PROGRAMME DE MISE EN VALEUR DES RESSOURCES DU MILIEU FORESTIER – VOLET 1

Rapport final

Planification et suivi phytosanitaire de la rouille vésiculeuse sur la régénération du pin blanc (dispositif secteur Alexandre)

Présenté au :

Ministère des Ressources naturelles et de la Faune
Guy Lesage, ing.f.
Lise Guay, ing.f.
Matthis Thibault-Gobeil, ing.f.

Et

La Compagnie Commonwealth Plywood Ltée
Christian Picard, ing.f.

Par :

CERFO
Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc.
Frank Grenon, biol., Ph.D.
Donald Blouin, ing.f., M.Sc.
Guy Lessard, ing.f., M.Sc.

Mai 2012

© CERFO 2012-06

Mots-clés : Pin blanc, rouille vésiculeuse, couvert, coupe progressive.

Référence à citer :
Grenon, F., D. Blouin et G. Lessard. 2012. Planification et suivi phytosanitaire de la rouille vésiculeuse sur la régénération du pin blanc (dispositif secteur Alexandre). CERFO. Rapport 2012-06. 21 pages + 3 annexes.

BÉNÉFICIAIRE DU PROJET

- **La Compagnie Commonwealth Plywood Ltée**
  M. Christian Picard, ing.f.

PARTENAIRES DU PROJET

- **Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO)**
  M. Donald Blouin, ing.f., M.Sc.
  M. Frank Grenon, biol., Ph.D.
  M. Guy Lessard, ing.f., M.Sc

- **Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec**
  Mme Lise Guay, ing.f.
  M. Guy Lesage, ing.f.
  M. Matthis Thibault-Gobeil, ing.f.

TABLE DES MATIÈRES

BÉNÉFICIAIRE DU PROJET ..... **I**

PARTENAIRES DU PROJET ..... **I**

TABLE DES MATIÈRES ..... **II**

LISTE DES FIGURES ..... **III**

LISTE DES TABLEAUX ..... **IV**

REMERCIEMENTS ..... **V**

RÉSUMÉ ..... **VI**

INTRODUCTION **1**

OBJECTIFS **3**

HYPOTHÈSES **3**

1. MÉTHODES **4**

1.1. RÉGION À L'ÉTUDE 4
1.2. SECTEURS À L'ÉTUDE 4
1.3. DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL 6
1.4. PRISES DE MESURES 9
1.5. ÉLAGAGE 10
1.6. ANALYSES STATISTIQUES 10

2. RÉSULTATS ET DISCUSSION **11**

2.1. DESCRIPTION DE LA PRÉSENCE DE CHANCRES DE RVPB DANS LE DISPOSITIF 11
2.2. PRÉSENCE DE *RIBES* ET LIEN AVEC LES CARACTÉRISTIQUES DU SITE 14
2.3. PRÉDICTION DE LA PRÉSENCE DE CHANCRE DE RVPB DANS LE DISPOSITIF 16

RECOMMANDATIONS **19**

CONCLUSION **20**

RÉFÉRENCES **21**

ANNEXE 1. SYNTHÈSE DES TRAVAUX EFFECTUÉS PAR SECTEUR **22**

ANNEXE 2. DEVIS TECHNIQUE **27**

ANNEXE 3. FORMULAIRE D'INVENTAIRE **30**

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Localisation générale du dispositif de pin blanc du secteur Alexandre en Outaouais 4
Figure 2. Localisation des secteurs d'intervention du dispositif de pin blanc du secteur Alexandre en Outaouais 5
Figure 3. Localisation des placettes de suivi de la RVPB dans le secteur d'intervention F4 du dispositif de pin blanc du secteur Alexandre en Outaouais 6
Figure 4. Localisation des placettes de suivi de la RVPB dans le secteur d'intervention F4 1/2 du dispositif de pin blanc du secteur Alexandre en Outaouais 7
Figure 5. Localisation des placettes de suivi de la RVPB dans le secteur d'intervention F5 du dispositif de pin blanc du secteur Alexandre en Outaouais 7
Figure 6. Localisation des placettes de suivi de la RVPB dans le secteur d'intervention F10 du dispositif de pin blanc du secteur Alexandre en Outaouais 8
Figure 7. Localisation des placettes de suivi de la RVPB dans le secteur d'intervention F11 du dispositif de pin blanc du secteur Alexandre en Outaouais 8
Figure 8. Distribution des distances du chancre au tronc (0 indique que le chancre observé était sur le tronc) 13
Figure 9. Distribution des hauteurs de tous les chancres observés 13
Figure 10. Distribution des hauteurs des chancres observés au tronc 14
Figure 11. Probabilité estimée par l'analyse logistique de la présence de *ribes* en fonction de la densité du couvert résiduel 15
Figure 12. Probabilité estimée par l'analyse logistique de la présence de *ribes* en fonction de la pente 15
Figure 13. Probabilité estimée par l'analyse logistique de la présence de chancre en fonction du dépôt 16
Figure 14. Probabilité estimée par l'analyse logistique de la présence de chancre en fonction du drainage[1] 17
Figure 15. Probabilité estimée par l'analyse logistique de la présence de chancre en fonction de la densité du couvert[1] 17
Figure 16. Probabilité estimée par l'analyse logistique de la présence de chancre en fonction de la pente[1] 18
Figure 17. Disposition des traitements du secteur d'intervention F4 du dispositif de pin blanc du secteur Alexandre en Outaouais 22
Figure 18. Disposition des traitements du secteur d'intervention F4½ du dispositif de pin blanc du secteur Alexandre en Outaouais 23
Figure 19. Disposition des traitements du secteur d'intervention F5 du dispositif de pin blanc du secteur Alexandre en Outaouais 24
Figure 20. Disposition des traitements du secteur d'intervention F10 du dispositif de pin blanc du secteur Alexandre en Outaouais 25
Figure 21. Disposition des traitements du secteur d'intervention F11 du dispositif de pin blanc du secteur Alexandre en Outaouais 26

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Nombre de tiges de pin blanc de plus de un mètre de haut par placette 11
Tableau 2. Présence de chancre par bloc. 12

REMERCIEMENTS

La réalisation de ce projet a été possible grâce au financement de la Compagnie Commonwealth Plywood Ltée (CCPL), du Programme de mise en valeur des ressources naturelles du milieu forestier-Volet 1 (PMVRMF) ainsi que du Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec (MRNF).

Nous aimerions souligner l'appui de M. Christian Picard, directeur forestier de la Compagnie Commonwealth Plywood Ltée (CCPL) ainsi que l'importante et précieuse collaboration de Mme Lise Guay, ingénieure forestière du ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF). De plus, nous aimerions remercier M. Gaston Laflamme et M. Philippe Tanguay du Service canadien des Forêts pour leurs judicieux conseils et le Groupement forestier du Pontiac pour la réalisation de l'inventaire.

RÉSUMÉ

Dans la région de l'Outaouais, une stratégie a été proposée pour la production de pin blanc basée principalement sur l'utilisation de coupes progressives et d'une assistance à la régénération lors de mauvaises années semencières. La présence de la rouille vésiculeuse du pin blanc (RVPB) est un problème important auquel la sylviculture du pin blanc doit faire face. La rouille vésiculeuse du pin blanc est un pathogène introduit au Québec au début du XXe siècle. Elle a décimé la majorité des plantations de pins blancs de l'Est et continue à poser un obstacle majeur à la régénération naturelle de cette espèce (Joly 2005). Dans le cas des jeunes plantations, la RVPB peut causer la mortalité des tiges en l'espace de 3 à 6 ans (Lavallée 1991). Comme il existe actuellement peu de peuplements de pins blancs en régénération, les données disponibles sur la rouille vésiculeuse sont fragmentaires. Pourtant, il s'agit d'une période critique dans la vie du peuplement. De plus, la restauration du pin blanc est un enjeu écologique dans plusieurs régions du Québec, notamment en Outaouais. Ceci démontre qu'il faut entreprendre des actions immédiatement pour mieux documenter la problématique de la rouille afin de développer une stratégie efficace, réalisable et viable pour la production de pin blanc au Québec.

Ce projet vise justement à documenter cette problématique et à identifier les zones sensibles à la rouille sur le pin blanc. Depuis l'été 2004, des sommes importantes d'argent ont été investies par Commonwealth Plywood, le MRNF et le PMVRMF volet I pour le démarrage et l'avancement du projet d'élaboration d'une stratégie alternative pour la production de pin blanc, en plus des nombreuses rencontres et visites terrain, tant au Québec qu'en Ontario, pour les partenaires du projet. Dans le dispositif expérimental de coupe progressive du secteur Alexandre, une visite a confirmé que les plants reboisés en 2006 sont déjà affectés par la rouille. Un suivi de la présence de chancres de la RVPB sur les pins reboisés dans le dispositif a été effectué en juillet 2011. Par la suite, une élimination des tiges infectées au tronc ou sur une branche à moins de 10 cm du tronc et un élagage de toutes les branches sur la moitié de la hauteur des autres tiges ont été prescrits et réalisés en août 2011. De plus, le projet permettra potentiellement de bonifier la carte de sensibilité pour les sous-régions écologiques concernées.

Le suivi a permis de confirmer que le taux d'infection (présence de chancre) des jeunes pins s'élève à 40 % et que la présence de chancre au tronc est importante. Un des facteurs identifiés comme étant liés à la présence de chancre est la réduction de la densité du couvert résiduel. La présence de chancres à très faible hauteur suggère que ceux-ci aient pu être infectés avant leur arrivée sur le site. De plus, le dispositif de suivi mis en place permettra d'évaluer l'efficacité de l'élagage dans le contrôle de l'infection des plants sains dans la plantation et de la progression de la RVPB des branches vers le tronc dans les plants infectés.

INTRODUCTION

Au cours du XXe siècle, les développements technologiques (transport, récolte, etc.) ont facilité l'accessibilité aux massifs forestiers tant pour la protection contre les feux que pour les interventions sylvicoles (Bouillon 2003). Ces modifications au régime de perturbations naturelles ont affecté la dynamique de régénération des pinèdes blanches tant et si bien que la raréfaction des pinèdes est maintenant un enjeu de biodiversité majeur pour la région de l'Outaouais. De plus, les données de suivi de régénération dans les CPRS soulèvent de sérieux doutes quant à la capacité des pins blancs à se régénérer.

En 2004, dans l'optique de maintenir les fonctions écologiques de pinèdes et régénérer adéquatement le pin blanc, le CERFO a installé un dispositif au secteur Alexandre (Fort-Coulonge) comparant différentes interventions sylvicoles. Le dispositif compte 145 ha répartis en trois interventions sylvicoles : **la coupe progressive uniforme** (CPU) utilisée en Ontario, **l'éclaircie commerciale de feuillus et de pins** (ECF) et **la coupe progressive d'ensemencement de feuillus et de pins** (CPF), qui sont les deux coupes normalement prescrites dans le régime sylvicole québécois.

Le maintien des pinèdes blanches fait également face à une autre problématique, soit la présence de la **rouille vésiculeuse du pin blanc** (RVPB) qui semble affecter une proportion importante de la régénération en pin blanc, notamment sur les dépôts de till (Lise Guay, communication personnelle, décembre 2009). Les données disponibles sur la RVPB sont toutefois fragmentaires; il est donc nécessaire de documenter cette problématique pour mieux répartir les efforts de reboisement en pin blanc. Les cartes de sensibilité pourraient même sous-estimer actuellement cette sensibilité.

La rouille vésiculeuse du pin blanc est un pathogène introduit au Québec au début du XXe siècle. Elle a décimé la majorité des plantations de pins blancs de l'Est et continue à poser un obstacle majeur à la régénération naturelle de cette espèce (Joly 2005). Dans le cas des jeunes plantations, la RVPB peut causer la mortalité des tiges en l'espace de 3 à 6 ans (Lavallée 1991). Comme il existe actuellement peu de peuplements de pins blancs en régénération, les données disponibles sur la rouille vésiculeuse sont fragmentaires. Pourtant, il s'agit d'une période critique dans la vie du peuplement. De plus, la restauration du pin blanc est un enjeu écologique dans plusieurs régions du Québec, notamment en Outaouais. Ceci démontre qu'il faut entreprendre des actions

immédiatement pour mieux documenter la problématique de la rouille afin de développer une stratégie efficace, réalisable et viable pour la production de pin blanc au Québec.

