

**Aménagement et sylviculture du chêne rouge en Estrie via la
connaissance des peuplements naturels**

Rapport final 2002-2003

**remis à
l'Agence de mise en valeur de la forêt privée de l'Estrie**

par

Daniel Gagnon¹, Benoit Truax^{1,2} & Simon Barrette¹

¹Groupe de recherche en écologie forestière interuniversitaire (GREFi)
Université du Québec à Montréal
C.P. 8888 succursale Centre-ville
Montréal, Qué. H3C 3P8
Tél. : (514) 987-3000 poste 7751#
Télécopieur : (514) 987-4647

²Comité estrien de recherche sur les feuillus (CERF), Sherbrooke

4 juin 2003

Résumé

Ce projet a débuté à l'automne 2001 grâce à une subvention de l'AMFE. Un total de 30 stations forestières dominées ou co-dominées par le chêne rouge ont été échantillonnées en Estrie. 60 stations adjacentes, sans chêne rouge, ont aussi été échantillonnées en 2002 pour permettre de mieux cerner les relations végétation-environnement. Nous pouvons regrouper les stations avec du chêne rouge en stations xériques, en stations mésiques à sols pauvres et en stations mésiques à sols riches, selon l'importance relative du chêne rouge et d'autres espèces d'arbres indicatrices de conditions écologiques particulières. C'est dans le groupement des stations xériques que le chêne rouge atteint la dominance (valeur d'importance) la plus forte. Les sols de ces stations sont toutefois les plus pauvres. Dans les stations mésiques pauvres, les sols sont pauvres, mais le régime hydrique est mésique; c'est l'érable rouge qui est la première espèce dominante, suivi du chêne rouge. Dans les stations mésiques riches, les sols sont les plus riches. C'est dans ce groupement de stations que l'érable à sucre obtient sa plus forte valeur d'importance, toujours suivie par le chêne rouge. Ces trois types de groupements différents ont été identifiés malgré le fait que le critère de sélection des premières stations échantillonnées en 2001 était la présence de chêne rouge. Ceci illustre bien la grande amplitude écologique du chêne rouge, qui peut se retrouver des milieux secs aux milieux mésiques, et des sols pauvres aux sols riches. Toutefois, la dynamique des populations de chêne rouge diffère considérablement des milieux xériques aux milieux mésiques. Ces données de peuplements naturels apportent un appui à la prémisse disant que le chêne rouge peut être une espèce très versatile en plantations d'enrichissement, ayant une excellente capacité d'adaptation et de croissance dans une grande variété de conditions de site. Ces données semblent également montrer que le chêne rouge a une croissance généralement supérieure aux autres espèces dominantes, et ce, dans les trois types de peuplement identifiés. Toutefois, son plus fort potentiel de croissance est sur les sites mésiques pauvres, où l'agriculture a été abandonnée il y a 60 ans, à cause de leur faible productivité. Les sols de ces sites sont généralement pauvres en éléments nutritifs, mais ils ont des concentrations plus élevées de magnésium que les autres stations échantillonnées. Le chêne rouge s'accommode bien de ces conditions nutritives difficiles et montre une croissance qui est souvent exceptionnelle (ex. 45 cm de DHP à 54 ans).

Table des matières

Résumé.....	1
Table des matières	3
Introduction.....	5
Objectifs généraux du projet	7
Méthodes	8
Échantillonnage des peuplements	8
Échantillonnage et analyse des sols	9
Analyse des données	10
Résultats et discussion.....	12
Conclusion	16
Références.....	17

Liste des figures et tableaux

Figure 1a : Analyse des correspondances détendancées (ACD) des 90 stations d'échantillonnage en fonction de la similarité de leur composition en espèces.	18
Figure 1b : ACD des 57 espèces en fonction de la similarité de leur distribution dans les 90 stations.	19
Tableau 1: Valeurs d'importance et constances des espèces principales des différents groupements mineurs identifiés	20
Tableau 2: Moyennes des facteurs écologiques des groupements mineurs identifiés.....	21

Figure 2a : Analyse canonique des correspondances (ACC) de 80 stations en fonction de la similarité de leur composition en espèces et de leurs facteurs écologiques.	22
Figure 2b : ACC de 80 stations en fonction de la similarité de leur composition en espèces et de leurs facteurs écologiques avec les stations échantillonnées en 2001 identifiées par la couleur jaune.....	23
Figure 2c : ACC des 49 espèces en fonction de leur distribution dans les 80 stations.	24
Figure 2d : ACC des 80 stations en fonction de la similarité de leur composition en espèces et de leurs facteurs écologiques (représentés par les vecteurs).....	25
Tableau 3: Valeurs d'importance et constances des espèces principales des trois groupements majeurs : xérique, mésique pauvre et mésique riche	26
Tableau 4: Moyennes des facteurs écologiques des trois groupements majeurs : xérique, mésique pauvre et mésique riche	27
Tableau 5: Caractéristiques de peuplement de tous les groupements identifiés	28
Figure 3 : Diagrammes à boîtes représentant les distribution des âges maximums des stations dans les trois groupement majeurs : xérique (X), mésique pauvre (MP) et mésique riche (MR)	29
Figure 4 : Diagrammes à boîtes représentant les distributions des accroissements (cm ² /5 ans) de quatre espèces (chêne rouge, érable à sucre, érable rouge, frêne blanc) dans les groupements principaux (xérique, mésique pauvre et mésique riche).....	30

Introduction

Il y a des indications que le chêne rouge était autrefois abondant en Estrie et qu'il fut beaucoup exploité. Aujourd'hui, les forêts non-perturbées sont plutôt rares en Estrie, voir inexistantes. On ne retrouve le chêne rouge que dans quelques peuplements vestigiaux isolés, dispersés dans la mosaïque agro-forestière du territoire. Cette forêt habitée, composée en grande partie de propriétés privées, doit répondre simultanément à plusieurs objectifs socio-économiques, ainsi qu'à des objectifs de conservation de la faune et de la flore. C'est le défi de l'aménagement intégré du territoire de voir à ce que tous ces objectifs soient minimalement respectés, et que des compromis soient établis entre les divers intervenants.

Aujourd'hui, le chêne rouge est généralement associé aux milieux secs, rocheux, sur les hauts de versant, les crêtes ou les pentes fortes orientées vers le sud. En effet, cette espèce est très tolérante à la sécheresse et domine fortement les peuplements sur ce type de site. Par contre, les tiges y sont souvent peu intéressantes pour une exploitation forestière et ces sites sont généralement difficiles d'accès. Ceci est l'une des raisons pourquoi cette espèce n'est pas présentement considérée comme une espèce de très grande valeur pour l'aménagement forestier.

Toutefois, suite à des travaux de Benoit Truax et Daniel Gagnon, débutés il y a plus de 10 ans en Estrie, le chêne rouge (*Quercus rubra*) s'est révélé être l'espèce de choix pour le reboisement de parterres de coupe ou de friches (Truax *et al.* 1994 ; Truax *et al.* 2000). Le chêne rouge est donc une espèce de très haute importance pour la production de bois de haute valeur en Estrie. Toutefois, les plantations de cette espèce sont encore relativement peu nombreuses et les plants utilisés pour les établir n'ont pas tous une provenance locale. Il importe donc de connaître l'emplacement exact des plus importants peuplements naturels résiduels de chêne rouge en Estrie, afin de pouvoir les conserver et les aménager. Leur valeur comme patrimoine génétique local pour la reforestation est très importante. De plus, on ignore tout de la dynamique de ces peuplements. Des études sur l'écologie des

chênaies ont été effectuées au laboratoire de Daniel Gagnon, mais seulement dans l'Outaouais, où le chêne rouge est encore abondant (Gagnon et Bouchard 1981 ; Gauthier et Gagnon 1990).

