

Université de Montréal

**Distribution spatiale des racines fines, disponibilité de la
lumière et rendement dans un système de culture
intercalaire avec arbres feuillus en zone tempérée**

par
Léa Bouttier

Département des sciences biologiques
Faculté des arts et des sciences

Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures
en vue de l'obtention du grade de Maître ès sciences (M.Sc.)
en sciences biologiques

Avril 2013

© Léa Bouttier, 2013

Résumé

Les distributions spatiales des racines fines de *Quercus rubra* L. (CHR), *Populus deltoides* x *nigra* (DN3570) (PEH) et d'une culture fourragère (FOUR) ont été étudiées dans un système agroforestier de culture intercalaire (SCI) du sud du Québec (Canada). L'étude ne révèle pas d'enracinement plus profond des arbres en SCI, mais des profils superficiels à l'instar de nombreuses espèces d'arbres en plantations ou en milieu naturel.

Une séparation spatiale existe entre les systèmes racinaires du FOUR et des CHR dont la densité relative selon la profondeur est plus faible que celle de la culture de 0 à 10 cm, mais plus élevée de 10 à 30 cm. Les PEH ne présentent pas d'adaptation racinaire et les hautes valeurs de densités de longueur racinaires (FRLD) de surface près du tronc entraînent une diminution de 45 % de la densité racinaire de surface du fourrage, suggérant une forte compétition pour les ressources du sol. L'étude du rendement agricole a d'ailleurs révélé des réductions de biomasse fourragère particulièrement près des PEH. Cependant, les résultats d'une analyse à composantes principales suggèrent un impact secondaire de la compétition racinaire sur le rendement agricole, et une plus grande importance de la compétition pour la lumière. L'impact des PEH à croissance rapide sur la culture est plus grand que celui du CHR. Cependant, ils seront récoltés plus rapidement et l'espace libéré favorisera la croissance de la culture intercalaire. Cet aspect dynamique des SCI les rapproche des écosystèmes naturels et devrait être réfléchi et approfondi pour leur succès futur.

Mots-clés : système de culture intercalaire, densité de racines fines, distribution spatiale, réduction de lumière, séparation spatiale, compétition, rendements.

Abstract

Spatial distributions of fine roots were studied in a tree-based intercrop system (TBI) with *Quercus rubra* L. (CHR), *Populus deltoides x nigra* (DN3570) (PEH) and pasture species (FOUR) in southern Québec (Canada).

Results didn't show deeper root profiles for trees in TBI. Profiles were superficial as commonly found for tree species grown in conventional plantations or in natural ecosystems. More than 95 % of fine roots were found in 25 cm and 45 cm depth for CHR and PEH, and in 35 cm for pasture. However, spatial separation exists between CHR and pasture fine roots systems as CHR allocate less fine roots in the top 10 cm of soil, and more between 10 cm et 30 cm. PEH fine roots didn't show any adaption when intercropped with pasture and a high value fine root length density (FRLD) in top soil layer near tree trunk reduces pasture FRLD by 45 %, suggesting strong competition interaction for resources. Pasture yield analysis revealed biomass reduction near trees, particularly near PEH. However results of a principal component analysis indicates stronger negative effect of light reduction on pasture yield than the presence of tree fines roots. PEH, a fast growing species, have stronger impact than CHR on pasture yield but they will be harvested sooner and larger alleys should benefit the intercrop. This dynamic aspect of TBI systems is close to natural ecosystems and should be further investigated for future success.

Keywords: tree-based intercrop systems, fine roots density, spatial distribution, light reduction, spatial separation, competition, yields.

Table des matières

RÉSUMÉ	I
ABSTRACT	II
TABLE DES MATIÈRES	III
LISTE DES TABLEAUX	V
LISTE DES FIGURES	VI
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS	VIII
REMERCIEMENTS	IX
AVANT-PROPOS	10
INTRODUCTION	11
MÉTHODE	17
CARACTÉRISTIQUES DU SITE EXPÉRIMENTAL	17
<i>Situation géographique et conditions édaphiques</i>	17
<i>Dispositif expérimental</i>	18
ÉCHANTILLONNAGE	21
<i>Échantillonnage racinaire</i>	21
<i>Biomasse aérienne du fourrage</i>	24
<i>Disponibilité de la lumière</i>	24
ANALYSES DES DONNÉES	25
RÉSULTATS	26
CALIBRATION.....	26
PROFILS RACINAIRES DES ARBRES AVEC ET SANS CULTURE INTERCALAIRE.....	26
SÉPARATION SPATIALE DES RACINES FINES DE CHÊNE ROUGE ET DE LA CULTURE INTERCALAIRE.....	30
DENSITÉS RACINAIRES DU FOURRAGE	32
GRADIENT DE BIOMASSE AÉRIENNE DU FOURRAGE ET IMPORTANCE DU FACTEUR LUMIÈRE.....	33
DISCUSSION	36
CALIBRATION.....	36
PROFILS RACINAIRES DES ARBRES EN SYSTÈME DE CULTURE INTERCALAIRE EN MILIEU TEMPÉRÉ NORDIQUE....	37
SÉPARATION SPATIALE ET COMPÉTITIVITÉ	39

TRAVAIL DU SOL	41
IMPORTANCE DU FACTEUR LUMINEUX.....	42
CONCLUSION.....	44
RÉFÉRENCES	46
ANNEXE 1 : DONNÉES BRUTES DE COMPTAGE RACINAIRE.....	I
ANNEXE 2 : NOMBRE D'IMPACTS DE RACINES FINES DANS LES VOLUMES DE SOL AYANT SERVI À LA CALIBRATION DE LA DENSITÉ DE LONGUEUR RACINAIRE (FRLD) ET BIOMASSE RACINAIRE SÈCHE.	XXII
ANNEXE 3 : BIOMASSE AÉRIENNE SÈCHE DU FOURRAGE EN SCI ET MA.....	XXV
ANNEXE 4 : POURCENTAGE TOTALE DE LUMIÈRE TRANSMISE	XXVI

Liste des tableaux

Tableau 1 : Éléments nutritifs du sol contenu dans 15 cm de profondeur à Saint-Paulin en 2012 et obtenus par la méthode de Melhish-3.....	18
Tableau 2 : Régie du système de culture intercalaire depuis son implantation	19
Tableau 3 : Résultats des régressions simples et facteurs de calibration (X) pour les chênes rouges (CHR), les peupliers hybrides (PEH) et le fourrage (FOUR).....	26
Tableau 4 : Valeur de p pour les analyses de variances factorielles de la FRLD (densité de longueur de racines fines) du CHR et de la FRLD du PEH en fonction du traitement (trait) et de la distance à l'arbre (1,5 m et 3,5 m et 5,75 m, pas de racines fines à 5,75 m pour le CHR) et du pourcentage de racines fines cumulé en profondeur en fonction du traitement (ASC ou SCI) et de l'espèce (CHR, chêne rouge, ou PEH, peuplier hybride).	27
Tableau 5 : Résultats des analyses de variance (ANOVA, T=facteur type de racine, D=facteur distance et TD=interaction) et pourcentages moyens de racines fines d'arbre (chêne rouge, CHR, ou peuplier hybride, PEH) et de fourrage (FOUR) en SCI à différents paliers de profondeur	31

Liste des figures

- Figure 1 : Schéma d'un bloc expérimental illustrant la disposition des tranchées d'échantillonnage racinaire dans les différentes conditions de croissance des arbres et de la culture. 20
- Figure 2 : Schéma d'un transect en SCI entre un chêne rouge (CHR) et un peuplier hybride (PEH) montrant les distances d'échantillonnage et les groupements de distance (SCI-CHR, SCI-CENTRE et SCI-PEH). 22
- Figure 3 : Distribution en fonction de la profondeur a) du pourcentage cumulé de racines fines pour le CHR et le PEH en SCI et ASC (distances confondues), b) de la densité de longueur de racines fines (FRLD) du chêne rouge (CHR) en SCI (système de culture intercalaire) et ASC (arbre sans culture) et pour les distances 1,5 m et 3,5 m; c) de FRLD du PEH en SCI et c) en ASC selon la distance au tronc (1,5 m; 3,5 m, 5,75 m et 6,25 m). 28
- Figure 4 : Densité de longueur de racines fines (FRLD) du fourrage en monoculture (MA) et en SCI, du côté des CHR, au centre de l'allée intercalaire et du côté des PEH. 32
- Figure 5 : Biomasse aérienne du fourrage ($t\ ha^{-1}$) et pourcentage total de lumière transmissible (PTLT) à 1 m du sol en monoculture (MA) et en SCI en fonction de la distance (1,5 m, 3,5 m et 5,75 m) aux arbres (CHR et PEH). 34

Figure 6 : Analyse à composantes principales de la densité racinaire d'arbre (FRLD) et de la
lumière sur la biomasse aérienne du fourrage. 35

Liste des sigles et abréviations

SCI	Système de Culture Intercalaire
ASC	Arbre Sans Culture
MA	Monoculture Agricole
CHR	Chêne Rouge
PEH	Peuplier Hybride
FOUR	Fourrage
FRLD	Fine Roots Length Density (densité de longueur racinaire)
PTLT	Pourcentage Total de Lumière Transmise
SRL	Spécific Root Length (longueur racinaire spécifique)
DHP	Diamètre à Hauteur de Poitrine
%	Pourcentage
cm	Centimètre
m	Mètre
m ²	Mètre carré
km m ⁻³	Kilomètre par mètre cube
n m ⁻²	Nombre par mètre carré
g m ⁻²	Gramme par mètre carré
m g ⁻¹	Mètre par gramme
t ha ⁻¹	Tonne par hectare
°C	Degré Celcius
R ²	Coefficient de détermination

À ma famille

Remerciements

Je tiens à remercier mon directeur de recherche, Alain Cogliastro, pour la confiance qu'il me porte depuis de nombreuses années, son soutien technique et moral, ainsi que ses bons conseils qui m'ont permis de m'améliorer tout au long de la maîtrise.

Je désire également exprimer ma gratitude envers Alain Paquette, coordonnateur du projet, pour ses nombreux conseils, sa bonne humeur et son optimisme à toute épreuve.

Je remercie toutes celles et tous ceux qui ont participé aux travaux de terrain et aux analyses en laboratoire, notamment : Mathias Ruppé, Emmanuelle Viau, Evick Mestre, Émilie Rouselle. Je remercie aussi Luana Graham-Sauvé pour son aide et son agréable compagnie lors des travaux de terrain.

Je suis aussi reconnaissante envers Stéphane Daigle pour son aide dans la réalisation des analyses statistiques.

Cette étude n'aurait pu être réalisée sans le support des propriétaires du « Baluchon » (Louis Lessard et René-Paul Lessard), ni sans « Mr Pépine » qui a réalisé les tranchées d'échantillonnage (entreprise d'excavation Brodeur et Lessard).

Ce projet, qui fait partie d'un projet plus large visant à déterminer la contribution potentielle des systèmes agroforestiers à la résilience des agrosystèmes face aux changements climatiques, a fait l'objet d'un soutien financier du Fonds vert dans le cadre de la mise en oeuvre du Plan d'action 2006-2012 sur les changements climatiques du gouvernement du Québec.

Avant-propos

Le présent mémoire est composé de 6 sections : introduction, méthode, résultats, discussion, conclusion et références. L'introduction comprend une mise en contexte avec revue de littérature sur les systèmes de culture intercalaire et les interactions souterraines, ainsi qu'une description des objectifs et hypothèses de recherche. Après traduction en anglais et adaptation, le mémoire devrait faire l'objet d'une publication scientifique avec Léa Bouttier comme auteure principale, ayant réalisé tout le travail d'échantillonnage, l'analyse des données et la rédaction. La problématique a été élaborée conjointement avec Alain Cogliastro, directeur de recherche, et Alain Paquette, coordonnateur du projet (*contribution potentielle des systèmes agroforestiers à la résilience des agrosystèmes face aux changements climatiques*). Des annexes sont ajoutées à la fin du mémoire afin d'intégrer les données brutes ayant servi aux analyses.

Introduction

On reconnaît aujourd’hui le caractère multifonctionnel de l’agriculture à laquelle il est demandé tout à la fois de procurer une alimentation diversifiée, saine et de grande qualité à une population mondiale toujours croissante, d’approvisionner correctement les autres secteurs de l’économie en matières premières, d’assurer des emplois en zones rurales, de séquestrer du carbone pour la lutte aux changements climatiques, de conserver ou créer des paysages harmonieux et de fournir divers autres services environnementaux (FAO, 2013). Jusqu’à récemment et sous l’effet de la modernisation, la production agricole et la protection de la nature ont été pensées comme des domaines séparés et exclusifs. Aujourd’hui, la recherche en agroécologie s’inspire des principes biologiques et écologiques régissant les écosystèmes naturels. Divers travaux ont mis en évidence que les systèmes agricoles ou forestiers diversifiés sont plus productifs et fournissent plus de services écologiques que ceux qui le sont moins (Duffy, 2009; Paquette et Messier, 2011). Dans ce contexte, les pratiques agroforestières semblent toutes désignées puisqu’il est de plus en plus reconnu à travers le monde que l’implantation d’arbres sur les terres agricoles au moyen de systèmes agroforestiers fournit des services écologiques diversifiés et peut atténuer les effets négatifs d’événements climatiques extrêmes (Limoges, 2009; Nair, 2012). Parmi les systèmes agroforestiers des régions tempérées, les systèmes de cultures intercalaires (SCI) sont sans doute ceux qui représentent le mieux ce que peut être une combinaison arbre - culture en agroforesterie et dont la vocation première est productive (Sinclair, 1999). Dans ces systèmes, les arbres sont implantés en rangées suffisamment espacées pour permettre la poursuite des activités agricoles tout en bénéficiant des services écologiques des arbres et d’une production de bois (Baldy *et*

al., 1993; Rivest *et al.*, 2010; Rivest et Olivier, 2007). Ces modèles agroforestiers sont encore peu connus au Québec, mais sont bien établis en Europe, aux États-Unis et en Chine.

Les systèmes racinaires des arbres sont à l'origine d'une partie des effets bénéfiques sur l'environnement attendus des pratiques agroforestières. En effet, les SCI présentent une solution intéressante pour la conservation de la fertilité des sols. L'impact des arbres sur le sol est reconnu, que ce soit en forêt naturelle, ou sous un seul arbre (Zinke, 1962). Les propriétés biologiques et physico-chimiques d'un sol définissent sa qualité, et ces éléments sont reliés entre eux. La présence des arbres entraîne une modification, généralement positive, de ces propriétés en agissant principalement sur la quantité de matière organique en favorisant son retour au sol et en limitant les pertes par érosion ou lixiviation (Young, 1989). De plus, leur enracinement profond permet une absorption des nutriments présents dans les horizons profonds du sol (comparativement aux cultures annuelles), ce qui favorise une remontée de nutriments en surface (« pompe à nutriments »), les rendant par la suite disponibles pour les cultures (Jose, 2009). L'augmentation de la matière organique au sol entraîne une augmentation de la flore microbienne (jusqu'à 130 % d'après Lee et Jose (2003)) et des communautés d'insectes, en particulier les vers de terre (Price et Gordon, 1998) qui améliorent l'oxygénation du sol et diminuent sa densité apparente ce qui favorise la pénétration des racines des cultures et des arbres.

À l'instar des bandes riveraines boisées, les racines des arbres dans les SCI peuvent récupérer une partie des intrants chimiques ayant échappé à la culture (filet racinaire de sécurité) (Jose, 2009). Par exemple, dans un SCI associant le pacanier et le cotonnier, la concentration en nitrates (NO₃⁻) dans la solution du sol était inférieure de 51 % (à 0,9 m de

profondeur) au traitement de référence (les racines des arbres et du cotonnier ont été séparées) (Allen *et al.*, 2004). Un système racinaire profond des arbres peut aussi avoir un rôle de pompe hydraulique, ramenant en surface l'eau et les éléments nutritifs stockés en profondeur et souvent non accessibles à la culture agricole (Allen *et al.*, 2004; Jose, 2009).

L'augmentation des gaz à effet de serre dans l'atmosphère, notamment le CO₂, et ses conséquences sur les changements climatiques incitent le développement de puits de carbone. Les forêts naturelles sont reconnues comme les principaux puits terrestres pour la séquestration du carbone, que ce soit dans la biomasse végétale (forêt tropicale) ou dans le sol (forêt boréale) (IPCC, 2000). À l'inverse, les grandes cultures ont un faible potentiel de stockage de carbone dans les parties végétales (Sharrow et Ismail, 2004). La capacité des SCI à séquestrer le carbone dépendra donc de la densité et des espèces d'arbres présents sur la parcelle ainsi que des pratiques agricoles. En Ontario et à la treizième année de croissance des arbres dans un SCI combinant peuplier hybride, une espèce à croissance rapide, et orge, le flux net de carbone était de + 13,2 t/ha C par an (Peichl *et al.*, 2006). Pour une association d'épinette de Norvège et d'orge ce flux diminuait à + 1,1 t/ha C par an, alors qu'il devenait négatif pour la culture seule d'orge (- 2,9 t/ha C par an) (Peichl *et al.*, 2006).

La présence des racines des arbres peut cependant engendrer une compétition avec le système racinaire de la culture intercalaire pour l'utilisation des ressources du sol. En zone tempérée, et contrairement au milieu tropical, la compétition pour la lumière est jugée être plus importante que la compétition souterraine (Jose *et al.*, 2004) du fait de la forte fertilisation et irrigation des terres agricoles. Cependant, des études réalisées aux États-Unis ont démontré l'importance de cette compétition à l'interface arbres-cultures, principalement

pour l'utilisation de l'eau, et conséquemment sur l'absorption des éléments nutritifs (Gillespie *et al.*, 2000; Jose *et al.*, 2000a; Miller et Pallardy, 2001; Wanvestraut *et al.*, 2004). Par exemple, en Indiana, É.-U. Jose *et al.* (2000a) ont comparé les rendements de maïs cultivés entre des rangées de noyers hybrides et des rangées de chênes rouges aux rendements obtenus sur les mêmes parcelles lorsque la croissance des racines des arbres était bloquée par une barrière en polyéthylène ou par une tranchée. Sans barrières, les rendements de maïs diminuaient de 34 % en moyenne. Le contenu en eau en surface (0-30cm) du sol était aussi plus important (+16 %) dans l'allée intercalaire avec le traitement barrière. Les études sur la compétition pour les nutriments sont assez limitées (Jose *et al.*, 2000b; Miller et Pallardy, 2001) puisque la plupart des systèmes de culture intercalaire étudiés sont fertilisés au même niveau que les cultures conventionnelles.

Selon l'« hypothèse centrale » entourant les pratiques agroforestières, les SCI bénéficieront d'une productivité totale améliorée (comparativement à des monocultures) si les arbres ont la capacité de capter leurs ressources (eau et nutriments) dans d'autres horizons du sol, que ceux utilisés par les cultures intercalaires (Cannell *et al.*, 1996). Or, dans les recherches de Jose *et al.* (2000a et 2000b), l'étude des profils racinaires des arbres (noyers noirs et chênes rouges sans barrière) et des cultures intercalaires (maïs sans barrière) ont révélé que les deux composantes du SCI occupaient les mêmes horizons du sol, soit de 0 à 30 cm sous la surface (63 % en moyenne pour le maïs, 70 % et 57 % à 1,1 m de la rangée d'arbre le noyer noir et le chêne rouge respectivement). Malgré la forte présence de racines fines proche de la surface du sol le profil racinaire pour le chêne rouge tend à montrer une densité racinaire plus importante entre 30 et 60 cm comparativement au noyer noir (respectivement 33 % et 16 % à 1,1 m de la rangée d'arbre). Cette plasticité du chêne rouge est aussi appuyée par

l'augmentation de la densité racinaire dans les horizons plus profonds du sol (30-60 et 60-90 cm) avec les traitements barrières et tranchée.

D'autres expérimentations dans différentes régions climatiques tendent aussi à montrer une certaine plasticité des racines des arbres combinés à des cultures intercalaires (Bayala *et al.*, 2004; Livesley *et al.*, 2000; Mulia et Dupraz, 2006). En effet, dans une étude menée dans le sud de la France, Mulia et Dupraz (2006) ont comparé le profil racinaire de noyers hybrides et de peupliers hybrides poussant en plantation conventionnelle et en SCI avec du blé d'hiver. Ces derniers ont conclu à un développement plus en profondeur des racines (densité de racines fines) des arbres en SCI, comparativement aux arbres des plantations, particulièrement dans le cas du noyer hybride. D'après ces auteurs une séparation nette pouvait être observée sur le plan vertical entre les racines des cultures intercalaires et celles des arbres. Le blé d'hiver est une culture annuelle, mais son cycle de développement est tel que ses racines se développent tôt en saison (comparativement au maïs et à l'instar des fourrages généralement composés d'espèces pérennes). L'occupation hâtive des horizons de surface du sol par les racines de blé assècherait le sol en surface et inciterait les arbres à produire leurs racines plus en profondeur (sous le système racinaire de la culture intercalaire). La plus grande complémentarité entre les systèmes racinaires des noyers hybrides et le blé d'hiver serait due aux caractéristiques phénologiques des noyers. En effet le noyer hybride développe ses feuilles plus tard que le peuplier hybride, entraînant un développement tardif des racines. Le blé d'hiver a alors le temps de capter une plus grande quantité d'eau, et donc assécher d'autant plus le sol (Mulia et Dupraz, 2006). À l'inverse, les plants de maïs se développent plus tard, laissant la place aux arbres. Ces derniers assèchent le sol en surface ce qui contraint la croissance du maïs (Jose *et al.*, 2000a).

D'autres phénomènes d'interactions ont lieu au niveau souterrain. Ces interactions peuvent encore une fois être positives, par exemple par le partage de mycorhizes, ou négatives, par exemple par la sécrétion de molécules allélopathiques pouvant inhiber la croissance d'autres espèces poussant à proximité (Allen *et al.*, 2004; Jose *et al.*, 2004).

La recherche et le développement en agroforesterie, particulièrement pour les SCI, doivent se concentrer sur la sélection d'arbres dont l'enracinement profond est génétiquement déterminé, mais aussi plastique, c'est-à-dire ayant la capacité de se déplacer en réponse à l'effet de compétition. Le choix de la culture intercalaire a aussi son importance puisque sa compétitivité devrait influencer le développement des racines des arbres plus en profondeur.

L'intérêt du présent projet de recherche est de comprendre les interactions souterraines régissant un système de culture intercalaire par l'analyse des distributions spatiales des racines fines de deux espèces d'arbres feuillus dont les caractéristiques écologiques diffèrent (*Quercus rubra* L. et *Populus deltoides* x *nigra*, DN3570), et d'une culture agricole pérenne (fourrage composé de *Phleum pratense* L. et de *Trifolium pratense* L.), sous un climat tempéré nordique (froid et humide). Les deux hypothèses suivantes ont été émises : les arbres associés à la culture intercalaire ont un développement de racines fines plus profond que les arbres non associés à la culture intercalaire; il existe une séparation spatiale entre le système racinaire des arbres et celui de la culture fourragère. Aussi, les rendements agricoles et le microclimat lumineux ont été étudiés selon la présence et la distance aux arbres.

Méthode

Caractéristiques du site expérimental

Situation géographique et conditions édaphiques

Le site expérimental est situé à Saint-Paulin (46° 27' 6" N ; -72° 59' 26" E) dans la municipalité régionale de comté de Maskinongé et la région administrative de la Mauricie (Québec). Il s'agit d'une région forestière caractérisée par des températures moyennes de 19,6 °C en juillet, de -13,2 °C en janvier, et une quantité de précipitation moyenne (neige et pluie) de 1087 mm par année (Meteorological Service of Canada, 2006).