Ce projet vise justement à documenter cette problématique et à identifier les zones sensibles à la rouille sur le pin blanc. Depuis l'été 2004, des sommes importantes d'argent ont été investies par Commonwealth Plywood, le MRNF et le PMVRMF volet I pour le démarrage et l'avancement du projet d'élaboration d'une stratégie alternative pour la production de pin blanc, en plus des nombreuses rencontres et visites terrain, tant au Québec qu'en Ontario, pour les partenaires du projet. Comme une visite a confirmé que les plants installés dans ce dispositif sont affectés par la rouille, un élagage a été prescrit et réalisé en août 2011. De plus, le projet permettra potentiellement de bonifier la carte de sensibilité pour les sous-régions écologiques concernées.

OBJECTIFS

L'objectif général du projet vise d'abord à faire le suivi phytosanitaire de la RVPB sur la régénération de pin blanc à l'intérieur du dispositif du secteur Alexandre, Fort-Coulonge. Le suivi permettra de récolter des données sur l'occurrence de la RVPB par type de dépôt de surface et selon des notions de position topographique, de drainage, de pente, d'orientation et de densité du couvert forestier résiduel. Il permettra également, à terme, d'évaluer l'efficacité de l'élagage dans le contrôle de la progression de la RVPB pour les arbres atteints et sains.

HYPOTHÈSES

1. Le taux d'infection dans le dispositif est élevé

2. La présence de chancre au tronc est faible

3. Les chancres sur les branches sont à plus de 12 cm du tronc.

4. Le *ribes* est présent dans le dispositif

5. La présence de *ribes* est plus élevée lorsque le couvert est plus faible.

6. La présence de chancre est plus élevée sur les dépôts fins, la densité de couvert faible, les mauvais drainages et les pentes faibles.

1. MÉTHODES

1.1. RÉGION À L'ÉTUDE

Le dispositif est situé en Outaouais sur L'UAF 71-52 (secteur Alexandre). Ce secteur est situé dans le domaine bioclimatique de l'érablière à bouleau jaune et plus spécifiquement dans la région écologique des Collines de l'Outaouais et du Témiscamingue (figure 1).

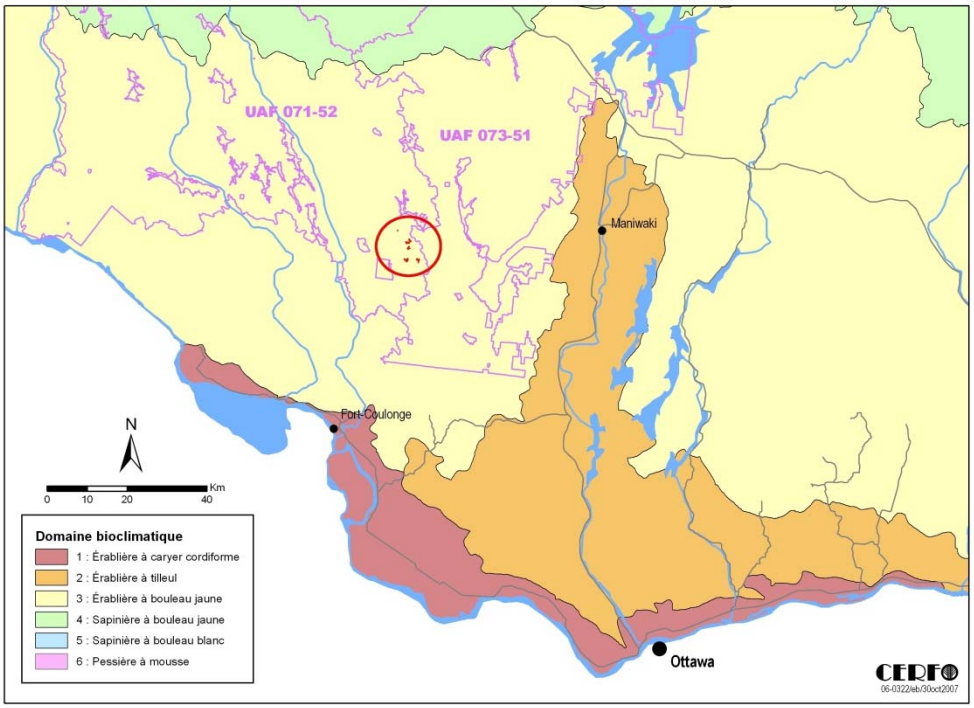


Figure 1. Localisation générale du dispositif de pin blanc du secteur Alexandre en Outaouais

1.2. SECTEURS À L'ÉTUDE

La recherche des superficies à traiter a été effectuée à l'intérieur des unités d'échantillonnage 00160, 00163, 04442 et 04443 où l'éclaircie commerciale de feuillus (ECF) et de pins était prévue aux plans annuels d'intervention de Commonwealth Plywood en 2004-2005. De plus, des superficies adjacentes prévues au plan annuel pouvant être traitées en coupe progressive d'ensemencement de feuillus et de pins (CPF) ont été retenues dans les unités 00161 et 04444. L'interprétation des photographies aériennes et un inventaire de reconnaissance ont été réalisés afin de cibler des stations relativement homogènes en bois sur pied et en conditions de terrain

afin de pouvoir y comparer des traitements différents à l'intérieur de conditions relativement semblables.

Lors de la saison 2004-2005, les interventions de récolte ont été réalisées dans le dispositif du secteur Alexandre (04442 et 04443) (figure 2), à l'exception de deux blocs de CPF de l'unité d'échantillonnage 04444. Ces deux blocs seront donc considérés comme des unités témoins pour le reste de l'étude.

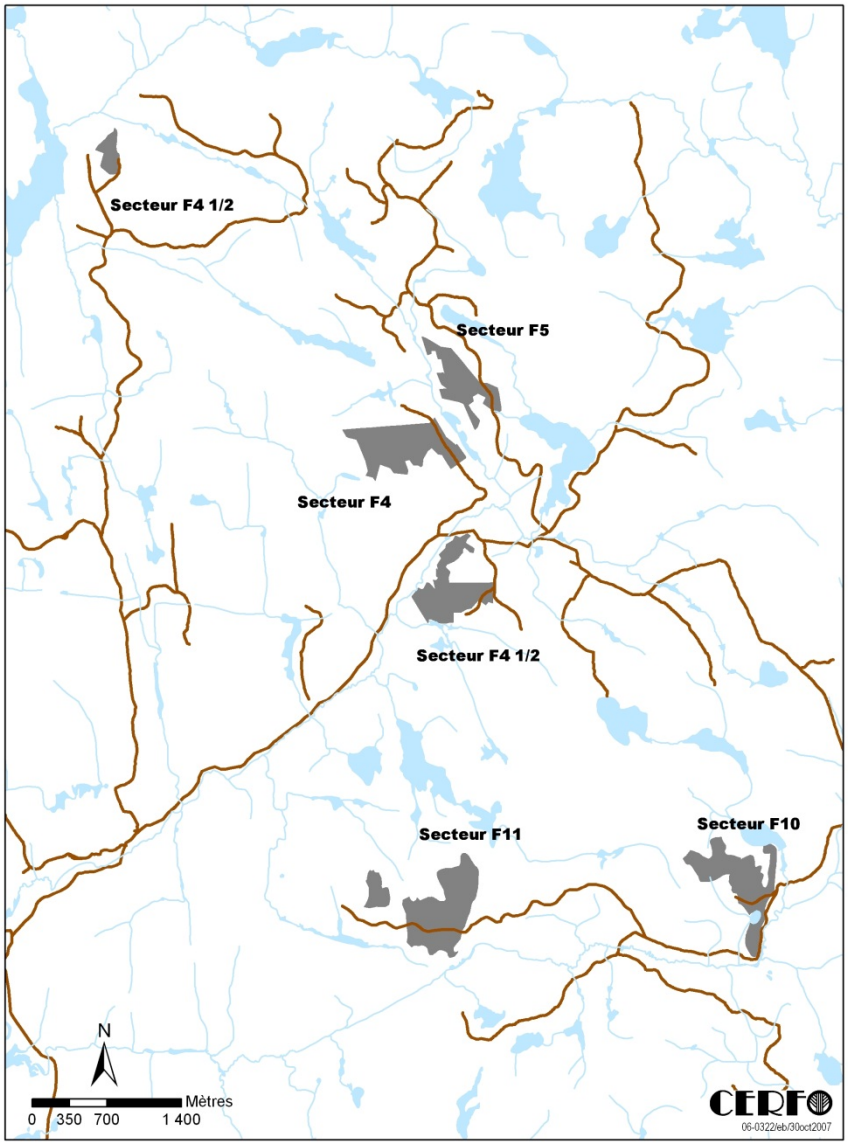


Figure 2. Localisation des secteurs d'intervention du dispositif de pin blanc du secteur Alexandre en Outaouais

1.3. DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Le dispositif expérimental implanté est un plan en blocs aléatoires composé de cinq blocs, quatre traitements et trois préparations de terrain. Les blocs ont été répartis dans différentes conditions de peuplements et de terrain observées à l'intérieur des unités d'échantillonnage. Il y a cinq répétitions des traitements de coupe progressive uniforme (CPU), d'ECF et de témoins et trois répétitions de CPF. Le dispositif initial est composé de 17 unités expérimentales (voir annexe 1).

Pour le suivi phytosanitaire, seules les unités expérimentales reboisées ont été suivies. Une subdivision des unités expérimentales a été réalisée pour obtenir des blocs ayant des pentes et des dépôts uniformes (voir figures 3 à 7). Pour chaque bloc, 5 paires de placettes permanentes ont été positionnées de manière à couvrir l'ensemble de la superficie du bloc et à au moins 20 m de la bordure du bloc. Les placettes de chaque paire étaient positionnées à 12 mètres l'une de l'autre. Pour chaque paire, une placette a été identifiée en rose pour ne pas être élaguée et l'autre en bleu devant être élaguée tout comme le reste du dispositif.