Il est urgent de localiser les derniers peuplements naturels de chêne rouge qui persistent en Estrie. Il faut étudier ces peuplements pour en comprendre l'écologie. Comment se régénèrent-ils? Quels milieux occupent-ils? Quel âge ont-ils? Croissent-ils rapidement ou lentement? Plusieurs autres questions importantes attendent aussi une réponse. Vu la valeur du bois du chêne rouge sur les marchés internationaux, ainsi que pour les industries locales, il ne faut pas négliger de protéger cette ressource. En sachant comment ces peuplements se régénèrent et se maintiennent, on aura de bien meilleures chances de pouvoir les conserver à l'échelle du territoire. De même, l'écologie des peuplements naturels pourrait nous aider à améliorer les méthodes de régénération artificielle du chêne rouge (ex. âge optimal d'une friche pour son enrichissement avec des plants de chêne rouge). Enfin, le patrimoine génétique des peuplements de chêne rouge de l'Estrie doit absolument être conservé, à cause de la valeur exceptionnelle de cette espèce, autant d'un point de vue économique que culturel ou écologique.

Ce projet est une étape initiale incontournable vers la conservation et l'aménagement de cette espèce d'arbre de haute valeur, devenant de plus en plus rare en Estrie. Il faut savoir où se trouvent les peuplements afin de pouvoir étudier leur dynamique de façon approfondie, ainsi que de développer la meilleure stratégie pour leur conservation et leur aménagement. Un dernier aspect important touchant les chênaies est que plusieurs autres espèces animales ou végétales rares leur sont souvent associées. Il est probable qu'en conservant les chênaies, nous puissions conserver en même temps plusieurs espèces vulnérables ou menacées en Estrie ou au Québec.

Objectifs généraux du projet

Comme premier objectif dans l'étude des peuplements de chêne rouge en Estrie, nous avons localisé et échantillonné 30 peuplements forestiers contenant du chêne rouge en 2001. L'objectif général est toutefois de bien cerner les combinaisons de facteurs environnementaux les plus fréquemment associés à la présence du chêne rouge en Estrie. Ceci mènera à une analyse de la distribution du chêne rouge le long de gradients écologiques et de végétation en Estrie. Pour ce faire, nous avons procédé à l'échantillonnage, en 2002, de 60 autres stations forestières à proximité des 30 stations déjà échantillonnées, mais différentes en termes de végétation et de facteurs écologiques et n'ayant pas comme prérequis de contenir du chêne rouge, afin de pouvoir bien situer les peuplements contenant du chêne rouge à l'intérieur de la végétation forestière régionale.

Un autre objectif important est de mieux comprendre la dynamique des peuplements naturels de chêne rouge en Estrie (mécanismes de régénération, succession, croissance des tiges). Tous les peuplements échantillonnés (incluant ceux de 2001) ont été visités à l'été 2002 afin de carotter deux arbres par parcelle (incluant un chêne rouge si présent). Ces carottes serviront à établir l'âge des tiges carottées, ainsi que leur taux de croissance. Ces données permettront d'estimer l'âge du peuplement (depuis la dernière perturbation), d'estimer la productivité du site, et des différentes espèces d'arbres, ainsi que d'apporter des compléments d'information pour l'interprétation de la dynamique successionale des peuplements.

Comme nous croyons que le chêne rouge est une espèce à fort potentiel, il est important de bien connaître ses exigences écologiques. Ceci permettra d'identifier les milieux forestiers (ou ouverts) qui ont les caractéristiques écologiques appropriées (sols et caractéristiques de site) pour la croissance du chêne rouge en Estrie. De plus, en apprenant plus sur la dynamique de régénération du chêne rouge, il sera possible d'identifier les types d'aménagements et les méthodes sylviculturales appropriés pour cette espèce.

Méthodes

Plusieurs personnes ressources (liste fournie par B. Truax) furent contactées à la fin de l'été 2001 afin de trouver des peuplements forestiers contenant du chêne rouge et localisés en Estrie. Grâce à ces nombreuses personnes ressources, et à de nombreux propriétaires privés, il a été possible de repérer plusieurs stations forestières contenant du chêne rouge. Parmi celles visitées, 30 peuplements furent échantillonnés de façon exhaustive en octobre 2001, en Estrie. En été 2002, 60 stations adjacentes aux 30 stations précédentes furent échantillonnées, soit deux par station échantillonnée en 2001. Ces nouvelles stations avaient comme prérequis d'être à l'intérieur d'un rayon de 500m d'une station de 2001, mais où le chêne rouge ne domine pas ou n'est pas présent. Il était aussi préférable que les nouvelles stations aient certains facteurs écologiques différents de ceux des stations de 2001 auxquelles elles étaient adjacentes.

Échantillonnage des peuplements

Chaque station (2001 et 2002) fut échantillonnée à l'aide d'un quadrat de 20 m x 20 m (400 m² ou 0,04 ha). À l'intérieur de cette surface (délimitée à l'aide de rubans à mesurer) chaque tige d'arbre fut comptée et mesurée. Les arbres matures (diamètre à hauteur de poitrine (DHP) > 10 cm) furent mesurés en classes de 5 cm de diamètre à partir de 10 cm (10-15 cm, 15-20 cm, etc.). Les gaules, de 1 à 10 cm de DHP, furent mesurées en deux classes de diamètre (1-5 cm, 5-10 cm). Enfin, nous avons compté la régénération arborescente (identifiée "semis" dans les tableaux) d'au moins 1,3 m de haut (hauteur de poitrine) dont le DHP n'était pas supérieur à 1 cm. Les données brutes ainsi récoltées furent transformées, par espèce et pour chaque quadrat (ou relevé), en densité de tiges par hectare et en surface terrière par hectare (semis, gaules, arbres matures). Ces valeurs absolues (tiges/ha et m²/ha) furent transformées ensuite en valeurs relatives par espèce par relevé (total de 100% pour la densité relative et la surface terrière relative de toutes les tiges de chaque relevé). Enfin, une valeur d'importance pour les arbres fut calculée pour

chaque espèce dans chaque relevé en additionnant sa densité relative avec sa surface terrière relative, et en divisant par deux (ainsi la valeur d'importance totale pour chaque relevé est égale à 100).

Il y a eu aussi deux arbres de carottés par station (1 carotte par arbre) à environ 30 cm du sol. Les carottes furent prises du côté sud lorsque possible. Les arbres les plus gros ont été sélectionnés afin de pouvoir évaluer l'âge des peuplements. Un chêne rouge était toujours carotté s'il y avait présence de cette espèce dans la parcelle. Ensuite, ces autres espèces furent choisies en ordre de préférence : *Acer saccharum*, *Acer rubrum*, *Fraxinus americana*, *Tsuga canadensis*, *Abies balsamea*, *Pinus strobus*, *Picea* sp. Les carottes ont été collées sur des supports en bois et sablées afin de déterminer l'âge en comptant les cernes. La croissance fut calculée par l'accroissement en surface terrière des cinq dernières années.

Des données sur les facteurs écologiques de chaque station furent également notées (% et orientation de la pente, classe de drainage, pierrosité en surface, situation topographique, hauteur moyenne des arbres). À l'aide de cartes, l'altitude, la forme et la longueur de la pente furent également notées. La position géographique précise de chaque station échantillonnée fut enregistrée à l'aide d'un GPS.

Échantillonnage et analyse des sols

Un échantillon de sol fut prélevé à l'intérieur de chacun des quadrats afin de caractériser les propriétés du sol de chaque peuplement. Un échantillon de sol composite a été constitué à partir de cinq sous échantillons répartis à l'intérieur du quadrat, en prélevant du sol minéral, sous la litière, à une profondeur située entre 0 et 15 cm. Les échantillons de sols prélevés dans chacune des 90 stations furent séchés à l'air, avant d'être tamisés dans un tamis à mailles de 2 mm afin de retirer les racines et petites roches. Le pH des échantillons fut mesuré à l'aide d'un pH-mètre à électrode de verre dans une solution 2:1

d'eau et de sol. Une extraction de sous échantillons a été effectuée avec du BaCl_2 , afin de permettre le dosage des cations (Ca, Mg, K) au spectrophotomètre à absorption atomique. Le phosphore assimilable a été extrait à l'aide d'une solution de HCl et dosé par spectrophotométrie. Les formes inorganiques de l'azote, le nitrate (NO_3) et l'ammonium (NH_4), furent analysées à l'aide d'un auto-analyseur Tecator FIAStar, après une extraction au KCl_2 . La capacité d'échange cationique (K+Ca+Mg) fut ensuite calculée.

