bordures de boisés semblent aussi porteuses d'un certain intérêt, alors que les autres types de plantations linéaires n'ont pas enthousiasmé les répondants. En bordure de chemin et à la frontière entre deux champs, les arbres semblent représenter une gêne, alors qu'en bordure de bâtiments, la crainte de dommages (sol perforé par les racines, branches qui tombent sur le toit) est responsable du manque d'intérêt.

Les principales sources de motivation pour une éventuelle mise en valeur des bordures de champ sont tout d'abord la transformation d'un travail improductif, mais nécessaire (l'entretien de ces bordures), en un travail productif (développement des feuillus nobles), ainsi que les avantages environnementaux qui peuvent en être tirés, comme la limitation de l'érosion

hydrique et éolienne. La production de bois de qualité à forte valeur économique ne vient qu'en second. Il faut souligner à ce propos que les intervenants consultés possèdent pour la plupart des boisés qu'ils exploitent et qui représentent pour eux la véritable source des gains liés à la sylviculture. D'autres avantages environnementaux ont été cités, mais les répondants semblent y accorder un peu moins d'importance : l'embellissement du paysage, la protection des animaux de ferme, la limitation de la pollution diffuse. Enfin, pour quelques-uns, la possibilité d'une production de type saisonnier (des fruits secs, par exemple) constituerait un avantage important pour l'implantation d'une haie. Cependant il ne faut pas limiter les systèmes à une unique fonction et la possibilité d'associer divers rôles environnementaux et productifs a été notée comme étant un atout primordial pour ces systèmes.

Les principaux inconvénients que redoutent les propriétaires sont la difficulté de l'entretien des cultures entre les arbres, l'abri qu'ils offrent aux animaux nuisibles et les chutes de branches dans les champs.

➤ Les systèmes intercalaires

Si, au cours des rencontres, les systèmes intercalaires étaient présentés comme des haies dont le principe est poussé à l'extrême, l'intérêt suscité a lui aussi été assez extrême, mais pas en faveur de leur adoption !

Ce système est en effet perçu comme entraînant une perte d'espace. Les répondants craignent aussi la complication des opérations culturales. Enfin, l'espace entre les arbres d'une même rangée peut être une source d'embroussaillage et ainsi nuire aux cultures.

Les systèmes agrosylvicoles intercalaires sont peut-être encore trop novateurs par rapport aux pratiques actuelles et il faudra sans doute y repenser un peu plus tard. Ceci ne signifie toutefois pas qu'on ne puisse trouver un exploitant particulièrement innovant qui serait prêt à tenter l'expérience. L'élargissement de la zone d'étude pourrait y contribuer.

➤ L'aide nécessaire

Pour mettre en place des plantations de feuillus nobles sur les terres agricoles marginales, l'existence d'aides financières et techniques peut être un élément décisif.

Sur les 6 personnes consultées, une estime que l'absence de subvention est un gage de liberté, 3 pensent qu'une subvention partielle est nécessaire (par exemple des plants fournis gratuitement) et 2 seraient prêt à voir se développer les systèmes chez eux s'ils n'avaient pas à y investir. En ce qui concerne une aide technique, la répartition est la même : le premier n'en désire pas, 3 attendent de recevoir des conseils d'entretien et 2 désirent une prise en charge totale.

Dans l'ensemble, les producteurs désirent donc être appuyés. La question du financement doit être soulevée auprès des intervenants responsables.

5.2 L'intérêt des intervenants du milieu – cadre d'action

Dans le volet de consultation du projet de « Mise en valeur des terres agricoles marginales par la production de feuillus nobles », une phase a été consacrée à la rencontre des intervenants du milieu, soit les individus ou les représentants d'organismes qui sont présents dans la filière de production des feuillus sans être eux-mêmes producteurs. Cette phase avait deux objectifs principaux.

Il s'agissait tout d'abord de mieux cerner les rôles des différents intervenants, afin de définir un cadre fonctionnel pour la production de feuillus. Le réseau des intervenants de la filière des feuillus nobles a ainsi pu être schématisé. Les responsabilités de chacun, en particulier en matière d'encadrement technique, de législation et de financement, y ont été précisées. La connaissance de ce cadre permet à la fois de savoir à qui s'adresser pour les différentes questions et de prévoir de nouvelles interactions éventuelles pour des systèmes agroforestiers.

Le deuxième objectif de la consultation était de mesurer « l'intérêt » de ces intervenants pour le boisement des zones marginales avec des feuillus nobles selon les modèles proposés. Les questions ont porté sur l'utilisation des feuillus nobles, le boisement des friches, les systèmes agroforestiers et le financement possible. Étant donné l'aspect novateur des types de boisement envisagés, l'avis de ces intervenants est précieux car il laisse présager la mise en place éventuelle de tels systèmes.

La réalisation de ces objectifs s'est basée essentiellement sur onze rencontres. Pour celles-ci, la présentation du projet était suivie d'un entretien semi-dirigé (dont le canevas est présenté à

l'annexe 2). Un compte rendu a été rédigé et envoyé à l'intervenant pour approbation pour neuf d'entre elles, le bilan des deux autres ayant pu être dressé directement à la fin de la rencontre. Les intervenants consultés, regroupés par organisme, sont les suivants :

- Agence régionale de mise en valeur des forêts mauriciennes (AMFM) : Josée Bussièrès, directrice générale ;
- Association déroulage et sciage de feuillus du Québec (ADSFQ) : Florent Boivin, secrétaire général ;
- Centre local de développement de Maskinongé (CLD) : Josée Maheu ;
- Groupement forestier de Maskinongé-Lanaudière (GF) : Jean-Luc Paquin et Jonathan Lambert ;
- Ministère de l'agriculture et des pêcheries du Québec, direction du centre du Québec (MAPAQ) : Camille Desmarais, géographe ;
- Ministère des ressources naturelles (MRN) : Georges Blais ;
- Municipalité de Saint-Édouard de Maskinongé : Gilles Gerbeau, secrétaire trésorier ;
- Municipalité régionale de comté de Maskinongé (MRC) : Serge Dupont ;
- Syndicat des producteurs de bois de la Mauricie (SPBM) : François Douville, responsable de la commercialisation du bois et Patrick Lupien, directeur adjoint.