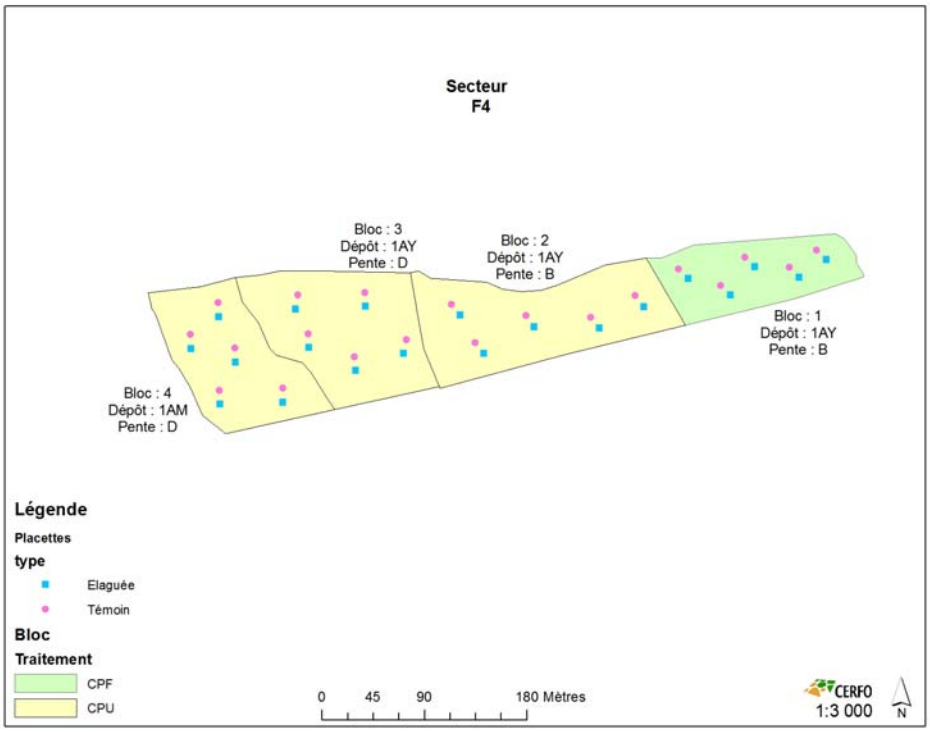


Figure 3. Localisation des placettes de suivi de la RVPB dans le secteur d'intervention F4 du dispositif de pin blanc du secteur Alexandre en Outaouais

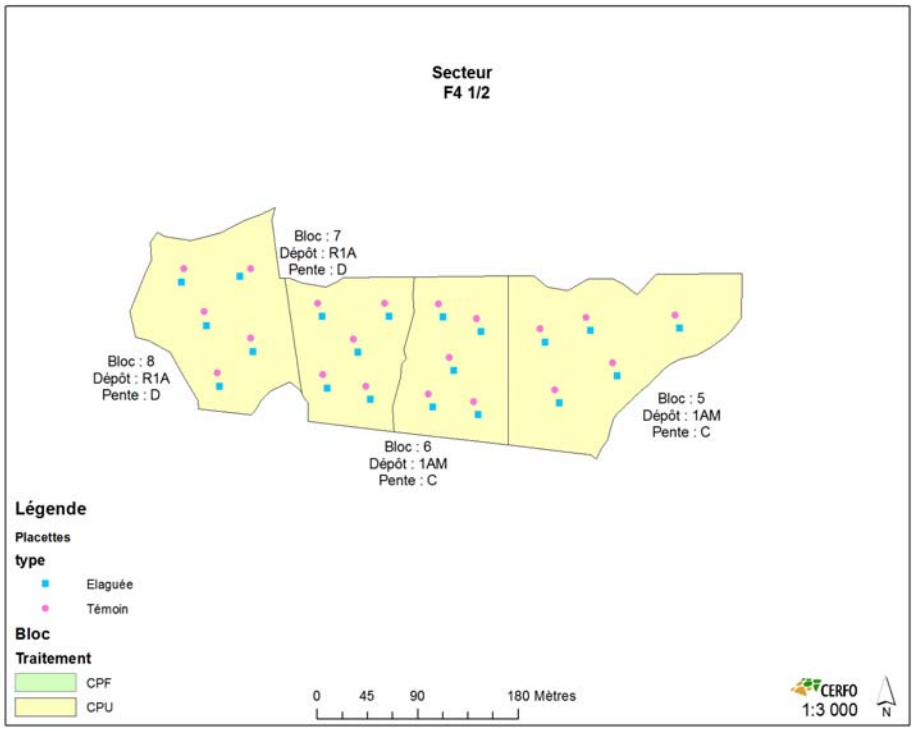


Figure 4. Localisation des placettes de suivi de la RVPB dans le secteur d'intervention F4 1/2 du dispositif de pin blanc du secteur Alexandre en Outaouais

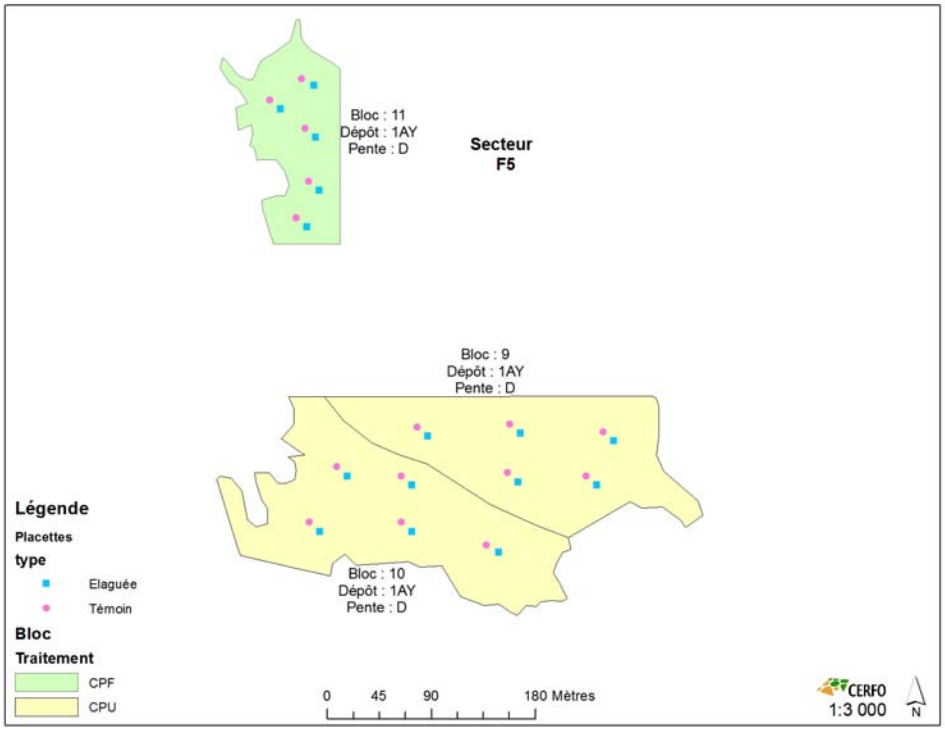


Figure 5. Localisation des placettes de suivi de la RVPB dans le secteur d'intervention F5 du dispositif de pin blanc du secteur Alexandre en Outaouais

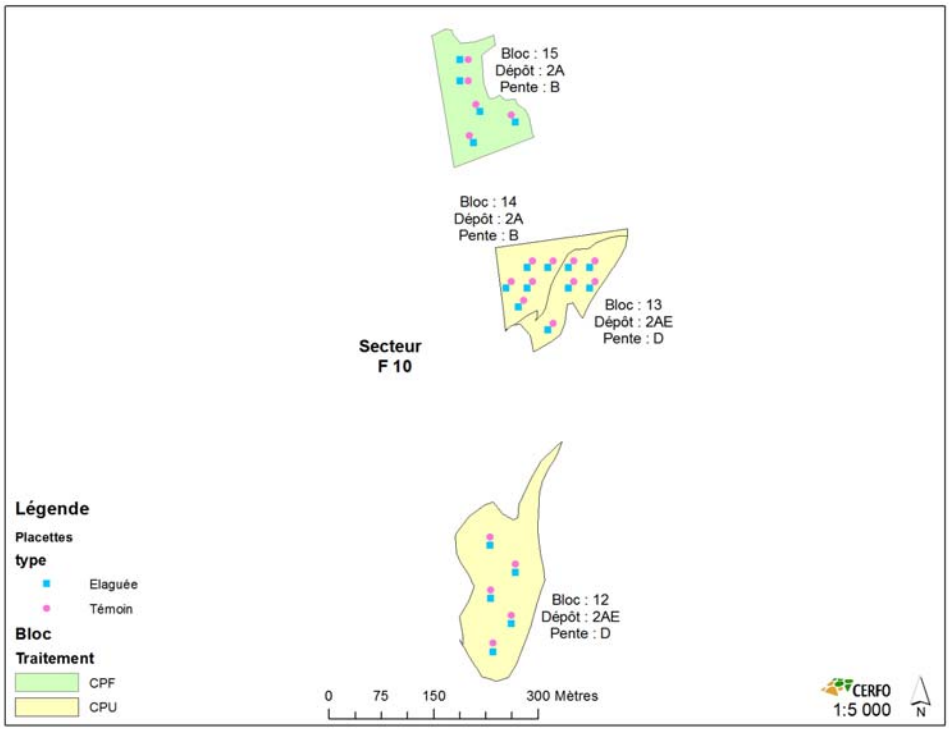


Figure 6. Localisation des placettes de suivi de la RVPB dans le secteur d'intervention F10 du dispositif de pin blanc du secteur Alexandre en Outaouais

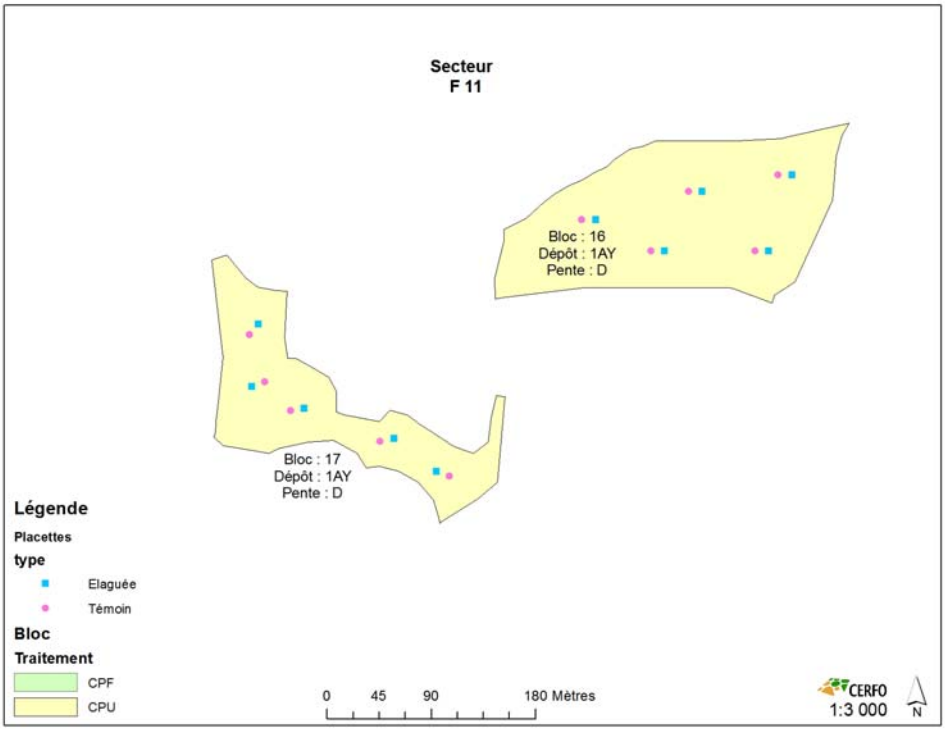


Figure 7. Localisation des placettes de suivi de la RVPB dans le secteur d'intervention F11 du dispositif de pin blanc du secteur Alexandre en Outaouais

1.4. PRISES DE MESURES

L'inventaire a eu lieu de la fin juillet au début août 2011 avant les travaux d'élimination et d'élagage. Le devis technique pour l'inventaire est présenté en détail à l'annexe 2. Les placettes ont été identifiées avec une fiche métallique au centre. Sur un rayon 5,64 mètres, toutes les tiges de pin blanc de plus de 1 mètre de hauteur ont été identifiées avec une étiquette métallique et un ruban de couleur (bleu pour les placettes élaguées et rose pour les placettes non élaguées). Pour chaque placette, les observations suivantes ont été réalisées :

1. Date
2. Nom des évaluateurs
3. Numéro du bloc
4. Numéro de la placette figurant sur le plan de sondage
5. Coordonnées GPS
6. Présence de *Ribes* (voir annexe 2)
7. Présence de conditions favorables au *Ribes* (voir annexe 2)
8. Pente (A-B-C-D-E)
9. Exposition (cardinale simple : N-S-E-O)
10. Position sur la pente (Sommet, Haut, milieu, bas)
11. Dépôt (1AY, 1AM, 2A, 2AE, R1E)
12. Drainage (0-6)
13. Densité du couvert de bois sur pied (A, B, C, D)

Pour chacune des tiges de pin de plus de 1m présentes dans la placette, les observations et mesures suivantes ont été réalisées :

1. Présence de chancre sur le tronc ou sur les branches
2. Distance la plus faible observée sur la branche entre le chancre et le tronc (si sur le tronc inscrire 0)
3. Hauteur de l'observation (si sur le tronc inscrire la hauteur du chancre le plus bas)
4. Hauteur de l'arbre
5. Libre de croître par rapport à la régénération (voir schéma en annexe 2)
6. Présence de charançons
7. Présence de défauts ou autres maladies
8. Présence de compétition herbacée et arbustive dans un rayon de 1,13 m autour de chaque tige (Nulle, Faible < 50 % de recouvrement ou Élevée >50 % de recouvrement)
9. Hauteur de la compétition

1.5. ÉLAGAGE

Un élagage a été effectué dans le dispositif à l'été 2011, entre le 11 juillet et le 25 août. Lors de cet élagage, toutes les tiges de PIB ont été élaguées jusqu'à la demi hauteur de l'arbre. Aussi, toutes les tiges infectées par la rouille vésiculeuse du pin blanc, au tronc ou sur une branche à moins de 10 cm du tronc, ont été systématiquement coupées. De plus, il ne devait rester aucune branche vivante sur la souche des PIB coupés. Les branches ayant des symptômes apparents de la rouille à plus de 10 cm du tronc ont été coupées. Finalement, les aiguilles poussant sur le tronc sur la première moitié de la hauteur de l'arbre ont été enlevées.