Les cartes pédologiques de la région (Pageau, 1967) identifient le sol comme étant un mélange de loam limoneux de Pontiac et de loam argileux de Chapeau. Une analyse granulométrique du sol du site d'étude, réalisée selon la méthode de Bouyoucos (1962), a permis de préciser la structure et texture du sol (n=68). Le sol révèle 3 couches distinctes superposées jusqu'à 1,3 m de profondeur. En surface et en moyenne jusqu'à 31 cm (± 7 cm) de profondeur le sol est un loam sableux (80 % sable, 16 % limon et 3 % argile) de pH égal à 5,0 (n'inclut pas l'horizon organique de surface). La seconde couche est un sable (86 % sable, 10 % limon et 4 % argile) de pH=5,5 et s'étend en moyenne jusqu'à 63 cm (± 21 cm) de profondeur alors que la dernière couche est un loam argileux de pH=5,5 (49 % sable, 36 % limon et 15 % argile).

La composition en éléments nutritifs du sol a été analysée en 2012 par une autre équipe de recherche dans 15 cm de profondeur (incluant la couche organique, tableau 1). Ces analyses indiquent un sol pauvre à moyennement fertile car les éléments minéraux (P, K, Ca et Mg)

sont présents en faibles quantités (CRAAQ, 2010). Il y a aussi une forte probabilité de toxicité du sol due à un pH acide (5,8 en 2012) et une grande quantité d'aluminium dans le sol. Le taux de saturation du phosphore, obtenu par la méthode de Melhish-3, est plutôt faible (4 %, tableau 1) indiquant une immobilisation par l'aluminium des ions phosphates, créant possiblement une carence, particulièrement pour le fourrage (Delhaize et Ryan, 1995).

Tableau 1 : Éléments nutritifs du sol contenu dans 15 cm de profondeur à Saint-Paulin en 2012 et obtenus par la méthode de Melhish-3.

pH	5,8
Phosphate (mg/kg)	45
Potassium (mg/kg)	181
Aluminium (mg/kg)	1401
Calcium (mg/kg)	519
Manganèse (mg/kg)	122
Taux d'azote (%)	0,25
Taux de carbone (%)	2,4
Rapport carbone/azote (C:N, %)	10
Taux de saturation du phosphate (%)	4
Matière organique (%)	4

Dispositif expérimental

Le système de culture intercalaire (SCI) a été mis en place en 2004 et comprend des chênes rouges (*Quercus rubra* L., (CHR)), des cerisiers tardifs (*Prunus serotina* Ehrh (CET)), et deux clones de peupliers hybrides (PEH) ; DN3333 (*Populus deltoides* x *nigra*, cv. Stormont, Ontario, Canada) et DN3570 (*Populus deltoides* x *nigra*, no cv. name, Belgium). Les rangées d'arbres, espacées de 12m, sont installées sur paillis de plastique (90 cm de large) et orientées de 314°N. Les PEH à croissance rapide sont espacés de 2 m sur le rang, et disposés de façon à

ce que 12 à 15 individus d'un même clone alternent avec 12 à 15 individus de l'autre clone. Pour les rangées de feuillus nobles, espèces à croissance plus lente, les arbres sont espacés de 3 m sur le rang avec une alternance de 4 CHR et 4 CET. D'autres rangées sont composées uniquement de CHR, espacés de 4 m. Sur le site, quatre zones sans arbre sont exploitées en monoculture agricole (MA) et servent de parcelles témoins (dimension minimale de 48m*24m).

La culture intercalaire en régie biologique a varié depuis la mise en place du SCI. Depuis 2009, il s'agit d'une culture fourragère pérenne (FOUR) composée de mil (*Phleum pratense* L.) et de trèfle rouge (*Trifolium pratense* L.). Le sol a reçu un apport de fumier en 2007, mais pas d'autre amendement a été effectué depuis la mise en place du fourrage. Le tableau 2 est un résumé des activités agricoles et sylvicoles depuis 2004.

Tableau 2 : Régie du système de culture intercalaire depuis son implantation

Année	Culture intercalaire	Arbres
2004	Avoine	Plantation
2005-2006	Sarrasin	.
2007	Canola	.
2008	Sarrasin	.
2009-2010-2011	mil et trèfle rouge	Élagage 2010

L'étude des racines fines a été réalisée pour le CHR et le PEH du clone DN3570. Les arbres de l'étude ont été sélectionnés de façon à éliminer toute interférence des CET et des PEH du clone DN3333. Le dispositif expérimental est constitué de 4 blocs. Dans chaque bloc, les arbres et le fourrage sont étudiés selon deux conditions de croissance : combinés en SCI ou

séparés en MA et ASC (arbre sans culture, Figure 1). Les ASC sont des arbres sélectionnés en bout de rangées et partiellement sans culture intercalaire (zone non semée et non cultivée).

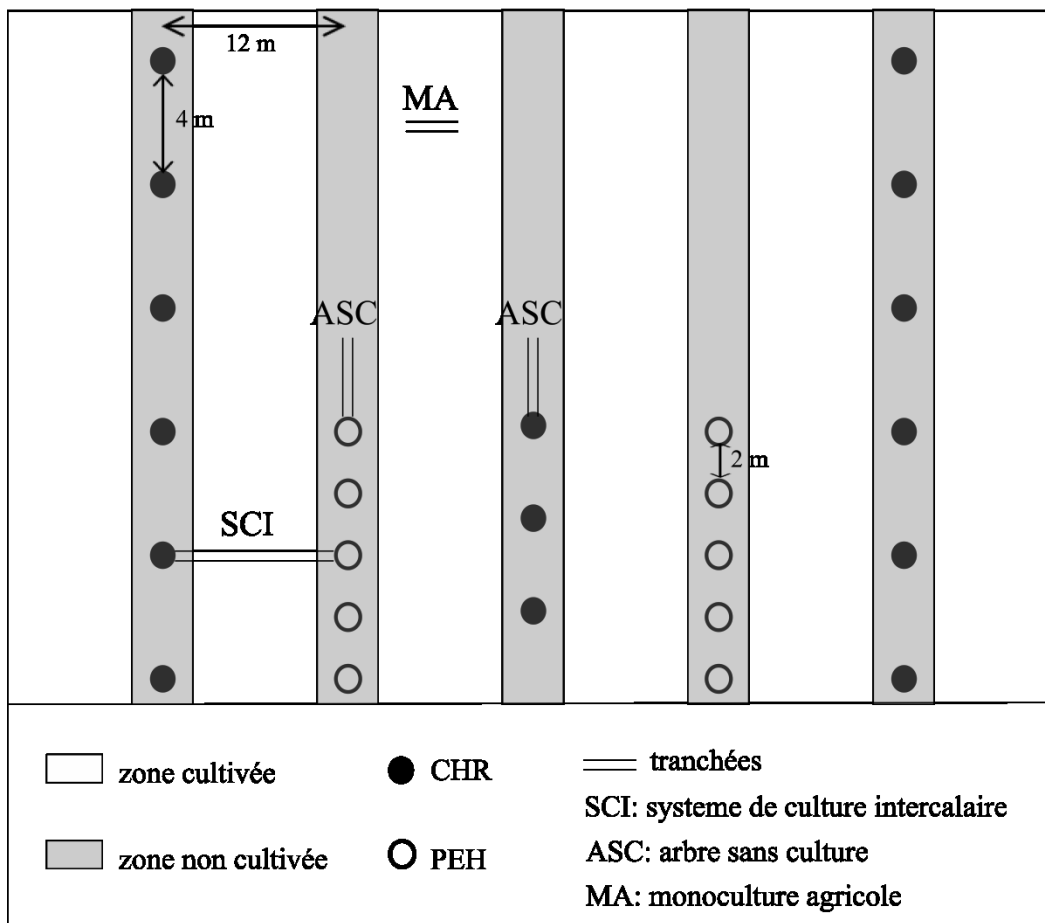


Figure 1 : Schéma d'un bloc expérimental illustrant la disposition des tranchées d'échantillonnage racinaire dans les différentes conditions de croissance des arbres et de la culture.

Échantillonnage

Échantillonnage racinaire

La méthode d'échantillonnage se fait par comptages d'impacts de racines sur un profil vertical de sol, c'est-à-dire le nombre d'intersections de racines fines avec une surface plane d'observation (Trench Profile Technique (Böhm, 1976; Van Noordwijk *et al.*, 2000)). La période d'échantillonnage s'étale du 27 juin 2011 au 4 août 2011. Cette méthode implique la réalisation de tranchées de 1,3 m de profondeur afin d'échantillonner jusqu'à 1 m. Ces dernières ont été effectuées par une entreprise locale d'excavation (les entreprises Brodeur et Lessard Ltée) à l'aide d'une petite rétrocaveuse. La surface servant à l'étude d'impact racinaire est nettoyée et lissée avec un objet tranchant et un gros pinceau. En SCI et en ASC, l'échantillonnage racinaire est réalisé grâce à des grilles de comptage (50 cm de large*100 cm de hauteur) dont le centre est positionné à plusieurs distances des arbres, soit à 1,5 m, 3,5 m et 5,75 m des arbres (Figure 2). En SCI, la distance 5,75 m du CHR correspond à 6,25 m du PEH (voir section résultats et Figure 2). Pour la comparaison de la FRLD du fourrage en SCI et MA, les valeurs obtenues aux distances 1,5 m, et 3,5 m de chaque espèce d'arbre sont regroupés par une moyenne en SCI-CHR et SCI-PEH, alors que celles obtenues à 5,75 m sont regroupées par une moyenne en SCI-CENTRE (Figure 2). Ces regroupements ont été effectués car les valeurs sont statistiquement comparables ($p > 0,05$) pour la plupart des paliers de profondeur (données non montrées).

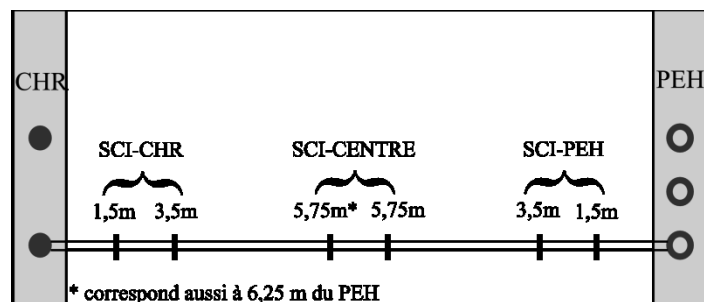


Figure 2 : Schéma d'un transect en SCI entre un chêne rouge (CHR) et un peuplier hybride (PEH) montrant les distances d'échantillonnage et les groupements de distance (SCI-CHR, SCI-CENTRE et SCI-PEH).

Les cellules de comptages de surface mesurent 10 cm de large*5 cm de haut, puis à partir de 20 cm de profondeur les cellules de comptages ont une résolution de 10 cm*10 cm. Dans chaque cellule de la grille de comptage, le nombre d'impacts de racines fines (diamètre ≤ 2 mm) visibles à la surface du sol est noté selon l'espèce (N en nombre par m^2). La distinction entre racines de fourrage et racines de CHR et de PEH s'est faite sur la base de critères morphologiques et de couleur. Les racines du fourrage sont en général de couleur très claire, proche du blanc, et ont un aspect translucide. Les racines des arbres ont une écorce fine, marron claire-jaune pour le PEH, plus rougeâtre pour le CHR. Le cœur des racines de CHR est aussi rougeâtre. Le type de ramification pouvait aussi aider à l'identification des racines. En ASC, les racines de la végétation spontanée (« mauvaises herbes ») ont été séparées des racines des arbres selon des critères similaires mais n'ont pas été analysées.

Des volumes de sol (650 ml) ont été récoltés dans 3 cellules de 7 grilles de comptage par bloc expérimental, soit une en MA, deux en SCI et deux en ASC pour chaque espèce d'arbre. Les volumes de sol ont été sélectionnés de façon à obtenir des échantillons avec peu à beaucoup de racines fines de toutes les espèces. Les échantillons ont ensuite été conservés au congélateur à

-35 °C jusqu'à l'analyse en laboratoire. Ils sont lavés à l'eau courante et tamisés successivement (tamis à mailles de 2mm et 1mm) afin de récupérer les racines de CHR, PEH et FOUR et éliminer le sol, les débris et matériaux morts. Cette étape nécessite un temps considérable, c'est pourquoi un sous-échantillonnage est nécessaire. Les racines récupérées dans le tamis de 2 mm étant plus aisées à trier, la totalité est traitée. Les racines récupérées dans le tamis de 1mm sont, en général, des sections fragiles de moins de 1 cm de longueur et mélangées à une grande quantité de petits débris et racines mortes. Le tri à cette étape est réalisé sur 10 % de la masse des racines et débris récupérés.

La densité de longueur racinaire (FRLD pour Fine Roots Length Density en anglais, et exprimée en km m^{-3}) pour chaque échantillon et selon le type de racine est déterminée avec le logiciel WinRhizo (Régent Instruments, Québec, Canada, 2012) d'après des images en noir et blanc des racines réalisées à 400 ppp avec un scanner (EPSON Perfection V700, Nagano, Japon). La FRLD de chaque espèce est ensuite estimée pour toutes les cellules de toutes les grilles de comptage par calibration (régression linéaire simple avec $n=33$ pour les CHR et les PEH et $n=34$ pour le Fourrage) en fonction du nombre d'impacts racinaire. Cette méthode d'échantillonnage racinaire (Trench Profile Technique et corebreak method (Böhm, 1976; Van Noordwijk *et al.*, 2000) est basée sur la relation entre le nombre d'intersections de racines fines avec une surface plane d'observation (N) et la densité de longueur racinaire (FRLD) : $\text{FRLD} = 0,002 * X * N$, où X est un facteur dépendant de l'orientation préférentielle des racines dans le sol (Aigner et Ziegler, 2006; Mulia et Dupraz, 2006; Van Noordwijk *et al.*, 2000). Les données n'étaient pas distribuées selon la loi Normale et présentaient une asymétrie positive; elles ont été transformées par la $\sqrt[4]{}$ pour satisfaire les exigences de normalité de la régression linéaire.

Les racines fines sont ensuite séchées pendant 48 h à 38 °C puis pesées pour déterminer la longueur racinaire spécifique (SRL pour Specific Root Length en anglais, $m\ g^{-1}$).

Biomasse aérienne du fourrage

La partie aérienne du fourrage a été récoltée dans les 4 blocs expérimentaux à l'aide de quadrats de 0,25 m², les 27 et 28 juin 2011, avant la récolte du 19 juillet 2011. Le centre de chaque quadrat est positionné à différentes distances (1,5m, 3,5m et 5,75m) entre un chêne rouge et d'un peuplier hybride en vis à vis. En zone de monoculture agricole (MA), deux échantillons par bloc sont récoltés. Le fourrage est coupé à l'aide de ciseau à gazon puis mis dans des sacs en papier et séché (38 °C) pendant près de deux semaines, jusqu'à la stabilisation de la biomasse aérienne sèche ($g\ m^{-2}$). Les données sont ensuite converties en $t\ ha^{-1}$.

Disponibilité de la lumière

Afin de déterminer les conditions lumineuses dont dispose la culture intercalaire, des photographies hémisphériques ont été prises les 26 et 27 juillet 2011 le long d'un transect dans chaque bloc expérimental (0 m, 1 m, 2 m, 3 m et 6 m à l'est et à l'ouest des troncs d'arbre) à 1 m du sol avec un appareil photographique numérique (Nikon Coolpix 990, Tokyo, Japon) muni d'une lentille Fish-eye (Nikon fisheye converter FC-E8, Tokyo, Japon), ainsi qu'au centre des parcelles de MA. Les photographies hémisphériques (n=72) ont ensuite été analysées en laboratoire avec le logiciel Gap Light Analyser (GLA) Version 2.0 (Frazer *et al.*, 1999), pour déterminer un index de luminosité (% de transmission de la lumière totale, PTLT). Le pas d'échantillonnage pour les photographies hémisphériques étant différent du pas

d'échantillonnage des racines fines et de la biomasse fourragère, les taux de lumière obtenus en SCI sont interpolés par régression linéaire quadratique en dispositif complètement aléatoire.

Analyses des données

Toutes les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel JMP 8.0 (SAS Institute Inc., Cary, NC, É.-U.). Les ANOVA ont été réalisées en modèle mixte selon un dispositif en blocs complets aléatoires avec comme facteurs possibles les conditions de croissance (SCI, ASC ou MA), les espèces (CHR, PEH ou FOUR) et les distances (1,5 m, 3,5 m et 5,75 m, parfois 6,25 m dans le cas du PEH). Les données de FRLD des arbres ont été transformées par la transformation de CoxBox (sur $FRLD+1$) afin de satisfaire les exigences de normalité et d'homogénéité de la variance. Les résultats sont considérés significatifs pour $\alpha = 0,10$. Lorsque nécessaire des tests de comparaisons des moyennes ont été effectués (par contrastes ou HSD de Tukey). Les figures illustrant les profils racinaires verticaux représentent des moyennes non transformées.

Les données de PTLT et de FRLD des arbres ont été combinées en une matrice avec la biomasse fourragère pour réaliser une analyse à composantes principales (ACP).

Le ratio de densité de longueur racinaire par unité de diamètre ($FRLD/DHP$) des arbres ($\text{km m}^{-3}/\text{cm}$) et le ratio de densité de longueur racinaire par unité de biomasse aérienne du fourrage ($\text{km m}^{-3}/\text{g m}^{-2}$) ont été calculés et comparés selon différents facteurs (espèces, conditions de croissance, distances).

Résultats

Calibration

Le résultat des régressions simples pour la FRLD est résumé dans le tableau 3. Le R^2 est de 0,23 pour le CHR, 0,62 pour le PEH, et de 0,67 pour le FOUR. Les constantes de chaque équation ne sont pas significativement différentes de 0 (two tailed t-test avec $\alpha=0.05$). Les équations de calibration sont donc (données retransformées):

Pour CHR : $FRLD = (Impacts * 0,002 * 4,67)$

Pour PEH : $FRLD = (Impacts * 0,002 * 14)$

Pour FOU : $FRLD = (Impacts * 0,002 * 0,97)$ Avec FRLD en $km\ m^{-3}$ et Impacts en $n\ m^{-2}$

Tableau 3 : Résultats des régressions simples et facteurs de calibration (X) pour les chênes rouges (CHR), les peupliers hybrides (PEH) et le fourrage (FOUR).

Espèce	N	Prob > F	R ²	X
CHR	33	0,0028	0,23	4,67
PEH	33	< 0,0001	0,62	14
FOUR	34	< 0,0001	0,67	0,97

Profils racinaires des arbres avec et sans culture intercalaire

Les résultats des analyses de variances sont présentés au tableau 4. Les valeurs de densité de longueur racinaire (FRLD) obtenues pour le PEH sont beaucoup numériquement plus élevées

que celles obtenues pour le CHR, particulièrement dans les horizons de surface où la FRLD du CHR varie de 1,4 km m⁻³ à 12,9 km m⁻³ (Figure 3b) et celle du PEH entre 15,4 km m⁻³ et 55,7 km m⁻³ (Figure 3c et 3d). La différence de taille entre les CHR et les PEH (en moyenne, respectivement 3,2m et 9,3m de hauteur et 4 cm et 12,7 cm de diamètre à hauteur de poitrine (DHP)) explique en grande partie la différence de densités de longueur racinaires. Le PEH produit tout de même intrinsèquement plus de racines fines que le CHR comme l'indique un ratio de densité racinaire par unité de DHP significativement plus élevé (0,57 pour le CHR et 0,83 pour le PEH, p<0,0131; effet traitement (ASC ou SCI) p=0,7034 et effet traitement * espèce, p=0,3822). La SRL moyenne du peuplier hybride est aussi plus élevée que celle du chêne rouge (respectivement 80 m g⁻¹ et 37 m g⁻¹, p<0,001).

Tableau 4 : Valeur de p pour les analyses de variances factorielles de la FRLD (densité de longueur de racines fines) du CHR et de la FRLD du PEH en fonction du traitement (trait) et de la distance à l'arbre (1,5 m et 3,5 m et 5,75 m, pas de racines fines à 5,75 m pour le CHR) et du pourcentage de racines fines cumulé en profondeur en fonction du traitement (ASC ou SCI) et de l'espèce (CHR, chêne rouge, ou PEH, peuplier hybride).

	Profondeur (cm)	FRLD-CHR			FRLD-PEH			% cumulé		
		Trait	Distance	Trait*Dist	Trait	Distance	Trait*Dist	Trait	Espèce	Trait*Esp
	2,5	0,3980	0,0137	0,0801	0,2951	0,0059	0,2775	0,7173	0,4260	0,0950
	7,5	0,4206	0,0124	0,3545	0,1350	0,0005	0,7960	0,7794	0,8394	0,1496
	12,5	0,7584	0,0131	0,2315	0,6056	0,0166	0,0523	0,8107	0,7760	0,2510
	17,5	0,7805	0,0092	0,5266	0,6721	0,0886	0,0154	0,8356	0,2986	0,7066
	25	0,8344	0,0733	0,3120	0,4573	0,2102	0,0590	0,4774	0,1122	0,7632
	35	0,4804	0,1375	0,3281	0,2977	0,1415	0,2143	0,9285	0,0909	0,9485
	45	0,9515	0,1018	0,6873	0,7434	0,2136	0,4094	0,8909	0,0850	0,6234
	55	0,6873	0,6873	0,2234	0,8215	0,2086	0,1949	0,7788	0,1298	0,5288
	65	0,3910	0,3910	0,3910	0,8392	0,1485	0,6910	0,6206	0,0766	0,6206
	75	.	.	.	0,3533	0,1724	0,4916	0,7713	0,1202	0,7713
	85	.	.	.	0,9744	0,5356	0,0220	0,8577	0,3170	0,8577
	95	.	.	.	0,6081	0,5604	0,0394	.	.	.

Les données de FRLD (valeur+1) ont été transformées par la transformation de Box Cox.

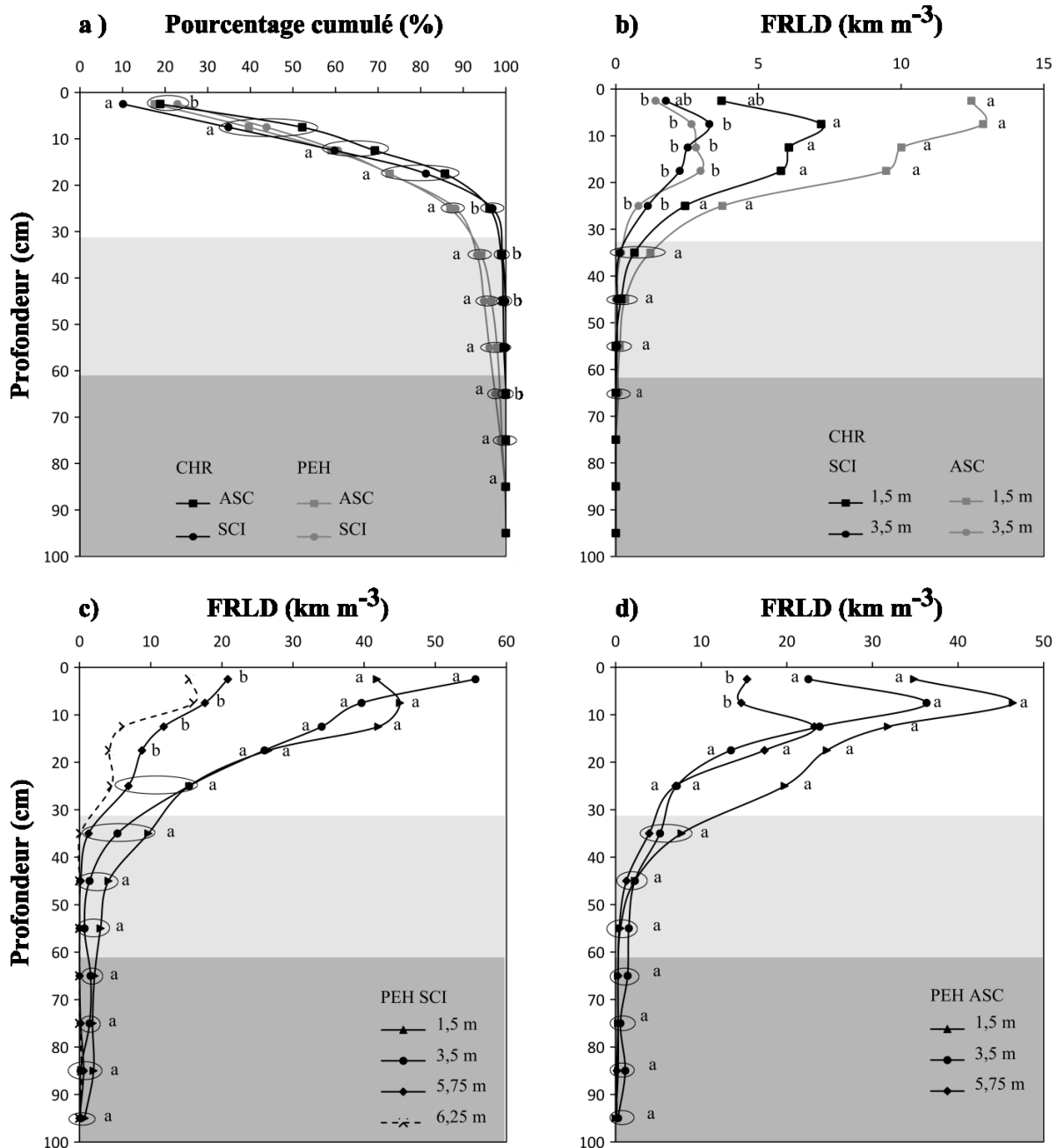


Figure 3 : Distribution en fonction de la profondeur a) du pourcentage cumulé de racines fines pour le CHR et le PEH en SCI et ASC (distances confondues), b) de la densité de longueur de racines fines (FRLD) du chêne rouge (CHR) en SCI (système de culture intercalaire) et ASC (arbre sans culture) et pour les distances 1,5 m et 3,5 m; c) de FRLD du PEH en SCI et c) en ASC selon la distance au tronc (1,5 m; 3,5 m, 5,75 m et 6,25 m).