➤ Le réseau des intervenants de la filière des feuillus nobles

Le réseau des intervenants est illustré schématiquement à la page suivante (figure 11). La construction de ce schéma s'est appuyée sur les rencontres avec les intervenants et sur les informations disponibles 'publiquement' (site Internet de chaque organisme, brochures...).

La présence des organismes agricoles - dont le MAPAQ avec lequel une rencontre a été organisée - s'explique par la vocation agroforestière des systèmes proposés. Il y a bien sûr la gestion de l'espace qui entre en ligne de compte, mais nous croyons aussi que pour que les systèmes agroforestiers de type haie et intercalaire puissent se développer, il faut une réelle connaissance des impacts de la présence des arbres sur les pratiques agricoles, que les organismes agricoles sont actuellement les mieux placés pour développer. Il est d'ailleurs regrettable de ne pas avoir pu consulter ni les autres représentants du monde agricole (Union des producteurs agricoles [UPA], clubs agro-environnementaux) ni le Ministère de l'environnement (MENV) dont les avis auraient été appréciables (les contraintes techniques de réalisation du projet n'ont pas permis de telles rencontres).

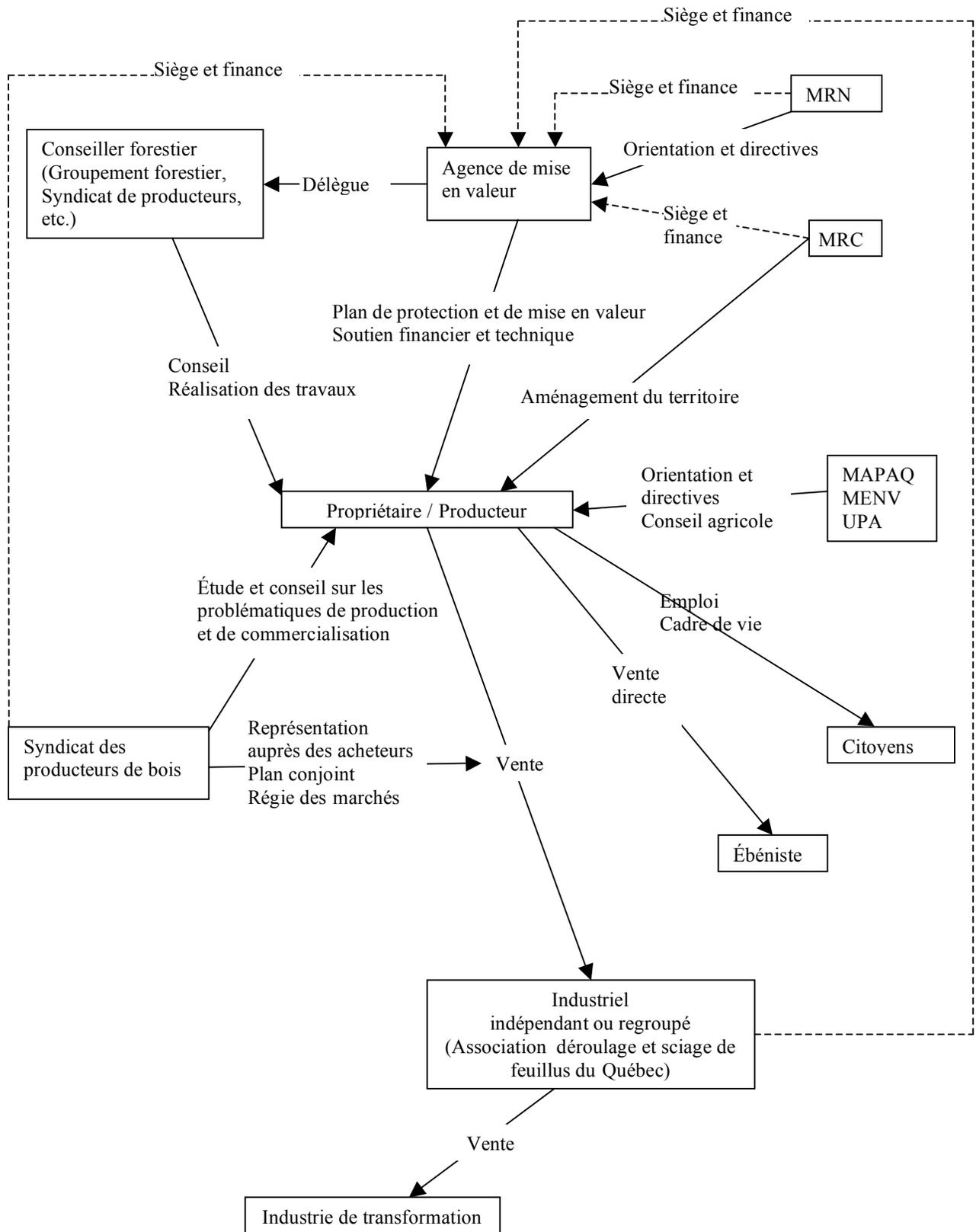


Figure 11 : Réseau des intervenants de la filière des feuillus nobles

La présence « citoyenne » est liée à l'impact prévisible des arbres sur le paysage et l'environnement. Afin d'arriver à un système équilibré aux vocations multiples, la consultation de la mairie s'imposait naturellement.