1.6. ANALYSES STATISTIQUES

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide de la procédure GENMOD du logiciel SAS 9.2 pour les prédictions binaires (présence/absence de chancre).

2. RÉSULTATS ET DISCUSSION

2.1. DESCRIPTION DE LA PRÉSENCE DE CHANCRES DE RVPB DANS LE DISPOSITIF

Le tableau 1 présente les effectifs inventoriés pour l'ensemble du dispositif. Le nombre de tiges inventoriées de 1861 tiges dans 170 placettes équivaut à 1095 tiges/ha ce qui correspond bien aux 1165 tiges/ha mis en terre lors de l'installation du dispositif (Grenon *et al.* 2007).

Tableau 1. Nombre de tiges de pin blanc de plus de un mètre de haut par placette

	Dépôt	Pente	PLACETTE										
BLOC			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total général
1	1AY	B	11	7	5	12	9	6	6	14	9	5	84
2	1AY	B	12	7	13	10	7	14	8	6	6	12	95
3	1AY	D	16	9	10	11	9	14	15	6	12	11	113
4	1AM	D	8	8	8	11	9	9	4	6	13	6	82
5	1AM	C	17	11	8	9	8	9	8	16	12	13	111
6	1AM	C	10	6	10	11	10	13	11	14	6	5	96
7	R1A	D	12	7	9	10	5	5	9	12	19	9	97
8	R1A	D	8	9	7	8	7	7	7	8	13	11	85
9	1AY	D	6	10	8	10	7	5	9	8	6	9	78
10	1AY	D	16	15	14	10	11	8	9	9	14	8	114
11	1AY	D	4	10	9	8	13	9	9	8	11	8	89
12	2AE	D	12	17	23	22	12	14	19	13	18	21	171
13	2AE	D	14	14	14	17	14	12	11	14	8	9	127
14	2A	B	14	18	16	17	18	17	19	19	22	17	177
15	2A	B	20	16	19	6	17	9	13	8	19	12	139
16	1AY	D	5	8	9	15	7	4	21	10	6	9	94
17	1AY	D	9	11	6	19	17	11	7	9	13	7	109
Total général													1861

Cinq ans après avoir été mis en terre, la hauteur moyenne des tiges observées est de 178 cm, la plus haute tige atteignant 346 cm. Sur les 1861 tiges observées, 747 ont été notées comme portant un chancre ce qui représente un taux global de 40 % ce qui viens appuyer l'hypothèse 1 (tableau 2). Bien que le taux rapporté ici soit élevé comparativement à la littérature (Lavallée 1991), il faut comprendre qu'il représente une valeur qui peut être légèrement surestimée. Comme l'inventaire a eu lieu au milieu de l'été, les fructifications orangées (éciospores) caractéristiques de la RVPB et faciles à repérer étaient déjà dispersées au moment de l'inventaire (Lavallée 1978). Ainsi, des blessures mécaniques ou autres, ont pu être comptabilisées comme étant des chancres. Par contre, l'inventaire réalisé ne considère pas les tiges infectées aux aiguilles et ne portant pas encore de chancre. Ceci doit être pris en compte pour tous les résultats présentés dans ce rapport. Ainsi on parle volontairement de présence de chancres et non de taux d'infection.

Tableau 2. Présence de chancre par bloc

			Présence de chancre		
BLOC	Dépôt	Pente	Oui	Non	%
1	1AY	B	39	45	46.4
2	1AY	B	33	62	34.7
3	1AY	D	44	69	38.9
4	1AM	D	27	55	32.9
5	1AM	C	61	50	55.0
6	1AM	C	36	60	37.5
7	R1A	D	29	68	29.9
8	R1A	D	48	37	56.5
9	1AY	D	34	44	43.6
10	1AY	D	52	62	45.6
11	1AY	D	24	65	27.0
12	2AE	D	96	75	56.1
13	2AE	D	31	96	24.4
14	2A	B	72	105	40.7
15	2A	B	28	111	20.1
16	1AY	D	20	74	21.3
17	1AY	D	73	36	67.0
Total général			747	1114	40.1

Les chancres observés étaient majoritairement sur le tronc des pins, plus de 60 % ce qui est contraire à l'hypothèse 2 (figure 8). Cette observation laisse présager que l'efficacité de l'élagage pour la survie des jeunes pins infectés sera faible. De plus, des chancres observés sur les branches, 74 % se trouvaient à 12 cm et moins du tronc, limite à laquelle l'élagage est considéré comme efficace contre la RVPB dans les jeunes plantations (King 1958). Ce résultat est également contraire à l'hypothèse posée (hypothèse 3). Ainsi, selon nos données, en assumant que l'élagage est efficace seulement pour les chancres situés à plus de 12 cm du tronc, celui-ci permettra au mieux de maintenir environ 64 % des pins plantés dans le dispositif s'il parvient à freiner complètement l'infection par la RVPB.

La hauteur de tous les chancres observés était de 50 cm et moins dans 77 % des cas (figure 9).

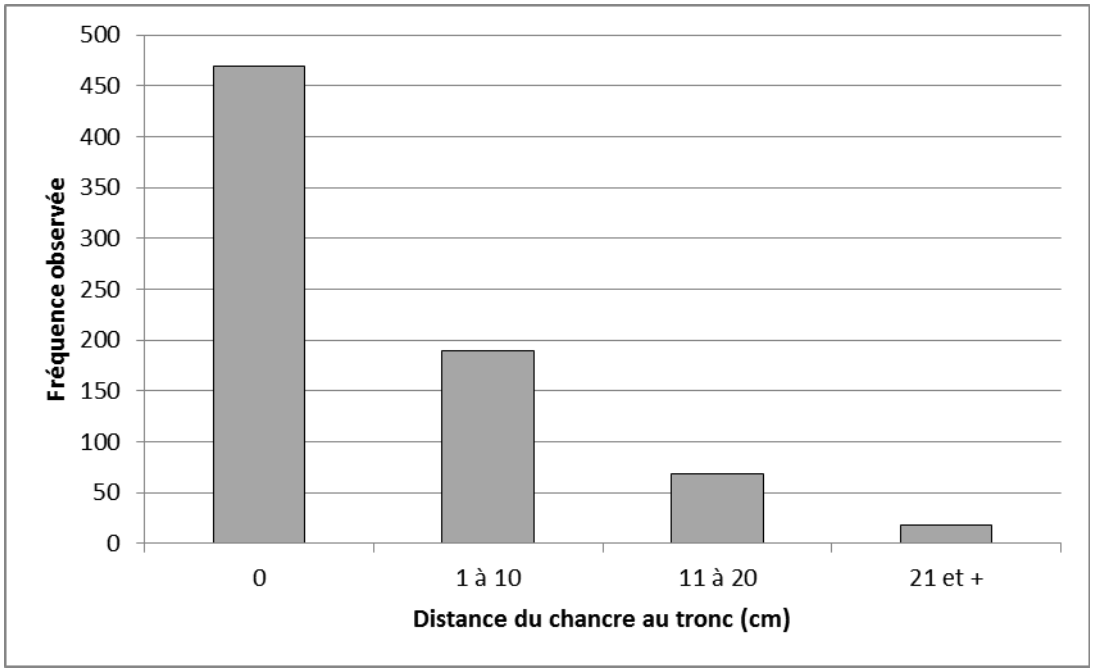


Figure 8. Distribution des distances du chancre au tronc (0 indique que le chancre observé était sur le tronc)

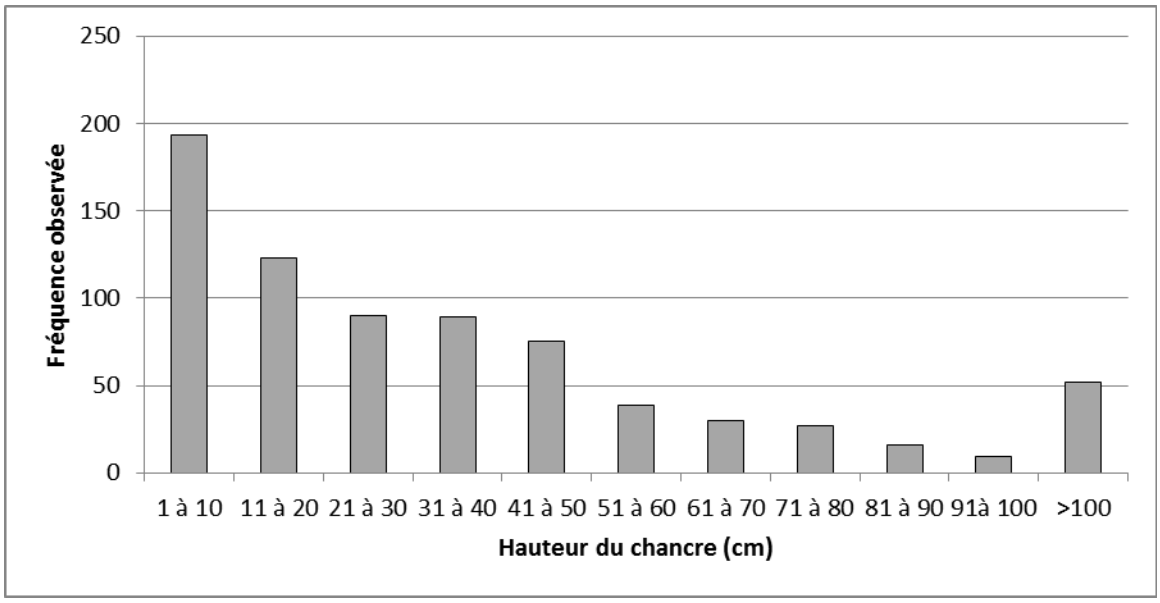


Figure 9. Distribution des hauteurs de tous les chancres observés

Pour ce qui est des chancres au tronc, la proportion est légèrement inférieure à 73 % (figure 10). La plantation étudiée par Lavallée (1991) montrait que les chancres au tronc étaient à moins de 30 cm de hauteur dans 87 à 96 % des cas. Dans notre cas, des chancres au tronc ont été observés à plus de 180 cm de hauteur. L'infection par la RVPB se fait d'abord par les aiguilles dans des conditions d'humidité élevée puis après environ 3 ans un chancre se forme sur l'écorce à la base

de l'aiguille infectée. Le champignon peut ensuite migrer et former un chancre plus bas sur la branche ou la tige. Ainsi la présence d'aiguilles sur la portion basse du tronc est propice à la formation de chancres au tronc. Les plants de forte dimension ayant été reboisés sur le site avait entre 30 et 40 cm de hauteur et on peut supposer qu'ils n'avaient pas d'aiguilles au tronc à moins de 10 cm de hauteur lorsqu'ils ont été plantés. Ainsi l'abondance de chancres au tronc à moins de 10 cm de hauteur laisse présager qu'une certaine proportion des plants (env. 8 %) a été infectée avant leur arrivée sur le site.