La zone gris pâle correspond à l'horizon sableux et la zone gris foncée à l'horizon argileux. Des lettres différentes indiquent des différences significatives à $p < 0,10$ pour chaque palier de profondeur (HSD de Tukey).

D'après nos résultats, le PEH étend ses racines plus loin (jusqu'à de 6,25 m du tronc) que le CHR dont on ne retrouve pas de racines fines à 5,75 m de distance en SCI. En ASC, le CHR étend ses racines fines jusqu'à 5,75 m, mais celles-ci représentent moins de 5 % de la totalité des racines fines et n'ont pas été intégrées aux analyses.

Quel que soit le traitement (ASC ou SCI), les deux espèces d'arbres avaient une grande proportion des racines fines dans les 10 premiers centimètres (40 % et 43 % pour le PEH et le CHR respectivement, Figure 3a). Le pourcentage cumulé de racines fines pour chaque palier de profondeur tend à différer entre les espèces d'arbres à partir de 25 cm et cette différence est significative ($p < 0,10$) à 35 cm, 45 cm et 65 cm (Tableau 4 et Figure 3a). À partir de cette profondeur, le CHR atteint 95 % de racines fines (100 % à 65 cm), alors que le PEH s'enracine plus profondément avec 95 % de racines à 45 cm (100 % à 95 cm). La distance aux arbres n'a pas d'influence sur leur profil vertical d'enracinement (% cumulé) que ce soit en ASC ou SCI (l'effet distance pour chacune des espèces d'arbres est non significative à $p > 0,10$ pour la plupart des paliers de profondeur, résultats non présentés) bien que la FRLD diminue avec la distance au tronc pour les deux espèces d'arbres étudiées (Tableau 4 et Figures 3b, c et d). Cependant, pour le PEH, la FRLD demeure similaire à 1,5 m et 3,5 m et ne diminue qu'à 5,75 m (Figure 3c et 3d).

Le pourcentage cumulé de racines fines le long du profil de sol est similaire entre les PEH en ASC et ceux en SCI (Tableau 4 et Figure 3a). Pour le CHR, on remarque une tendance d'interaction entre les conditions de croissance (SCI et ASC) et l'espèce juste sous la surface du sol à 2,5 cm de profondeur (Tableau 4). Celle-ci est due à un pourcentage de racine fine de CHR plus faible en SCI qu'en ASC à cette profondeur. Cet effet se retrouve lors de la comparaison de la FRLD du CHR selon la condition de croissance et la distance à l'arbre

(Tableau 4 et Figure 3b) : la FRLD est plus faible en SCI qu'en ASC à 1,5 m de l'arbre et juste sous la surface du sol ($p=0,08$). Cette différence de moyenne entre SCI et ASC persiste sur une profondeur de 20 cm (Figure 3b) bien que les résultats de l'analyse ne soient significatifs qu'en surface (Tableau 4).

Séparation spatiale des racines fines de chêne rouge et de la culture intercalaire

En plus de la diminution de FRLD du chêne rouge en surface à 1,5 m de distance en SCI (Figure 3b), on constate une séparation dans l'espace entre les racines fines de fourrage et celles des CHR (Tableau 5). Les résultats des ANOVA selon les différents paliers de profondeur n'indiquent pas d'interaction entre les distances et le type de racine (CHR ou fourrage), mais parfois des effets significatifs ($p < 0,10$) entre les types de racines (Tableau 5). Le CHR a en effet une plus faible proportion de racines fines (densité relative en fonction de la profondeur) de 0 à 5 cm et de 5 à 10 cm que le fourrage, et, à l'inverse, la proportion de racines fines devient supérieure à celle du fourrage dans les horizons plus profonds, soit de 10 cm à 30 cm (Tableau 5). Cette séparation n'est pas remarquable pour le PEH, puisque les proportions de racines fines de fourrage et d'arbre sont comparables statiquement à chaque profondeur, sauf de 5 à 10 cm et de 10 à 15 cm de profondeur (Tableau 5). À ces profondeurs la proportion de racines fines de PEH est plus importante que celle du fourrage (uniquement à 6,25 m du tronc pour la profondeur 5-10 cm). Le CHR, à ce stade de développement, semble donc avoir la capacité de modifier la répartition de ses racines fines en réponse à la présence de la culture intercalaire. Cette adaptation n'est pas démontrée pour les PEH, dont les hautes

valeurs de densité racinaires de surface (Figure 3c et 3d) suggèrent une colonisation maximale de l'espace disponible au moment de notre analyse.

Tableau 5 : Résultats des analyses de variance (ANOVA, T=facteur type de racine, D=facteur distance et TD=interaction) et pourcentages moyens de racines fines d'arbre (chêne rouge, CHR, ou peuplier hybride, PEH) et de fourrage (FOUR) en SCI à différents paliers de profondeur.

Profondeur	CHR			PEH				
	ANOVA (n=40)		Moyennes (%)		ANOVA (n=80)		Moyennes (%)	
	Facteurs (valeur de p)		FOUR	CHR	Facteurs (valeur de p)		FOUR	PEH
0-5 cm	T	(0,0070)	35a	10b	T	(0,1335)	37a	22a
	D	(0,9670)			D	(0,4606)		
	TD	(0,7520)			TD	(0,0739)		
5-10 cm	T	(0,5245)	22a	25a	T	(0,0438)	(1,5 m)* 24a	21a
	D	(0,5779)			D	(0,2339)	(3,5 m) 21a	19a
	TD	(0,5704)			TD	(0,0098)	(5,75 m) 22a	23a
10-15 cm	T	(0,0839)	14a	25b	T	(0,0967)	13a	15b
	D	(0,3725)			D	(0,2266)		
	TD	(0,4636)			TD	0,3419)		
15-20 cm	T	(0,0874)	10a	22b	T	(0,2984)	9a	11a
	D	(0,6898)			D	(0,1331)		
	TD	(0,6623)			TD	(0,6204)		
20-30 cm	T	(0,0327)	10a	16b	T	(0,2182)	11a	16a
	D	(0,6556)			D	(0,5523)		
	TD	(0,9983)			TD	(0,4828)		
30-40 cm	T	(0,0171)	5a	2b	T	(0,5969)	4a	4a
	D	(0,3978)			D	(0,1143)		
	TD	(0,6436)			TD	(0,0810)		
40-50 cm**	T	(0,0479)	2a	0,6b	T	(0,1678)	2a	1a
	D	(0,3072)			D	(0,1235)		
	TD	(0,4267)			TD	(0,1677)		

Les lettres différentes pour chaque ligne indiquent des différences significatives.

*Lorsque qu'il y a interaction entre les facteurs, les moyennes sont données pour chaque distance au tronc et comparées avec le test HSD de Tukey.

**Les résultats en dessous de 50 cm ne sont jamais significatifs et ne sont pas montrés.

Densités racinaires du fourrage

Les valeurs absolues de FRLD pour le fourrage sont beaucoup plus élevées que celles obtenues pour les deux espèces d'arbres, et elles varient dans les 5 premiers cm de sol de 105 km m⁻³ en SCI-PEH à 190 km m⁻³ en MA (Figure 4). Le fourrage, comme les arbres, a un enracinement superficiel avec plus de la moitié des racines fines de 0 à 10 cm de profondeur et 95 % à 35 cm de profondeur.

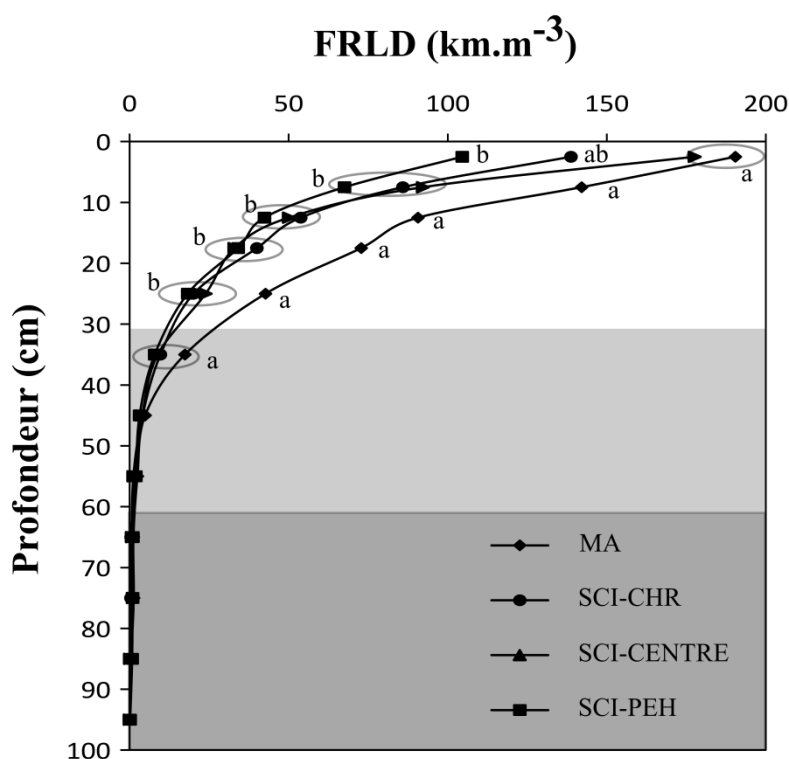


Figure 4 : Densité de longueur de racines fines (FRLD) du fourrage en monoculture (MA) et en SCI, du côté des CHR, au centre de l'allée intercalaire et du côté des PEH.

Pour chaque palier de profondeur, les lettres minuscules indiquent des différences significatives à p=0,05 (test HSD de Tukey). La zone gris pâle correspond à l'horizon sableux et la zone gris foncée à l'horizon argileux.

La présence des arbres en SCI entraîne des diminutions de densité de longueur racinaire du fourrage selon la profondeur, mais des distinctions ont lieu principalement de 0 à 5 cm (Figure 4). À proximité des PEH (distances 1,5 m et 3,5 m confondues), la FRLD du fourrage diminue significativement ($p=0,011$) tout le long du profil par rapport à MA; en surface (0-5 cm), on constate une réduction de 45 % des racines de fourrage. Par contre, à proximité des CHR et au centre de l'allée intercalaire, le fourrage adapte son enracinement en maintenant une FRLD de surface statistiquement comparable à celle en MA (respectivement 139 km m^{-3} , 178 km m^{-3} et 191 km m^{-3} , Figure 4). Par contre en dessous de 5 cm, la FRLD devient, dans les deux cas, plus faible qu'en MA ($p=0,0107$, Figure 4).

Le ratio de densité de longueur de racines fines sur la biomasse aérienne du fourrage (FRLD/Biomasse) est comparable au centre de l'allée intercalaire, à proximité des CHR et en MA (respectivement 0,12; 0,17 et 0,12, données non présentées). Par contre du côté des PEH, ce ratio est environ 3 fois plus élevé (0,32, $p<0,05$ HSD de Tukey). Le fourrage investit donc beaucoup de ressources à la formation de racines fines, aux dépens de la biomasse aérienne, dans une zone à forte interaction de compétition avec les PEH.

Gradient de biomasse aérienne du fourrage et importance du facteur lumière

Au centre de l'allée intercalaire (5,75 m des CHR et des PEH) ainsi qu'à 3,5 m du CHR, le rendement fourrager (Figure 5) est statistiquement comparable ($p<0,05$) à celui obtenu en monoculture agricole (MA, environ 4 t ha^{-1}) malgré une baisse moyenne de 22 %, probablement due à la variabilité des conditions du site. À proximité des CHR (1,5 m de

distance), la productivité moyenne est de 2,3 t ha⁻¹ (-42 %). En présence des PEH, la croissance du fourrage est fortement affectée puisque la biomasse est réduite d'environ 75 % jusqu'à 3,5 m du tronc.

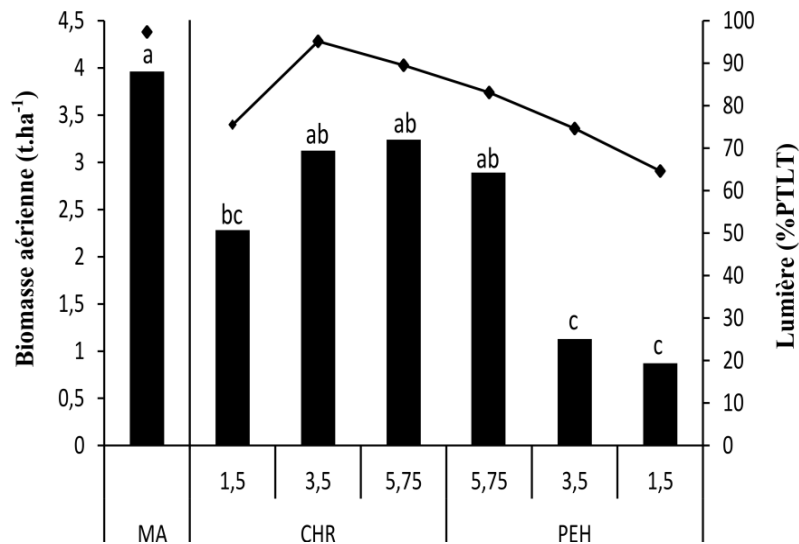


Figure 5 : Biomasse aérienne du fourrage (t ha⁻¹) et pourcentage total de lumière transmissible (PTLT) à 1 m du sol en monoculture (MA) et en SCI en fonction de la distance (1,5 m, 3,5 m et 5,75 m) aux arbres (CHR et PEH).

Les lettres minuscules indiquent des différences significatives à $p < 0,05$ (test de comparaison HSD de Tukey).

La présence des arbres induit aussi une réduction du pourcentage de lumière disponible (PTLT) pour la culture intercalaire par rapport à la monoculture agricole (PTLT de 97 %) et selon un gradient de distance aux arbres (Figure 5). Les PEH étant plus hauts et plus serrés sur le rang, la baisse de radiation lumineuse est plus importante à proximité de ces derniers (PTLT de 65 % à 3,5 m et de 75 % à 1,5 m). Les CHR limitent aussi la quantité de lumière disponible pour la culture intercalaire à 76 % de PTLT à 1,5 m du tronc. À 3,5 m et 5,75 m des CHR, la

culture intercalaire bénéficie respectivement de 95 % et 90 % de rayonnement photosynthétique actif (Figure 5).

La biomasse aérienne du fourrage suit fortement ce gradient de lumière comme l'indiquent les résultats de la PCA (Figure 6) dont les deux premiers axes représentent respectivement 80 % et 14 % de la variance expliquée. La diminution de lumière est en effet le facteur ayant le plus d'impact sur le rendement fourrager, alors que la quantité de racines d'arbres semble secondaire, le vecteur FRLD étant proche de la perpendiculaire. Par exemple, la FRLD du CHR mesurée à 1,5 m est faible comparativement à celle retrouvée au centre de l'allée intercalaire (lieu de présence de racines de PEH), pourtant la biomasse aérienne du fourrage y est plus réduite. À cet endroit la PTLT est de 76 % alors qu'au centre de l'allée elle est de 95 % (Figure 5).

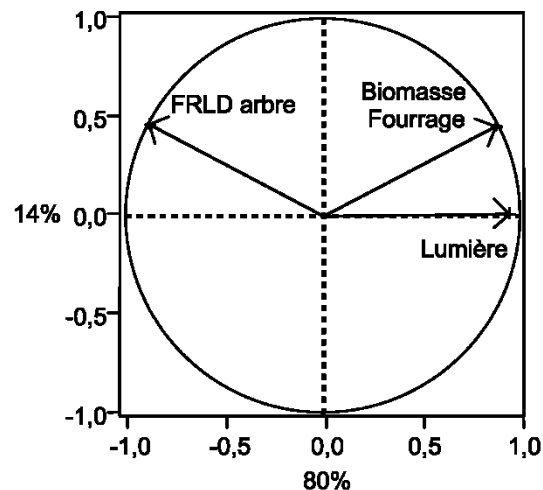


Figure 6 : Analyse à composantes principales de la densité racinaire d'arbre (FRLD) et de la lumière sur la biomasse aérienne du fourrage.

Discussion

Les conditions agronomiques du site à l'étude ne sont pas optimales pour la conduite d'une culture agricole, notamment en raison d'un pH relativement bas. Cependant, ce niveau de fertilité caractérise les terres agricoles marginales. L'agroforesterie a souvent pour objectif d'accroître la productivité totale de tels sites, marginaux et de cultures extensives, de manière durable (Ashton et Montagnini, 2000). L'étude des distributions racinaires des arbres et de la culture intercalaire en conditions de disponibilité réduite des ressources est particulièrement pertinente pour juger de la compétition.

Calibration

La mesure de la quantité de racines (FRLD) procède par une équation qui comprend un facteur de calibration que nous avons déterminé par échantillonnage. Cette valeur (X) obtenue pour les racines de fourrage est proche de 1. Ceci correspond aux valeurs obtenues par la méthode « corebreak » pour le blé (1,1) par Mulia et Dupraz (2006) et pour le maïs (0,8 à 1,1) selon Van Noordwijk *et al.* (1996). D'autres études obtiennent des valeurs plus élevées pour le maïs avec des surfaces planes d'observation variant de 1,9 (Vepraskas et Hoyt, 1988) à 8 (Logsdon et Allmaras, 1991).

Les valeurs de calibration obtenues (X) pour les racines d'arbre apparaissent élevées pour le PEH (14) et le CHR (4,56) (Tableau 3). Mulia et Dupraz (2006) trouvent des valeurs de X de 0,46 ($R^2=0,32$) pour le peuplier hybride et de 0,61 ($R^2=0,56$) pour le noyer hybride (« corebreak method ») dans un SCI du sud de la France. Moreno *et al.* (2005) ont déterminé

une valeur de X de 0,75 ($r^2=0,42$) pour des chênes verts largement espacés en Espagne. Plusieurs facteurs peuvent conduire à des coefficients de calibration élevés comme une ramification intense des racines fines à l'intérieur du volume de sol (Bengough *et al.*, 1992; Logsdon et Allmaras, 1991). Aussi, le plan d'observation des impacts de racines fines sur le terrain est situé à l'extérieur du volume de sol utilisé pour la mesure de FRLD, alors qu'il devrait idéalement se situer au centre (Bengough *et al.*, 1992). Des coefficients de calibration élevés peuvent aussi être une conséquence de la sous-estimation du nombre d'impacts lors des relevés de terrain; les racines de très petits diamètres ne sont pas facilement observables et peuvent se rétracter par séchage lors de l'ouverture des tranchées (Chopart et Siband, 1999). Les coefficients de détermination R^2 résultants des régressions de cette expérience sont relativement élevés, sauf pour le chêne rouge. Une faible valeur de R^2 a aussi été observée pour des chênes méditerranéens (Moreno *et al.*, 2005). Les faibles valeurs de R^2 généralement obtenues dans ce type d'étude s'expliquent par la distribution contagieuse des racines fines des arbres (Moreno *et al.*, 2005; Mulia et Dupraz, 2006).

Profils racinaires des arbres en système de culture intercalaire en milieu tempéré nordique

L'étude des profils racinaires d'arbres en contexte agroforestier (Figure 3a) n'a pas révélé d'enracinements plus profonds, ni inversés avec une proportion de racines fines plus importantes dans les couches de sol plus profondes, comme il a été démontré pour des SCI dans le sud de la France, région climatique plus sèche avec une période estivale de sécheresse (Mulia et Dupraz, 2006). Aussi, en Espagne, une étude sur des chênes verts largement espacés

a révélé une distribution uniforme des racines fines avec la profondeur, et ce jusqu'à 2 m de profondeur (Moreno *et al.*, 2005). Dans ces régions, les pluies sont insuffisantes en été pour maintenir un taux d'humidité en surface. Les arbres tendent alors à prospecter dans les horizons profonds plus humides (Casper et Jackson, 1997).

Dans la présente étude, les arbres ont des concentrations de racines fines plus élevées dans les horizons de surface du sol avec plus de 40 % dans les 10 premiers centimètres. La densité racinaire diminue rapidement avec la profondeur de sol, mais aussi avec la distance au tronc d'arbre. Ce patron de distribution est en fait commun pour des arbres croissant en région tempérée nordique, que ce soit en milieu forestier naturel (Bakker *et al.*, 2008; Canadell *et al.*, 1996; Jackson *et al.*, 1996; Schmid et Kazda, 2002), mais aussi en plantation (Achat *et al.*, 2008). Dans un SCI en Indiana (É.-U.), les noyers noirs (*Juglans nigra* L.) et les chênes rouges (*Quercus rubra* L.) occupaient aussi les mêmes horizons du sol que la culture intercalaire de maïs (*Zea mays* L.), soit de 0 à 30 cm sous la surface (Jose *et al.*, 2000a). Les plus grandes densités racinaires de surface sont souvent associées à une teneur plus élevée en matière organique, riche en éléments nutritifs, et dont la porosité est généralement plus élevée que les autres horizons de sol (Mou *et al.*, 1995; Sainju et Good, 1993; Schmid et Kazda, 2002). La capacité de rétention de l'humidité de la couche organique assure l'accès aux eaux de surface et limite la nécessité de prospecter en profondeur, particulièrement sous climat tempéré humide où les précipitations sont suffisantes et régulières pendant la saison de croissance.

La structure et la composition du sol sont aussi reconnues pour influencer le développement racinaire des plantes (Bakker *et al.*, 2008). Les sols à haute teneur en argile, sensibles à la compaction et de densité apparente élevée, peuvent limiter considérablement la prospection

verticale des racines en formant des horizons difficilement pénétrables (Achat *et al.*, 2008; Thomas, 2000). Aussi, les zones de lessivage fortement sableuses et indurées sont peu propices à la prospection racinaire (Crow, 2005). Dans notre étude, le sol est structuré par une couche fortement sableuse superposée à une autre plus argileuse, ce qui a pu limiter l'enracinement vertical des arbres. La possibilité de toxicité due à l'acidité du sol et à la présence d'aluminium (Tableau 1) peut aussi expliquer la faible pénétration des racines d'arbres (mais aussi du fourrage). L'aluminium est en effet reconnu pour agir négativement sur l'élongation racinaire (Ryan *et al.*, 1993). La matière organique en surface peut créer des complexes avec l'aluminium qui peuvent précipiter en profondeur par éluviation. La couche sableuse, elle aussi acide, doit certainement accumuler de tels complexes, expliquant la baisse draconienne de racines à partir de cet horizon.