On distingue, dans le réseau des intervenants, trois principaux groupes d'organismes (l'appartenance à un groupe n'est pas exclusive) :

- ceux directement liés aux aspects techniques de la production et de l'exploitation du bois : AMFM, GF, MRN, SPBM ;
- ceux liés au développement économique des plantations (des subventions à la vente) : ADSFQ, AMFM, MRC, MRN, SPBM ;
- ceux pour lesquels les arbres ont avant tout un impact environnemental au sens le plus large du terme : municipalité, MRC, organisme lié à l'agriculture tel que le MAPAQ.

Les deux premiers groupes pourraient cependant être regroupés dans une catégorie plus large de 'développement de la ressource ligneuse'.

À la lecture de la figure 11, on peut noter que les intervenants sont nombreux et leurs interactions multiples. Le développement de nouveaux systèmes de production, dans la mesure où leurs coûts ne sont pas assumés à 100 % par le propriétaire et qu'une subvention est visée, implique une coordination de ces intervenants et des objectifs communs (rôle productif et environnemental des arbres, notamment). On peut présumer que le mécanisme conduisant au financement de nouveaux systèmes risque alors d'être complexe. Néanmoins, autour des acteurs classiques de la filière du bois, l'AMFM joue un rôle central pour le financement des nouveaux systèmes. C'est donc par elle et un acteur du monde agricole que pourrait vraisemblablement se dérouler la mise en œuvre des subventions si un programme conjoint devait être adopté.

➤ La plantation de feuillus nobles

Tous les intervenants consultés appuient le développement des plantations de feuillus nobles. Mis à part l'ADSFQ, pour laquelle des raisons économiques évidentes priment puisque ses membres utilisent cette ressource, l'intérêt lié aux feuillus nobles tient en général plutôt à des raisons écologiques (biodiversité et adaptation régionale) et esthétiques que strictement économiques.

Cette motivation pour les feuillus nobles est cependant plus modérée chez les acteurs les plus proches des réalisations techniques (Groupement forestier, AMFM, SPBM). Selon eux, la sylviculture des feuillus nobles manque encore de garanties pour être tout à fait opérationnelle. Les dommages occasionnés par les rongeurs représentent une limitation majeure pour tous les systèmes. Ils peuvent être très importants et mettre en péril tout un peuplement si les bonnes mesures pour les empêcher ne sont pas prises suffisamment tôt. D'autre part, le manque d'investissement dont font part les propriétaires est tout aussi problématique. L'expérience actuelle montre que ceux-ci se lancent dans la production des feuillus nobles sans réelles connaissances et qu'ils ne consacrent pas assez de moyens à leurs plantations (en temps ou en argent), qui n'atteignent donc pas les objectifs escomptés.

Par contre, et contrairement à ce qui aurait pu être imaginé, la formation des arbres aux grands espacements, y compris en système intercalaire, ne devrait pas, selon plusieurs intervenants (GF, SPBM, AMFM), être une limitation. Soit l'expertise est disponible, soit elle pourra être acquise.

La valeur économique des feuillus nobles est élevée si ceux-ci sont de bonne qualité (bille sans défaut). Pourtant certains arbres de grande qualité ne trouvent pas forcément preneurs sur le marché faute d'un volume suffisant pour intéresser les industriels. Les ébénistes constituent alors le seul véritable débouché, mais la demande y reste faible.

➤ La mise en valeur des friches

Le boisement des terres en friche est unanimement accepté pour ses rôles de production et de mise en valeur de l'espace. Ce volet est d'ailleurs déjà couvert, que ce soit pour son aspect technique ou pour sa reconnaissance 'légale' qui conduit à son financement par le programme de l'AMFM.

➤ Le développement des systèmes agroforestiers

Le boisement linéaire des bordures de parcelles (haies) et le boisement agrosylvicole intercalaire sont ici regroupés dans une même et unique partie en raison de deux caractères qui les rapprochent : leur aspect novateur et leur caractère agroforestier.

Les systèmes agroforestiers de mise en valeur des bordures de champ (haies) et de plantation intercalaire sont moins habituels et les réponses à leur sujet sont souvent moins enthousiastes. Les organismes directement versés dans la production du bois et son utilisation (MRN, AMFM, SPBM, GF, ADSFQ) y voient de nouvelles manières de produire du bois, ce qui répond toutefois à leurs préoccupations. Leur intérêt tient à la possible mise en production de zones actuellement inexploitées pour la foresterie et a priori de bonne qualité. Dans le contexte agricole actuel où les terres sont recherchées pour l'épandage du lisier de porc, les terres de bonne qualité sont rarement utilisées pour la production ligneuse dont le rendement pourrait cependant être excellent. Les systèmes agroforestiers permettent justement de planter des arbres dans ces bons sols.

