

Manuel terrain : L'échantillonnage des combustibles dans le contexte de la prochaine génération de la Méthode canadienne d'évaluation des dangers d'incendie de forêt (PG-MCEDIF)

Protocole d'échantillonnage terrain et liste des attributs pour les équipes terrain (2023)

Groupe de travail sur les dangers d'incendie du Service canadien des forêts de Ressources naturelles Canada

Boucher, J.; Cotton-Gagnon, A.; Dagnault, S.; Zerb, J.; Smiley, B.; Russo, G.; et Nolan, M. (juin 2023)

Résumé

Ce document présente un protocole embryonnaire d'échantillonnage terrain qui vise à donner des indications sur la manière de mesurer, d'estimer, de calculer ou de modéliser chacun des attributs des combustibles dont on envisage actuellement la nécessité pour la prochaine génération de la Méthode canadienne d'évaluation des dangers d'incendie de forêt (PG-MCEDIF) (Groupe de travail sur les dangers d'incendie, 2021). La liste complète et actualisée des attributs des combustibles est présentée dans le tableau 1.

Nous espérons que ce protocole deviendra la norme nationale pour l'échantillonnage des attributs des combustibles de la PG-MCEDIF, pour laquelle les placettes échantillonnées pourraient faire partie d'une base de données nationale dont l'utilisation permettrait d'améliorer la cartographie et la modélisation. Les équations sous-jacentes de la PG-MCEDIF sont encore en cours de développement, et il existe encore des incertitudes quant aux statistiques relatives aux peuplements (moyenne, écart-type, moyenne quadratique, quartile, etc.) qui seront utilisées pour décrire au mieux les attributs des combustibles individuels. Dans cette optique, nous suggérons de conserver toutes les données brutes recueillies lors de l'échantillonnage terrain. Si cela n'est pas possible, il faut au moins obtenir la moyenne et l'écart-type de la placette. Le degré de précision des différentes mesures dépend des objectifs désirés (par exemple, un échantillonnage détaillé pour des études de brûlage expérimental ou une estimation rapide pour un spécialiste du comportement du feu lors d'une intervention).

Ce protocole provisoire propose une configuration des placettes (figure 1), ainsi que les mesures des caractéristiques des combustibles accompagnées des méthodes d'échantillonnage et des outils requis. La figure 2 présente des informations plus détaillées sur les transects d'échantillonnage du bois mort au sol. Des formulaires terrain à l'appui de l'échantillonnage des combustibles proposé peuvent être remis sur demande. Ce protocole est destiné à être utilisé pour tous les complexes de combustibles forestiers, y compris après des perturbations telles que des invasions d'insectes. L'élaboration de ce protocole a été largement influencée par le protocole d'échantillonnage terrain de l'Inventaire forestier national (groupe de travail de l'IFN 2008) et les protocoles d'échantillonnage des combustibles existants (par exemple, McRae et collab., 1979; Alexander et collab., 2004; Lavoie et collab., 2010). Dans cette version du protocole en date de juin 2023, de légères modifications sont proposées par rapport aux versions 2021 et 2022, visant à réduire le temps consacré aux mesures et à assurer une meilleure compatibilité avec le protocole des placettes terrain de l'Inventaire forestier national (IFN), mais aussi avec le système de compilation et les bases de données de l'IFN. Cette dernière considération est motivée par le nouveau programme quinquennal du Service canadien des forêts (avec quelques embauches et infrastructures en cours) appelé Programme de cartographie des combustibles forestiers nordiques¹ (traduction libre de Northern Forest fuels Mapping program), qui vise à cartographier les combustibles, c'est-à-dire à la fois la prévision actuelle du comportement des incendies de forêt (PCI) (Hirsch, 1996) et les attributs des combustibles de la NG-MCEDIF.

¹ Précédemment désigné sous le nom de Programme de cartographie des forêts pour une résilience aux incendies (traduction libre de Mapping for Wildfire Resilience (FM4WR) Program).