Séparation spatiale et compétitivité

Bien que les profondeurs d'enracinement soient similaires entre le fourrage et le chêne rouge (95 % atteint à 35 cm et 25 cm respectivement), l'étude à résolution fine (palier d'échantillonnage de 5 cm en surface) de la distribution relative des racines fines a révélé une séparation spatiale entre ces deux composantes agroforestières. Les racines de fourrage sont concentrées dans les 10 premiers centimètres en dessous de la surface, alors que la plus grande proportion de racines fines de CHR se situe entre 10 et 30 cm de profondeur (Tableau 5). Cette séparation spatiale n'est pas observée pour le peuplier hybride.

Les deux espèces d'arbre ont des caractéristiques écologiques très différentes, les peupliers étant des espèces pionnières de début de succession, alors que le chêne rouge est une espèce

de tolérance intermédiaire à l'ombre de mi et fin de succession (Finér *et al.*, 1997; Kaelke *et al.*, 2001). Les différences morphologiques et allométriques entre les types successionnels sont connues au niveau des paramètres aériens, (Claveau *et al.*, 2002; Messier *et al.*, 1999) mais moins au niveau souterrain. Cependant plusieurs études démontrent une structure racinaire différente entre les espèces de début et de mi-, fin de succession (Coll *et al.*, 2008; Finér *et al.*, 1997; Gale et Grigal, 1987). Bauhus et Messier (1999) ont comparé la capacité à exploiter les sols d'espèces d'arbres tolérantes à l'ombre (*Abies balsamea* (L.) Mill., *Picea glauca* (Moench) Voss) et d'espèces pionnières (*Populus tremuloides* Michx., *Betula papyrifera* Marsh.) en forêt boréale méridionale. Ils ont conclu que les arbres de début de succession tendent à produire de minces (SRL plus grande) racines fines (≤ 2 mm) et fortement ramifiées ce qui maximise l'occupation du volume de sol. Finér *et al.* (1997), dans une étude similaire (racines ≤ 10 mm), arrivent aux mêmes conclusions avec des racines plus ramifiées et de longueur totale plus importante pour les espèces pionnières, alors que la biomasse racinaire est comparable avec celle des espèces de fin de succession. Selon Coll *et al.* (2008), l'augmentation de la longueur racinaire sans augmentation de biomasse chez les espèces de début de succession suggère une différenciation morphologique plutôt qu'allométrique, augmentant ainsi la surface d'exploitation du sol, tout en allouant la biomasse à la croissance aérienne. Ceci est en accord avec nos résultats de densités de longueur de racines fines des peupliers beaucoup plus élevées que ceux obtenus des chênes rouges, même lorsque relativisé par la taille des arbres. La SRL moyenne du peuplier hybride est aussi plus élevée que celle du chêne rouge. Ces résultats confirment l'importance du choix des espèces d'arbres lors de la mise en place d'un système agroforestier, les espèces de lumière créant possiblement de fortes interactions de compétition avec la culture intercalaire, du moins pour l'espace. Cependant,

l'aspect dynamique des SCI associant plusieurs espèces d'arbres est aussi à considérer; les peupliers hybrides à croissance rapide arriveront à maturité et seront récoltés beaucoup plus tôt (20ans) que les chênes rouges (60ans) et leur nombre peut être ajusté.

Travail du sol

Plusieurs études ont montré une réduction de racines fines suite au travail du sol (Burgess *et al.*, 2005; Burgess *et al.*, 1998; Livesley *et al.*, 2000) . Selon Coker (1959) (cité par Gilman (1990)) les arbres ont une extension racinaire (latérale et verticale) moins élevée en sol cultivé comparativement aux arbres établis en milieu non cultivé. Gray (2000), quant à lui, démontre que la croissance des racines de peupliers hybrides en cultures intercalaires est significativement réduite à une profondeur correspondant au travail annuel du sol par la machinerie agricole. Pour Mulia et Dupraz (2006) l'impact s'étend au-delà de la zone d'influence du travail du sol. Le système de culture intercalaire pérenne et biologique de notre étude n'a subi que très peu de travail mécanique du sol depuis son implantation, le dernier labour datant de 2009, lors de la mise en place de la culture de mil et trèfle. L'intégration d'activité de travail du sol, comme pratiquée pour des cultures annuelles, ou de cernage racinaire dans la régie du système pourrait induire une meilleure séparation spatiale des racines des différentes composantes (Hou *et al.*, 2003; Jose *et al.*, 2004).

Importance du facteur lumineux

L'agrosystème est moins productif sur le plan agricole tel qu'il est structuré aujourd'hui, en raison d'une importante réduction de la biomasse fourragère aux abords des arbres, particulièrement près des peupliers hybrides. Cette réduction de rendement fourrager serait principalement due à la baisse de la disponibilité de lumière. Plusieurs études jugent aussi plus importante la compétition pour l'énergie lumineuse que la compétition souterraine en milieu tempéré et humide (Chirko *et al.*, 1996; Ding et Su, 2010; Friday et Fownes, 2002; Jose *et al.*, 2004). Ceci est d'autant plus vrai pour les systèmes en régie conventionnelle du fait de la plus forte fertilisation des terres. De plus, comme mentionné auparavant, les pluies en région tempérée sont relativement abondantes pour assurer l'approvisionnement.

À proximité des peupliers hybrides, la lumière disponible pour la culture intercalaire est la plus faible mesurée sur le dispositif, notamment à cause de la taille des arbres et de la densité de plantation sur le rang. Cependant la très forte réduction de biomasse fourragère, le ratio élevé de densité racinaire par unité de biomasse fourragère (FRLD/BIOMASSE) et les hautes valeurs de densité racinaires en surface du PEH incitent à considérer également la limitation des ressources du sol.

De la même manière qu'il est possible d'améliorer la séparation spatiale entre les arbres et la culture intercalaire par le travail du sol ou le cernage racinaire, la compétition pour la lumière peut être maîtrisée par des éclaircies, élagages et tailles de formation. L'espacement entre les arbres sur le rang devra être accru à près de 6 m (abattage de 2 arbres sur 3) pour soutenir une production rapide de bois de peuplier de qualité; un tel espacement aurait pu être établi au départ. D'ailleurs, en Europe, il est maintenant recommandé de planter les arbres à des densités de 50 à 100 arbres à l'hectare, en les espaçant sur et entre les rangées (Yin et He,

1997). Aussi, une zone tampon de 2 m sans culture est suggérée de part et d'autre des arbres (Rivest et Olivier, 2007).

Conclusion

L'étude n'a pas démontré d'enracinement plus profond des arbres en présence de la culture intercalaire, mais plutôt des profils superficiels à l'instar de nombreuses espèces d'arbres en plantation ou en milieu naturel avec sol acide. Cependant, les chênes rouges, et contrairement aux peupliers hybrides, adaptent leur enracinement en diminuant leur densité racinaire de surface entraînant ainsi une séparation spatiale avec le système racinaire de la culture intercalaire.

Le rendement agricole diminue près des arbres, particulièrement à proximité des peupliers hybrides. Cependant, nos résultats suggèrent une plus grande importance de la compétition pour la lumière que la compétition racinaire. Ceci expliquerait les meilleurs rendements agricoles obtenus au centre des allées intercalaires malgré la présence des racines fines de peupliers hybrides.

Les paramètres de lumière peuvent être améliorés par des interventions sylvicoles pour accroître la productivité agricole du système. Un travail du sol plus régulier (labour-hersage), ou le cernage racinaire pourrait être envisagé pour permettre une meilleure séparation des zones d'enracinement entre les arbres et la culture intercalaire. Aussi, des densités de plantation plus faibles limiteraient considérablement l'impact des arbres sur la réduction de la lumière et la compétition racinaire.

L'impact des peupliers à croissance rapide sur la culture à ce stade de développement du système (8 saisons de croissance) est plus grand que celui des chênes rouges tant au niveau aérien qu'au niveau souterrain. Cependant, leur réseau racinaire plus dense et plus large peut

être considéré comme un atout sur le plan environnemental en séquestrant plus de carbone et pouvant mieux accomplir les fonctions de filets de sécurité et de pompes hydrauliques. Aussi, les peupliers hybrides seront récoltés plus rapidement que les chênes rouges et l'espace libéré sera favorable à la productivité de la culture intercalaire malgré un impact probablement grandissant des chênes. Cet aspect dynamique des systèmes agroforestiers les rapproche des écosystèmes naturels et devrait être réfléchi et approfondi pour leur succès futur, notamment par le suivi évolutif du système.

Références

Achat D. L., Bakker M. R. et Trichet P. (2008) Rooting patterns and fine root biomass of *Pinus pinaster* assessed by trench wall and core methods. *Journal of Forest Research* 13: 165-175.

Aigner M. et Ziegler G. M. (2006) Raisonnements divins: quelques démonstrations mathématiques particulièrement élégantes. Springer Verlag France.

Allen S. C., Jose S., Nair P. K. R., Brecke B. J., Nkedi-Kizza P. et Ramsey C. L. (2004) Safety-net role of tree roots: evidence from a pecan (*Carya illinoensis* K. Koch)–cotton (*Gossypium hirsutum* L.) alley cropping system in the southern United States. *Forest Ecology and Management* 192: 395-407.

Ashton M. S. et Montagnini F. (2000) A philosophical approach to silviculture in agroforestry. In: Ashton M. S., Montagnini F. (eds) *The silvicultural basis for agroforestry systems*. CRC Press, pp 1-8.

Bakker M. R., Turpault M. P., Huet S. et Nys C. (2008) Root distribution of *Fagus sylvatica* in a chronosequence in western France. *Journal of Forest Research* 13: 176-184.

Baldy C., Dupraz C. et Schilizzi S. (1993) Vers de nouvelles agroforesteries en climats tempérés et méditerranéens I. Aspects agronomiques. *Cahiers Agricultures* 2: 375-386.

- Bauhus J. et Messier C. (1999) Soil exploitation strategies of fine roots in different tree species of the southern boreal forest of eastern Canada. *Canadian Journal of Forest Research* 29: 260-273.
- Bayala J., Teklehaimanot Z. et Ouedraogo S. J. (2004) Fine root distribution of pruned trees and associated crops in a parkland system in Burkina Faso. *Agroforestry Systems* 60: 13-26.
- Bengough A. G., Mackenzie C. J. et Diggle A. J. (1992) Relations between root length densities and root intersections with horizontal and vertical planes using root growth modelling in 3-dimensions. *Plant and Soil* 145: 245-252.
- Böhm W. (1976) In situ estimation of root length at natural soil profiles. *The Journal of Agricultural Science* 87: 365-368.
- Bouyoucos G. J. (1962) Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils. *Agronomy Journal* 54: 464-465.
- Burgess P. J., Incoll L. D., Corry D. T., Beaton A. et Hart B. J. (2005) Poplar (*Populus* spp) growth and crop yields in a silvoarable experiment at three lowland sites in England. *Agroforestry Systems* 63: 157-169.
- Burgess S. S. O., Adams M. A., Turner N. C. et Ong C. K. (1998) The redistribution of soil water by tree root systems. *Oecologia* 115: 306-311.
- Canadell J., Jackson R. B., Ehleringer J. B., Mooney H. A., Sala O. E. et Schulze E. D. (1996) Maximum rooting depth of vegetation types at the global scale. *Oecologia* 108: 583-595.

Cannell M. G. R., Noordwijk M. et Ong C. K. (1996) The central agroforestry hypothesis: the trees must acquire resources that the crop would not otherwise acquire. *Agroforestry Systems* 34: 27-31.

Casper Brenda B. et Jackson Robert B. (1997) Plant Competition Underground. *Annual Review of Ecology and Systematics* 28: 545-570.

Chirko C. P., Gold M. A., Nguyen P. V. et Jiang J. P. (1996) Influence of direction and distance from trees on wheat yield and photosynthetic photon flux density (Q_p) in a Paulownia and wheat intercropping system. *Forest Ecology and Management* 83: 171-180.

Chopart J. L. et Siband P. (1999) Development and validation of a model to describe root length density of maize from root counts on soil profiles. *Plant and Soil* 214: 61-74.

Claveau Y., Messier C., Comeau P. G et Coates K D. (2002) Growth and crown morphological responses of boreal conifer seedlings and saplings with contrasting shade tolerance to a gradient of light and height. *Canadian Journal of Forest Research* 32: 458-468.

Coker E. (1959) Root development in grass and clean cultivation. *Journal of Horticultural Sciences* 34: 111-121.

Coll L., Potvin C., Messier C. et Delagrange S. (2008) Root architecture and allocation patterns of eight native tropical species with different successional status used in open-grown mixed plantations in Panama. *Trees* 22: 585-596.

CRAAQ. (2010) Guide de référence en fertilisation, 2e edn. Centre de Référence en Agriculture et Agroalimentaire du Québec.

Crow P. (2005) The influence of soils and species on tree root depth. Forestry Commission, United Kingdom, 7 pp.

Delhaize E. et Ryan P. R. (1995) Aluminum toxicity and tolerance in plants. *Plant physiology* 107: 315.

Ding S. et Su P. (2010) Effects of tree shading on maize crop within a Poplar-maize compound system in Hexi Corridor oasis, northwestern China. *Agroforestry Systems* 80: 117-129.

Duffy J. E. (2009) Why biodiversity is important to the functioning of real-world ecosystems. *Frontiers in Ecology and the Environment* 7: 437-444.

FAO. (2013) Advancing Agroforestry on the Policy Agenda: A guide for decision-makers. *Agroforestry Working Paper*. Rome. 37

Finér L., Messier C. et De Grandpré L. (1997) Fine-root dynamics in mixed boreal conifer-broad-leaved forest stands at different successional stages after fire. *Canadian Journal of Forest Research* 27: 304-314.

Frazer G. W., Canham C. D. et Lertzman K. P. (1999) Gap Light Analyzer (GLA), Version 2.0: Imaging software to extract canopy structure and gap light transmission indices from true-colour fisheye photographs, users manual and program documentation. Simon Fraser University, Burnaby, British Columbia, and the Institute of Ecosystem Studies, Millbrook, New York 36.

Friday J. B. et Fownes J. H. (2002) Competition for light between hedgerows and maize in an alley cropping system in Hawaii, USA. *Agroforestry Systems* 55: 125-137.

Gale M. R. et Grigal D. F. (1987) Vertical root distributions of northern tree species in relation to successional status. *Canadian Journal of Forest Research* 17: 829-834.

Gillespie 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.

Gilman E. F. (1990) Tree root growth and development. II. Response to culture, management and planting. *Journal of Environmental Horticulture* 8: 220-227.

Gray G. R. A. (2000) Root distribution of hybrid poplar in a temperate agroforestry intercropping system. Department of Environmental Biology. Université de Guelph; Ontario, p 116.

Hou Q., Brandle J. R., Hubbard K., Schoeneberger M. M., Nieto C. et Francis C. (2003) Alteration of soil water content consequent to root-pruning at a windbreak/crop interface in Nebraska, USA. *Agroforestry Systems* 57: 137-147.

IPCC. (2000) Land use, land-use change, and forestry. Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, U.K.

Jackson R. B., Canadell J., Ehleringer J. R., Mooney H. A., Sala O. E. et Schulze E. D. (1996) A global analysis of root distributions for terrestrial biomes. *Oecologia* 108: 389-411.

Jose S, Gillespie AR, Seifert JR et Biehle DJ. (2000a) Defining competition vectors in a temperate alley cropping system in the midwestern USA: 2. Competition for water. *Agroforestry Systems* 48: 41-59.

Jose S. (2009) Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. *Agroforestry Systems* 76: 1-10.

Jose S., Gillespie A. R. et Pallardy S. G. (2004) Interspecific interactions in temperate agroforestry. *Agroforestry Systems* 61: 237-255.

Jose S., Gillespie A. R., Seifert J. R., Mengel D. B. et Pope P. E. (2000b) Defining competition vectors in a temperate alley cropping system in the midwestern USA: 3. Competition for nitrogen and litter decomposition dynamics. *Agroforestry Systems* 48: 61-77.

Kaelke C. M., Kruger E. L. et Reich P. B. (2001) Trade-offs in seedling survival, growth, and physiology among hardwood species of contrasting successional status along a light-availability gradient. *Canadian Journal of Forest Research* 31: 1602-1616.

Lee K-H. et Jose S. (2003) Soil respiration and microbial biomass in a pecan—cotton alley cropping system in Southern USA. *Agroforestry Systems* 58: 45-54.

Limoges B. (2009) Biodiversité, services écologiques et bien-être humain. *Le naturaliste canadien* 133: 15-19.

Livesley S. J., Gregory P. J. et Buresh R. J. (2000) Competition in tree row agroforestry systems. 1. Distribution and dynamics of fine root length and biomass. *Plant and Soil* 227: 149-161.

Logsdon S. D. et Allmaras R. R. (1991) Maize and soybean root clustering as indicated by root mapping. *Plant and Soil* 131: 169-176.

Messier C., Doucet R., Ruel J-C., Claveau Y., Kelly C. et Lechowicz M. J. (1999) Functional ecology of advance regeneration in relation to light in boreal forests. *Canadian Journal of Forest Research* 29: 812-823.

Meteorological Service of Canada (2006) Canadian climate normals 1971-2000. Environnement Canada.

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

Moreno G., Obrador J. J., Cubera E. et Dupraz C. (2005) Fine Root Distribution in Dehesas of Central-Western Spain. *Plant and Soil* 277: 153-162.

Mou P., Jones R. H., Mitchell R. J. et Zutter B. (1995) Spatial distribution of roots in sweetgum and loblolly pine monocultures and relations with above-ground biomass and soil nutrients. *Functional Ecology*: 689-699.

Mulia R. et Dupraz C. (2006) Unusual Fine Root Distributions of Two Deciduous Tree Species in Southern France: What Consequences for Modelling of Tree Root Dynamics? *Plant and Soil* 281: 71-85.

Nair P. K. R. (2012) Climate change mitigation: a low-hanging fruit of agroforestry. *Agroforestry-The Future of Global Land Use*: 31-67.

Pageau E. (1967) Étude pédologique des comtés de Trois-Rivières et de Saint-Maurice. Division des sols, Ministère de l'agriculture et de la colonisation du Québec.

Paquette A. et Messier C. (2011) The effect of biodiversity on tree productivity: from temperate to boreal forests. *Global Ecology and Biogeography* 20: 170-180.

Peichl M., Thevathasan N. V., Gordon A. M., Huss J. et Abohassan R. A. (2006) Carbon Sequestration Potentials in Temperate Tree-Based Intercropping Systems, Southern Ontario, Canada. *Agroforestry Systems* 66: 243-257.

Price G. W. et Gordon A. M. (1998) Spatial and temporal distribution of earthworms in a temperate intercropping system in southern Ontario, Canada. *Agroforestry Systems* 44: 141-149.

Rivest D., Cogliastro A., Bradley R. L. et Olivier A. (2010) Intercropping hybrid poplar with soybean increases soil microbial biomass, mineral N supply and tree growth. *Agroforestry Systems* 80: 33-40.

Rivest D. et Olivier A. (2007) Cultures intercalaires avec arbres feuillus: quel potentiel pour le Québec? *The Forestry Chronicle* 83: 526-538.

Ryan PR, Ditomaso JM et Kochian LV. (1993) Aluminium Toxicity in Roots: An Investigation of Spatial Sensitivity and the Role of the Root Cap. *Journal of Experimental Botany* 44: 437-446.

Sainju U. M. et Good R. E. (1993) Vertical root distribution in relation to soil properties in New Jersey Pinelands forests. *Plant and Soil* 150: 87-97.

Schmid I. et Kazda M. (2002) Root distribution of Norway spruce in monospecific and mixed stands on different soils. *Forest Ecology and Management* 159: 37-47.

Sharrow S. H. et Ismail S. (2004) Carbon and nitrogen storage in agroforests, tree plantations, and pastures in western Oregon, USA. *Agroforestry Systems* 60: 123-130.

Sinclair F. L. (1999) A general classification of agroforestry practice. *Agroforestry Systems* 46: 161-180.

Thomas F. M. (2000) Vertical rooting patterns of mature *Quercus* trees growing on different soil types in northern Germany. *Plant Ecology* 147: 95-103.

Van Noordwijk M., Brouwer G., Meijboom F., Do Rosario M., Oliveira G. et Bengough A. G. (2000) Trench profile techniques and core break methods. In: Smit A. L., Bengough A. G., Engels C., Van Noordwijk M., Pellerin S., Van de Geijn S. C. (eds) *Root methods: a handbook*. Springer, Berlin, Germany, pp 211-233.

Van Noordwijk M., Lawson G. J., Soumare A., Groot J. R. et Hairiah K. (1996) Root distribution of trees and crops: competition and/or complementarity. In: Ong C. K., Huxley P. (eds) *Tree-Crops Interactions: A Physiological Approach*. CAB-International, Wallingford, UK, pp 319-364.

Vepraskas M. J. et Hoyt G. D. (1988) Comparison of the trench-profile and core methods for evaluating root distributions in tillage studies. *Agronomy Journal* 80: 166-172.

Wanvestraut R. H., Jose S., Nair P. K. R. et Brecke B. J. (2004) Competition for water in a pecan (*Carya illinoensis* K. Koch)–cotton (*Gossypium hirsutum* L.) alley cropping system in the southern United States. *Agroforestry Systems* 60: 167-179.

Yin R. et He Q. (1997) The spatial and temporal effects of paulownia intercropping: The case of northern China. *Agroforestry Systems* 37: 91-109.

Young Anthony. (1989) *Agroforestry for soil conservation*. Cab International Wallingford, UK.

Zinke P. J. (1962) The pattern of influence of individual forest trees on soil properties. *Ecology* 43: 130-133.