Pour la MRC, la municipalité et le MAPAQ, ce sont les aspects de protection de l'environnement, et notamment de la ressource hydrique, qui semblent avantageux et novateurs dans le cas des systèmes agroforestiers. Le MAPAQ encourage d'ailleurs le reboisement des coulées argileuses autrefois en prairies pâturées pour limiter les risques d'érosion et de contamination de l'eau. La productivité des systèmes peut être une source de diversification de l'économie, mais n'est pas une priorité en soi, étant déjà assurée principalement par les plantations. Pour le MAPAQ, la principale valeur économique des systèmes agroforestiers vient de la création d'un environnement favorable aux cultures qui améliore leur rendement. Son expertise en matière de brise-vent et de bandes riveraines lui laisse cependant penser que le potentiel est surtout intéressant dans le second cas puisque les arbres peuvent y être plantés jusqu'à la ligne de l'eau, ce qui n'est pas le cas des cultures puisqu'elles ne peuvent être fertilisées si près de la rive. La récolte des arbres y est possible à condition qu'elle n'excède pas 40 % du volume produit dans la bande riveraine tous les 10 ans.

Cependant, la motivation affichée à l'égard de ces systèmes est généralement diminuée par la crainte d'un certain nombre de contraintes techniques. Les problèmes de circulation de la machinerie sont ceux qui sont le plus souvent cités, suivis des problèmes de compétition pour les ressources. Les systèmes intercalaires ayant tendance à augmenter les interactions entre agriculture et sylviculture, ce sont ceux qui sont jugés le plus prudemment. Seul Patrick Lupien (SPBM) y voit un potentiel important dû aux très bonnes conditions de développement des arbres qu'on y retrouve. La mise en valeur des bordures de champ par des haies est plus facilement accueillie car plus facile à mettre en place a priori. La difficulté de faire accepter ces systèmes aux agriculteurs, ne serait-ce que pour des raisons d'habitude, semble enfin pouvoir

constituer un frein important à leur adoption, surtout dans le cas des systèmes intercalaires. L'argument des avantages environnementaux semble représenter un atout décisif, car la rentabilité de ces systèmes pour la production de bois ne paraît pas assurée à tous ces acteurs.

On peut donc remarquer que selon les catégories d'intervenants, les motivations apparaissent différentes. Il semble que ce soit une des forces de ces systèmes agroforestiers que de présenter des avantages multiples appréciables de différents points de vue.

➤ Le financement

Le financement des plantations ne peut être envisagé que si celles-ci sont rentables. En ce qui concerne la production de bois, la question de la rentabilité de plantations à faibles densités comme celles des systèmes agroforestiers ne trouve pas de consensus parmi les acteurs de la production ligneuse. Le raisonnement arbre par arbre, et non par plantation, ne pose aucun problème selon l'ADSFQ et le SPBM, les industriels étant prêts à se déplacer pour une seule bille pourvu qu'elle soit de qualité. Au contraire, selon le GF (Jean-Luc Paquin), les nombreux soins à apporter aux arbres risquent de ne pas être rentabilisés lors de la vente. Selon le MAPAQ, qui base son expertise sur les brise-vent et les bandes riveraines, le boisement des haies risque d'être couteux en raison de la difficulté de l'entretien des zones au pied des arbres, surtout si le terrain est en pente (bandes riveraines).

De plus, les acteurs économiques de poids, ceux qui supportent le financement (MRN, ADSFQ, SPBM) ou qui le gèrent (AMFM), font tous unanimement remarquer que pour financer les systèmes agroforestiers (les friches sont déjà prises en compte), il faut que les propriétaires donnent des garanties sur la destination productive des arbres. Autrement dit, ces organismes craignent que les propriétaires de haies (le système agroforestier ayant le plus de chances de se développer dans un premier temps) désirent à terme conserver celles-ci pour profiter le plus possible de leurs avantages environnementaux. Pour remédier à ce problème, la solution consisterait à augmenter la participation des propriétaires aux frais d'entretien et d'éducation de leurs plantations. Les dépenses ne pourraient alors être envisagées que comme un investissement, ce qui garantirait la destination des arbres à la coupe.

Lors de la rencontre avec l'AMFM, il a été proposé que le financement des systèmes agroforestiers dans le cadre du « Programme de mise en valeur » soit mis à l'étude lors du conseil d'administration de la fin août 2002. Au moment de rédiger ce texte, le résultat de cette proposition n'était toujours pas connu. Une décision favorable rendrait compte de la volonté concrète d'appuyer de tels systèmes.

Enfin, le MAPAQ subventionne 75 % des frais des travaux pour la mise en place de brise-vent (les plants sont généralement fournis par le MRN). Dans le cas des systèmes de haies, si le rôle de brise-vent est aussi assuré, cette subvention pourrait sans doute être disponible.

Conclusion

Au fil des pages, nous avons décrit les systèmes agroforestiers, et la première conclusion qui s'en dégage est qu'avec un point de départ commun – associer la sylviculture des feuillus nobles aux productions agricoles végétales et animales – les possibilités sont nombreuses et diverses. Chaque exploitant peut trouver « son » système, celui qui correspond à ses objectifs propres et aux moyens dont il dispose.

L'insertion des feuillus nobles dans les systèmes agricoles complexifie l'agroécosystème et le rend ainsi plus proche d'un écosystème naturel. La proximité des composantes rend possible les interactions qui sont à la base des associations agroforestières. Comme nous l'avons vu, il est possible que ces interactions jouent un rôle positif au plan de l'amélioration des rendements. Mais nous avons également vu qu'elles se répercutent sur l'ensemble du milieu rural par le biais d'une contribution positive à sa vie économique, de l'échelle de l'exploitation à l'échelle régionale, et par la protection et la conservation de l'environnement. On retrouve bien là les avantages présentés par Gordon et al. (1997) : « les interactions en agroforesterie se traduisent par une augmentation du rendement à l'hectare ou par une amélioration de la productivité en rapport à l'ensemble des intrants ou encore par des gains environnementaux ». On peut y rajouter que la complexification des systèmes est garante d'une plus grande stabilité biologique et économique, qui rend les systèmes plus durables. Enfin, l'agroforesterie permet de réduire la concurrence pour l'utilisation des terres entre les activités agricoles et forestières.