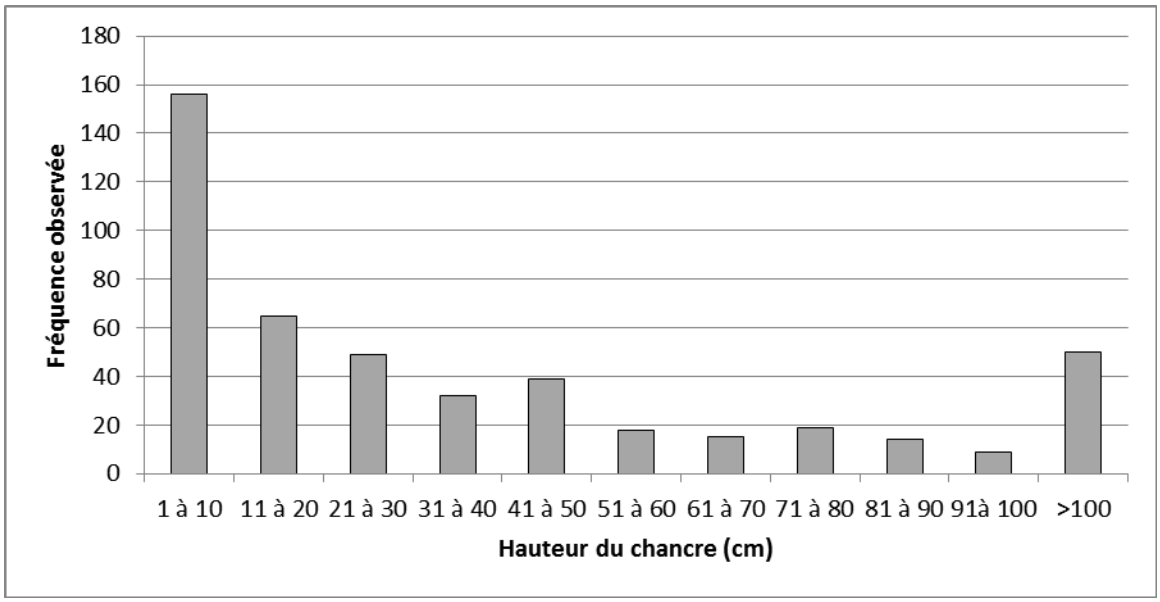


Figure 10. Distribution des hauteurs des chancres observés au tronc

2.2. PRÉSENCE DE *RIBES* ET LIEN AVEC LES CARACTÉRISTIQUES DU SITE

La présence de *ribes* a été identifiée dans 69 placettes sur les 170, ce qui confirme la présence de l'hôte alterne de la RVPB dans le dispositif (hypothèse 4). De plus, bien que le *ribes* est un arbuste tolérant à l'ombre il est significativement plus présent lorsque le couvert est plus faible (figure 11) ce qui concorde avec l'hypothèse 5.

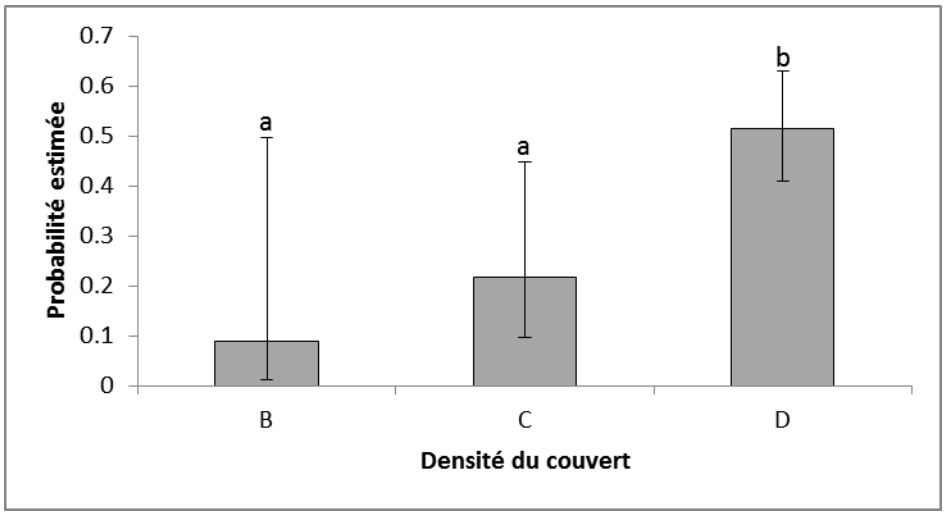


Figure 11. Probabilité estimée par l'analyse logistique de la présence de *ribes* en fonction de la densité du couvert résiduel[1]

La présence de *ribes* est également corrélée à la pente (figure 12). Par contre, il ne semble pas y avoir une relation linéaire puisque seule la probabilité dans les pentes B est plus faible que les autres y compris les pentes A.

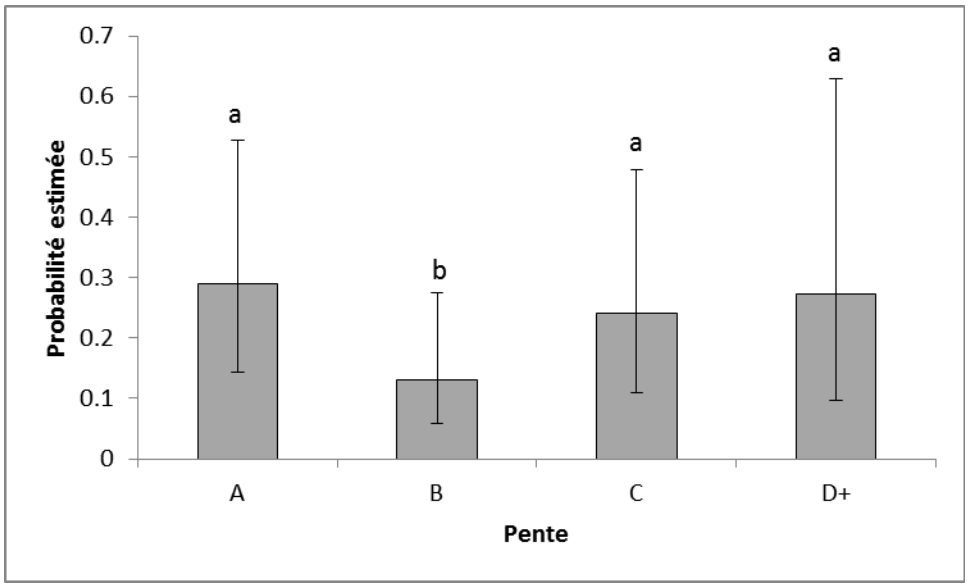


Figure 12. Probabilité estimée par l'analyse logistique de la présence de *ribes* en fonction de la pente[1]

[1] Les barres verticales représentent l'intervalle de confiance. Des lettres différentes au-dessus des colonnes correspondent à des valeurs significativement différente (p-Chi<0.05).

2.3. PRÉDICTION DE LA PRÉSENCE DE CHANCRE DE RVPB DANS LE DISPOSITIF

Afin d'identifier les facteurs de prédiction de la présence de chancre de RVPB dans le dispositif, nous avons testé par une approche logistique, soit en utilisant la procédure GENMOD de SAS 9.2, les différentes variables potentielles soit : pente, exposition, position sur la pente, dépôt, drainage, densité du couvert de bois sur pied, liberté de croitre, présence de compétition, hauteur de la compétition et présence de conditions favorables au *ribes*. La présence de *ribes* n'a pas été retenue comme variable explicative puisqu'elle est corrélée aux autres variables de site. Bien que la présence de *ribes* semble être un facteur important dans la présence du chancre, il serait difficile d'utiliser cette information dans le but de prédire le potentiel d'infection par la RVPB puisqu'elle est difficile à obtenir et rarement disponible. À la base, cette variable a été acquise afin de confirmer la présence de cet hôte alterne de la RVPB, essentiel à la propagation de la maladie vers les pins.

Les variables ayant une relation significative avec la présence de chancre sont le dépôt, le drainage, le couvert et la pente. L'analyse démontre que la présence de chancres est généralement plus élevée sur les dépôts fins (figure 13). Ces résultats concordent bien avec les conditions favorables à l'infection par la RVPB. Les résultats obtenus pour le drainage sont aussi en accord avec ce qu'on pourrait s'attendre de l'infection par la RVPB qui nécessite des conditions d'humidité pour la germination des spores (figure 14).

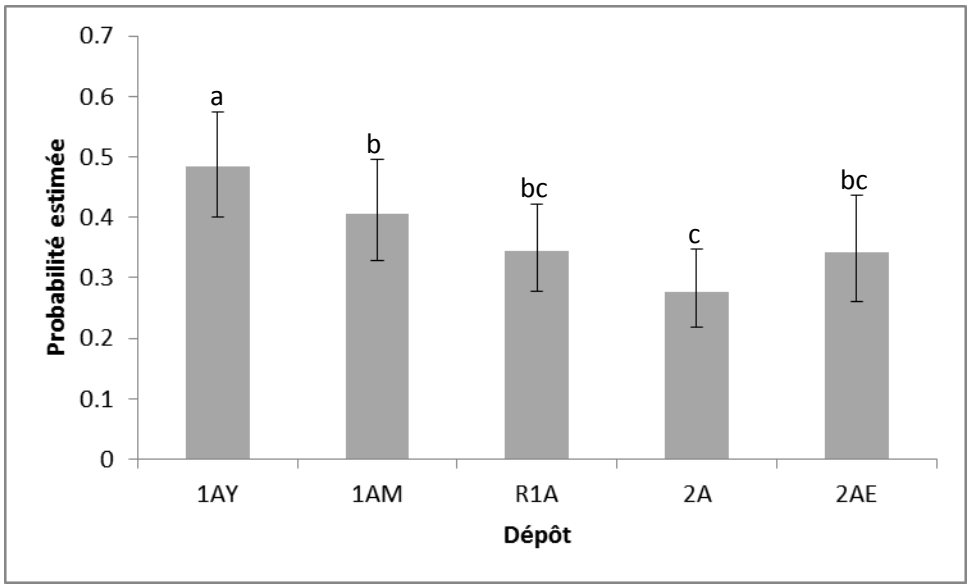


Figure 13. Probabilité estimée par l'analyse logistique de la présence de chancre en fonction du dépôt[1]

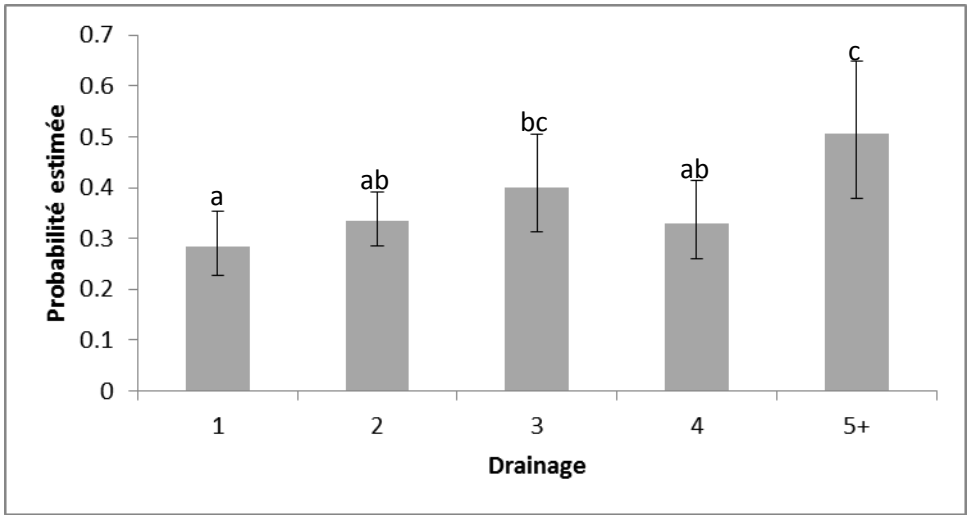


Figure 14. Probabilité estimée par l'analyse logistique de la présence de chancre en fonction du drainage[1]

Pour la densité du couvert, comme les effectifs pour le couvert de densité B étaient faibles, les différences ne sont pas significatives (figure 15). Ces résultats concordent avec les recommandations de plantation de pin blanc sous 50 % de couvert ou plus (Ostry *et al.* 2010).