ANNEXE 1 : Données brutes de comptage racinaire

FORMAT D'UNE GRILLE DE COMPTAGE RACINAIRE

	1	2	3	4	5	
A1						5cm
A2						
B1						10cm
B2						
C						
D						
E						
F						
G						
H						
I						
J						
						10cm

TRAIT

MA-monoculture agricole
ASC-arbre sans culture
PAI-paillis (non analysé)
SPAI-sans paillis (non analysé)
SCI-système de culture intercalaire

TYPE

Réfère au type de racine répertorié
CHR-chêne rouge
PEH-peuplier hybride
FOUR-Fourrage
Herbe-herbacée spontanée (non analysé)

ESPÈCE

Réfère à l'arbre ou fourrage
associé à la tranchée
CHR-chêne rouge
PEH-peuplier hybride
MA-monoculture agricole

DISTANCE

Réfère à la position du cadre dans la tranchée
0,75=Paillis= de 50 cm à 1 m
0,75=Sans paillis= de 50 cm à 1 m
1,5= de 1,25 m à 1,75 m
3,5= de 3,25 m à 3,75 m
5,75= de 5,5 m à 6m
ALEA= position aléatoire pour monoculture
agricole

DATE	BLOC	TRAIT	ESPÈCE	DISTANCE	TYPE	# CELLULE	A1	A2	B1	B2	C	D	E	F	G	H	I	J
12-07-2011	1	ASC	CHR	1,5	CHR	1	12	10	7	5	4	2	2	2	0	0	0	0
12-07-2011	1	ASC	CHR	1,5	CHR	2	7,2	13	6,7	4	4	5	2	0	0	0	0	0
12-07-2011	1	ASC	CHR	1,5	CHR	3	6	9	9	4	3	3	0	1	1	0	0	0
12-07-2011	1	ASC	CHR	1,5	CHR	4	6,4	11,5	5,3	4,2	3	1	1	0	0	0	0	0
12-07-2011	1	ASC	CHR	1,5	CHR	5	.	8	5	7	3	3	1	0	0	0	0	0
12-07-2011	1	ASC	CHR	1,5	Herbe	1	52	33	35	26	19	3	5	3	1	2	0	0
12-07-2011	1	ASC	CHR	1,5	Herbe	2	43,8	41	35,3	24	26	6	6	4	0	0	0	0
12-07-2011	1	ASC	CHR	1,5	Herbe	3	58	27	49	28	9	5	10	6	2	0	0	0
12-07-2011	1	ASC	CHR	1,5	Herbe	4	61,6	44,5	34,7	20,8	14	6	3	3	2	2	0	1
12-07-2011	1	ASC	CHR	1,5	Herbe	5	.	39	54	26	6	6	5	3	0	0	0	0
12-07-2011	1	ASC	CHR	3,5	CHR	1	5	3	3	1	3	1	0	0	0	0	0	0
12-07-2011	1	ASC	CHR	3,5	CHR	2	2,5	3,8	3	3	2	1	0	0	0	0	0	0
12-07-2011	1	ASC	CHR	3,5	CHR	3	1	1	2	2	2	1	0	0	1	0	0	0
12-07-2011	1	ASC	CHR	3,5	CHR	4	1,4	3,3	3	2	0	1	0	0	0	0	0	0
12-07-2011	1	ASC	CHR	3,5	CHR	5	2	3	4	5	2	0	0	0	1	0	0	0
12-07-2011	1	ASC	CHR	3,5	Herbe	1	67	20	10	3	15	4	3	4	3	3	1	0
12-07-2011	1	ASC	CHR	3,5	Herbe	2	53,5	28,2	15	8	12	9	3	1	2	0	0	0
12-07-2011	1	ASC	CHR	3,5	Herbe	3	60	10	8	6	9	6	5	3	0	4	0	0
12-07-2011	1	ASC	CHR	3,5	Herbe	4	51,6	15,7	10	13	7	5	2	4	3	1	0	0
12-07-2011	1	ASC	CHR	3,5	Herbe	5	47	9	20	13	11	8	9	5	2	7	0	1
12-07-2011	1	ASC	CHR	5,75	CHR	1	5	3	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0
12-07-2011	1	ASC	CHR	5,75	CHR	2	3,7	3,4	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0
12-07-2011	1	ASC	CHR	5,75	CHR	3	1	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
12-07-2011	1	ASC	CHR	5,75	CHR	4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12-07-2011	1	ASC	CHR	5,75	CHR	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12-07-2011	1	ASC	CHR	5,75	Herbe	1	41	15	23	8	12	8	3	4	4	2	1	0
12-07-2011	1	ASC	CHR	5,75	Herbe	2	38,8	30,6	18	24	10	13	8	4	6	4	2	1
12-07-2011	1	ASC	CHR	5,75	Herbe	3	22	30	18	20	15	10	10	5	3	5	1	1
12-07-2011	1	ASC	CHR	5,75	Herbe	4	30	27	22	17	28	6	4	5	4	4	5	3
11-07-2011	1	ASC	CHR	5,75	Herbe	5	26	18	17	19	12	7	2	2	5	3	2	0
11-07-2011	1	ASC	PEH	1,5	PEH	1	0	8	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0
11-07-2011	1	ASC	PEH	1,5	PEH	2	1,8	12,3	4	2	3	1	0	0	0	0	0	0
11-07-2011	1	ASC	PEH	1,5	PEH	3	4	8	4	0	2	1	0	0	0	0	0	0

DATE	BLOC	TRAIT	ESPÈCE	DISTANCE	TYPE	# CELLULE	A1	A2	B1	B2	C	D	E	F	G	H	I	J
11-07-2011	1	ASC	PEH	1,5	PEH	4	4,9	7,4	1	3	3	0	0	0	0	0	0	0
11-07-2011	1	ASC	PEH	1,5	PEH	5	7	6	8	5	4	3	0	0	0	2	0	0
11-07-2011	1	ASC	PEH	1,5	Herbe	1	40	10	5	4	5	11	2	0	0	0	0	0
11-07-2011	1	ASC	PEH	1,5	Herbe	2	41,2	33,7	19	9	9	6	4	2	0	0	0	0
11-07-2011	1	ASC	PEH	1,5	Herbe	3	50	34	9	8	8	6	1	2	0	0	0	0
11-07-2011	1	ASC	PEH	1,5	Herbe	4	33,1	31,6	10	9	5	5	2	0	0	0	0	0
11-07-2011	1	ASC	PEH	1,5	Herbe	5	25	26	17	13	6	3	2	0	0	0	0	0
11-07-2011	1	ASC	PEH	3,5	PEH	1	0	7	9	5	2	3	2	0	0	0	1	0
11-07-2011	1	ASC	PEH	3,5	PEH	2	0	41	0	0	4	3	0	0	0	0	0	1
11-07-2011	1	ASC	PEH	3,5	PEH	3	0	3	3	3	3	2	0	0	0	0	2	0
11-07-2011	1	ASC	PEH	3,5	PEH	4	0	6,2	6	2	7	3	0	0	0	0	0	0
11-07-2011	1	ASC	PEH	3,5	PEH	5	1	5	4	3	1	4	0	0	0	0	2	1
11-07-2011	1	ASC	PEH	3,5	Herbe	1	43	24	32	13	13	13	9	0	0	0	0	0
11-07-2011	1	ASC	PEH	3,5	Herbe	2	37	34,4	23	13	14	10	4	0	0	0	0	0
11-07-2011	1	ASC	PEH	3,5	Herbe	3	31	28	11	8	13	11	1	2	0	0	0	0
11-07-2011	1	ASC	PEH	3,5	Herbe	4	45	30,8	24	5	22	5	4	0	0	0	0	0
11-07-2011	1	ASC	PEH	3,5	Herbe	5	26	12	17	15	14	6	3	0	0	0	1	0
11-07-2011	1	ASC	PEH	5,75	PEH	1	2	3	2	1	2	0	0	2	0	0	0	0
11-07-2011	1	ASC	PEH	5,75	PEH	2	3,1	5,2	2	3	2	4	1	0	0	0	0	1
11-07-2011	1	ASC	PEH	5,75	PEH	3	3	4	2	2	6	2	0	0	0	1	0	0
11-07-2011	1	ASC	PEH	5,75	PEH	4	1,5	4,3	6	6	2	0	0	0	0	0	0	0
11-07-2011	1	ASC	PEH	5,75	PEH	5	0	4	3	4	5	2	1	0	0	0	0	0
11-07-2011	1	ASC	PEH	5,75	Herbe	1	38	20	9	5	10	8	4	3	3	2	1	0
11-07-2011	1	ASC	PEH	5,75	Herbe	2	43,9	26,8	9	7	6	14	6	5	2	3	3	0
11-07-2011	1	ASC	PEH	5,75	Herbe	3	33	16	15	10	23	8	6	4	4	2	0	0
11-07-2011	1	ASC	PEH	5,75	Herbe	4	45,5	25,7	33	16	20	7	8	2	1	0	0	0
11-07-2011	1	ASC	PEH	5,75	Herbe	5	56	32	18	4	8	5	13	5	1	0	0	0
12-07-2011	1	MA	MA	ALEA	FOUR	1	49	42	28	23	34	6	0	0	0	1	0	0
12-07-2012	1	MA	MA	ALEA	FOUR	2	63	45	31	18	26	5	0	2	0	1	0	0
12-07-2013	1	MA	MA	ALEA	FOUR	3	59	34	27	16	30	11	5	0	3	0	0	0
12-07-2014	1	MA	MA	ALEA	FOUR	4	41	31	25	13	34	1	0	3	0	2	1	0
12-07-2015	1	MA	MA	ALEA	FOUR	5	44	33	12	18	17	0	0	0	2	0	1	0
14-07-2011	1	SPAI	PEH	0,75	PEH	1	12	13	4	4	5	7	2	0	0	0	0	1

DATE	BLOC	TRAIT	ESPÈCE	DISTANCE	TYPE	# CELLULE	A1	A2	B1	B2	C	D	E	F	G	H	I	J
14-07-2011	1	SPAI	PEH	0,75	PEH	2	9	11,5	5	5	3	3	1	0	0	0	0	2
14-07-2011	1	SPAI	PEH	0,75	PEH	3	12	7	10	7	8	3	1	0	0	0	0	0
14-07-2011	1	SPAI	PEH	0,75	PEH	4	11,1	11,2	7	3	6	10	1	1	0	0	2	3
14-07-2011	1	SPAI	PEH	0,75	PEH	5	7	7	7	2	10	7	0	0	0	0	0	1
14-07-2011	1	SPAI	PEH	0,75	Herbe	1	55	29	15	16	13	7	5	0	0	0	0	0
14-07-2011	1	SPAI	PEH	0,75	Herbe	2	37	26,5	11	10	14	8	6	2	0	1	0	1
14-07-2011	1	SPAI	PEH	0,75	Herbe	3	38	17	11	11	13	16	2	3	0	0	1	1
14-07-2011	1	SPAI	PEH	0,75	Herbe	4	40,9	24,8	14	4	13	17	4	0	0	1	2	0
14-07-2011	1	SPAI	PEH	0,75	Herbe	5	32	14	12	6	16	15	2	0	0	0	0	0
14-07-2011	1	PAI	PEH	0,75	PEH	1	10	12	16	7	9	4	2	1	2	0	0	1
14-07-2011	1	PAI	PEH	0,75	PEH	2	9	11	8	15	11	9	2	0	0	0	0	0
14-07-2011	1	PAI	PEH	0,75	PEH	3	11	11	11	6	9	4	0	0	0	0	0	0
14-07-2011	1	PAI	PEH	0,75	PEH	4	9	8	6	5	12	0	0	0	0	0	0	0
14-07-2011	1	PAI	PEH	0,75	PEH	5	11	11	8	9	15	4	2	0	0	0	0	0
14-07-2011	1	PAI	PEH	0,75	Herbe	1	8	8	6	3	1	3	0	1	0	0	0	0
14-07-2011	1	PAI	PEH	0,75	Herbe	2	6	8	5	8	4	2	1	0	0	0	0	1
14-07-2011	1	PAI	PEH	0,75	Herbe	3	6	7	5	4	2	2	0	0	0	0	0	0
14-07-2011	1	PAI	PEH	0,75	Herbe	4	8	7	4	2	4	1	0	0	0	0	0	0
14-07-2011	1	PAI	PEH	0,75	Herbe	5	6	9	3	3	3	1	0	1	0	0	0	0
14-07-2011	1	SCI	PEH	1,5	PEH	1	12	11	9	6	8	4	0	0	0	0	0	0
14-07-2011	1	SCI	PEH	1,5	PEH	2	11,5	9,8	8	8	4	3	0	0	0	0	0	0
14-07-2011	1	SCI	PEH	1,5	PEH	3	8	5	6	6	5	1	0	0	0	0	0	0
14-07-2011	1	SCI	PEH	1,5	PEH	4	7,3	8,3	4	2	9	0	0	0	0	0	0	0
14-07-2011	1	SCI	PEH	1,5	PEH	5	6	11	10	6	5	5	0	0	0	0	0	3
14-07-2011	1	SCI	PEH	1,5	FOUR	1	64	25	12	6	8	3	1	0	0	0	0	0
14-07-2011	1	SCI	PEH	1,5	FOUR	2	58,4	31,2	11	13	11	6	0	2	0	0	0	0
14-07-2011	1	SCI	PEH	1,5	FOUR	3	38	26	11	10	11	4	1	0	0	0	0	1
14-07-2011	1	SCI	PEH	1,5	FOUR	4	44,7	30,7	13	10	7	5	2	0	0	0	0	0
14-07-2011	1	SCI	PEH	1,5	FOUR	5	48	23	14	13	12	8	2	0	0	0	2	0
14-07-2011	1	SCI	PEH	3,5	PEH	1	21	11	4	7	10	6	0	0	0	0	0	0
14-07-2011	1	SCI	PEH	3,5	PEH	2	12,5	11	10	8	9	3	2	0	0	0	0	1
14-07-2011	1	SCI	PEH	3,5	PEH	3	12	8	10	6	6	0	0	0	0	0	0	0
14-07-2011	1	SCI	PEH	3,5	PEH	4	37	9,1	11	6	5	1	0	0	0	0	0	0

DATE	BLOC	TRAIT	ESPÈCE	DISTANCE	TYPE	# CELLULE	A1	A2	B1	B2	C	D	E	F	G	H	I	J
14-07-2011	1	SCI	PEH	3,5	PEH	5	6	4	8	4	4	2	0	0	0	0	1	0
14-07-2011	1	SCI	PEH	3,5	FOUR	1	45	22	23	18	7	5	3	2	3	1	0	0
14-07-2011	1	SCI	PEH	3,5	FOUR	2	26,5	21	13	17	15	10	1	2	1	0	0	0
14-07-2011	1	SCI	PEH	3,5	FOUR	3	25	14	15	10	14	4	3	1	0	0	0	0
14-07-2011	1	SCI	PEH	3,5	FOUR	4	25,9	18,1	18	10	7	3	0	0	0	0	1	0
14-07-2011	1	SCI	PEH	3,5	FOUR	5	17	11	19	9	10	2	0	0	0	0	0	0
14-07-2011	1	SCI	PEH	5,75	PEH	1	3	3	2	2	5	0	0	0	0	0	0	0
14-07-2011	1	SCI	PEH	5,75	PEH	2	1,6	5	3	3	6	0	0	0	0	0	1	0
14-07-2011	1	SCI	PEH	5,75	PEH	3	2	7	4	0	4	2	0	0	0	0	0	0
14-07-2011	1	SCI	PEH	5,75	PEH	4	3,9	6,5	1	0	5	3	0	0	0	0	0	0
14-07-2011	1	SCI	PEH	5,75	PEH	5	4	2	1	3	4	0	0	0	0	0	0	0
14-07-2011	1	SCI	PEH	5,75	FOUR	1	63	16	10	6	15	0	0	0	0	0	0	0
14-07-2011	1	SCI	PEH	5,75	FOUR	2	29,4	17	6	5	15	1	0	0	0	0	0	0
14-07-2011	1	SCI	PEH	5,75	FOUR	3	27	18	9	7	8	4	0	0	0	0	0	0
14-07-2011	1	SCI	PEH	5,75	FOUR	4	34,1	29,5	8	5	8	9	0	0	0	0	0	0
14-07-2011	1	SCI	PEH	5,75	FOUR	5	26	23	7	12	18	0	0	0	0	0	0	0
19-07-2011	1	PAI	CHR	0,75	CHR	1	6	6	5	3	4	0	0	0	0	0	0	0
19-07-2011	1	PAI	CHR	0,75	CHR	2	8	5	3	1	3	1	0	0	0	0	0	0
19-07-2011	1	PAI	CHR	0,75	CHR	3	4	3	3	2	3	0	0	0	0	0	0	0
19-07-2011	1	PAI	CHR	0,75	CHR	4	3	4	2	2	4	0	0	0	0	0	0	0
19-07-2011	1	PAI	CHR	0,75	CHR	5	2	2	2	3	2	0	0	0	0	0	0	0
19-07-2011	1	PAI	CHR	0,75	Herbe	1	36	21	9	9	31	13	0	0	0	0	0	0
19-07-2011	1	PAI	CHR	0,75	Herbe	2	32	22	8	9	15	6	0	0	0	0	0	0
19-07-2011	1	PAI	CHR	0,75	Herbe	3	22	12	8	7	13	7	1	0	0	0	0	0
19-07-2011	1	PAI	CHR	0,75	Herbe	4	22	12	21	8	25	6	1	1	0	0	0	0
19-07-2011	1	PAI	CHR	0,75	Herbe	5	13	14	14	9	19	8	0	0	0	0	0	0
18-07-2011	1	SPAI	CHR	0,75	CHR	1	.	4	1	3	3	1	0	0	0	0	0	0
18-07-2011	1	SPAI	CHR	0,75	CHR	2	.	4	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0
18-07-2011	1	SPAI	CHR	0,75	CHR	3	.	0	0	2	2	6	0	0	0	0	0	0
18-07-2011	1	SPAI	CHR	0,75	CHR	4	0	3	4	3	2	2	0	0	0	0	0	0
18-07-2011	1	SPAI	CHR	0,75	CHR	5	0	2	5	2	2	2	0	0	0	0	0	0
18-07-2011	1	SPAI	CHR	0,75	Herbe	1	.	28	16	12	4	7	3	0	0	0	0	0
18-07-2011	1	SPAI	CHR	0,75	Herbe	2	.	36	12	14	7	11	5	1	0	0	0	0

DATE	BLOC	TRAIT	ESPÈCE	DISTANCE	TYPE	# CELLULE	A1	A2	B1	B2	C	D	E	F	G	H	I	J
18-07-2011	1	SPAI	CHR	0,75	Herbe	3	.	16	15	15	9	8	2	0	0	0	0	0
18-07-2011	1	SPAI	CHR	0,75	Herbe	4	27	16	20	9	23	13	3	0	0	0	0	0
18-07-2011	1	SPAI	CHR	0,75	Herbe	5	33	21	30	19	11	9	7	1	0	0	0	0
19-07-2011	1	SCI	CHR	1,5	CHR	1	0	3	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
19-07-2011	1	SCI	CHR	1,5	CHR	2	0	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
19-07-2011	1	SCI	CHR	1,5	CHR	3	3	5	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0
19-07-2011	1	SCI	CHR	1,5	CHR	4	0	5	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0
19-07-2011	1	SCI	CHR	1,5	CHR	5	1	4	5	7	0	0	0	0	0	0	0	0
19-07-2011	1	SCI	CHR	1,5	FOUR	1	39	32	20	15	11	0	0	0	0	0	0	0
19-07-2011	1	SCI	CHR	1,5	FOUR	2	25	23	23	10	5	0	0	0	0	0	0	0
19-07-2011	1	SCI	CHR	1,5	FOUR	3	40	29	10	11	9	0	0	0	0	0	0	0
19-07-2011	1	SCI	CHR	1,5	FOUR	4	28	21	14	7	6	0	0	0	0	0	0	0
19-07-2011	1	SCI	CHR	1,5	FOUR	5	17	18	25	14	7	7	2	0	1	0	0	0
19-07-2011	1	SCI	CHR	3,5	CHR	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19-07-2011	1	SCI	CHR	3,5	CHR	2	0	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
19-07-2011	1	SCI	CHR	3,5	CHR	3	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
19-07-2011	1	SCI	CHR	3,5	CHR	4	0	1	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0
19-07-2011	1	SCI	CHR	3,5	CHR	5	0	0	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
19-07-2011	1	SCI	CHR	3,5	FOUR	1	50	29	14	14	16	6	0	0	0	0	0	0
19-07-2011	1	SCI	CHR	3,5	FOUR	2	34	26	16	12	10	5	0	0	0	0	0	0
19-07-2011	1	SCI	CHR	3,5	FOUR	3	50	32	6	10	10	7	13	6	1	0	0	0
19-07-2011	1	SCI	CHR	3,5	FOUR	4	22	24	14	13	5	8	0	0	0	0	0	0
19-07-2011	1	SCI	CHR	3,5	FOUR	5	38	14	16	18	11	1	0	0	0	0	0	0
14-07-2011	1	SCI	CHR	5,75	PEH	1	5	3	3	2	5	1	0	0	0	0	0	0
14-07-2011	1	SCI	CHR	5,75	PEH	2	2,9	3,5	1	3	3	0	0	0	0	0	0	0
14-07-2011	1	SCI	CHR	5,75	PEH	3	1	3	0	1	6	0	0	0	0	0	2	0
14-07-2011	1	SCI	CHR	5,75	PEH	4	2,2	2,6	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
14-07-2011	1	SCI	CHR	5,75	PEH	5	2	1	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
14-07-2011	1	SCI	CHR	5,75	FOUR	1	62	30	16	11	21	1	0	0	0	0	0	0
14-07-2011	1	SCI	CHR	5,75	FOUR	2	48,1	30,5	14	11	20	2	0	0	0	0	0	0
14-07-2011	1	SCI	CHR	5,75	FOUR	3	39	22	24	19	11	3	0	0	0	1	0	0
14-07-2011	1	SCI	CHR	5,75	FOUR	4	51,5	24,4	6	9	25	2	0	0	0	0	0	0
14-07-2011	1	SCI	CHR	5,75	FOUR	5	32	15	7	4	22	0	0	0	0	0	0	0

DATE	BLOC	TRAIT	ESPÈCE	DISTANCE	TYPE	# CELLULE	A1	A2	B1	B2	C	D	E	F	G	H	I	J
22-07-2011	2	MA	MA	ALEA	FOUR	1	51	36	23	16	23	16	3	0	1	0	0	0
22-07-2011	2	MA	MA	ALEA	FOUR	2	58	29	27	24	20	2	2	0	0	0	0	0
22-07-2011	2	MA	MA	ALEA	FOUR	3	62	39	20	24	17	15	4	2	2	2	0	0
22-07-2011	2	MA	MA	ALEA	FOUR	4	55	30	18	16	24	13	4	0	0	1	1	0
22-07-2011	2	MA	MA	ALEA	FOUR	5	47	17	16	14	25	8	1	1	1	0	0	0
20-07-2011	2	ASC	PEH	1,5	PEH	1	11	10	6	2	2	0	4	1	0	0	0	0
20-07-2011	2	ASC	PEH	1,5	PEH	2	8	7	8	4	3	1	2	0	0	0	0	0
20-07-2011	2	ASC	PEH	1,5	PEH	3	3	6	6	2	2	0	0	0	0	0	0	0
20-07-2011	2	ASC	PEH	1,5	PEH	4	8	2	3	3	5	1	2	1	0	0	0	0
20-07-2011	2	ASC	PEH	1,5	PEH	5	7	8	4	2	2	2	1	1	0	0	0	0
20-07-2011	2	ASC	PEH	1,5	Herbe	1	59	13	18	8	11	10	9	3	1	0	1	0
20-07-2011	2	ASC	PEH	1,5	Herbe	2	45	22	12	9	12	8	5	0	0	0	0	0
20-07-2011	2	ASC	PEH	1,5	Herbe	3	31	14	17	10	6	13	0	0	0	0	0	0
20-07-2011	2	ASC	PEH	1,5	Herbe	4	45	21	12	5	18	10	4	9	3	0	0	0
20-07-2011	2	ASC	PEH	1,5	Herbe	5	28	28	9	6	8	13	4	2	0	0	0	0
20-07-2011	2	ASC	PEH	3,5	PEH	1	6	3	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0
20-07-2011	2	ASC	PEH	3,5	PEH	2	5	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20-07-2011	2	ASC	PEH	3,5	PEH	3	8	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
20-07-2011	2	ASC	PEH	3,5	PEH	4	6	4	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
20-07-2011	2	ASC	PEH	3,5	PEH	5	4	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
20-07-2011	2	ASC	PEH	3,5	Herbe	1	71	10	10	12	8	7	6	0	0	0	0	0
20-07-2011	2	ASC	PEH	3,5	Herbe	2	33	10	16	14	9	8	1	0	0	0	0	0
20-07-2011	2	ASC	PEH	3,5	Herbe	3	45	19	8	9	9	3	0	1	0	0	0	0
20-07-2011	2	ASC	PEH	3,5	Herbe	4	47	12	11	8	3	8	2	0	0	0	0	0
20-07-2011	2	ASC	PEH	3,5	Herbe	5	32	18	14	12	6	6	4	1	0	0	0	0
20-07-2011	2	ASC	PEH	5,75	PEH	1	2	2	4	1	1	1	0	0	0	0	0	0
20-07-2011	2	ASC	PEH	5,75	PEH	2	3	3	8	2	5	0	0	0	0	0	0	0
20-07-2011	2	ASC	PEH	5,75	PEH	3	6	2	4	4	3	1	0	0	0	0	0	0
20-07-2011	2	ASC	PEH	5,75	PEH	4	4	3	6	3	3	0	0	0	0	0	0	0
20-07-2011	2	ASC	PEH	5,75	PEH	5	3	3	5	3	2	1	0	0	0	0	0	0
20-07-2011	2	ASC	PEH	5,75	Herbe	1	29	20	16	9	14	4	5	0	0	0	0	0
20-07-2011	2	ASC	PEH	5,75	Herbe	2	44	22	25	7	11	5	0	0	0	0	0	0