Analyse des données

Des ordinations (analyse de correspondances) des stations ont été produites afin d'identifier quels gradients écologiques (facteurs topographiques, facteurs édaphiques, facteurs humains) et quels gradients de végétation sont les plus étroitement associés à la présence du chêne rouge. La première étape fut de faire une analyse des correspondances détendancées (ACD) des stations en fonction de la similarité de leur composition en espèces, avec les 90 stations et 57 espèces (les semis, les gaules et les arbres de chaque espèce sont considérés comme des espèces différentes afin d'avoir une meilleure représentation de la régénération)(figures 1a et 1b). Ceci a permis d'identifier certaines stations très différentes des autres et, par le fait même, très éloignées des autres sur les ordinations. Celles-ci ont pour effet de réduire la résolution de l'analyse pour les stations d'intérêt, c'est à dire celles renferment du chêne rouge (figure 1b). Ces stations ont été regroupées en peuplements d'importance mineure, constitués de tremble, de pin blanc, de sapin de pruche et de cèdre (tableaux 1 et 2). Le tableau 1 permet de voir que ces peuplements sont peu diversifiés et fortement dominés par une ou deux espèces. Ces stations ne contiennent généralement pas de chêne rouge (à l'exception de la station de tremble qui contient un individu). Nous les avons donc retirées pour améliorer la résolution de l'ordination pour le reste des stations.

Nous avons ensuite procédé à une analyse canonique des correspondances (ACC) des stations restantes en fonction de la similarité de leur composition en espèces et de leurs facteurs écologiques, avec 80 stations, 49 espèces et 22 facteurs écologiques (figures 2a, 2b, 2c et 2d). En étudiant les espèces présentes et les facteurs écologiques de chaque

station une à une, il a été possible de les regrouper en trois types de peuplements majeurs, soit 17 stations xériques, 31 stations mésiques pauvres et 23 mésiques riches (figure 2). Les caractéristiques et la composition en espèces de ces peuplements sont présentées dans les tableaux 3 et 4. Certaines caractéristiques de peuplement de tous les groupements identifiés sont également rassemblées dans le tableau 5. Les 9 stations intermédiaires ne sont pas incluses dans les groupements car elles sont des stations en transition (succession) et elles auraient eu comme effet de rendre les limites des groupements moins évidentes.

Les âges maximums des stations dans les trois groupements majeurs ont été comparés dans un diagramme à boîtes (figure 3). L'âge maximum moyen des stations du groupement xérique est de 89 ans contre 56 et 64 ans respectivement pour les stations des groupements mésiques pauvre et riche, indiquant des peuplements xériques généralement plus vieux (Tableau 4). Les accroissements des quatre espèces indicatrices principales (chêne rouge, érable à sucre, érable rouge et frêne blanc) ont ensuite été comparées dans un autre diagramme à boîtes (figure 4). Le chêne rouge montre un accroissement clairement supérieur aux autres espèces, et ce dans tous les types de peuplements.

Résultats et discussion

Les stations xériques (de milieu sec) sont des stations de haut de pente et de sommet de collines, établies sur des sols minces et très rapidement drainés (figure 2d et tableau 4). Parmi les trois types de peuplements principaux identifiés, c'est dans ce type de peuplement que l'on retrouve la plus grande valeur d'importance moyenne (V.I. moy.) des tiges matures de chêne rouge (*Quercus rubra*), soit 45,9% (tableau 3). Dans les stations individuelles, la valeur d'importance du chêne rouge atteint jusqu'à 89,7%, et ne descend pas en bas de 4,1%. Parmi les espèces d'arbres co-dominantes (le chêne rouge est premier dominant), on trouve l'érable à sucre (V.I. moy. de 23,4%), le hêtre (V.I. moy. de 16,4%), le bouleau gris (V.I. moy. de 13,5%), l'érable rouge (V.I. moy. de 7,4%) et le frêne blanc (V.I. moy. de 6,7%) (tableau 3). On trouve aussi dans ce groupement des espèces d'arbres généralement associées aux milieux secs, tels l'ostryer de Virginie et le bouleau blanc (figure 2c). Les sols sont aussi les plus pauvres des trois types de groupement (pH très acide, cations majeurs en très faibles concentrations) (tableau 4).

Les stations mésiques pauvres sont des stations retrouvées dans une grande diversité de situations topographiques, mais où il y a toujours des apports en eau suffisants durant la saison de croissance. Les sols sont généralement plus profonds que dans les stations du groupement précédent, mais ils sont tout aussi pauvres (tableau 4). Dans ce type de peuplement, le chêne rouge n'est pas l'espèce dominante (V.I. moy. de 27,6%), mais plutôt la deuxième en importance. C'est l'érable rouge qui est l'espèce d'arbre la plus importante (V.I. moy. de 32,8%) (tableau 3). Parmi les espèces d'arbres co-dominantes, on trouve la pruche (V.I. moy. de 25,5%), le peuplier faux-tremble (V.I. moy. de 17,7%), le sapin baumier (V.I. moy. de 17,3%), le bouleau gris (V.I. moy. de 11,5%) et le bouleau jaune (V.I. moy. de 3,3%). L'érable à sucre y est absent. La densité totale moyenne des tiges de plus de 10 cm est la plus forte des trois types de groupements, bien que la surface terrière totale moyenne ne soit pas la plus élevée (tableau 5), ce qui est un indice de peuplements jeunes ou peu productifs (nombreux arbres de faible diamètre). Les sols sont en moyenne les deuxièmes plus pauvres des trois types de groupements (pH acide, cations majeurs en

très faibles concentrations) (tableau 4).

Les stations mésiques riches sont des stations retrouvées en situations topographiques de bas de pente, de mi-pente ou de haut de pente, mais toujours là où des apports en eau favorisent la croissance. Les sols sont généralement plus profonds que dans les stations du groupement xérique, et ils sont clairement les plus riches des trois types de groupements (tableau 4). Dans ce type de groupement, l'érable à sucre est l'espèce dominante (V.I. moy. de 43,7%), suivie par le chêne rouge (V.I. moy. de 19,3%), deuxième en importance (tableau 3). Parmi les espèces d'arbres co-dominantes, on trouve l'érable rouge (V.I. moy. de 13,5%), le bouleau jaune (V.I. moy. de 12,8%), le hêtre (V.I. moy. de 11,4%) et le frêne blanc (V.I. moy. de 11,2%). C'est dans ce type de groupement que l'érable à sucre est le plus important. La surface terrière totale moyenne est la plus élevée, mais la densité totale est plus basse (tableau 5), ce qui est un indice de peuplements plus matures ou plus productifs (moins d'arbres, mais de plus fort diamètre). Les sols sont nettement les plus riches des trois types de groupements (pH moyen près de 5, cations majeurs en concentrations supérieures à celles des autres groupements) (tableau 4). Cette richesse plus élevée du sol peut être causée par un dépôt meuble plus riche (ex. roche mère plus riche en calcium), ou bien par des apports d'éléments nutritifs par écoulement latéral (particulièrement dans les stations en mi-pente ou en bas de pente).

Il est intéressant que trois types de groupements majeurs si différents contenant du chêne rouge en proportion considérable puissent être identifiés. Ceci illustre bien la grande amplitude écologique du chêne rouge, qui se retrouve des milieux secs aux milieux mésiques, et des sols pauvres aux sols riches. En regardant la figure 2b, nous pouvons observer où se situent les stations échantillonnées en 2001 par rapport aux autres. Il est clair que la majorité de ces stations sont en milieu xérique, mais il y a tout de même quelques stations en milieu mésique pauvre et riche.