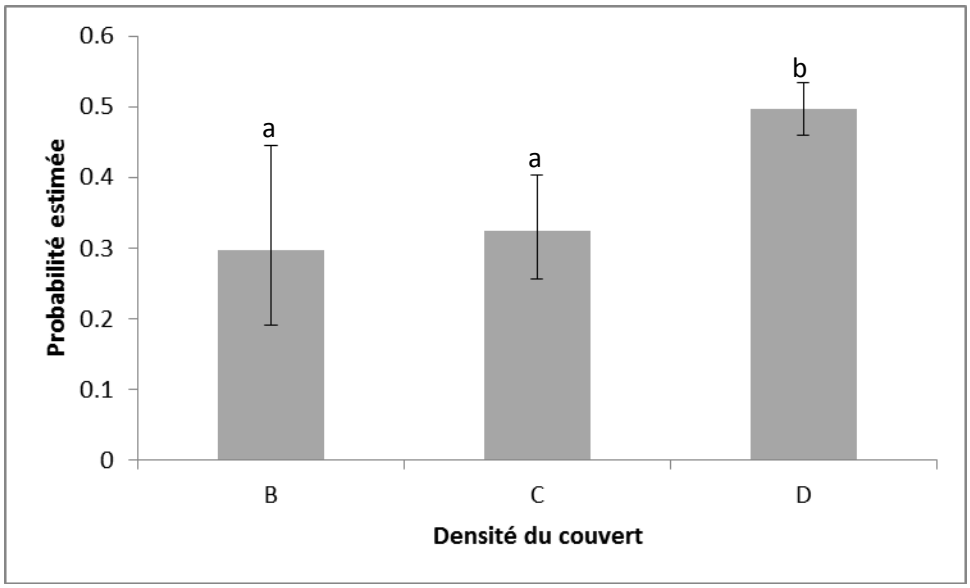


Figure 15. Probabilité estimée par l'analyse logistique de la présence de chancre en fonction de la densité du couvert[1]

Les résultats par rapport aux pentes sont, quant à eux, contre-intuitifs et est contraire à l'hypothèse 6 (figure 16).

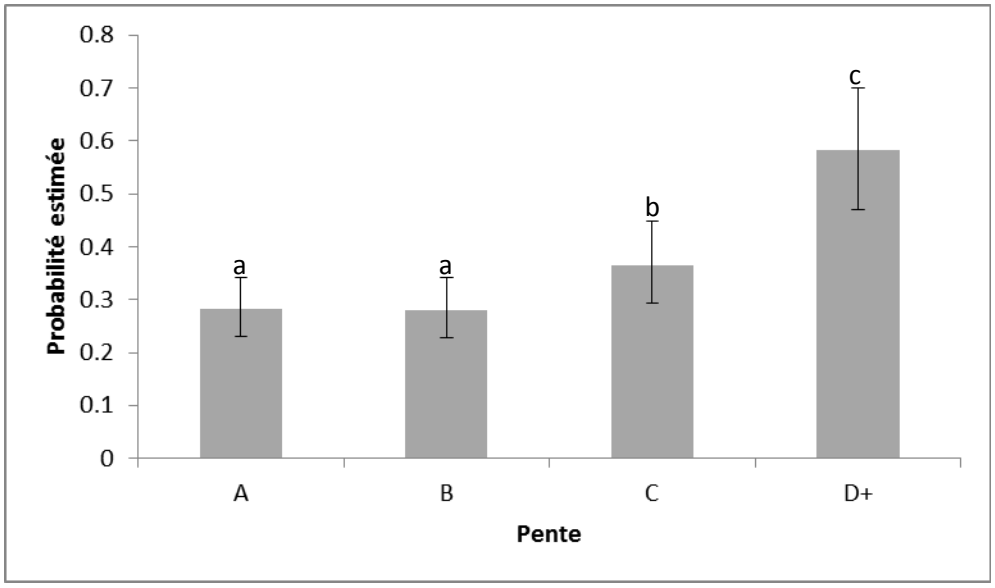


Figure 16. Probabilité estimée par l'analyse logistique de la présence de chancre en fonction de la pente[1]

Une augmentation de la pente devrait amener une meilleure circulation de l'air et un meilleur drainage. La présence de *ribes* était toutefois la plus faible sur les pentes B ce qui pourrait amener un élément de réponse.

RECOMMANDATIONS

1. Le maintien d'un couvert résiduel de densité C lors de coupe partielle dans les peuplements de pins blanc devrait être visé afin de limiter la présence de *ribes* et l'infection par la RVPB.

2. Le suivi du dispositif mis en place permettra d'évaluer : l'efficacité de l'élagage dans le contrôle de l'infection des plants sains dans la plantation et de la progression de la RVPB des branches vers le tronc dans les plants infectés.

3. Un inventaire complémentaire dans d'autres plantations serait souhaitable afin de bonifier la carte de sensibilité de la région.

4. Comme le *ribes* semble très répandu, il devient crucial de s'assurer que les plants apportés en forêt ne sont pas infectés par la RVPB avant leur mise en terre.

CONCLUSION

Le taux élevé de présence de chancre de RVPB dans le dispositif est pour le moins préoccupant. Le fait que l'infection atteint déjà les plants au tronc ajoute grandement à cette préoccupation. Le dispositif de suivi mis en place permettra lors d'un suivi subséquent, d'évaluer l'efficacité de l'élagage dans le contrôle et la progression de l'infection par la RVPB, entre autres, sur la distance du chancre au tronc.

Il apparaît clair que le couvert joue un rôle important dans le contrôle de l'infection des jeunes pins blancs par la RVPB. Le maintien d'un couvert de densité C lors d'une coupe progressive dans le but de régénérer le pin blanc peut contribuer à limiter l'infection par la RVPB. La gestion du couvert résiduelle lors de ce type d'intervention est donc importante et peut être faite par un martelage positif basé sur l'espacement comme préconisé par le CERFO.

Les résultats obtenus ici pourront apporter quelques précisions sur le potentiel d'infection par la RVPB dans le secteur. Afin d'obtenir un portrait plus large à l'échelle de la région, d'autres suivis seront nécessaires afin de préciser les conditions propices au développement de la maladie.

RÉFÉRENCES

Bouillon, D. 2003. Maintien et restauration des pinèdes blanches en Outaouais. Forêt Québec, Unité de gestion de la Coulonge (071). Présentation orale avec document de support visuel.

Grenon, F., D. Blouin, et G. Lessard. 2007. Dispositif expérimental de régénération du pin blanc par coupes progressives - Bilan des activités 2004 à 2006. Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO). Rapport 2007-14. 50 p.

Joly, D. 2005. Analyse de la diversité génomique des populations de Cronartium ribicola, agent responsable de la rouille vésiculeuse du pin blanc. Faculté de foresterie et de géomatique. Mémoire de maîtrise. Université Laval. 107 p.

King, D.B. 1958. Incidence of white pine blister rust infection in the Lake States. USDA For. Serv. Lake States For. Exp. Stn. 12 p.

Lavallée, A. 1978. La rouille vésiculeuse du pin blanc. Service canadien des forêts, Feuillet d'information CFL No 6, 2ième édition. 8 p.

Lavallée, A. 1991. White pine blister rust control in a 5-year-old Eastern white pine plantation at Verchères, Quebec (1984-1988 results). dans Rusts of Pine. Y. Hiratsuka, J.K. Samoil, P.V. Blenis, P.E. Crane, et B.L. Laishley, Proceedings: 3rd IUFRO Rusts of Pine Working Party Conference. September 18-22, 1989, Banff, Alberta. 378-384.

Ostry, M.E., G. Laflamme, et S.A. Katovich. 2010. Silvicultural approaches for management of eastern white pine to minimize impacts of damaging agents - Review. Forest Pathology. 40(2010): 332-346.

ANNEXE 1. SYNTHÈSE DES TRAVAUX EFFECTUÉS PAR SECTEUR

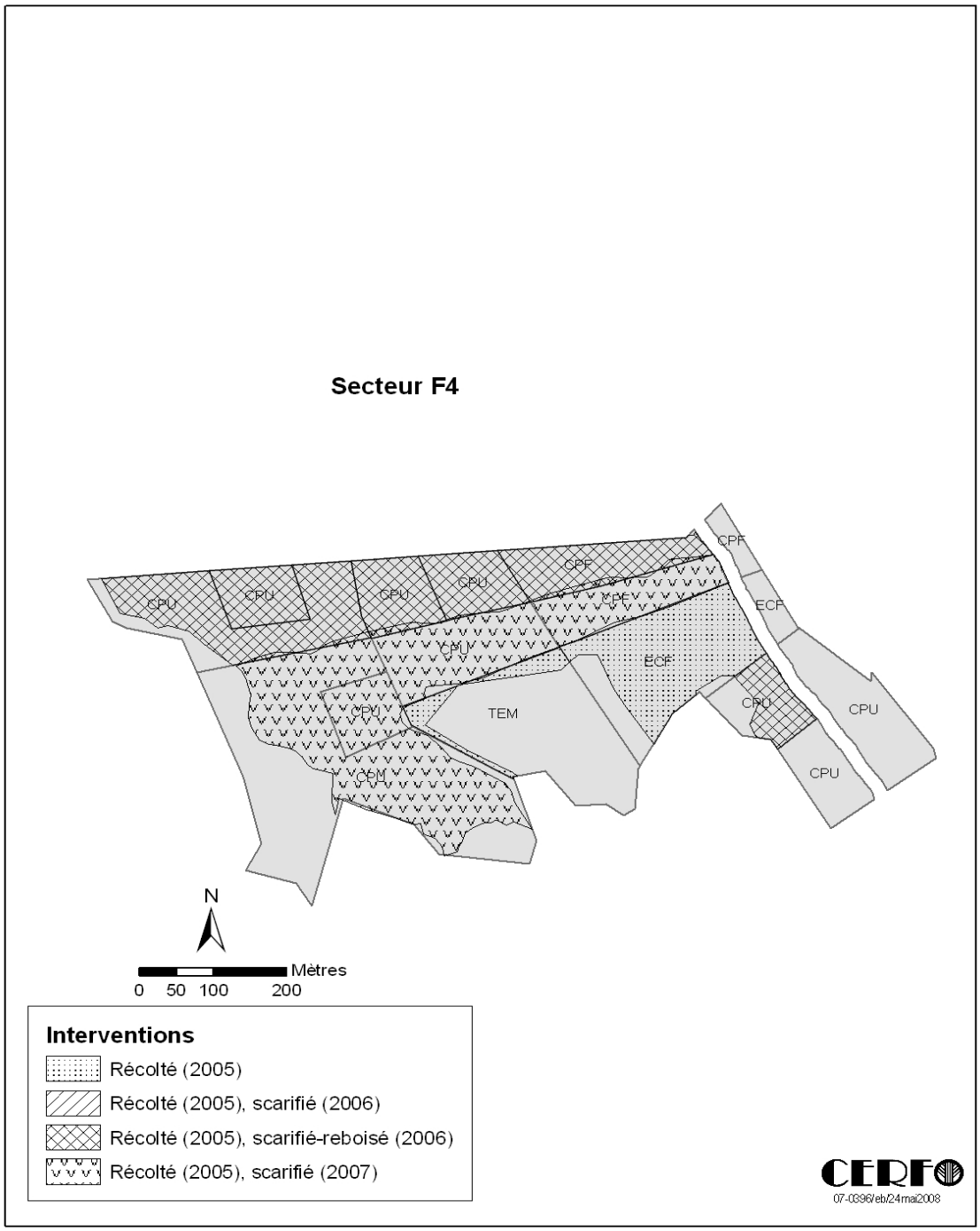


Figure 17. Disposition des traitements du secteur d'intervention F4 du dispositif de pin blanc du secteur Alexandre en Outaouais