DATE	BLOC	TRAIT	ESPÈCE	DISTANCE	TYPE	# CELLULE	A1	A2	B1	B2	C	D	E	F	G	H	I	J
20-07-2011	2	ASC	PEH	5,75	Herbe	3	25	17	14	13	11	3	0	0	1	0	0	0
20-07-2011	2	ASC	PEH	5,75	Herbe	4	38	17	11	23	21	3	3	0	0	0	0	0
20-07-2011	2	ASC	PEH	5,75	Herbe	5	36	21	25	16	13	4	0	0	0	0	0	0
21-07-2011	2	ASC	CHR	1,5	CHR	1	8	6	8	6	2	2	0	0	0	0	0	0
21-07-2011	2	ASC	CHR	1,5	CHR	2	10	6	3	3	5	0	0	0	0	0	0	0
21-07-2011	2	ASC	CHR	1,5	CHR	3	5	6	4	2	3	1	0	0	0	0	0	0
21-07-2011	2	ASC	CHR	1,5	CHR	4	3	3	4	1	6	1	0	0	0	0	0	0
21-07-2011	2	ASC	CHR	1,5	CHR	5	2	3	2	3	3	0	0	0	0	0	0	0
21-07-2011	2	ASC	CHR	1,5	Herbe	1	65	27	37	30	11	9	6	0	0	0	0	0
21-07-2011	2	ASC	CHR	1,5	Herbe	2	38	29	15	19	28	8	3	1	0	0	0	0
21-07-2011	2	ASC	CHR	1,5	Herbe	3	48	24	22	19	14	6	5	0	0	0	0	0
21-07-2011	2	ASC	CHR	1,5	Herbe	4	28	16	15	7	23	5	3	3	0	0	0	0
21-07-2011	2	ASC	CHR	1,5	Herbe	5	31	12	12	13	9	4	4	0	0	0	0	0
21-07-2011	2	ASC	CHR	3,5	CHR	1	2	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0
21-07-2011	2	ASC	CHR	3,5	CHR	2	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21-07-2011	2	ASC	CHR	3,5	CHR	3	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
21-07-2011	2	ASC	CHR	3,5	CHR	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21-07-2011	2	ASC	CHR	3,5	CHR	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21-07-2011	2	ASC	CHR	3,5	Herbe	1	49	24	9	9	20	6	4	0	0	0	0	0
21-07-2011	2	ASC	CHR	3,5	Herbe	2	38	14	8	12	10	7	4	0	0	0	0	0
21-07-2011	2	ASC	CHR	3,5	Herbe	3	52	28	8	5	9	5	0	0	0	0	0	0
21-07-2011	2	ASC	CHR	3,5	Herbe	4	20	22	12	9	10	8	0	4	1	0	0	0
21-07-2011	2	ASC	CHR	3,5	Herbe	5	46	13	5	5	11	7	3	2	1	0	0	1
22-07-2011	2	ASC	CHR	5,75	CHR	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22-07-2011	2	ASC	CHR	5,75	CHR	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22-07-2011	2	ASC	CHR	5,75	CHR	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22-07-2011	2	ASC	CHR	5,75	CHR	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22-07-2011	2	ASC	CHR	5,75	CHR	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22-07-2011	2	ASC	CHR	5,75	Herbe	1	46	38	26	18	29	11	6	0	0	0	0	0
22-07-2011	2	ASC	CHR	5,75	Herbe	2	41	40	20	13	30	14	7	0	0	0	0	0
22-07-2011	2	ASC	CHR	5,75	Herbe	3	39	39	17	15	23	18	17	6	2	2	0	0
22-07-2011	2	ASC	CHR	5,75	Herbe	4	33	35	31	14	12	16	23	10	4	0	0	0
22-07-2011	2	ASC	CHR	5,75	Herbe	5	48	31	28	8	9	11	8	3	6	0	0	0

DATE	BLOC	TRAIT	ESPÈCE	DISTANCE	TYPE	# CELLULE	A1	A2	B1	B2	C	D	E	F	G	H	I	J
26-07-2011	2	SPAI	PEH	0,75	PEH	1	10	13	12	6	8	9	2	2	1	4	2	0
26-07-2011	2	SPAI	PEH	0,75	PEH	2	7	6	2	5	3	5	0	0	0	3	0	0
26-07-2011	2	SPAI	PEH	0,75	PEH	3	4	10	5	3	5	8	1	0	0	3	0	0
26-07-2011	2	SPAI	PEH	0,75	PEH	4	7,5	6	6	3	6	1	0	1	0	2	0	0
26-07-2011	2	SPAI	PEH	0,75	PEH	5	4	7	4	13	3	2	0	0	2	3	0	0
26-07-2011	2	SPAI	PEH	0,75	Herbe	1	46	33	32	17	27	12	2	0	2	0	0	0
26-07-2011	2	SPAI	PEH	0,75	Herbe	2	40	26	29	17	27	16	1	0	0	0	0	0
26-07-2011	2	SPAI	PEH	0,75	Herbe	3	26	21	19	13	12	12	2	0	0	2	0	0
26-07-2011	2	SPAI	PEH	0,75	Herbe	4	43	15	21	17	6	3	2	0	1	1	0	0
26-07-2011	2	SPAI	PEH	0,75	Herbe	5	44	40	24	21	11	3	0	0	0	1	0	0
25-07-2011	2	PAI	PEH	0,75	PEH	1	8	6	8	8	10	4	7	6	4	1	1	0
25-07-2011	2	PAI	PEH	0,75	PEH	2	11	8	9	6	8	13	7	2	0	2	2	0
25-07-2011	2	PAI	PEH	0,75	PEH	3	6	14	6	5	8	6	0	0	5	0	0	0
25-07-2011	2	PAI	PEH	0,75	PEH	4	8	6	8	6	6	3	0	3	11	0	0	0
25-07-2011	2	PAI	PEH	0,75	PEH	5	11	12	11	7	11	7	2	0	3	0	0	1
25-07-2011	2	PAI	PEH	0,75	Herbe	1	14	7	5	7	9	4	3	2	0	0	0	0
25-07-2011	2	PAI	PEH	0,75	Herbe	2	14	14	3	2	3	6	3	1	0	0	0	0
25-07-2011	2	PAI	PEH	0,75	Herbe	3	8	7	6	4	3	2	2	2	0	0	0	0
25-07-2011	2	PAI	PEH	0,75	Herbe	4	8	6	5	3	2	2	0	1	0	0	0	0
25-07-2011	2	PAI	PEH	0,75	Herbe	5	4	5	5	2	5	2	0	0	0	0	0	0
25-07-2011	2	SCI	PEH	1,5	PEH	1	9	11	2	1	1	0	1	0	0	0	0	0
25-07-2011	2	SCI	PEH	1,5	PEH	2	13	10	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0
25-07-2011	2	SCI	PEH	1,5	PEH	3	9	11	4	0	3	0	0	1	0	0	0	0
25-07-2011	2	SCI	PEH	1,5	PEH	4	7	4	4	3	1	0	0	3	0	0	0	0
25-07-2011	2	SCI	PEH	1,5	PEH	5	9	7	2	2	2	0	2	5	0	1	2	0
25-07-2011	2	SCI	PEH	1,5	FOUR	1	12	12	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0
25-07-2011	2	SCI	PEH	1,5	FOUR	2	7	11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25-07-2011	2	SCI	PEH	1,5	FOUR	3	13	19	4	3	2	0	0	0	0	0	0	0
25-07-2011	2	SCI	PEH	1,5	FOUR	4	13	6	3	4	4	0	0	0	0	0	0	0
25-07-2011	2	SCI	PEH	1,5	FOUR	5	19	9	6	3	2	0	0	0	0	0	0	0
25-07-2011	2	SCI	PEH	3,5	PEH	1	11	4	5	6	3	0	0	0	0	3	0	0
25-07-2011	2	SCI	PEH	3,5	PEH	2	7	11	6	4	2	0	0	2	0	0	0	0
25-07-2011	2	SCI	PEH	3,5	PEH	3	6	7	4	3	2	1	0	0	0	1	0	0

DATE	BLOC	TRAIT	ESPÈCE	DISTANCE	TYPE	# CELLULE	A1	A2	B1	B2	C	D	E	F	G	H	I	J
25-07-2011	2	SCI	PEH	3,5	PEH	4	9	5	6	4	2	0	0	0	0	1	0	0
25-07-2011	2	SCI	PEH	3,5	PEH	5	6	3	5	3	3	0	0	1	0	0	0	0
25-07-2011	2	SCI	PEH	3,5	FOUR	1	15	10	15	12	14	0	1	0	1	0	0	0
25-07-2011	2	SCI	PEH	3,5	FOUR	2	12	12	18	7	10	2	0	0	0	0	0	0
25-07-2011	2	SCI	PEH	3,5	FOUR	3	17	16	9	12	8	2	0	0	0	0	2	0
25-07-2011	2	SCI	PEH	3,5	FOUR	4	17	12	17	14	7	0	0	0	0	1	0	0
25-07-2011	2	SCI	PEH	3,5	FOUR	5	13	15	11	8	18	0	0	0	0	0	0	0
26-07-2011	2	SCI	PEH	5,75	PEH	1	7	2	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0
26-07-2011	2	SCI	PEH	5,75	PEH	2	6	1	2	0	4	1	0	0	0	0	0	0
26-07-2011	2	SCI	PEH	5,75	PEH	3	3	3	3	2	1	0	1	0	0	0	0	0
26-07-2011	2	SCI	PEH	5,75	PEH	4	3	2	3	2	1	1	0	0	0	0	0	0
26-07-2011	2	SCI	PEH	5,75	PEH	5	4	2	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0
26-07-2011	2	SCI	PEH	5,75	FOUR	1	51	17	10	5	3	1	0	0	0	0	0	0
26-07-2011	2	SCI	PEH	5,75	FOUR	2	40	21	11	11	32	4	1	0	0	0	0	0
26-07-2011	2	SCI	PEH	5,75	FOUR	3	28	20	28	24	15	4	2	0	0	0	0	0
26-07-2011	2	SCI	PEH	5,75	FOUR	4	44	29	36	11	7	6	4	0	0	0	0	0
26-07-2011	2	SCI	PEH	5,75	FOUR	5	41	32	13	9	15	5	3	1	0	0	0	0
26-07-2011	2	PAI	CHR	0,75	CHR	1	9	5	6	6	7	2	0	0	0	0	0	0
26-07-2011	2	PAI	CHR	0,75	CHR	2	7	4	4	4	4	2	0	0	0	0	0	0
26-07-2011	2	PAI	CHR	0,75	CHR	3	7	6	7	6	4	2	0	0	0	0	0	0
26-07-2011	2	PAI	CHR	0,75	CHR	4	4	6	3	3	4	1	0	0	0	0	0	0
26-07-2011	2	PAI	CHR	0,75	CHR	5	7	6	3	3	5	0	0	0	0	0	0	0
26-07-2011	2	PAI	CHR	0,75	Herbe	1	22	12	12	7	27	5	0	0	0	0	0	0
26-07-2011	2	PAI	CHR	0,75	Herbe	2	15	8	8	7	15	5	1	0	0	0	0	0
26-07-2011	2	PAI	CHR	0,75	Herbe	3	31	21	18	19	15	5	0	0	1	3	0	0
26-07-2011	2	PAI	CHR	0,75	Herbe	4	28	27	9	5	5	6	5	2	0	1	0	0
26-07-2011	2	PAI	CHR	0,75	Herbe	5	17	20	8	8	11	9	11	2	0	0	0	0
27-07-2011	2	SPAI	CHR	0,75	CHR	1	3	5	2	5	5	3	2	0	0	4	0	0
27-07-2011	2	SPAI	CHR	0,75	CHR	2	4	5	2	4	3	5	0	0	0	1	0	0
27-07-2011	2	SPAI	CHR	0,75	CHR	3	3	3	4	3	5	3	2	0	0	0	0	0
27-07-2011	2	SPAI	CHR	0,75	CHR	4	3	3	3	3	3	4	1	0	0	1	0	0
27-07-2011	2	SPAI	CHR	0,75	CHR	5	2	3	5	5	3	4	0	0	0	0	0	0
27-07-2011	2	SPAI	CHR	0,75	Herbe	1	41	21	12	13	17	13	5	0	0	0	0	0

DATE	BLOC	TRAIT	ESPÈCE	DISTANCE	TYPE	# CELLULE	A1	A2	B1	B2	C	D	E	F	G	H	I	J
27-07-2011	2	SPAI	CHR	0,75	Herbe	2	32	26	12	8	9	17	3	0	0	1	0	0
27-07-2011	2	SPAI	CHR	0,75	Herbe	3	28	15	8	6	21	21	3	1	1	0	0	0
27-07-2011	2	SPAI	CHR	0,75	Herbe	4	28	15	12	13	18	13	7	0	0	2	1	0
27-07-2011	2	SPAI	CHR	0,75	Herbe	5	29	22	33	25	14	12	2	0	0	0	0	0
27-07-2011	2	SCI	CHR	1,5	CHR	1	2	5	3	4	5	3	0	0	0	0	0	0
27-07-2011	2	SCI	CHR	1,5	CHR	2	3	6	5	4	3	0	0	0	0	0	0	0
27-07-2011	2	SCI	CHR	1,5	CHR	3	3	3	4	5	5	2	1	0	0	0	0	0
27-07-2011	2	SCI	CHR	1,5	CHR	4	0	5	2	3	2	2	1	0	0	0	0	0
27-07-2011	2	SCI	CHR	1,5	CHR	5	3	4	6	1	5	4	0	0	0	0	0	0
27-07-2011	2	SCI	CHR	1,5	FOUR	1	45	38	19	19	22	10	0	0	0	0	0	0
27-07-2011	2	SCI	CHR	1,5	FOUR	2	26	23	22	11	20	8	6	0	0	0	0	0
27-07-2011	2	SCI	CHR	1,5	FOUR	3	27	14	19	17	19	9	3	0	0	0	0	0
27-07-2011	2	SCI	CHR	1,5	FOUR	4	23	16	21	19	15	13	3	0	0	0	0	0
27-07-2011	2	SCI	CHR	1,5	FOUR	5	23	26	22	14	15	11	0	2	1	0	0	0
27-07-2011	2	SCI	CHR	3,5	CHR	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
27-07-2011	2	SCI	CHR	3,5	CHR	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27-07-2011	2	SCI	CHR	3,5	CHR	3	2	1	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0
27-07-2011	2	SCI	CHR	3,5	CHR	4	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0
27-07-2011	2	SCI	CHR	3,5	CHR	5	0	4	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0
27-07-2011	2	SCI	CHR	3,5	FOUR	1	54	30	16	10	13	7	0	1	0	0	0	0
27-07-2011	2	SCI	CHR	3,5	FOUR	2	49	12	9	10	6	9	6	5	0	0	0	0
27-07-2011	2	SCI	CHR	3,5	FOUR	3	53	18	10	12	18	5	3	4	1	0	0	0
27-07-2011	2	SCI	CHR	3,5	FOUR	4	43	18	32	16	17	5	0	0	0	0	0	0
27-07-2011	2	SCI	CHR	3,5	FOUR	5	55	24	11	2	14	4	2	0	0	0	0	0
27-07-2011	2	SCI	CHR	5,75	PEH	1	3	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0
27-07-2011	2	SCI	CHR	5,75	PEH	2	1	3	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0
27-07-2011	2	SCI	CHR	5,75	PEH	3	0	3	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
27-07-2011	2	SCI	CHR	5,75	PEH	4	0	1	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0
27-07-2011	2	SCI	CHR	5,75	PEH	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27-07-2011	2	SCI	CHR	5,75	FOUR	1	57	24	32	13	9	4	3	1	0	0	0	0
27-07-2011	2	SCI	CHR	5,75	FOUR	2	30	33	11	7	7	4	3	2	0	0	0	0
27-07-2011	2	SCI	CHR	5,75	FOUR	3	54	46	10	5	15	2	2	0	1	0	0	0
27-07-2011	2	SCI	CHR	5,75	FOUR	4	57	26	11	6	9	5	5	0	0	0	0	0

DATE	BLOC	TRAIT	ESPÈCE	DISTANCE	TYPE	# CELLULE	A1	A2	B1	B2	C	D	E	F	G	H	I	J
27-07-2011	2	SCI	CHR	5,75	FOUR	5	64	38	29	11	11	4	0	0	2	1	0	0
29-07-2011	3	MA	MA	ALEA	FOUR	1	57	39	28	15	18	8	4	0	0	1	0	0
29-07-2011	3	MA	MA	ALEA	FOUR	2	49	33	19	17	24	11	6	6	0	0	0	0
29-07-2011	3	MA	MA	ALEA	FOUR	3	54	40	25	14	20	8	2	3	1	0	0	0
29-07-2011	3	MA	MA	ALEA	FOUR	4	44	38	21	19	14	6	5	2	0	0	0	0
29-07-2011	3	MA	MA	ALEA	FOUR	5	39	36	22	15	23	15	2	2	0	0	0	0
28-07-2011	3	ASC	PEH	1,5	PEH	1	8	11	5	2	6	2	0	0	0	0	0	0
28-07-2011	3	ASC	PEH	1,5	PEH	2	7	5	4	5	4	2	1	0	0	0	0	0
28-07-2011	3	ASC	PEH	1,5	PEH	3	7	6	7	3	10	3	0	0	0	0	0	0
28-07-2011	3	ASC	PEH	1,5	PEH	4	4	5	4	4	6	2	0	0	0	0	0	0
28-07-2011	3	ASC	PEH	1,5	PEH	5	4	3	3	4	10	5	1	0	0	0	0	0
28-07-2011	3	ASC	PEH	1,5	Herbe	1	34	11	11	6	11	8	2	0	0	0	0	0
28-07-2011	3	ASC	PEH	1,5	Herbe	2	23	11	12	6	10	8	2	0	0	0	0	0
28-07-2011	3	ASC	PEH	1,5	Herbe	3	34	18	15	7	19	9	0	0	0	0	0	0
28-07-2011	3	ASC	PEH	1,5	Herbe	4	28	11	7	11	17	4	0	0	0	0	0	0
28-07-2011	3	ASC	PEH	1,5	Herbe	5	20	12	7	13	18	5	1	0	0	0	0	0
28-07-2011	3	ASC	PEH	3,5	PEH	1	5	4	4	2	4	0	0	0	0	0	0	0
28-07-2011	3	ASC	PEH	3,5	PEH	2	2	3	4	2	5	3	0	0	0	0	0	0
28-07-2011	3	ASC	PEH	3,5	PEH	3	2	3	2	3	1	1	0	0	0	0	0	0
28-07-2011	3	ASC	PEH	3,5	PEH	4	2	5	4	1	1	2	0	1	0	0	0	0
28-07-2011	3	ASC	PEH	3,5	PEH	5	0	3	1	3	2	1	0	2	0	0	0	0
28-07-2011	3	ASC	PEH	3,5	Herbe	1	58	12	16	14	9	5	0	0	0	0	0	0
28-07-2011	3	ASC	PEH	3,5	Herbe	2	36	19	9	22	16	4	2	0	0	0	0	0
28-07-2011	3	ASC	PEH	3,5	Herbe	3	44	11	14	16	5	6	2	0	0	0	0	0
28-07-2011	3	ASC	PEH	3,5	Herbe	4	45	21	14	15	13	4	0	1	0	0	0	0
28-07-2011	3	ASC	PEH	3,5	Herbe	5	33	19	28	9	10	7	0	0	0	0	0	0
29-07-2011	3	ASC	PEH	5,75	PEH	1	0	2	4	2	3	1	0	0	0	0	0	0
29-07-2011	3	ASC	PEH	5,75	PEH	2	1	1	3	4	1	1	0	0	1	0	0	0
29-07-2011	3	ASC	PEH	5,75	PEH	3	2	1	2	3	0	1	2	0	0	1	0	0
29-07-2011	3	ASC	PEH	5,75	PEH	4	1	1	2	3	1	0	1	0	0	0	0	0
29-07-2011	3	ASC	PEH	5,75	PEH	5	0	2	0	2	2	1	0	0	0	0	0	0
29-07-2011	3	ASC	PEH	5,75	Herbe	1	26	21	28	23	8	4	0	0	1	0	0	0
29-07-2011	3	ASC	PEH	5,75	Herbe	2	22	15	31	26	12	3	2	0	1	0	0	0

DATE	BLOC	TRAIT	ESPÈCE	DISTANCE	TYPE	# CELLULE	A1	A2	B1	B2	C	D	E	F	G	H	I	J
29-07-2011	3	ASC	PEH	5,75	Herbe	3	31	10	22	25	11	6	0	0	0	0	0	0
29-07-2011	3	ASC	PEH	5,75	Herbe	4	24	10	22	24	14	5	1	0	0	0	0	0
29-07-2011	3	ASC	PEH	5,75	Herbe	5	33	15	16	8	16	7	5	0	0	0	0	0
1-08-2011	3	ASC	CHR	1,5	CHR	1	15	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1-08-2011	3	ASC	CHR	1,5	CHR	2	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-08-2011	3	ASC	CHR	1,5	CHR	3	2	3	1	1	3	2	0	0	0	0	0	0
1-08-2011	3	ASC	CHR	1,5	CHR	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-08-2011	3	ASC	CHR	1,5	CHR	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-08-2011	3	ASC	CHR	1,5	Herbe	1	57	29	13	12	6	0	0	0	0	0	0	0
1-08-2011	3	ASC	CHR	1,5	Herbe	2	42	22	19	23	18	3	0	0	0	0	0	0
1-08-2011	3	ASC	CHR	1,5	Herbe	3	39	29	21	22	26	11	0	0	0	0	0	0
1-08-2011	3	ASC	CHR	1,5	Herbe	4	26	16	17	17	6	0	1	0	0	0	0	0
1-08-2011	3	ASC	CHR	1,5	Herbe	5	48	34	13	25	5	2	0	0	0	0	0	0
1-08-2011	3	ASC	CHR	3,5	CHR	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-08-2011	3	ASC	CHR	3,5	CHR	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-08-2011	3	ASC	CHR	3,5	CHR	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-08-2011	3	ASC	CHR	3,5	CHR	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-08-2011	3	ASC	CHR	3,5	CHR	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-08-2011	3	ASC	CHR	3,5	Herbe	1	48	15	13	19	20	5	2	0	0	0	0	0
1-08-2011	3	ASC	CHR	3,5	Herbe	2	52	32	10	18	15	3	0	0	0	0	0	0
1-08-2011	3	ASC	CHR	3,5	Herbe	3	30	22	26	19	16	2	0	0	0	0	0	0
1-08-2011	3	ASC	CHR	3,5	Herbe	4	27	14	15	23	15	0	0	0	0	0	0	0
1-08-2011	3	ASC	CHR	3,5	Herbe	5	39	26	25	24	10	0	0	0	0	0	0	0
1-08-2011	3	ASC	CHR	5,75	CHR	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-08-2011	3	ASC	CHR	5,75	CHR	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-08-2011	3	ASC	CHR	5,75	CHR	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-08-2011	3	ASC	CHR	5,75	CHR	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-08-2011	3	ASC	CHR	5,75	CHR	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-08-2011	3	ASC	CHR	5,75	Herbe	1	34	22	17	16	4	1	0	0	0	0	0	0
1-08-2011	3	ASC	CHR	5,75	Herbe	2	49	25	16	19	7	0	0	0	0	0	0	0
1-08-2011	3	ASC	CHR	5,75	Herbe	3	41	17	14	14	11	2	0	0	0	0	0	0
1-08-2011	3	ASC	CHR	5,75	Herbe	4	39	24	12	13	16	4	0	0	0	0	0	0
1-08-2011	3	ASC	CHR	5,75	Herbe	5	41	27	17	9	13	0	0	0	0	0	0	0