De par tous ces aspects, l'agroforesterie avec des feuillus nobles apparaît donc comme un ensemble de pratiques multifonctionnelles qui s'intègrent à merveille dans la logique du développement durable prôné par tous. Elle est un outil modulable qui peut être combiné avec d'autres pratiques agricoles ou forestières à tendance écologique.

Cependant, l'adoption des pratiques agroforestières implique une nouvelle façon de penser la production qui va à l'encontre des tendances actuelles de spécialisation et d'intensification. L'objectif n'y est plus la performance, mais l'équilibre entre les productions ; en particulier, la présence humaine y redevient un aspect de tout premier ordre. La complexification des opérations peut être perçue comme un problème. Mais elle est balancée par les avantages du système et notamment sa stabilité.

Le développement des systèmes agroforestiers se fait dans d'autres régions tempérées du monde. Les mêmes systèmes sont donc susceptibles d'intéresser les producteurs québécois.

L'intérêt que portent les quelques producteurs interrogés (partie 5) représente une porte ouverte pour la suite même s'il ne concernait dans ce premier temps que les haies. Cet intérêt signifie en effet que certains seront sans doute intéressés à voir se développer ces systèmes chez eux. Mais le cas du propriétaire convaincu du bien-fondé de la sylviculture des feuillus nobles associée aux activités agricoles, et qui est prêt à supporter financièrement l'ensemble d'une plantation et de son entretien, reste rare. Et cela d'autant plus que plusieurs des avantages escomptés bénéficieront à l'ensemble de la société (environnement) bien avant que l'exploitant en voie les retombées économiques. La question du financement, même partiel, doit être soulevée. Pourquoi ne pas envisager un programme de subventions comme celui dont les plantations forestières plus classiques font l'objet ?

Lors de la consultation des acteurs du milieu (partie 5), tous les intervenants trouvaient un intérêt aux pratiques agroforestières, que ce soit pour la production, l'économie ou l'environnement. Pourtant la question du financement est restée sans réponse. Outre « l'intérêt » qu'un système suscite, la mise en place d'un financement est la véritable reconnaissance de son efficacité pressentie. Si tous les intervenants y trouvent leur compte, peut-être devraient-ils aussi tous y participer et mettre en place le compromis nécessaire pour que de tels systèmes puissent voir le jour. Concrètement, la question de savoir qui devrait subventionner de tels systèmes doit être examinée : si les avantages environnementaux sont jugés aussi importants que les avantages en terme de production, la subvention pourrait être partagée également entre les acteurs de l'utilisation du bois (ADSFQ, MRN) et ceux de l'environnement (MRC, MAPAQ, MENV). La coordination entre les différents acteurs apparaît donc comme un point clé du développement futur de l'agroforesterie québécoise.

Bibliographie

Ashton, M.S. et Montagnini, F. 2000. A philosophical approach to silviculture in agroforestry. *In* The silvicultural basis for agroforestry systems. *Édité par* Ashton, M.S. et Montagnini, F. CRC Press, Boca Raton, Floride, USA. pp 1-6.

Balandier, P. 1997. A method to evaluate needs and efficiency of formative pruning of fast-growing broad-leaved trees and results of an annual pruning. *Canadian Journal of Forest Research* 27:809-816.

Balandier, P. et Dupraz, C. 1997. Do widely-spaced trees in agroforestry plantations grow satisfactorily ? *In* L'agroforesterie pour un développement rural durable. Comptes rendus de l'atelier international du 23-29 juin 1997, Montpellier, France. CIRAD – Forêts, Montpellier, France. pp 25-30.

Balandier, P. et Dupraz, C. 1999. Growth of widely spaced trees. A case study from young agroforestry plantations in France. *Agroforestry Systems* 43:151-167.

Baudry, J., Bunce, R.G.H. et Burel, F. 2000. Hedgerows : an international perspective on their origin, function and management. *Journal of Environmental Management* 60:7-22.

Benjamin, T.J., Hoover, W.L., Seifert, J.L. et Gillespie, A.R. 2000. Defining competition vectors in a temperate alley cropping system in the Midwestern USA. 4. The economic return of ecological knowledge. *Agroforestry Systems* 48:79-93.

Brandle, J.R., Hodges, L. et Wight, B. 2000. Windbreak practices. *In* North American agroforestry : an integrated science and practice. *Édité par* Garrett, H.E., Rietveld, W.J. et Fisher, R.F. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA. pp 119-147.

Brandle, J., Wardle, T. et Bratton, G. 1996. Opportunities to increase tree planting in shelterbelts and the potential impacts on carbon storage and conservation. *In* Forests and Global Change, Volume 2 : forest management opportunities for mitigating carbon emissions. *Édité par* Sampson, R. et Hair, D. American Forests, Washington, District de Columbia, USA. pp 157-176.

Brundtland, G.H. 1987. Our common future. Commission mondiale sur l'environnement et le développement. Oxford University Press, Oxford, UK. 398p.

Burken, J.G. et Schnoor, J.L. 1997. Uptake and metabolism of atrazine by poplar trees. *Environmental Science and Technology* 31:1399-1406.