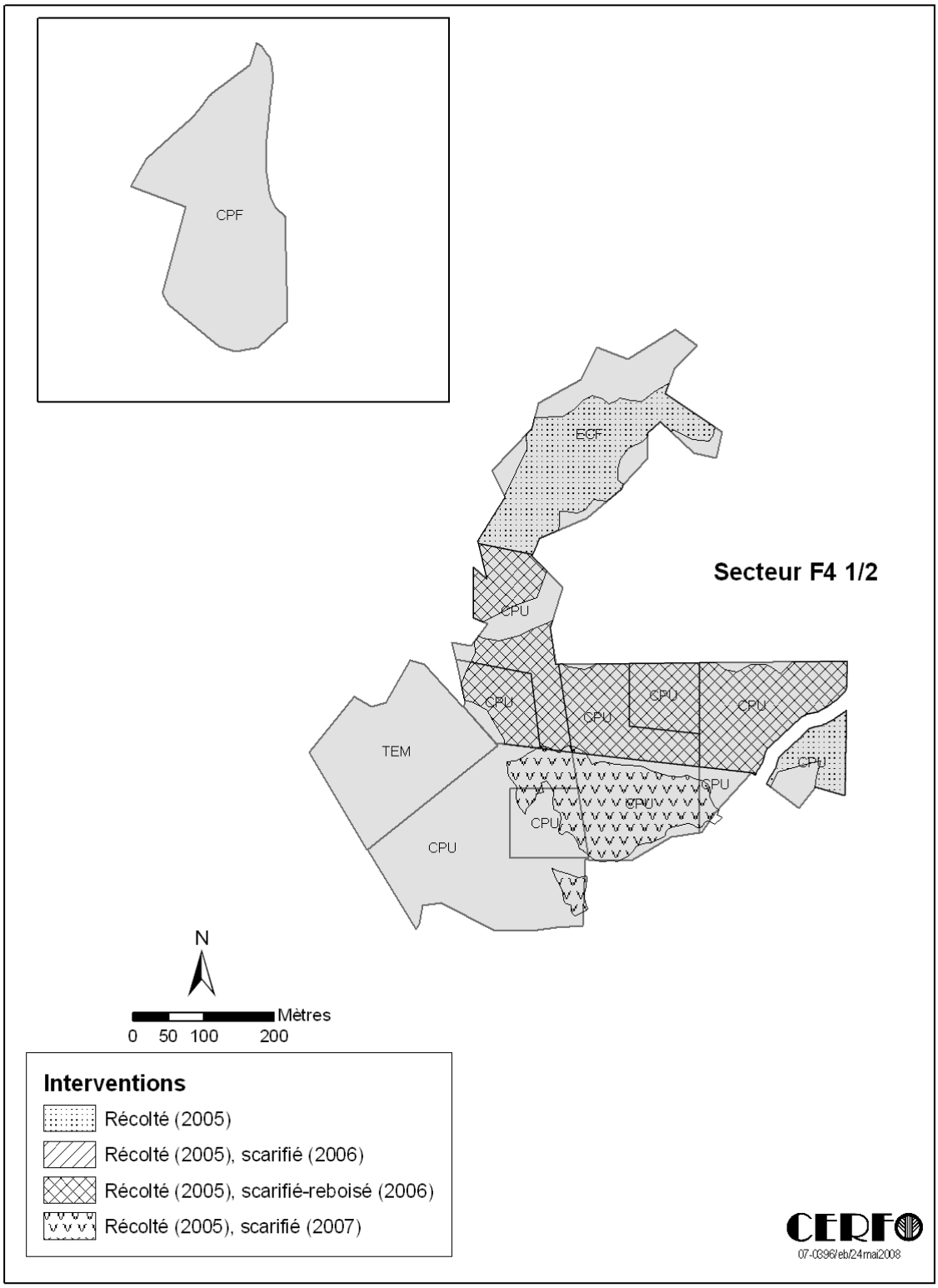


Figure 18. Disposition des traitements du secteur d'intervention F4½ du dispositif de pin blanc du secteur Alexandre en Outaouais

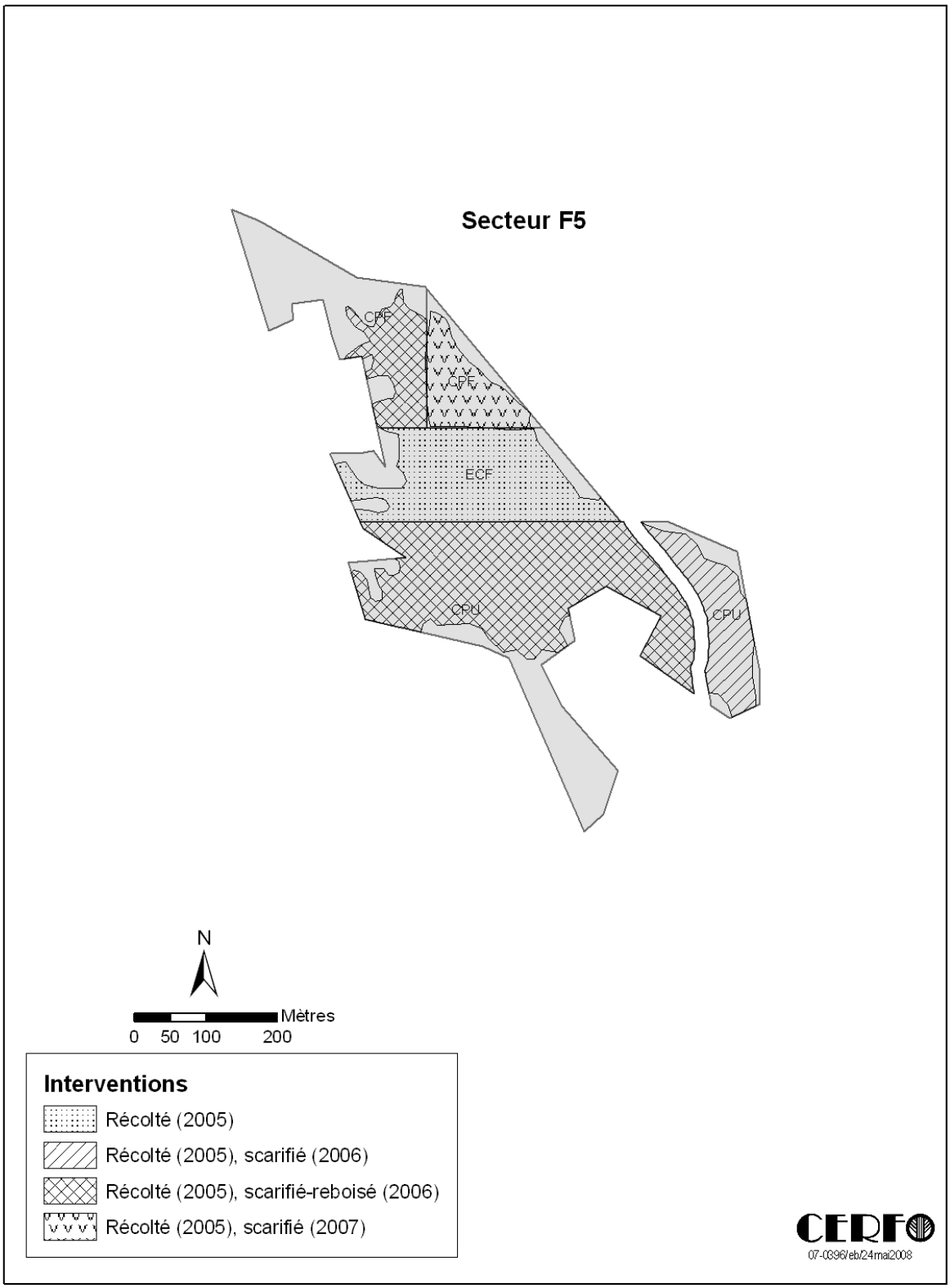


Figure 19. Disposition des traitements du secteur d'intervention F5 du dispositif de pin blanc du secteur Alexandre en Outaouais

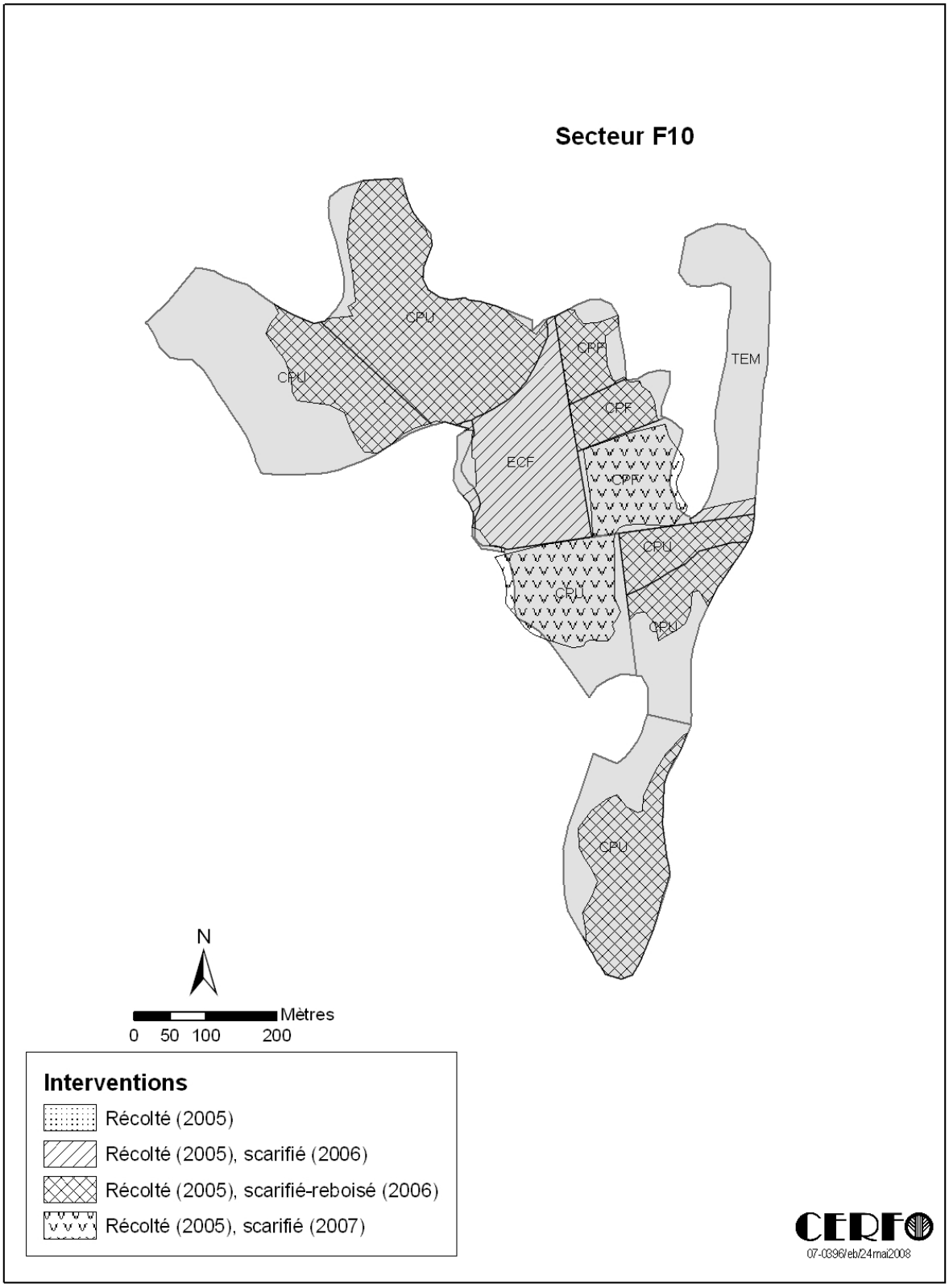


Figure 20. Disposition des traitements du secteur d'intervention F10 du dispositif de pin blanc du secteur Alexandre en Outaouais