Il y a également beaucoup à apprendre sur la dynamique du chêne rouge en étudiant sa régénération. Sur la figure 2c, nous pouvons observer que les points représentant les

semis, les gaules et les arbres du chêne rouge sont passablement éloignés en comparaison avec ceux de l'érable à sucre, de l'érable rouge et du sapin baumier. Plus les points sont rapprochés, plus il y a régénération de l'espèce sous son propre couvert d'arbres matures. Ainsi, l'érable rouge, ayant ses points "arbres", "gaules" et "semis" rapprochés, est une espèce qui forme des peuplements stables dans le temps car les arbres qui meurent laissent place à d'autres érables rouges. Par contre, les points "arbres", "gaules" et "semis" du chêne rouge, étant plus éloignés, indiquent que la régénération de celui-ci se fait sous couvert d'autres arbres, ou du moins pas sous son propre couvert. Les peuplements de chêne rouge sont donc temporellement instables et tendent à disparaître et à réapparaître en fonction des perturbations qui permettent leur établissement.

En examinant les facteurs écologiques des trois types de groupements (tableau 4), nous pouvons également comprendre l'interaction entre le chêne rouge et les autres espèces d'arbres. D'abord, le fait qu'il soit dominant sur les sites les plus pauvres indique évidemment qu'il est bien adapté à ce type de site. En revanche, sa dominance plus faible dans les autres milieux indique qu'il est sensible à la compétition, car il n'y a pas d'autre raison de moins bien pousser dans un meilleur site (richesse du sol et apport en eau) que la suppression par les autres espèces qui sont plus performantes dans ces conditions. Ceci est amplement montré par de nombreuses études en reboisement, où le chêne rouge a été planté en sols mésiques et riches (Cogliastro *et al.* 1993; Cogliastro *et al.* 1997; Cogliastro *et al.* 1990; Cogliastro *et al.* 2003; Paquette 2000; Truax *et al.* 1994; Truax *et al.* 2000)

Un autre facteur appuyant cette hypothèse est que les individus de chêne rouge sur sites mésiques, bien que moins nombreux, ont une croissance tout de même meilleure que sur sites xériques (environ 150 cm²/5 ans, contre 200 et 170 cm²/5 ans pour les peuplements mésiques pauvres et riches respectivement) (figure 4). Ainsi, le moment critique du cycle de vie du chêne rouge semble donc être l'établissement. Si le jeune arbre ne subit pas trop de compétition, il poussera de façon impressionnante. Évidemment, la plus faible dominance du chêne rouge en site mésique est également due au fait que le chêne rouge ne semble se régénérer naturellement que sur site xérique (figure 2c). Ainsi une perturbation

est nécessaire à son établissement et les sources de graines sont plus fréquentes sur site xérique. Il est aussi intéressant de voir que le chêne rouge a son meilleur accroissement sur site mésique pauvre. Ceci est probablement dû à plusieurs facteurs. Premièrement, l'eau et les éléments nutritifs sont clairement plus abondants que sur site xérique (tableau 4). Deuxièmement, la concentration élevée de Mg (538,9 ppm) réduit considérablement la compétition à laquelle le chêne rouge doit faire face, car la surabondance de Mg est nuisible à la croissance de la majorité des autres espèces d'arbres, tandis que le chêne rouge est relativement tolérant au Mg. Il est d'ailleurs possible d'observer des peuplements de chêne rouge sur des sols serpentiniques ayant des concentrations de Mg élevées. Sa croissance plus modeste sur site mésique riche est donc probablement due à une compétition accrue pour les éléments nutritifs et la lumière, de la part de l'érable à sucre.

En contrepartie, l'âge des peuplements étant plus élevé en site xérique indique que ces milieux ont moins subi l'exploitation par l'humain (figure 3). Effectivement, les sites xériques sont souvent escarpés et difficilement accessibles, réduisant l'intérêt commercial de leur exploitation. En ajoutant à cela la haute valeur marchande du bois du chêne rouge, il devient évident que le chêne rouge était probablement plus abondant dans la forêt de l'Etrie, sur sites mésiques, avant l'exploitation humaine.

Conclusion

Les peuplements où domine le chêne rouge sont devenus peu abondants en Estrie. Les peuplements restants se retrouvent surtout sur sites secs (xériques) à sols pauvres; ce sont les peuplements de chêne rouge les plus âgés. En revanche, le chêne rouge est présent (domine parfois) dans des stations sur sites mésiques à sols pauvres ou à sols riches. Les stations mésiques pauvres, avec leur faible concentration en éléments nutritifs (autre que Mg), sont relativement jeunes et sont les moins productives pour l'érable à sucre, mais le chêne rouge y pousse le mieux. De leur côté, les stations mésiques riches, avec leurs sols riches en éléments nutritifs, sont aussi relativement jeunes, mais très productives en général; le chêne rouge y pousse tout de même bien.

Sa grande amplitude écologique, sa croissance rapide et la grande valeur marchande de son bois font du chêne rouge une espèce très prometteuse et versatile pour l'aménagement forestier. Plusieurs expérimentations de plantations en milieux ouverts (champs abandonnés) ont montré des résultats impressionnants lorsque la compétition est contrôlée durant les premières années d'implantation (Cogliastro *et al.* 1993 ; Cogliastro *et al.* 1990; Cogliastro *et al.* 1997; Cogliastro *et al.* 2003). Les plantations sous couvert forestier ont montré qu'il est possible d'établir avec succès du chêne rouge sous un couvert partiel et dans de jeunes friches arborescentes (Truax *et al.* 1994; Truax *et al.* 2000). Puisque l'Estrie est parsemée de sites xériques, il y aura probablement toujours des peuplements sources où trouver des semences (si un effort de conservation de ces sites refuges est effectué). D'autres régions, comme celle de Mirabel, ne possèdent presque plus de chêne rouge, car les refuges xériques sont inexistantes (St-Jacques et Gagnon 1988). Le chêne rouge mérite une place de choix dans l'aménagement de la forêt privée en Estrie à cause de son excellent potentiel de croissance et sa grande amplitude écologique. Il faut toutefois veiller à la conservation des sites de sources de graines, essentiellement les peuplements en milieu xérique.

Références

- COGLIASTRO, A., GAGNON, D., & 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 plantations dans le sud-ouest du Québec. *Can. J. For. Res.* **23** : 199-209
- COGLIASTRO, A., GAGNON, D., & BOUCHARD, A. 1997. Experimental determination of soil characteristics optimal for the growth of ten hardwoods planted on abandoned farmland. *Forest Ecology and Management* **96** : 49-63
- COGLIASTRO, A., GAGNON, D., & CODERRE, D. 1990. Response of seven hardwood tree species to herbicide, rototilling, and legume cover at two southern Quebec plantation sites. *Can. J. For. Res.* **20** : 1172-1182
- COGLIASTRO, A., GAGNON, D., DAIGLE, S., & BOUCHARD, A. 2003. Improving hardwood afforestation succes : an analysis of the effects of soil properties in southwestern Quebec. *Forest Ecology and Management* **177** : 347-359
- GAGNON, D., & BOUCHARD, A. 1981. La végétation de l'escarpement d'Eardley, parc de la Gatineau, Québec. *Can. J. Bot.* **59** : 2667-2691
- GAUTHIER, S., & GAGNON, D. 1990. La végétation des contreforts des Laurentides : une analyse des gradients écologiques et du niveau successional des communautés. *Can. J. Bot.* **68** : 409-419
- PAQUETTE, A. 2000. Étude comparative de l'efficience d'utilisation des éléments nutritifs chez deux espèces d'arbres feuillus, le chêne rouge et le frêne de Pennsylvanie, après dix années de croissance en plantation. Mémoire de maîtrise, Université du Québec à Montréal.
- ST-JACQUES, C., & GAGNON, D. 1988. La végétation forestière du secteur nord-ouest de la vallée du Saint-Laurent, Québec. *Can. J. Bot.* **66** : 793-804
- TRUAX, B., GAGNON, D., CHEVRIER, N. 1994. Nitrate reductase activity in relation to growth and soil N forms in red oak and red ash planted in three different environments : forest, clear-cut and field. *Forest Ecology and Management* **64** : 71-82
- TRUAX, B., LAMBERT, F., & GAGNON, D. 2000. Herbicide-free plantations of oaks and ashes along a gradient of open to forested mesic environments. *Forest Ecology and Management* **137** : 155-169