Cogliastro, A., Gagnon, D. et Bouchard, A. 1993. Effet des sites et des traitements sylvicoles sur la croissance, l'allocation en biomasse et l'utilisation de l'azote de semis de quatre espèces feuillues en plantation dans le sud-ouest du Québec. *Canadian Journal of Forest Research* 23:199-209.

Désy, J. 1985. Une problématique commune et deux pays de ressemblances : le Québec et la Finlande. *In* Le développement agro-forestier au Québec et en Finlande. Actes du colloque tenu à l'Université de Chicoutimi les 22 et 23 mai 1985, dans le cadre du 53^e congrès annuel de l'ACFAS. Les cahiers de l'ACFAS no 39. Association canadienne-française pour l'avancement des sciences, Montréal, Québec et Université du Québec à Chicoutimi. pp 1-10.

Dumont, M., Robitaille, D., Bergeron, C., Dancause, A. et Martel, J. 1995. Plantation des feuillus nobles. Les publications du Québec, Québec, Canada. 126p.

Dupraz, C. 1994. Les associations d'arbres et de cultures intercalaires annuelles sous climat tempéré. *Revue forestière française*, numéro spécial 1994, pp 72-83.

Dupraz, C., Fournier, C., Balvay, Y., Dautat, M., Pesteur, S. et Simorte, V. 1999. Influence de quatre années de culture intercalaire de blé et de colza sur la croissance de noyers hybrides en agroforesterie. *In* Bois et forêts des agriculteurs. Actes du colloque de Clermont-Ferrand. CEMAGREF Éditions, Antony, France. pp 95-114.

Dupraz, C., Lagacherie, M., Liagre, F. et Cabannes, B. 1996. Des systèmes agroforestiers pour le Languedoc-Roussillon : impacts sur les exploitations agricoles et aspects environnementaux. INRA – Lapse, Montpellier, France. 418p.

Dupraz, C. et Newman, S.M. 1997. Temperate agroforestry : the european way. *In* Temperate Agroforestry Systems. *Édité par* Gordon, A.M. et Newman, S.M. CAB International, Wallingford, Oxon, UK. pp 181-236.

FPBQ (Fédération des producteurs de bois du Québec). 2002. Fédération des producteurs de bois du Québec. Site internet : http://www.upa.qc.ca/federations_specialisees.html#5 (consulté le 12/04/02).

Francoeur, L.-G. 2001. Le Québec en déficit de bois nobles. *Le Devoir*, vol XCI, n°191, pp A1 et A12.

Gagné, J.C. 2002. Déboisement des terres : pas de drame mais la vigilance s'impose. *La Terre de Chez Nous*, vol 73, n°5, p 3.

Garrett, H.E. et McGraw, J. 2000. Alley cropping. *In North American agroforestry : an integrated science and practice. Édité par* Garrett, H.E., Rietveld, W.J. et Fisher, R.F. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA. pp 130-187.

Garrett, H.E., Rietveld, W.J. et Fisher, R.F. 2000. North American agroforestry : an integrated science and practice. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA. 402p.

Gillepsie, A.R., Jose, S., Mengel, D.B., Hoover, W.L., Pope, P.E., Seifert, J.R., Biehle, D.J., Stall, T. et Benjamin, T.J. 2000. Defining competition vectors in a temperate alley cropping system in the Midwestern USA. 1. Production physiology. *Agroforestry Systems* 48:25-40.

Gobat, J.-M., Aragno, M. et Matthey, W. 1998. *Le sol vivant*. Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, Suisse. 519p.

Gordon, A.M. et Newman, S.M. 1997. *Temperate Agroforestry Systems*. CAB International, Wallingford, Oxon, UK. 269p.

Gordon, A.M., Newman, S.M. et Williams, P.A. 1997. Temperate agroforestry : an overview. *In Temperate Agroforestry Systems. Édité par* Gordon, A.M. et Newman, S.M. CAB International, Wallingford, Oxon, UK. pp 1-8.

Gordon, A.M. et Williams, P.A. 1991. Intercropping valuable hardwood tree species and agricultural crops in southern Ontario. *The Forestry Chronicle* 67:200-208.

Guitton, J.-L. 1994. L'agroforesterie ? Revue forestière française, numéro spécial 1994, pp 11-16.

Hill, D.B. et Buck, L.E. 2000. Forest farming practices. *In* North American agroforestry : an integrated science and practice. *Édité par* Garrett, H.E., Rietveld, W.J. et Fisher, R.F. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA. pp 283-319.

INRA (Institut National de la Recherche Agronomique) et CRPF (Centre Régional de la Propriété Forestière). 2000. Agroforesterie à Restinclières pour l'Hérault et au-delà... Réalisations et perspectives. INRA /CRPF, Montpellier, France. 19p.

Janin, G., Leban, J.-M., Ducci, F., Charrier, B. et Mosedale, J. 1997. L'utilisation en agroforesterie des résineux et des feuillus. Les conséquences sur la qualité du bois produit. *In* L'agroforesterie pour un développement rural durable. Comptes rendus de l'atelier international du 23-29 juin 1997, Montpellier, France. CIRAD – Forêts, Montpellier, France. pp 303-305.

Josiah, S.J. et Kuhn, G. 2000. Planning and design considerations for hybrid poplar timberbelts. Agroforestry Notes, Special Applications 5:1-4.

Kuhn, G. 2001. Poplars can be profitably grown in pivot irrigation corners. *The Temperate Agroforester* 9(1):9.