DATE	BLOC	TRAIT	ESPÈCE	DISTANCE	TYPE	# CELLULE	A1	A2	B1	B2	C	D	E	F	G	H	I	J
3-08-2011	3	SPAI	PEH	0,75	PEH	1	.	5	8	5	9	4	3	2	0	3	0	1
3-08-2011	3	SPAI	PEH	0,75	PEH	2	4	6	5	5	4	4	5	2	1	3	0	1
3-08-2011	3	SPAI	PEH	0,75	PEH	3	2	6	6	10	5	6	3	2	3	2	1	0
3-08-2011	3	SPAI	PEH	0,75	PEH	4	4	3	9	8	6	5	5	1	0	0	0	0
3-08-2011	3	SPAI	PEH	0,75	PEH	5	6	5	5	6	6	4	2	0	1	2	1	0
3-08-2011	3	SPAI	PEH	0,75	Herbe	1	.	42	40	30	29	9	18	7	4	0	0	0
3-08-2011	3	SPAI	PEH	0,75	Herbe	2	59	30	46	24	31	20	16	10	9	3	1	0
3-08-2011	3	SPAI	PEH	0,75	Herbe	3	63	41	37	26	34	14	12	8	2	0	0	0
3-08-2011	3	SPAI	PEH	0,75	Herbe	4	48	32	36	26	24	28	11	3	1	0	1	0
3-08-2011	3	SPAI	PEH	0,75	Herbe	5	52	26	25	16	30	15	16	6	3	1	0	0
2-08-2011	3	PAI	PEH	0,75	PEH	1	11	7	11	7	21	8	7	3	0	0	4	1
2-08-2011	3	PAI	PEH	0,75	PEH	2	7	11	11	10	23	7	4	5	0	5	4	1
2-08-2011	3	PAI	PEH	0,75	PEH	3	10	9	15	9	16	5	16	7	2	4	5	3
2-08-2011	3	PAI	PEH	0,75	PEH	4	13	9	14	8	20	8	7	5	3	5	2	1
2-08-2011	3	PAI	PEH	0,75	PEH	5	8	7	11	12	16	16	3	5	1	2	0	0
2-08-2011	3	PAI	PEH	0,75	Herbe	1	12	15	12	8	6	3	3	2	0	0	0	0
2-08-2011	3	PAI	PEH	0,75	Herbe	2	14	10	9	5	4	2	2	0	1	0	1	0
2-08-2011	3	PAI	PEH	0,75	Herbe	3	20	15	9	6	5	2	1	2	1	1	1	0
2-08-2011	3	PAI	PEH	0,75	Herbe	4	11	11	8	6	7	1	2	2	2	0	1	0
2-08-2011	3	PAI	PEH	0,75	Herbe	5	14	8	6	4	2	9	1	2	2	1	0	0
2-08-2011	3	SCI	PEH	1,5	PEH	1	3	7	6	8	15	9	3	0	2	3	2	0
2-08-2011	3	SCI	PEH	1,5	PEH	2	3	6	8	5	6	4	4	3	4	2	3	0
2-08-2011	3	SCI	PEH	1,5	PEH	3	2	4	8	2	3	2	2	2	6	3	4	1
2-08-2011	3	SCI	PEH	1,5	PEH	4	5	8	10	4	5	6	4	0	0	0	0	0
2-08-2011	3	SCI	PEH	1,5	PEH	5	4	6	9	5	5	8	1	0	0	0	0	0
2-08-2011	3	SCI	PEH	1,5	FOUR	1	33	14	13	14	12	5	4	0	0	2	0	0
2-08-2011	3	SCI	PEH	1,5	FOUR	2	25	16	14	11	5	6	4	0	2	1	1	0
2-08-2011	3	SCI	PEH	1,5	FOUR	3	29	15	7	3	3	2	3	0	0	2	0	1
2-08-2011	3	SCI	PEH	1,5	FOUR	4	42	23	5	5	3	4	2	0	0	1	0	0
2-08-2011	3	SCI	PEH	1,5	FOUR	5	28	7	5	5	9	10	4	0	0	0	0	0
2-08-2011	3	SCI	PEH	3,5	PEH	1	0	5	4	2	4	1	0	0	2	2	0	0
2-08-2011	3	SCI	PEH	3,5	PEH	2	1	1	3	5	4	2	0	0	2	2	0	0
2-08-2011	3	SCI	PEH	3,5	PEH	3	2	3	3	4	5	1	2	0	3	1	0	0

DATE	BLOC	TRAIT	ESPÈCE	DISTANCE	TYPE	# CELLULE	A1	A2	B1	B2	C	D	E	F	G	H	I	J
2-08-2011	3	SCI	PEH	3,5	PEH	4	2	3	3	5	4	2	2	1	3	0	0	0
2-08-2011	3	SCI	PEH	3,5	PEH	5	2	3	4	2	7	2	0	0	1	0	0	0
2-08-2011	3	SCI	PEH	3,5	FOUR	1	58	48	19	12	22	18	2	0	2	0	0	0
2-08-2011	3	SCI	PEH	3,5	FOUR	2	59	41	16	10	24	9	5	6	2	3	1	0
2-08-2011	3	SCI	PEH	3,5	FOUR	3	43	32	11	13	19	12	3	3	3	3	4	0
2-08-2011	3	SCI	PEH	3,5	FOUR	4	40	20	17	12	16	3	2	2	0	0	1	0
2-08-2011	3	SCI	PEH	3,5	FOUR	5	38	19	9	13	13	6	0	0	0	0	0	0
3-08-2011	3	SCI	PEH	5,75	PEH	1	0	2	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0
3-08-2011	3	SCI	PEH	5,75	PEH	2	1	2	1	4	3	0	0	0	0	0	0	0
3-08-2011	3	SCI	PEH	5,75	PEH	3	2	0	2	2	3	0	0	0	0	0	0	0
3-08-2011	3	SCI	PEH	5,75	PEH	4	0	4	1	0	3	2	0	0	0	0	0	0
3-08-2011	3	SCI	PEH	5,75	PEH	5	2	4	1	2	2	0	0	0	0	1	3	0
3-08-2011	3	SCI	PEH	5,75	FOUR	1	75	25	17	19	10	10	2	0	0	0	0	0
3-08-2011	3	SCI	PEH	5,75	FOUR	2	45	19	11	5	10	4	0	0	0	0	0	0
3-08-2011	3	SCI	PEH	5,75	FOUR	3	33	22	13	9	11	2	2	1	0	0	0	0
3-08-2011	3	SCI	PEH	5,75	FOUR	4	41	23	7	10	9	4	3	2	1	0	1	0
3-08-2011	3	SCI	PEH	5,75	FOUR	5	57	23	11	5	12	5	6	5	2	0	0	0
3-08-2011	3	PAI	CHR	0,75	CHR	1	0	2	6	5	5	5	0	0	0	0	0	0
3-08-2011	3	PAI	CHR	0,75	CHR	2	3	3	3	3	8	5	0	0	0	0	0	0
3-08-2011	3	PAI	CHR	0,75	CHR	3	4	4	4	3	5	3	1	0	0	0	0	0
3-08-2011	3	PAI	CHR	0,75	CHR	4	2	3	2	5	7	4	2	1	0	0	0	0
3-08-2011	3	PAI	CHR	0,75	CHR	5	2	2	6	4	3	2	0	0	0	0	0	0
3-08-2011	3	PAI	CHR	0,75	Herbe	1	26	25	20	13	16	12	6	5	7	2	0	0
3-08-2011	3	PAI	CHR	0,75	Herbe	2	20	17	10	17	16	10	7	3	5	0	0	0
3-08-2011	3	PAI	CHR	0,75	Herbe	3	28	35	14	22	22	13	6	0	3	0	0	0
3-08-2011	3	PAI	CHR	0,75	Herbe	4	26	8	12	20	26	6	4	2	2	0	0	0
3-08-2011	3	PAI	CHR	0,75	Herbe	5	19	10	10	14	19	8	3	0	0	0	0	0
4-08-2011	3	SPAI	CHR	0,75	CHR	1	5	3	4	3	3	2	0	0	0	0	0	0
4-08-2011	3	SPAI	CHR	0,75	CHR	2	5	7	3	3	4	3	0	0	0	0	0	0
4-08-2011	3	SPAI	CHR	0,75	CHR	3	3	6	5	3	3	3	0	0	0	0	0	0
4-08-2011	3	SPAI	CHR	0,75	CHR	4	3	6	2	3	8	3	1	0	0	0	0	0
4-08-2011	3	SPAI	CHR	0,75	CHR	5	5	3	3	4	8	4	2	0	0	0	0	0
4-08-2011	3	SPAI	CHR	0,75	Herbe	1	64	17	14	10	9	11	16	7	7	2	3	2

DATE	BLOC	TRAIT	ESPÈCE	DISTANCE	TYPE	# CELLULE	A1	A2	B1	B2	C	D	E	F	G	H	I	J
4-08-2011	3	SPAI	CHR	0,75	Herbe	2	55	23	6	10	6	14	10	12	4	4	0	0
4-08-2011	3	SPAI	CHR	0,75	Herbe	3	46	18	7	9	20	17	17	13	11	3	0	0
4-08-2011	3	SPAI	CHR	0,75	Herbe	4	45	12	6	11	19	21	15	4	8	4	2	0
4-08-2011	3	SPAI	CHR	0,75	Herbe	5	42	19	13	11	9	20	9	5	4	0	0	0
3-08-2011	3	SCI	CHR	1,5	CHR	1	3	2	4	2	3	0	0	0	0	0	0	0
3-08-2011	3	SCI	CHR	1,5	CHR	2	2	2	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0
3-08-2011	3	SCI	CHR	1,5	CHR	3	0	1	2	3	2	0	0	0	0	0	0	0
3-08-2011	3	SCI	CHR	1,5	CHR	4	0	3	2	3	1	0	0	0	0	0	0	0
3-08-2011	3	SCI	CHR	1,5	CHR	5	0	3	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0
3-08-2011	3	SCI	CHR	1,5	FOUR	1	56	22	12	7	6	4	0	0	0	0	0	0
3-08-2011	3	SCI	CHR	1,5	FOUR	2	43	16	10	10	10	6	0	1	0	0	0	0
3-08-2011	3	SCI	CHR	1,5	FOUR	3	52	19	15	10	6	5	4	3	0	0	0	0
3-08-2011	3	SCI	CHR	1,5	FOUR	4	59	34	11	8	10	9	2	0	0	0	0	0
3-08-2011	3	SCI	CHR	1,5	FOUR	5	34	26	13	8	13	6	6	3	0	0	0	0
4-08-2011	3	SCI	CHR	3,5	CHR	1	1	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0
4-08-2011	3	SCI	CHR	3,5	CHR	2	1	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
4-08-2011	3	SCI	CHR	3,5	CHR	3	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
4-08-2011	3	SCI	CHR	3,5	CHR	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
4-08-2011	3	SCI	CHR	3,5	CHR	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-08-2011	3	SCI	CHR	3,5	FOUR	1	60	17	14	4	10	1	0	0	0	0	0	0
4-08-2011	3	SCI	CHR	3,5	FOUR	2	43	25	9	19	9	3	0	0	0	0	0	0
4-08-2011	3	SCI	CHR	3,5	FOUR	3	35	17	18	11	8	2	0	0	0	0	0	0
4-08-2011	3	SCI	CHR	3,5	FOUR	4	36	48	16	8	9	4	0	0	0	0	0	0
4-08-2011	3	SCI	CHR	3,5	FOUR	5	25	28	13	12	15	3	2	0	0	0	0	0
4-08-2011	3	SCI	CHR	5,75	PEH	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-08-2011	3	SCI	CHR	5,75	PEH	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-08-2011	3	SCI	CHR	5,75	PEH	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-08-2011	3	SCI	CHR	5,75	PEH	4	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
4-08-2011	3	SCI	CHR	5,75	PEH	5	0	2	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0
4-08-2011	3	SCI	CHR	5,75	FOUR	1	75	39	13	8	24	13	0	0	0	1	0	0
4-08-2011	3	SCI	CHR	5,75	FOUR	2	91	29	15	12	11	17	14	2	1	3	0	0
4-08-2011	3	SCI	CHR	5,75	FOUR	3	35	20	11	11	11	5	7	4	0	4	0	0
4-08-2011	3	SCI	CHR	5,75	FOUR	4	62	18	13	11	8	4	2	0	0	0	0	0

DATE	BLOC	TRAIT	ESPÈCE	DISTANCE	TYPE	# CELLULE	A1	A2	B1	B2	C	D	E	F	G	H	I	J
4-08-2011	3	SCI	CHR	5,75	FOUR	5	77	25	14	11	18	9	0	0	0	2	0	0
30-06-2011	4	MA	MA	ALEA	FOUR	1	51	37	25	13	24	20	0	0	0	1	0	0
30-06-2011	4	MA	MA	ALEA	FOUR	2	35	36	31	27	18	15	3	1	2	0	0	0
30-06-2011	4	MA	MA	ALEA	FOUR	3	41	35	22	23	15	6	2	2	0	2	0	0
30-06-2011	4	MA	MA	ALEA	FOUR	4	35	41	26	25	11	6	4	0	0	1	2	0
30-06-2011	4	MA	MA	ALEA	FOUR	5	47	61	21	25	23	7	3	1	0	1	0	0
29-06-2011	4	ASC	PEH	1,5	PEH	1	7	13	3	4	16	9	2	0	1	0	0	0
29-06-2011	4	ASC	PEH	1,5	PEH	2	13,8	12,6	7,6	11,4	14	5	0	0	0	0	0	0
29-06-2011	4	ASC	PEH	1,5	PEH	3	8	7	9	8	20	5	2	0	0	0	0	0
29-06-2011	4	ASC	PEH	1,5	PEH	4	7	16,4	13	13,7	16	8	0	0	0	0	1	0
29-06-2011	4	ASC	PEH	1,5	PEH	5	4	12	11	8	11	5	1	1	1	0	1	0
29-06-2011	4	ASC	PEH	1,5	Herbe	1	20	22	20	5	5	4	1	4	2	0	0	0
29-06-2011	4	ASC	PEH	1,5	Herbe	2	36,2	23,1	20,4	10,6	8	6	0	0	0	0	0	0
29-06-2011	4	ASC	PEH	1,5	Herbe	3	26	23	12	6	5	2	4	3	1	2	0	0
29-06-2011	4	ASC	PEH	1,5	Herbe	4	32	25,6	22	10,3	2	3	0	2	0	0	0	0
29-06-2011	4	ASC	PEH	1,5	Herbe	5	34	16	10	6	6	4	2	0	0	1	0	0
29-06-2011	4	ASC	PEH	3,5	PEH	1	15	8	10	7	8	3	4	0	2	2	0	0
29-06-2011	4	ASC	PEH	3,5	PEH	2	11,4	9,1	7,7	4,6	3	2	4	1	3	1	0	0
29-06-2011	4	ASC	PEH	3,5	PEH	3	4	7	8	0	5	4	0	3	0	0	1	0
29-06-2011	4	ASC	PEH	3,5	PEH	4	6	7,4	8,4	4,5	1	1	3	2	1	1	1	0
29-06-2011	4	ASC	PEH	3,5	PEH	5	3	4	4	3	3	4	3	2	4	0	1	0
29-06-2011	4	ASC	PEH	3,5	Herbe	1	46	22	11	11	9	7	0	0	1	0	0	0
29-06-2011	4	ASC	PEH	3,5	Herbe	2	40,1	23	10,3	10,4	10	3	4	3	3	2	0	0
29-06-2011	4	ASC	PEH	3,5	Herbe	3	23	16	13	5	4	5	2	5	4	0	0	0
29-06-2011	4	ASC	PEH	3,5	Herbe	4	37	19,6	17,6	19,5	7	5	3	4	2	0	0	0
29-06-2011	4	ASC	PEH	3,5	Herbe	5	19	13	12	8	13	11	3	4	3	0	0	0
29-06-2011	4	ASC	PEH	5,75	PEH	1	6	2	4	6	3	3	0	0	0	0	0	0
29-06-2011	4	ASC	PEH	5,75	PEH	2	7,7	3,4	5,6	6	1	2	0	1	1	0	0	0
29-06-2011	4	ASC	PEH	5,75	PEH	3	4	3	6	2	2	1	2	0	0	0	0	0
29-06-2011	4	ASC	PEH	5,75	PEH	4	3,5	2,5	9,3	4,1	4	4	0	0	0	0	1	0
29-06-2011	4	ASC	PEH	5,75	PEH	5	2	1	5	1	2	3	2	0	0	0	0	0
29-06-2011	4	ASC	PEH	5,75	Herbe	1	25	23	21	8	7	2	5	2	2	0	0	0
29-06-2011	4	ASC	PEH	5,75	Herbe	2	33,3	29,6	21,4	12	7	3	3	0	1	1	1	0

DATE	BLOC	TRAIT	ESPÈCE	DISTANCE	TYPE	# CELLULE	A1	A2	B1	B2	C	D	E	F	G	H	I	J
29-06-2011	4	ASC	PEH	5,75	Herbe	3	18	21	17	8	3	4	3	2	4	0	2	0
29-06-2011	4	ASC	PEH	5,75	Herbe	4	19,5	18,5	18,7	14,9	7	1	1	0	0	0	0	0
29-06-2011	4	ASC	PEH	5,75	Herbe	5	15	8	5	3	5	4	4	2	1	0	0	0
30-06-2011	4	ASC	CHR	1,5	CHR	1	8	11	5	10	5	0	1	0	0	0	0	0
30-06-2011	4	ASC	CHR	1,5	CHR	2	11,4	14,2	17,3	16,9	15	3	0	0	0	0	0	0
30-06-2011	4	ASC	CHR	1,5	CHR	3	10	12	12	11	9	2	0	0	0	0	0	0
30-06-2011	4	ASC	CHR	1,5	CHR	4	11,6	10,2	10,9	12,4	7	0	0	0	0	0	0	0
30-06-2011	4	ASC	CHR	1,5	CHR	5	5	9	3	10	5	1	0	0	0	0	0	0
30-06-2011	4	ASC	CHR	1,5	Herbe	1	48	37	27	16	17	10	6	1	1	0	0	0
30-06-2011	4	ASC	CHR	1,5	Herbe	2	41,6	33,8	40,7	23,1	16	5	2	0	0	0	0	0
30-06-2011	4	ASC	CHR	1,5	Herbe	3	18	18	13	14	5	7	1	1	0	0	0	0
30-06-2011	4	ASC	CHR	1,5	Herbe	4	33,4	22,8	16,1	13,6	7	2	1	1	2	1	0	0
30-06-2011	4	ASC	CHR	1,5	Herbe	5	25	29	9	9	7	6	0	0	0	0	0	0
30-06-2011	4	ASC	CHR	3,5	CHR	1	.	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0
30-06-2011	4	ASC	CHR	3,5	CHR	2	.	1	3,4	5,6	1	0	0	0	0	0	0	0
30-06-2011	4	ASC	CHR	3,5	CHR	3	0	5	4	5	3	0	0	0	0	0	0	0
30-06-2011	4	ASC	CHR	3,5	CHR	4	0	2,3	2,7	2,2	0	0	0	0	0	0	0	0
30-06-2011	4	ASC	CHR	3,5	CHR	5	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
30-06-2011	4	ASC	CHR	3,5	Herbe	1	.	21	14	19	12	11	4	2	0	1	.	.
30-06-2011	4	ASC	CHR	3,5	Herbe	2	.	17	25,6	25,4	16	7	4	1	4	1	.	.
30-06-2011	4	ASC	CHR	3,5	Herbe	3	14	20	17	19	12	6	5	3	2	1	.	.
30-06-2011	4	ASC	CHR	3,5	Herbe	4	27	19,7	18,3	9,8	21	7	1	3	0	0	.	.
30-06-2011	4	ASC	CHR	3,5	Herbe	5	25	32	17	13	10	6	0	0	0	0	.	.
01-07-2011	4	ASC	CHR	5,75	CHR	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01-07-2011	4	ASC	CHR	5,75	CHR	2	0	1,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01-07-2011	4	ASC	CHR	5,75	CHR	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01-07-2011	4	ASC	CHR	5,75	CHR	4	0	1,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01-07-2011	4	ASC	CHR	5,75	CHR	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01-07-2011	4	ASC	CHR	5,75	Herbe	1	32	15	20	16	14	1	1	4	2	.	.	.
01-07-2011	4	ASC	CHR	5,75	Herbe	2	23	23,7	17	5	3	3	0	0	2	.	.	.
01-07-2011	4	ASC	CHR	5,75	Herbe	3	22	23	14	10	7	0	0	1	0	.	.	.
01-07-2011	4	ASC	CHR	5,75	Herbe	4	31	22,9	16	7	10	2	0	1	0	.	.	.
01-07-2011	4	ASC	CHR	5,75	Herbe	5	18	19	35	10	9	0	1	0	1	.	.	.

DATE	BLOC	TRAIT	ESPÈCE	DISTANCE	TYPE	# CELLULE	A1	A2	B1	B2	C	D	E	F	G	H	I	J
07-07-2011	4	SPAI	CHR	0,75	CHR	1	1,5	1	4	7	4	1	1	0	0	0	0	0
07-07-2011	4	SPAI	CHR	0,75	CHR	2	1,5	2	6	2	3	1	1	0	0	0	0	0
07-07-2011	4	SPAI	CHR	0,75	CHR	3	0	1	2	2	4	2	1	0	0	0	0	0
07-07-2011	4	SPAI	CHR	0,75	CHR	4	2	1	3	1	4	3	2	0	0	0	0	0
07-07-2011	4	SPAI	CHR	0,75	CHR	5	7	2	2	2	8	3	0	2	0	0	1	1
07-07-2011	4	SPAI	CHR	0,75	Herbe	1	36	28	14	8	6	7	2	2	0	1	0	0
07-07-2011	4	SPAI	CHR	0,75	Herbe	2	28,5	19	8	4	6	3	2	3	1	1	1	1
07-07-2011	4	SPAI	CHR	0,75	Herbe	3	20	12	3	6	4	6	3	1	1	1	1	1
07-07-2011	4	SPAI	CHR	0,75	Herbe	4	10	9	7	4	10	4	1	0	0	0	2	1
07-07-2011	4	SPAI	CHR	0,75	Herbe	5	32	18	10	10	12	4	2	0	0	0	1	0
05-07-2011	4	PAI	CHR	0,75	CHR	1	7	6	4	5	6	6	0	0	0	2	2	0
05-07-2011	4	PAI	CHR	0,75	CHR	2	6,9	3,9	2	2	7	4	0	0	0	0	1	1
05-07-2011	4	PAI	CHR	0,75	CHR	3	5	4	2	2	2	3	0	0	2	0	0	0
05-07-2011	4	PAI	CHR	0,75	CHR	4	7,5	3,7	4	1	3	3	0	1	1	0	1	1
05-07-2011	4	PAI	CHR	0,75	CHR	5	3	3	1	0	4	2	1	1	0	0	0	0
05-07-2011	4	PAI	CHR	0,75	Herbe	1	11	8	4	4	4	10	1	1	0	1	0	0
05-07-2011	4	PAI	CHR	0,75	Herbe	2	9,1	15,1	4	2	2	3	2	1	0	0	0	0
05-07-2011	4	PAI	CHR	0,75	Herbe	3	5	5	6	4	3	5	1	0	1	0	1	0
05-07-2011	4	PAI	CHR	0,75	Herbe	4	6,5	5,7	6	4	6	2	0	0	0	2	0	0
05-07-2011	4	PAI	CHR	0,75	Herbe	5	6	5	7	2	5	2	2	1	0	0	0	0
05-07-2011	4	SCI	PEH	1,5	PEH	1	9	9	10	9	9	4	3	1	0	1	0	1
05-07-2011	4	SCI	PEH	1,5	PEH	2	9,7	10,6	10,3	5,7	8	4	6	2	1	0	0	0
05-07-2011	4	SCI	PEH	1,5	PEH	3	8	8	18	5	5	6	2	0	0	0	0	0
05-07-2011	4	SCI	PEH	1,5	PEH	4	6,7	9,1	12,6	8,1	4	3	1	3	2	2	1	0
05-07-2011	4	SCI	PEH	1,5	PEH	5	7	5	6	9	12	10	0	0	0	1	2	0
05-07-2011	4	SCI	PEH	1,5	FOUR	1	15	9	11	7	6	5	6	8	1	0	1	0
05-07-2011	4	SCI	PEH	1,5	FOUR	2	19,3	12,4	7,7	5,3	14	3	1	4	3	1	0	0
05-07-2011	4	SCI	PEH	1,5	FOUR	3	19	11	10	6	10	1	4	1	1	0	0	1
05-07-2011	4	SCI	PEH	1,5	FOUR	4	18,3	13,9	9,4	6,9	6	4	1	1	0	1	1	0
05-07-2011	4	SCI	PEH	1,5	FOUR	5	22	9	8	6	7	6	3	1	1	2	2	0
04-07-2011	4	SCI	PEH	3,5	PEH	1	10	14	8	4	9	8	2	1	0	0	0	0
04-07-2011	4	SCI	PEH	3,5	PEH	2	9,8	17,5	4,8	2,5	7	2	1	0	0	0	0	0
04-07-2011	4	SCI	PEH	3,5	PEH	3	10	10	6	7	5	3	0	0	0	0	0	0