Tableau 1: Valeurs d'importance et constances des espèces principales des différents groupements mineurs identifiés

Groupements :	pin blanc	sapin	pruche/cedre	pruche	tremble
# de stations :	22, 24, 62	53, 68	21, 47	15, 38	34
<hr/>					
Arbres	[valeur d'importance (constance)]				
pin blanc	79,3 (3/3)				
sapin	17,7 (2/3)	57,6 (2/2)			2,7 (1/1)
pruche	1,3 (1/3)	11,4 (1/2)	36,5 (2/2)	48,7 (2/2)	
cedre		3,5 (1/2)	42,9 (2/2)		
tremble					89,2 (1/1)
<hr/>					
Gaulis	[surface terriere relative (constance)]				
pin blanc	24,9 (3/3)				
sapin	33,8 (2/3)	92,9 (1/2)		7,9 (2/2)	
pruche	9,6 (2/3)	51,4 (1/2)	68,0 (2/2)	35,3 (2/2)	
cedre			30,8 (1/2)		
tremble					49,2 (1/1)
<hr/>					
Semis	[densite relative (constance)]				
pin blanc					
sapin	37,9 (2/3)	100 (1/2)			
pruche	8,3 (1/3)	100 (1/2)			
cedre					
tremble					

Tableau 2: Moyennes des facteurs écologiques des groupements mineurs identifiés

Groupement :	pin blanc	sapin	pruche/cedre	pruche	tremble
# de stations :	22, 24, 62	53, 68	21, 47	15, 38	34
Sites					
Altitude (m)	242	253	240	340	250
Pente (%)	26	0	21	21	13
Orientation	90	0	100	90	45
Position topog.	bas	plat	bas	mi-pente	mi-pente
Versant	moyen	bas	bas	moyen	bas
Drainage (classe)	2,7	3	3,5	3,5	3
Pierrosité (%)	28	1	19	3	30
Hauteur (m)	18,2	19,2	15,7	15,7	12,6
Sols					
pH	5,1	4,4	5,5	4,6	6,2
Ca (PPM)	518,0	259,0	2941,1	887,0	2120,3
K (PPM)	95,1	109,4	159,8	60,0	85,7
Mg (PPM)	327,7	42,5	563,2	139	1048,6
NO3 (PPM)	2,0	7,2	17,5	10,1	0,1
NH4 (PPM)	7,4	22,6	13,0	35,1	4,9
PO4 (PPM)	1,2	0,8	3,9	1,7	4,4
CEC	5,5	1,9	19,7	5,7	19,4
Âge					
Âge max moyen	48	72	91	94	43
Âge moyen	45	62	78	85	38
Accroissement (cm2/5ans)					
chêne rouge					76,1
érable à sucre	9,0		86,6	75,1	
érable Rouge		44,5		73,4	7,5
frêne blanc			103,3		

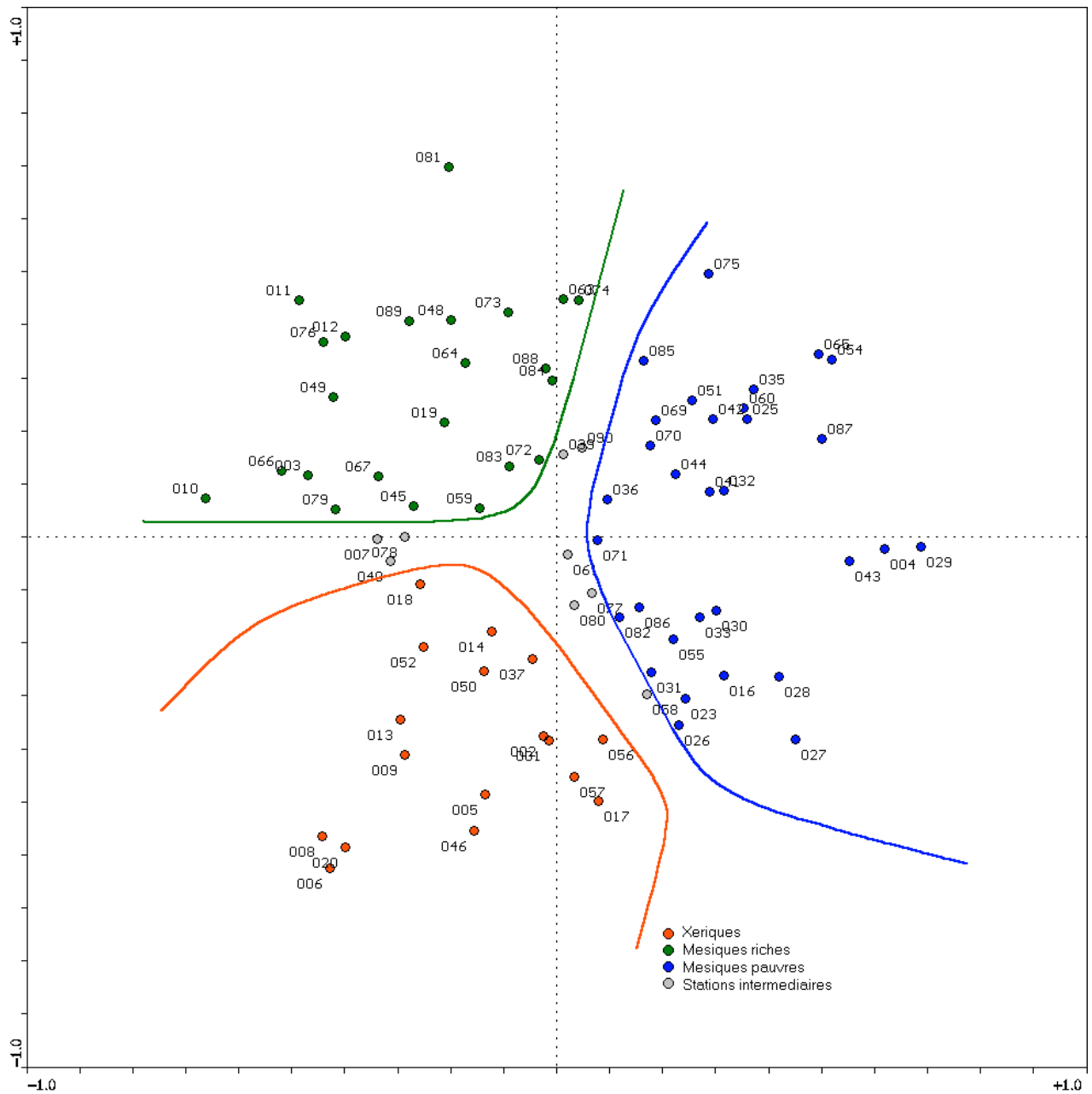


Figure 2a : Analyse canonique des correspondances (ACC) de 80 stations en fonction de la similarité de leur composition en espèces et de leurs facteurs écologiques. (49 espèces, 22 facteurs écologiques)