Kurtz, W.B. 2000. Economics and policy of agroforestry. *In* North American agroforestry : an integrated science and practice. *Édité par* Garrett, H.E., Rietveld, W.J. et Fisher, R.F. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA. pp. 321-360.

Lin, C.H., MacGraw, R.L., George, M.F. et Garrett, H.E. 2001. Nutritive quality and morphological development under partial shade of some forage species with agroforestry potential. *Agroforestry Systems* 53:269-281.

MAPAQ (Ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec). 2002. Politique ministérielle de développement durable. Site internet : <http://www.agr.gouv.qc.ca/polded.htm> (consulté le 28/03/02).

McAdam, J.H., McFerran, D.M., Toal, L., Agnew, R., Dennis, P., Sibbald, A.R., Teklehaimanot, Z., Jones, D. et Eason, W. 1997. Developing silvopastoral systems and the enhancement of biodiversity. *In* L'agroforesterie pour un développement rural durable. Comptes rendus de l'atelier international du 23-29 juin 1997, Montpellier, France. CIRAD – Forêts, Montpellier, France. pp 109-113.

Miller, A.W. et Palardy, S.G. 2001. Resource competition across the tree-crop interface in a maize-silver maple temperate alley cropping stand in Missouri. *Agroforestry Systems* 53:247-259.

Monteith, J.L., Ong, C.K. et Corlett, J.E. 1991. Microclimatic interactions in agroforestry systems. *Forest Ecology and Management* 45:31–44.

Nair, P.K.R. 1993. An introduction to agroforestry. Kluwer Academic Press, Dordrecht, Pays-Bas. 499p.

Ong, C.K. et Huxley, P.A. 1996. Tree-crop interactions : a physiological approach. CAB International, Wallingford, Oxon, UK. 386p.

Ouellet, M. 2002. Non au reboisement en milieu agricole. *La Terre de Chez Nous*, vol 73, n°1, p 7.

Parent, B.M. et Fortin, M.C. 2002. Ressources et industries forestières. Portrait statistique. Ministère des ressources naturelles du Québec. Édition complète. Version électronique : http://www.mrn.gouv.qc.ca/3/30/301/Portrait/portrait_complet.asp (consulté le 15/04/02).

Saucier, J.-P., Bergeron, J.-F., Grondin, P. et Robitaille, A. 1998. Les régions écologiques du Québec méridional (3^e version) : un des éléments du système hiérarchique de classification écologique du territoire mis au point par le ministère des Ressources naturelles du Québec. Supplément de l'Aubelle, février-mars 1998. 12p.

Schultz, R.C., Colletti, J.P., Isenhardt, T.M., Marquez, C.O., Simpkins, W.W. et Ball, C.J. 2000. Riparian forest buffer practices. *In* North American agroforestry : an integrated science and practice. *Édité par* Garrett, H.E., Rietveld, W.J. et Fisher, R.F. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA. pp 189-281.

Sibbald, A.R., Hislop, A.M., Dick, J., Elston, D.A., Iason, G.R., Nwaigbo, L.C. et Hudson, G. 1997. Soil-plant-animal interactions in the establishment phase of a silvopastoral systems in NE Scotland. *In* L'agroforesterie pour un développement rural durable. Comptes rendus de l'atelier international du 23-29 juin 1997, Montpellier, France. CIRAD – Forêts, Montpellier, France. pp 365-368.

Soltner, D. 1988. L'arbre et la haie pour la production agricole, pour l'équilibre écologique et le cadre de vie rurale. 7^{ième} édition. Sciences et techniques agricoles, Angers, France. 209p.

Teklehaimanot, Z., Jarvis, P.G. et Ledger, D.C. 1991. Rainfall interception and boundary layer conductance in relation to tree spacing. *Journal of Hydrology* 123:261-278.

Terrasson, D. et LeFloch, S. 1995. Le peuplier, auxiliaire ou concurrent pour l'agriculture et l'élevage : importance historique et forme actuelle de leurs relations. *Revue Forestière Française* XLVII:547-558.

USDA. 1996. Agroforestry for farms and ranches. An introduction to using tree and shrub practices in sustained agricultural systems. *Agroforestry Technical Note n°1*. 26p.

Von Althen, F.W. 1990. Guide relatif à la plantation des bois durs sur des terres agricoles abandonnées du sud de l'Ontario. Centre de recherche forestière des Grands Lacs, Sault Ste-Marie, Ontario, Canada. 43p.

Williams, P.A. et Gordon, A.M. 1992. The potential of intercropping as an alternative land use system in temperate North America. *Agroforestry Systems* 19:253-263.

Williams, P.A. et Gordon, A.M. 1994. Microclimate and soil moisture effects of tree rows of an intercropped plantation. *In* Opportunities for agroforestry in the temperate zone world-wide : Proceedings of the third North American agroforestry conference. August 15-18, 1993. *Édité par* Schultz, R.C. et Colletti, J.P. Iowa State University, Ames, Iowa, USA. pp 127-135.

Williams, P.A., Gordon, A.M., Garrett, H.E. et Buck, L. 1997. Agroforestry in North America and its role in farming systems. *In* Temperate Agroforestry Systems. *Édité par* Gordon, A.M. et Newman, S.M. CAB International, Wallingford, Oxon, UK. pp 9-84.

Annexe 1 : Questionnaire de rencontre terrain pour le projet « Mise en valeur des zones agricoles marginales par la production de feuillus nobles »

Lieu de la rencontre :

Date :

Nom et prénom :

Utilisation du foncier :

Agriculteur-propriétaire / Agriculteur-non-propriétaire / Propriétaire-non-exploitant

Principales productions végétales, type et nombre d'animaux :

Présence de zones improductives de surface moyenne à grande (coulées argileuses, friches, autres : préciser) sur les terres ?