DATE	BLOC	TRAIT	ESPÈCE	DISTANCE	TYPE	# CELLULE	A1	A2	B1	B2	C	D	E	F	G	H	I	J
04-07-2011	4	SCI	PEH	3,5	PEH	4	17,4	7,9	10,7	7,3	9	3	1	0	0	0	0	0
04-07-2011	4	SCI	PEH	3,5	PEH	5	17	4	6	3	10	1	0	0	0	0	0	0
04-07-2011	4	SCI	PEH	3,5	FOUR	1	19	10	6	9	7	2	0	2	0	0	0	0
04-07-2011	4	SCI	PEH	3,5	FOUR	2	17,2	12,5	4,2	4,5	7	2	3	3	1	0	0	0
04-07-2011	4	SCI	PEH	3,5	FOUR	3	10	10	6	11	9	5	1	0	0	0	0	0
04-07-2011	4	SCI	PEH	3,5	FOUR	4	7,9	14,1	13,3	11,7	8	3	0	1	0	1	0	0
04-07-2011	4	SCI	PEH	3,5	FOUR	5	4	15	9	5	9	2	2	1	0	0	0	0
05-07-2011	4	SCI	PEH	5,75	PEH	1	19	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
05-07-2011	4	SCI	PEH	5,75	PEH	2	5	4,1	4,7	1	0	0	0	0	0	0	0	0
05-07-2011	4	SCI	PEH	5,75	PEH	3	4	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05-07-2011	4	SCI	PEH	5,75	PEH	4	2,9	4,3	3,5	2,3	1	0	0	0	0	0	0	0
05-07-2011	4	SCI	PEH	5,75	PEH	5	1	3	3	5	1	0	0	0	0	0	0	0
05-07-2011	4	SCI	PEH	5,75	FOUR	1	36	10	2	3	7	4	0	0	0	0	0	0
05-07-2011	4	SCI	PEH	5,75	FOUR	2	21	23,9	9,3	1,7	9	7	2	0	0	1	0	0
05-07-2011	4	SCI	PEH	5,75	FOUR	3	22	25	8	3	5	5	5	5	3	1	0	0
05-07-2011	4	SCI	PEH	5,75	FOUR	4	28,1	18,7	7,5	3,7	4	3	4	0	0	0	0	0
05-07-2011	4	SCI	PEH	5,75	FOUR	5	26	7	5	5	5	6	3	0	1	0	0	0
04-07-2011	4	PAI	PEH	0,75	PEH	1	10	6	8	5	13	15	1	0	1	0	0	0
04-07-2011	4	PAI	PEH	0,75	PEH	2	4,4	8,4	12,2	6,8	7	6	0	0	0	0	0	0
04-07-2011	4	PAI	PEH	0,75	PEH	3	9	5	7	4	14	8	1	0	0	1	1	0
04-07-2011	4	PAI	PEH	0,75	PEH	4	7,7	5	6,6	5,8	16	10	0	0	0	0	0	0
04-07-2011	4	PAI	PEH	0,75	PEH	5	5	4	5	4	12	10	0	1	0	0	2	0
04-07-2011	4	PAI	PEH	0,75	Herbe	1	4	3	5	1	11	2	1	0	1	1	0	1
04-07-2011	4	PAI	PEH	0,75	Herbe	2	2,6	7,6	9,8	2,2	10	6	2	0	3	1	0	0
04-07-2011	4	PAI	PEH	0,75	Herbe	3	7	7	7	2	6	7	2	1	1	0	0	1
04-07-2011	4	PAI	PEH	0,75	Herbe	4	9,3	6	4,4	2,2	3	8	0	0	0	0	0	0
04-07-2011	4	PAI	PEH	0,75	Herbe	5	10	4	1	1	5	8	1	0	1	0	0	0
04-07-2011	4	SPAI	PEH	0,75	PEH	1	15	10	9	11	7	6	1	1	0	0	0	0
04-07-2011	4	SPAI	PEH	0,75	PEH	2	12,4	9	11,1	9,9	10	3	0	0	0	1	1	0
04-07-2011	4	SPAI	PEH	0,75	PEH	3	14	8	10	8	13	1	1	0	0	0	0	0
04-07-2011	4	SPAI	PEH	0,75	PEH	4	14,3	11,7	7,2	6,8	12	7	9	2	2	1	0	0
04-07-2011	4	SPAI	PEH	0,75	PEH	5	8	15	3	2	7	11	3	0	1	1	0	0
04-07-2011	4	SPAI	PEH	0,75	Herbe	1	32	36	30	15	19	13	2	2	1	2	0	0

DATE	BLOC	TRAIT	ESPÈCE	DISTANCE	TYPE	# CELLULE	A1	A2	B1	B2	C	D	E	F	G	H	I	J
04-07-2011	4	SPAI	PEH	0,75	Herbe	2	23,6	28	26,9	15,1	15	9	2	1	3	2	0	0
04-07-2011	4	SPAI	PEH	0,75	Herbe	3	23	20	16	14	12	3	4	2	1	1	0	0
04-07-2011	4	SPAI	PEH	0,75	Herbe	4	26,7	20,3	13,8	12,2	22	28	7	1	3	5	2	0
04-07-2011	4	SPAI	PEH	0,75	Herbe	5	18	20	9	4	12	12	14	7	4	2	0	0
06-07-2011	4	SCI	CHR	1,5	CHR	1	3	6	6	8	3	0	0	0	0	0	0	0
06-07-2011	4	SCI	CHR	1,5	CHR	2	3,2	3,9	6	2	9	0	0	0	0	0	0	0
06-07-2011	4	SCI	CHR	1,5	CHR	3	3	5	2	2	1	3	1	0	0	0	0	0
06-07-2011	4	SCI	CHR	1,5	CHR	4	5,5	5,2	2	4	2	0	1	0	0	0	0	0
06-07-2011	4	SCI	CHR	1,5	CHR	5	5	3	3	3	7	0	0	0	0	0	0	0
06-07-2011	4	SCI	CHR	1,5	FOUR	1	34	31	16	9	5	4	2	2	1	1	2	0
06-07-2011	4	SCI	CHR	1,5	FOUR	2	27,8	13,1	5	8	3	2	4	0	0	0	1	0
06-07-2011	4	SCI	CHR	1,5	FOUR	3	18	6	4	3	5	5	2	1	2	2	2	0
06-07-2011	4	SCI	CHR	1,5	FOUR	4	29,5	13,8	5	3	2	5	2	0	0	0	0	0
06-07-2011	4	SCI	CHR	1,5	FOUR	5	25	15	3	3	7	6	6	2	0	1	0	0
07-07-2011	4	SCI	CHR	3,5	CHR	1	3	8	3	2	4	1	1	1	0	0	0	0
07-07-2011	4	SCI	CHR	3,5	CHR	2	3,6	6	1	1	2	1	0	0	0	0	0	0
07-07-2011	4	SCI	CHR	3,5	CHR	3	3	3	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0
07-07-2011	4	SCI	CHR	3,5	CHR	4	3,2	6,1	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0
07-07-2011	4	SCI	CHR	3,5	CHR	5	2	2	2	2	2	1	0	0	0	0	0	0
07-07-2011	4	SCI	CHR	3,5	FOUR	1	27	22	15	7	15	3	2	2	1	1	2	1
07-07-2011	4	SCI	CHR	3,5	FOUR	2	25,4	16	10	8	11	7	4	1	1	3	1	0
07-07-2011	4	SCI	CHR	3,5	FOUR	3	15	7	5	6	10	2	4	2	0	0	0	0
07-07-2011	4	SCI	CHR	3,5	FOUR	4	22,8	27,9	9	9	5	4	3	1	0	0	0	0
07-07-2011	4	SCI	CHR	3,5	FOUR	5	21	14	12	5	6	3	3	0	0	0	0	0
06-07-2011	4	SCI	CHR	5,75	PEH	1	9	6	5	3	1	0	0	0	0	0	0	0
06-07-2011	4	SCI	CHR	5,75	PEH	2	9,5	9,6	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0
06-07-2011	4	SCI	CHR	5,75	PEH	3	7	6	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0
06-07-2011	4	SCI	CHR	5,75	PEH	4	6,5	7,6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06-07-2011	4	SCI	CHR	5,75	PEH	5	6	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06-07-2011	4	SCI	CHR	5,75	FOUR	1	60	33	26	3	6	9	2	0	0	0	0	0
06-07-2011	4	SCI	CHR	5,75	FOUR	2	58,5	35,4	10	9	10	3	0	0	0	0	0	0
06-07-2011	4	SCI	CHR	5,75	FOUR	3	38	11	8	6	7	5	3	0	0	1	0	0
06-07-2011	4	SCI	CHR	5,75	FOUR	4	36,5	19,4	8	8	9	4	2	1	1	3	1	0
06-07-2011	4	SCI	CHR	5,75	FOUR	5	35	12	9	5	20	2	0	0	2	2	0	0

ANNEXE 2 : Nombre d'impacts de racines fines dans les volumes de sol ayant servi à la calibration de la densité de longueur racinaire (FRLD) et biomasse racinaire sèche.

Bloc	Trait	Espèce	Type	Cellule	Volume de sol (m ³)	#Impacts (n)	FRLD (km/m ³)	Biomasse sèche (g)
1	ASC	CHR	CHR	B3	0,000652	8	19,0534018	0,21
1	ASC	CHR	CHR	C2	0,000652	2	14,373842	0,13
1	ASC	CHR	CHR	D5	0,000652	2	8,82215337	0,16
1	PAI	CHR	CHR	A2	0,000652	10	22,4798696	0,383
1	PAI	CHR	CHR	C1	0,000652	3	5,43369018	0,265
1	PAI	CHR	CHR	C4	0,000652	3	3,33144325	0,169
1	SCI	CHR	CHR	A3	0,000652	8	17,682477	0,247
1	SCI	CHR	CHR	B2	0,000652	9	6,83449233	0,46
1	SCI	CHR	CHR	B5	0,000652	10	16,7452101	0,161
2	ASC	CHR	CHR	B1	0,000652	8	8,64101074	0,211
2	ASC	CHR	CHR	B3	0,000652	5	2,64635123	0,052
2	ASC	CHR	CHR	C4	0,000652	4	2,12434049	0,138
2	PAI	CHR	CHR	B3	0,000652	8	11,5428942	0,145
2	PAI	CHR	CHR	C1	0,000652	5	13,4932546	0,339
2	PAI	CHR	CHR	C5	0,000652	4	4,77240644	0,068
2	SCI	CHR	CHR	B3	0,000652	6	12,0076948	0,199
2	SCI	CHR	CHR	B5	0,000652	5	28,1314862	0,371
2	SCI	CHR	CHR	C2	0,000652	2	6,4152592	0,064
3	ASC	CHR	CHR	A5	0,000652	0	4,63305215	0,04
3	ASC	CHR	CHR	B2	0,000652	2	0,20251994	0,01
3	ASC	CHR	CHR	C3	0,000652	2	0,19249693	0,003
3	PAI	CHR	CHR	A3	0,000652	6	20,1988021	0,234
3	PAI	CHR	CHR	B5	0,000652	8	10,0239985	0,282
3	PAI	CHR	CHR	C4	0,000652	5	13,4693865	0,569
3	SCI	CHR	CHR	A1	0,000652	4	24,6950782	0,241
3	SCI	CHR	CHR	B3	0,000652	4	9,71903528	0,176
3	SCI	CHR	CHR	C5	0,000652	2	3,93192638	0,053
4	ASC	CHR	CHR	A5	0,000652	10	7,8807454	0,074
4	ASC	CHR	CHR	C2	0,000652	9	1,88783436	0,014

Bloc	Trait	Espèce	Type	Cellule	Volume de sol (m³)	#Impacts (n)	FLRD (km/m³)	Biomasse sèche (g)
4	ASC	CHR	CHR	D5	0,000652	1	0,15390644	0,003
4	PAI	CHR	CHR	B1	0,000652	7	20,717523	0,376
4	PAI	CHR	CHR	B5	0,000652	0	10,133431	0,167
4	PAI	CHR	CHR	D1	0,000652	4	14,5645337	0,186
4	SCI	CHR	CHR	A5	0,000652	7	60,4336672	0,355
4	SCI	CHR	CHR	C1	0,000652	2	6,0033865	0,217
4	SCI	CHR	CHR	C5	0,000652	6	13,7539816	0,215
1	MA	FOUR	FOUR	A5	0,001	77	170,293351	0,877
1	MA	FOUR	FOUR	B2	0,001	49	51,005399	0,288
1	MA	FOUR	FOUR	C4	0,001	34	45,588535	0,256
1	SCI	CHR	FOUR	A3	0,000652	42	238,133026	1,426
1	SCI	CHR	FOUR	B2	0,000652	18	44,7007423	0,221
1	SCI	CHR	FOUR	B5	0,000652	22	35,2514755	0,389
1	SCI	PEH	FOUR	A5	0,000652	55	162,898204	0,81
1	SCI	PEH	FOUR	B2	0,000652	13	28,7313344	0,061
1	SCI	PEH	FOUR	C4	0,000652	2	5,39717945	0,026
2	MA	FOUR	FOUR	A4	0,000652	50	113,683785	0,601
2	MA	FOUR	FOUR	B2	0,000652	33	120,436844	0,377
2	MA	FOUR	FOUR	C5	0,000652	17	65,252773	0,146
2	SCI	CHR	FOUR	B3	0,000652	20	69,9675261	0,359
2	SCI	CHR	FOUR	B5	0,000652	24	153,535744	0,985
2	SCI	CHR	FOUR	C2	0,000652	12	53,7278298	0,168
2	SCI	PEH	FOUR	A1	0,000652	10	34,2245828	0,27
2	SCI	PEH	FOUR	A3	0,000652	11	62,0474294	0,382
2	SCI	PEH	FOUR	C3	0,000652	1	1,13034509	0,006
3	MA	FOUR	FOUR	A1	0,000652	68	560,067578	2,516
3	MA	FOUR	FOUR	B5	0,000652	25	155,040317	0,397
3	MA	FOUR	FOUR	C2	0,000652	13	97,5098574	1,58
3	SCI	CHR	FOUR	A1	0,000652	52	72,9458972	0,754
3	SCI	CHR	FOUR	B3	0,000652	15	76,6202362	0,209
3	SCI	CHR	FOUR	C5	0,000652	9	16,5883298	0,6
3	SCI	PEH	FOUR	A4	0,000652	39	69,4350813	0,29
3	SCI	PEH	FOUR	B2	0,000652	12	29,9634233	0,135
3	SCI	PEH	FOUR	C5	0,000652	7	22,2168742	0,136
4	MA	FOUR	FOUR	A5	0,000652	96	62,5523712	0,525
4	MA	FOUR	FOUR	B2	0,000652	44	55,4356794	0,182
4	MA	FOUR	FOUR	E2	0,000652	3	8,01659969	0,013
4	SCI	CHR	FOUR	A5	0,000652	22	226,558509	1,414
4	SCI	CHR	FOUR	C1	0,000652	3	12,4968942	0,077
4	SCI	CHR	FOUR	C5	0,000652	4	26,8380307	0,118

Bloc	Trait	Espèce	Type	Cellule	Volume de sol (m³)	#Impacts (n)	FLRD (km/m³)	Biomasse sèche (g)
4	SCI	PEH	FOUR	B3	0,000652	11	48,8669187	0,268
4	SCI	PEH	FOUR	C5	0,000652	5	45,6432791	0,201
4	SCI	PEH	FOUR	E3	0,000652	2	18,6482515	0,086
1	ASC	PEH	PEH	A3	0,000652	11	18,564638	0,15
1	ASC	PEH	PEH	B5	0,000652	7	14,4097285	0,116
1	ASC	PEH	PEH	C3	0,000652	1	0,1546411	0,002
1	PAI	PEH	PEH	A5	0,000652	17	32,7377914	0,265
1	PAI	PEH	PEH	B3	0,000652	12	13,513454	0,102
1	PAI	PEH	PEH	D2	0,000652	7	10,8754647	0,156
1	SCI	PEH	PEH	A5	0,000652	16	230,572034	1,315
1	SCI	PEH	PEH	B2	0,000652	9	89,6485245	0,427
1	SCI	PEH	PEH	C4	0,000652	7	12,1890844	0,172
2	ASC	PEH	PEH	A5	0,000652	10	45,9877868	0,317
2	ASC	PEH	PEH	B3	0,000652	6	49,8492899	0,217
2	ASC	PEH	PEH	C4	0,000652	3	14,9678006	0,086
2	PAI	PEH	PEH	A2	0,000652	11	42,3287761	0,276
2	PAI	PEH	PEH	B3	0,000652	8	24,3840414	0,661
2	PAI	PEH	PEH	C5	0,000652	8	16,048589	0,208
2	SCI	PEH	PEH	A1	0,000652	15	78,304296	0,52
2	SCI	PEH	PEH	A3	0,000652	15	204,776063	1,131
2	SCI	PEH	PEH	C3	0,000652	2	2,42997699	0,103
3	ASC	PEH	PEH	A3	0,000652	9	15,6238206	0,114
3	ASC	PEH	PEH	B3	0,000652	7	5,21030675	0,027
3	ASC	PEH	PEH	C5	0,000652	3	11,9965567	0,137
3	PAI	PEH	PEH	A3	0,000652	14	68,5338313	0,538
3	PAI	PEH	PEH	B2	0,000652	14	56,746342	0,172
3	PAI	PEH	PEH	C4	0,000652	12	41,7336319	0,473
3	SCI	PEH	PEH	A4	0,000652	9	59,7171058	0,585
3	SCI	PEH	PEH	B2	0,000652	10	62,9579294	0,413
3	SCI	PEH	PEH	C5	0,000652	3	26,2640138	0,264
4	ASC	PEH	PEH	A3	0,000652	13	8,83267025	0,052
4	ASC	PEH	PEH	C3	0,000652	15	6,78117945	0,055
4	ASC	PEH	PEH	F3	0,000652	0	0	0
4	PAI	PEH	PEH	A3	0,000652	11	38,6677761	0,434
4	PAI	PEH	PEH	C3	0,000652	8	41,9906181	0,478
4	PAI	PEH	PEH	D4	0,000652	7	15,3191396	0,038
4	SCI	PEH	PEH	B3	0,000652	12	41,7787592	0,288
4	SCI	PEH	PEH	C5	0,000652	6	43,3849003	0,238
4	SCI	PEH	PEH	E3	0,000652	2	8,7778589	0,039

ANNEXE 3 : Biomasse aérienne sèche du fourrage en SCI et MA

Bloc	Trait-Distance	Biomasse aérienne sèche (g.m ⁻²)
1	PEH-1,5	114,4
1	PEH-3,5	97,2
1	PEH-5,75	207,6
1	CHR-1,5	89,2
1	CHR-3,5	170
1	CHR-5,75	229,2
1	MA	306
1	MA	366
2	PEH-1,5	30
2	PEH-3,5	39,6
2	PEH-5,75	265,2
2	CHR-1,5	190
2	CHR-3,5	425,2
2	CHR-5,75	377,6
2	MA	292
2	MA	420,4
3	PEH-1,5	46,4
3	PEH-3,5	83,2
3	PEH-5,75	210
3	CHR-1,5	235,2
3	CHR-3,5	258,8
3	CHR-5,75	310,8
3	MA	450,8
3	MA	427,6
4	PEH-1,5	158
4	PEH-3,5	231,2
4	PEH-5,75	470,4
4	CHR-1,5	398,4
4	CHR-3,5	395,2
4	CHR-5,75	378,8
4	MA	495,6
4	MA	417,2

ANNEXE 4 : Pourcentage Totale de Lumière Transmise

Bloc	Trait	Espèce	Distance (m)	Orientation	PTLT(%)
1	SCI	CHR	6	Ouest	81,54
1	SCI	CHR	3	Ouest	88,65
1	SCI	CHR	2	Ouest	87,22
1	SCI	CHR	1	Ouest	82,18
1	SCI	CHR	0	.	67,98
1	SCI	CHR	1	Est	67,06
1	SCI	CHR	2	Est	81,76
1	SCI	CHR	3	Est	87,85
1	SCI	CHR	6	Est	86,49
1	SCI	PEH	6	Ouest	86,49
1	SCI	PEH	3	Ouest	77,45
1	SCI	PEH	2	Ouest	73,94
1	SCI	PEH	1	Ouest	62,28
1	SCI	PEH	0	.	55
1	SCI	PEH	1	Est	54,98
1	SCI	PEH	2	Est	59,39
1	SCI	PEH	3	Est	65,94
1	SCI	PEH	6	Est	78,6
2	SCI	PEH	6	Est	89,98
2	SCI	PEH	3	Est	83,65
2	SCI	PEH	2	Est	78,85
2	SCI	PEH	1	Est	72,59
2	SCI	PEH	0	.	59,02
2	SCI	PEH	1	Ouest	52,86
2	SCI	PEH	2	Ouest	58,53
2	SCI	PEH	3	Ouest	72,17
2	SCI	PEH	6	Ouest	83,68
2	SCI	CHR	6	Est	83,68
2	SCI	CHR	3	Est	90,43
2	SCI	CHR	2	Est	90,16
2	SCI	CHR	1	Est	77,19
2	SCI	CHR	0	.	13,78
2	SCI	CHR	1	Ouest	52,37
2	SCI	CHR	2	Ouest	72,48
2	SCI	CHR	3	Ouest	84,99
2	SCI	CHR	6	Ouest	87,52
3	SCI	CHR	6	Ouest	91,65
3	SCI	CHR	3	Ouest	92,11
3	SCI	CHR	2	Ouest	88,99

Bloc	Trait	Espèce	Distance (m)	Orientation	PTLT(%)
3	SCI	CHR	1	Ouest	75,9
3	SCI	CHR	0	.	26,44
3	SCI	CHR	1	Est	57,83
3	SCI	CHR	2	Est	74,54
3	SCI	CHR	3	Est	87,65
3	SCI	CHR	6	Est	87,2
3	SCI	PEH	6	Ouest	87,2
3	SCI	PEH	3	Ouest	80,21
3	SCI	PEH	2	Ouest	75,57
3	SCI	PEH	1	Ouest	65,45
3	SCI	PEH	0	.	55,07
3	SCI	PEH	1	Est	53,57
3	SCI	PEH	2	Est	58,43
3	SCI	PEH	3	Est	64,68
3	SCI	PEH	6	Est	79,04
4	SCI	CHR	6	Ouest	96,14
4	SCI	CHR	3	Ouest	92,95
4	SCI	CHR	2	Ouest	91,24
4	SCI	CHR	1	Ouest	86,92
4	SCI	CHR	0	.	63,27
4	SCI	CHR	1	Est	72,75
4	SCI	CHR	2	Est	81,46
4	SCI	CHR	3	Est	88,21
4	SCI	CHR	6	Est	87,13
4	SCI	PEH	6	Ouest	87,13
4	SCI	PEH	3	Ouest	78,14
4	SCI	PEH	2	Ouest	73,32
4	SCI	PEH	1	Ouest	67,43
4	SCI	PEH	0	.	56,78
4	SCI	PEH	1	Est	52,67
4	SCI	PEH	2	Est	58,62
4	SCI	PEH	3	Est	64,9
4	SCI	PEH	6	Est	77,15
1	MA	.	.	.	96,41
2	MA	.	.	.	97,51
3	MA	.	.	.	97,03
4	MA	.	.	.	98,41