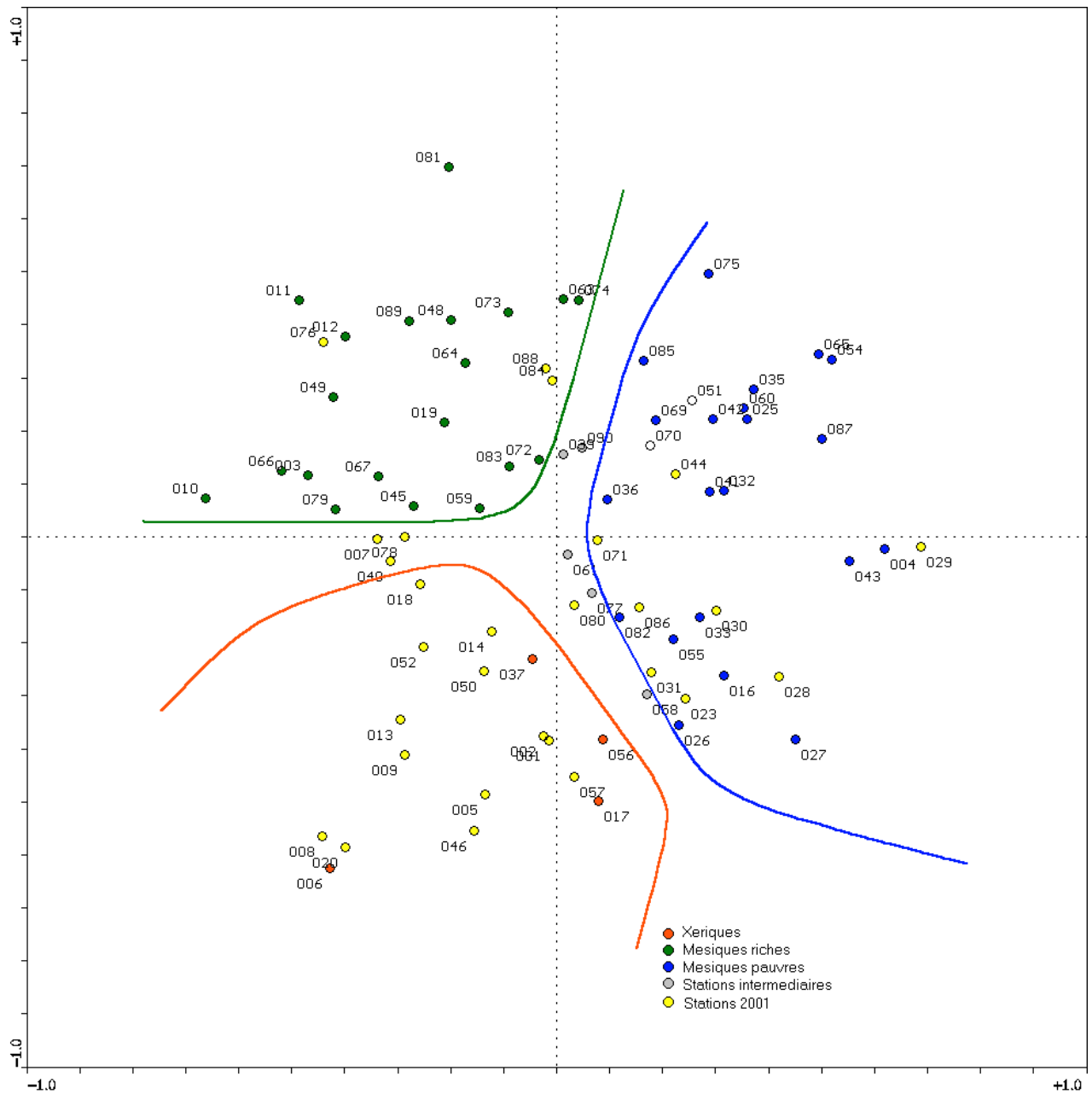


Figure 2b : ACC de 80 stations en fonction de la similarité de leur composition en espèces et de leurs facteurs écologiques avec les stations échantillonnées en 2001 identifiées par la couleur jaune. (49 espèces, 22 facteurs écologiques)

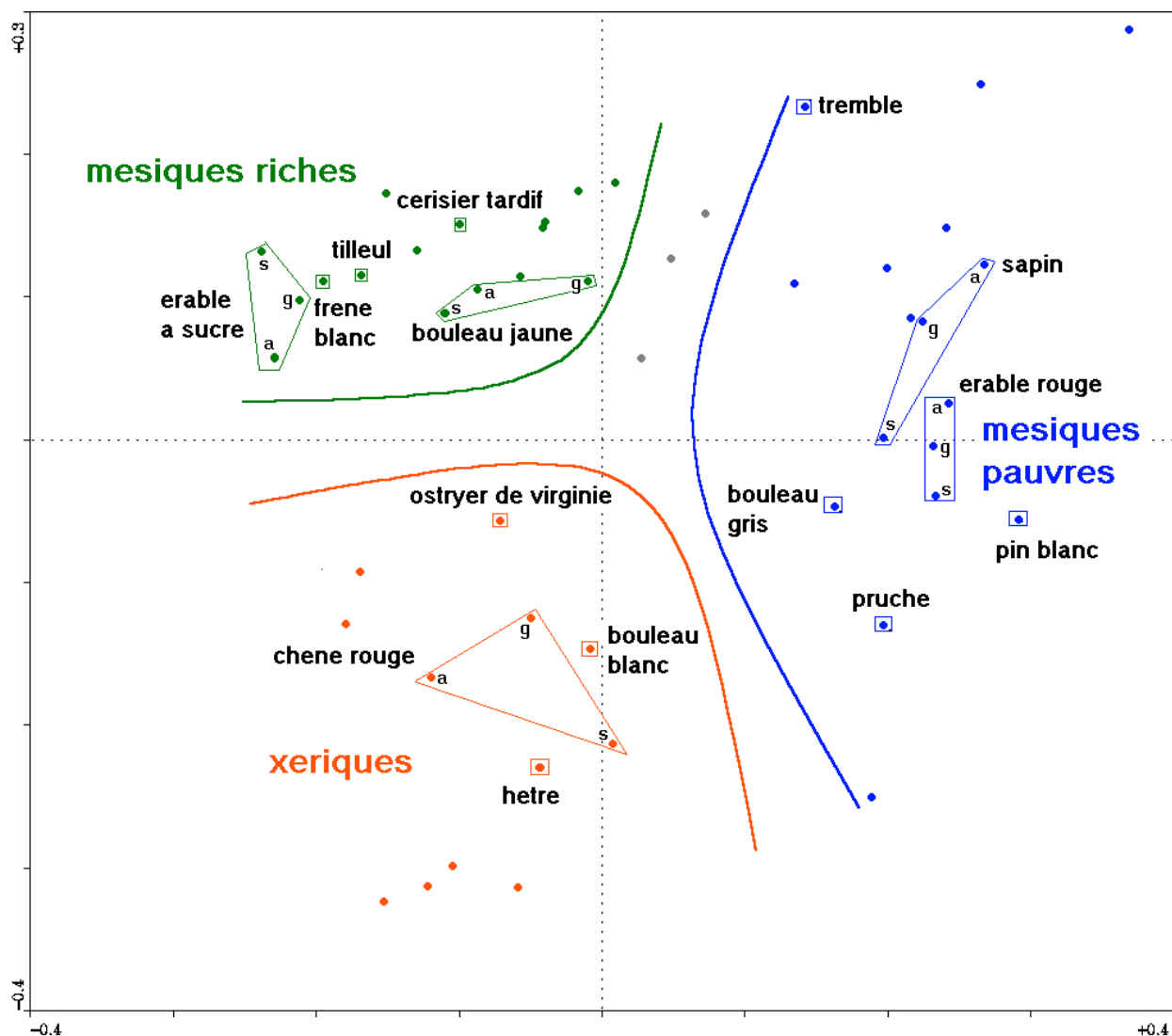
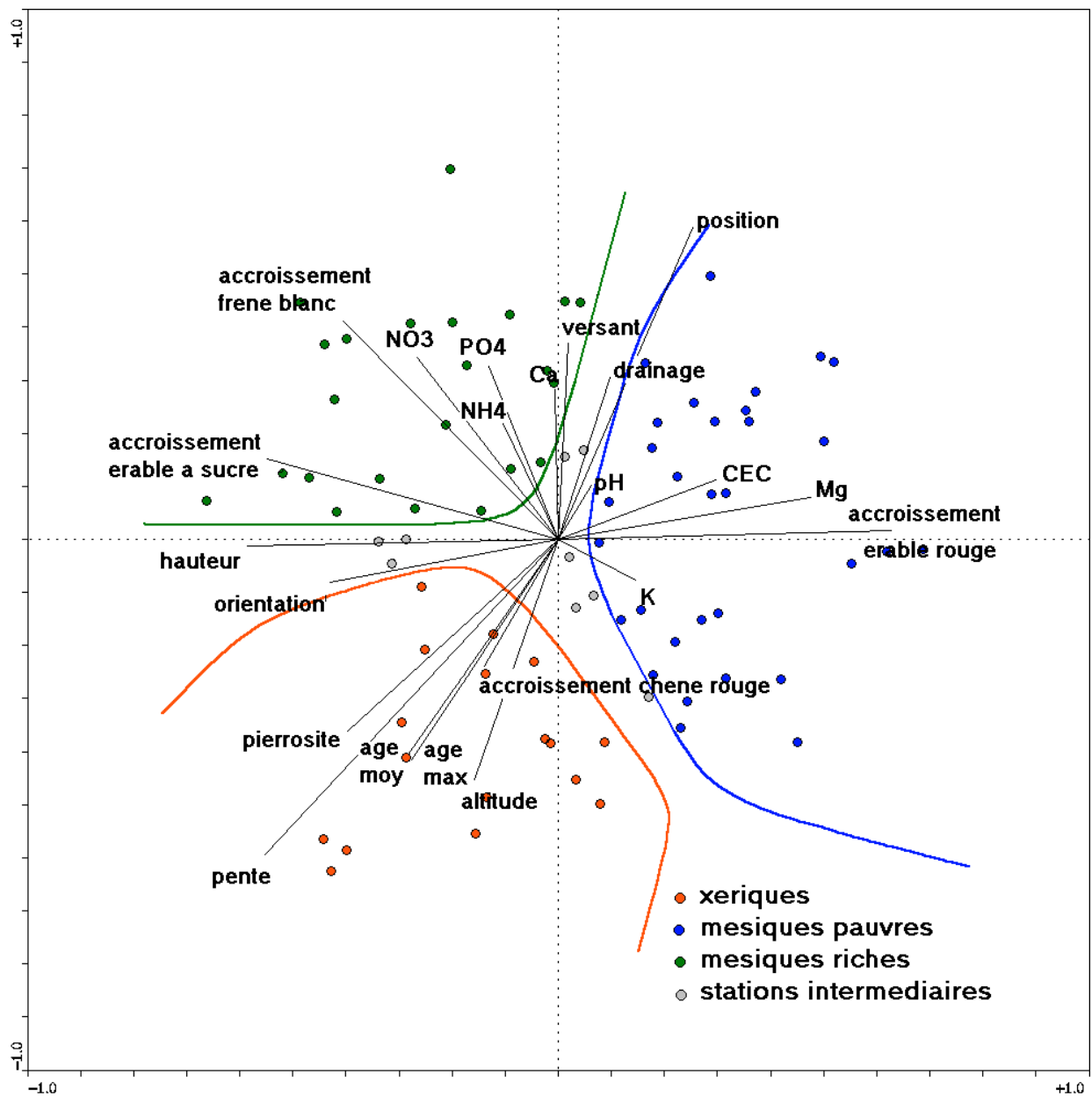