Cause d'improductivité :

- accès difficile ou impossible ?
- mauvais rendement (sol, drainage, ombre) ?
- zone de « conservation » (risque de dégradation si exploitation) ?
- manque de temps ?

Terres en voie de devenir improductives ?

Intérêt pour une mise en valeur de ces zones ?

Mise en valeur par le reboisement ?

Reboisement en feuillus (tous les types) plutôt qu'en résineux ?

Espaces linéaires de faibles dimensions improductifs en bordure de champ :

- fossé de drainage ?
- bordure de ruisseau ?
- bordure de chemin ?
- bordure de bâtiment ?
- jonction de parcelles ?

La plantation de haie de faible emprise sur le sol (une seule rangée) en bordure de champs est-elle une avenue intéressante :

- fossé de drainage ?
 - bordure de ruisseau ?
 - bordure de chemin ?
 - bordure de bâtiment ?
 - jonction de parcelles ?
-

Motivation pour la plantation de feuillus (ou d'arbres) tient aux avantages de type :

- productif (destination à la vente) ? avantage des arbres à croissance rapide (PEH) ?

- production associée (fruits...)
 - vente ?
 - consommation personnelle ?

- environnemental (présence des arbres)
 - érosion (ruisseaux, fossés) ?
 - brise-vent ?
 - protection des animaux de ferme ?
 - corridors biodiversité ?
 - pollution diffuse ?
 - aspect paysager ?

Association des deux types d'avantages paraît-elle réalisable et intéressante ?

Connaissances en matière de sylviculture ?

Temps qu'il serait possible de consacrer à ces plantations ?

Une aide serait-elle nécessaire pour effectuer une mise en valeur par la plantation de feuillus :

- financière
 - subvention partielle ?
 - ou totale ?

- technique
 - conseils seulement ?
 - prise en main complète ?

En développant l'association arbre-culture à l'extrême, il est possible de concevoir des systèmes où les arbres sont directement plantés dans les champs de façon à ce que l'activité agricole soit perturbée au minimum. Que pensez-vous de tels systèmes ?

Annexe 2

Mise en valeur des espaces agricoles marginaux par la production de feuillus nobles

Feuille de rencontre avec les intervenants du milieu

Ce document accompagne les rencontres avec les intervenants du milieu. Les points clés du projet sont rappelés brièvement dans la première partie. La deuxième partie laisse la place à l'intervenant consulté pour qu'il donne son avis sur le type de mise en valeur proposé et qu'il signifie son intérêt envers celui-ci. La troisième partie, également à compléter, permet de se rendre compte de l'expertise disponible et des possibilités d'implication des intervenants.

1 Résumé du projet

Le projet « Mise en valeur des espaces agricoles marginaux par la production de feuillus nobles » vise à identifier les surfaces agricoles marginales potentiellement utilisables pour le boisement avec des feuillus nobles sur le territoire de Saint-Édouard de Maskinongé et à mesurer l'intérêt suscité par leur mise en valeur.

Les terres agricoles marginales sont les parcelles abandonnées à la friche et les bordures de parcelles en activité. Les bordures sont des espaces linéaires de quelques décimètres à quelques mètres de large qui présentent une production faible ou nulle. Les parcelles agricoles sur lesquelles une diversification serait bienvenue seront aussi prises en compte, mais, dans ce cas, il s'agit de conserver l'activité agricole grâce à des pratiques agrosylvicoles.

La mise en valeur de ces espaces est envisagée par la production de feuillus nobles. Ceux-ci présentent en effet une forte valeur individuelle qui justifie leur plantation, même en petit nombre, et à laquelle s'associent aussi de nombreux avantages environnementaux. Pour chacun des types de terres agricoles marginales identifiés, des modèles spécifiquement adaptés sont développés. Pour le cas des terres en friche, les plantations forestières classiques mais modernes sont privilégiées, alors que pour les bordures et la diversification de parcelles agricoles (système intercalaire), les principes de l'agroforesterie sont appliqués.

Ces modèles se doivent d'être aussi réalistes que possible et ils s'appuient donc sur une caractérisation biophysique du milieu ainsi que sur le contexte socio-économique et législatif. La caractérisation biophysique est réalisée à partir d'une étude géomatique. Les contextes socio-économique et législatif sont appréciés grâce à une série d'entretiens avec les intervenants du milieu.

L'objectif d'identification des zones agricoles marginales ayant un potentiel pour le boisement en feuillus nobles sera atteint en recoupant les zones marginales avec les zones à potentiel de croissance de feuillus et les zones où la plantation est possible (lien avec les modèles).

L'objectif de mesure de l'intérêt suscité par une telle mise en valeur sera atteint, d'une part, par des rencontres avec les intervenants du milieu et, d'autre part, en proposant les modèles élaborés directement aux propriétaires concernés. Finalement, on devrait pouvoir mesurer l'intérêt pour la mise en valeur des terres marginales, l'intérêt pour l'utilisation des feuillus nobles comme moyen de mise en valeur, et l'intérêt pour les différents modèles proposés.

2 Intérêt suscité

Quel est l'intérêt suscité par :

- la mise en valeur des espaces agricoles marginaux par les feuillus nobles ?

- les modèles de plantation proposés ?

3 Implication possible

Quelle est l'expertise disponible dans le cadre de la mise en œuvre de tels modèles de plantation ?

Quelle pourrait être l'implication de l'intervenant pour une suite du projet ?