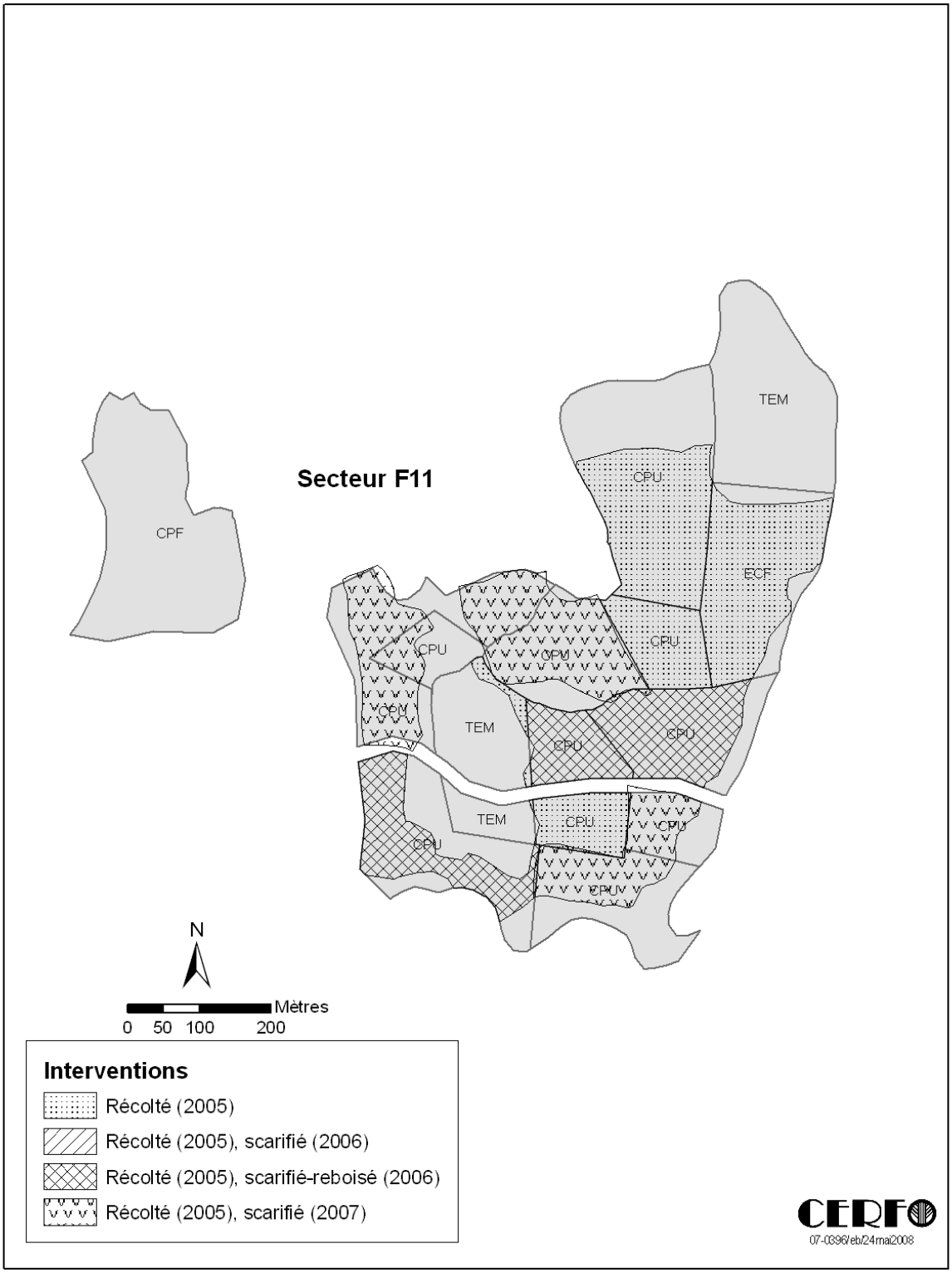


Figure 21. Disposition des traitements du secteur d'intervention F11 du dispositif de pin blanc du secteur Alexandre en Outaouais

ANNEXE 2. DEVIS TECHNIQUE

Secteur Alexandre
Installation d'un dispositif de suivi de la rouille vésiculeuse
Plantation sous-couvert dans des coupes progressives
Projet 11-0608

1- Le dispositif

Les secteurs seront fournis par le CERFO (voir carte pdf).

2- Plan de sondage

- Les cartes et plans de sondage sont fournis par le CERFO sous formats numérique et cartographique.

3- Localisation des placettes

- Enregistrer la localisation du centre du point d'inventaire avec le GPS.
- Placer une fiche métallique identifiée avec une étiquette métallique (no. Bloc et no. Placette ex. 1-1) et du ruban de couleur bleu pour les placettes à élaguer (numéros impaires) et du rose barré pour les placettes témoins (numéros paires).
- Pour les placettes témoins, mettre un ruban rose barré tout autour de la placette de manière à ce qu'il soit le plus évident possible que ces tiges ne doivent pas être élaguées.

4- Relevé des données d'inventaire

Noter pour chaque placette :

1. Date
2. Nom des évaluateurs
3. Numéro du bloc
4. Numéro de la placette figurant sur le plan de sondage
5. Coordonnées GPS

Description des placettes de 100 m² :

1. Présence de *Ribes* (voir consignes de la zone d'observation du *Ribes*)
2. Pente (A-B-C-D-E)
3. Exposition (cardinale simple : N-S-E-O)
4. Position sur la pente (Sommet, Haut, Milieu, Bas)
5. Dépôt (1AY, 1AM, 2A, 2AE, R1E)
6. Drainage (0-6)
7. Densité du couvert de bois sur pied (A, B, C, D)

Pour chaque tige de pin blanc plantée :

Chaque tige devra être identifiée de manière permanente : inscrire son numéro sur une étiquette de métal et fixer l'étiquette sur une branche du deuxième verticille à partir du haut et faisant face au centre de la placette. Les tiges sont également identifiées avec du ruban de couleur. Celles des placettes à élaguer avec du ruban bleu et celles des placettes témoins avec du ruban rose barré noir. Les tiges sont positionnées sur le schéma du formulaire. La numérotation se fait dans le sens horaire à partir du nord de la placette.

10. Présence de rouille sur le tronc ou « top rust »
11. Présence de rouille sur les branches
12. Distance la plus faible observée sur la branche entre la rouille et le tronc (si sur le tronc inscrire 0)
13. Marquer le tronc au crayon feutre ou à la sanguine 1 pouce au-dessus de la branche observée au #3 par un trait ou une flèche.
14. Hauteur de l'observation (si sur le tronc inscrire la hauteur du chancre le plus bas)
15. Hauteur de l'arbre
16. Libre de croître par rapport à la régénération et non au couvert dominant (voir schéma en annexe)
17. Présence de charançon
18. Défauts ou autres maladies
19. Présence de compétition herbacée et arbustive dans un rayon de 1,13 m autour de chaque tige (Nulle, Faible < 50 % de recouvrement ou Élevée >50 % de recouvrement)
20. Hauteur de la compétition

Zone d'observation du *Ribes* pour chaque placette (voir schéma) :

Du centre de la placette à distance de vue (soit un rayon ≈20 m max. et incluant l'intérieur de la placette) :

1. Présence de conditions propices à l'installation du *Ribes* (ex. cuvette, renversé, andain)
2. Présence de *Ribes* (si présence de conditions propices, aller vérifier à cet endroit la présence de *Ribes*)

Schéma des placettes et zone d'observation :

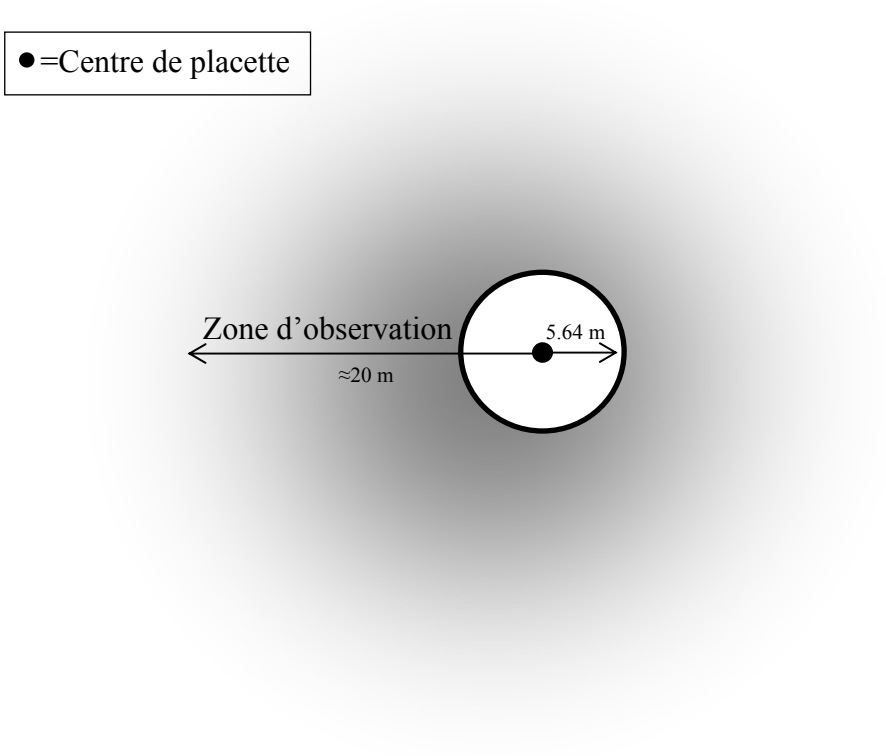
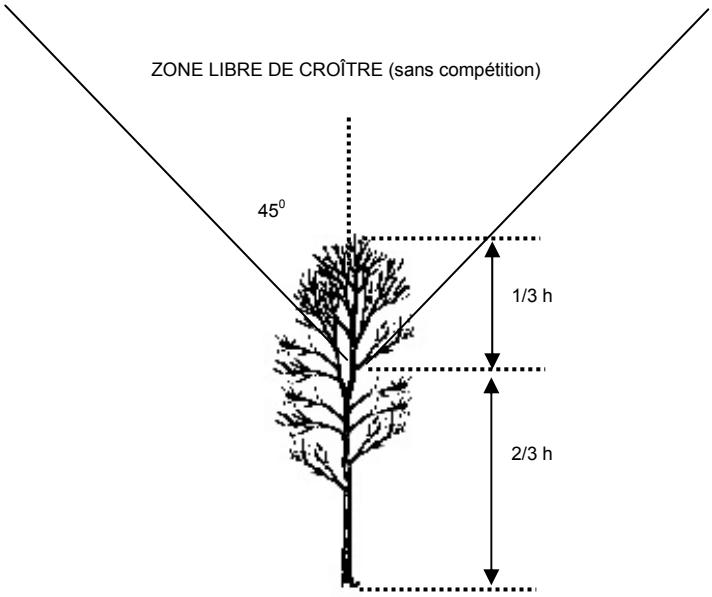


Schéma de la notion de libre de croître :



ANNEXE 3. FORMULAIRE D'INVENTAIRE

Formulaire d'inventaire suivi phytosanitaire (11-0608)

No de bloc:_____ Évaluateurs: _____

No de placette:_____ _____

Date:_____

COORD GPS	Long.	Lat.

Dépôt:_____ Drainage:_____

Présence de conditions favorables au Ribes: Oui ☐ Non ☐

Présence de Ribes: Oui ☐ Non ☐ Pente: A ☐ B ☐ C ☐ D ☐ E ☐

Position sur la pente: Sommet ☐ Haut ☐ Milieu ☐ Bas ☐

Exposition: N ☐ S ☐ E ☐ O ☐ Couvert: A ☐ B ☐ C ☐ D ☐

Numéro	Hauteur (cm)	Libre de croitre O/N	Chancre O/N	Distance (cm) min chancre-tronc, si sur tronc inscrire 0.	Hauteur (cm) du chancre.	Charançon O/N	Défauts ou autres	Compétition: Densité/Haut.	
								N, F, E	H (cm)
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									

Notes