Figure 2c : ACC des 49 espèces en fonction de leur distribution dans les 80 stations.

(a = arbres, g = gaules et s = semis; 22 facteurs écologiques)



**Figure 2d : ACC des 80 stations en fonction de la similarité de leur composition en espèces et de leurs facteurs écologiques (représentés par les vecteurs).
(49 espèces, 22 facteurs écologiques)**

Groupement : # de stations :	Xériques (n=17)	Mésiques pauvres (30)	Mésiques riches (23)
Arbres	[valeur d'importance (constance %)]		
bouleau gris	13,5 (41,2)	11,5 (76,7)	
bouleau jaune		3,3 (33)	12,8 (52,2)
cerisier tardif			5,7 (39)
chêne rouge	45,9 (88,2)	27,6 (36,7)	19,3 (39,1)
érable à sucre	23,4 (94,1)		43,7 (100)
érable rouge	7,4 (58,8)	32,8 (96,7)	13,5 (47,8)
frêne blanc	6,7 (52,9)		11,2 (82,6)
hêtre	16,4 (70,6)		11,4 (26,1)
ostoyer de V.	5,9 (41,2)		
tremble		17,7 (46,7)	
pruche		25,5 (26,7)	
sapin		17,3 (63,3)	
Gaulis	[surface terrière relative (constance %)]		
bouleau gris		10,7 (63,3)	5,7 (26,1)
bouleau jaune	2,8 (52,9)	6,6 (50)	11,5 (65,2)
cerisier tardif		5,0 (40)	5,7 (35)
chêne rouge	14,3 (58,8)	5,7 (53,3)	6,3 (26,1)
érable à sucre	24,9 (88,2)	7,0 (26,7)	51,2 (100)
érable rouge	12,1 (70,6)	42,7 (96,7)	11,0 (60,9)
frêne blanc	8,1 (41,2)	3,8 (30)	11,4 (65,2)
hêtre	34,0 (94,1)	12,3 (33,3)	12,1 (43,5)
ostoyer de V.	12,3 (52,9)		8,9 (26,1)
tremble		10,5 (30)	1,7 (26)
pruche		15,1 (33,3)	
sapin		24,8 (76,7)	
Semis	[densité relative (constance %)]		
bouleau jaune	15,5 (35,3)		16,9 (39,1)
cerisier tardif			15,9 (30,4)
chêne rouge	30,8 (47,1)	16,6 (33,3)	
érable à sucre	27,1 (58,8)		52,0 (91,3)
érable rouge	14,4 (29,4)	31,3 (50)	
frêne blanc	16,5 (35,3)		28,1 (43,5)
hêtre	58,6 (58,8)		11,3 (30,4)
sapin		49,4 (73,3)	

Tableau 3: Valeurs d'importance et constances des espèces principales des trois groupements majeurs : xérique, mésique pauvre et mésique riche

Tableau 4: Moyennes des facteurs écologiques des trois groupements majeurs : xérique, mésique pauvre et mésique riche

Groupement :	Xériques	Mésiques	Mésiques
# de stations :	(n=17)	pauvres (30)	riches (23)
Sites			
Altitude (m)	330	271	256
Pente (%)	42	11	21
Orientation	125	82	122
Position topographique	haut de pente	bas de pente	mi-pente
Versant	haut de versant	bas versant	mi-versant
Drainage (classe)	2,4	3,1	2,8
Pierrosité (%)	37	7	15
Hauteur (m)	19,6	15,4	20,2
Sols			
pH	5,0	5,04	4,9
Ca (PPM)	390,1	776,9	896,8
K (PPM)	106,3	123,2	111,4
Mg (PPM)	66,0	539,0	168,4
NO3 (PPM)	6,8	12,3	34,1
NH4 (PPM)	13,4	17,0	22,4
PO4 (PPM)	2,7	3,8	6,0
CEC	2,8	10,6	6,2
Âge			
age max moyen	89	56	64
age moyen	69	51	56
Accroissement (cm2/5ans)			
chene rouge	149,2	193,6	158,4
erable a sucre	76,7	37,4	98,0
erable rouge	78,7	60,8	68,4
frene blanc	47,6	125,0	112,9

Tableau 5: Caractéristiques de peuplement de tous les groupements identifiés

	Surface terrière moyenne (m ² /ha)	Densité d'arbres (tiges/ha)	Densité de gaules (tige/ha)	DHP moyen (cm)
Xériques (n=17)	29,3	772	2453	20,5
Mésiques pauvres (n=30)	24,4	840	2696	17,6
Mésiques riches (n=23)	24,1	629	2472	20,7
pin blanc (n=3)	37,3	825	2383	22,0
sapin (n=2)	27,5	975	2362	18,2
pruche/cedre (n=2)	55,5	1058	650	25,6
pruche (n=2)	28,3	550	362	24,0
tremble (n=1)	12,5	850	3375	13,5

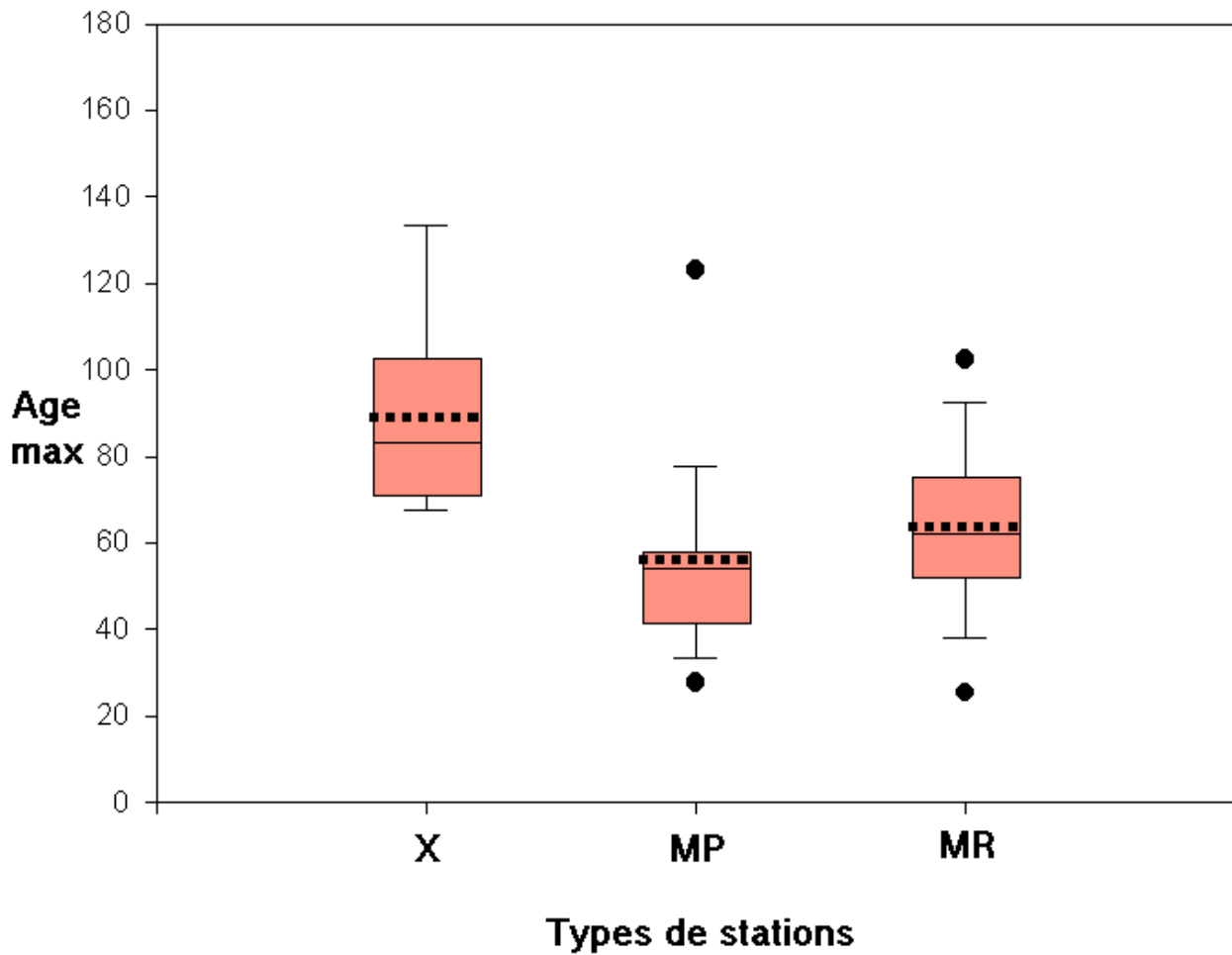


Figure 3 : Diagrammes à boîtes représentant les distribution des âges maximums des stations dans les trois groupement majeurs : xérique (X), mésique pauvre (MP) et mésique riche (MR)
 La boîte contient 50% des valeurs obtenues, la ligne solide au centre représente la médiane et la ligne pointillée la moyenne.

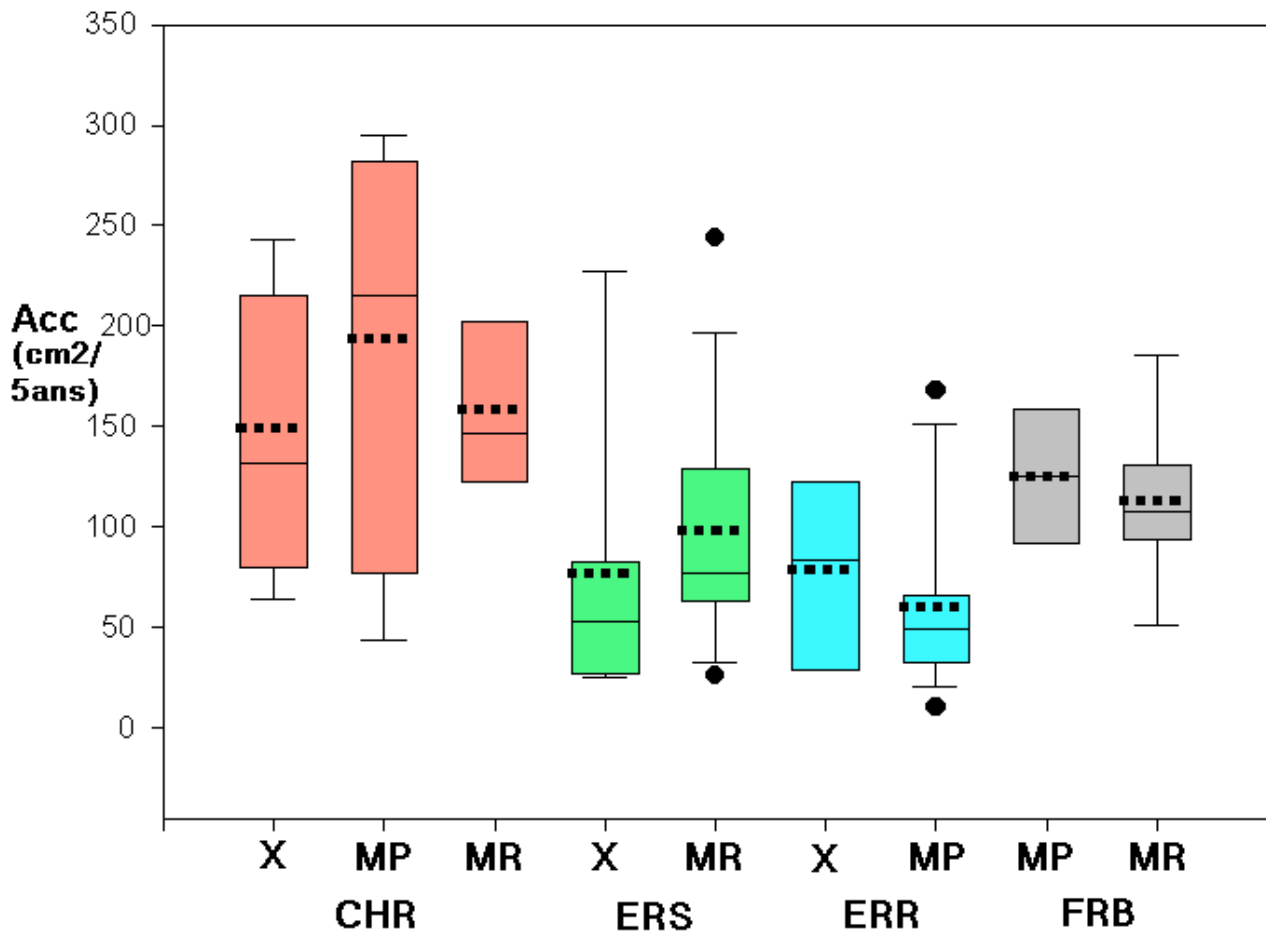


Figure 4 : Diagrammes à boîtes représentant les distributions des accroissements ($\text{cm}^2/5\text{ans}$) de quatre espèces (chêne rouge, érable à sucre, érable rouge, frêne blanc) dans les groupements principaux (xérique, mésique pauvre et mésique riche).

La boîte contient 50% des valeurs obtenues, la ligne solide au centre représente la médiane et la ligne pointillée la moyenne.