Table des matières

Résumé.....	2
Tableau des attributs.....	5
Figure 1 : Illustration d'une placette	9
Figure 2 : Transects de débris ligneux	10
Figure 3 : Guide visuel pour estimer le pourcentage de couverture (Source : USDA FS FIA Field Manual Version 3.0).	11
Protocole d'échantillonnage des combustibles	12
1. Informations sur l'emplacement	12
2. Point central de la placette	13
3. Placette du combustible de la canopée	14
4. Placette du combustible du sous-étage	16
5. Placettes de régénération	18
6. Placettes de la litière	20
7. Placette du substrat de surface.....	22
8. Transects de débris ligneux.....	24
9. Photographies hémisphériques	27
Références bibliographiques.....	29

Tableau des attributs

Strate	Attribut du combustible	Description	Unités	Utilisation dans la MCEDIF 2025
Combustibles de canopée (ou de l'étage dominant)	Indice de surface végétale (ISV) <ul style="list-style-type: none"> Indice de surface foliaire (ISF) : nécessaire pour une meilleure estimation de l'ISV pour les arbres dénués de feuilles et les peuplements perturbés. Indice de surface du bois (branches et tronc) (ISB) : partie semi-fixe de l'ISV Fermeture du couvert : autre méthode possible pour estimer l'ISV ou l'ISF (des conseils peuvent être donnés). 	Indice de surface végétale pour l'ensemble de la végétation dont le diamètre à hauteur de poitrine (DHP) est supérieur à 0,1 cm, (ISV = ISB+ISF) L'indice de surface foliaire sera ajusté en fonction de la proportion d'espèces d'arbres et de l'état des conifères afin de tenir compte des changements saisonniers et des changements liés à la santé dans l'état des feuilles et à l'absence de feuilles.	sans unité	PCI/MHC : modèle de vent sous couvert et rayonnement solaire
	Densité du combustible de canopée (DCC) <ul style="list-style-type: none"> Charge du combustible de canopée (CCC) (kg-m⁻²) : nécessaire pour calculer la DCC. Hauteur de l'étage dominant du peuplement (H) (m) : nécessaire pour calculer la DCC. Diamètre à hauteur de poitrine (cm) des arbres de l'étage dominant du peuplement : devrait être nécessaire pour estimer la DCC à partir des équations allométriques. Densité du peuplement (tronc ha-1) : nécessaire pour estimer la DCC à partir des équations allométriques. 	DCC : Densité de la biomasse vivante totale en poids sec (bois de houppier inférieur à 1 cm et feuillage) de la canopée des conifères avec DHP supérieur ou égal à 3 cm. (DCC = CCC/(H-HBC)) CCC : Poids sec de la biomasse vivante totale (bois de houppier inférieur à 1 cm et feuillage) des conifères dont le DHP est supérieur ou égal à 3 cm. H : Hauteur des conifères de l'étage dominant (DHP supérieure ou égale à 3 cm).	kg-m ⁻³	PCI : directement dans les modèles d'intensité des feux de cime (CCC), de propagation et de consommation. Pour déterminer le type de feu de cime (passif ou actif). MHC/PCI : la CCC peut être utilisée pour le vent sous couvert et la modification de l'humidité des combustibles de surface.
	Proportion d'espèces d'arbres dans la canopée	Il s'agit de la proportion, en ce qui concerne le peuplement, de la surface terrière des arbres de l'étage dominant (c'est-à-dire les arbres dont le DHP est supérieur ou égal à 3 cm) par espèce d'arbre. Les espèces à feuilles caduques (ou feuillues) peuvent être regroupées en une seule espèce. Dans certaines situations, il peut être utile de séparer le genre	%	FBP/MHC : Modèle de vent sous couvert FBP : Comportement des feux de cime dans les forêts mixtes MHC : Ajustement du rayonnement solaire et de

		« tremble » des autres espèces à feuilles caduques. Les espèces de conifères devront être séparées par espèce ou, au minimum, par groupe d'espèces (par exemple, mélèzes, pins en région tempérée, pins boréaux, sapins/épinettes).		l'humidité des combustibles de surface
	État des conifères	Pourcentage de conifères dans le peuplement (c.-à-d. arbres dont le DHP est supérieur ou égal à 3 cm) en fonction de l'état de santé (c.-à-d. état de l'arbre) : 1. Vivant 2. Mort, avec des aiguilles (de couleur rouge) 3. Mort, sans aiguilles (de couleur grise) 4. Autre arbre mort sur pied D'autres informations sur l'état des arbres peuvent être pertinentes, telles que l'état de l'écorce (sans écorce détachée, une partie ou la moitié de l'écorce détachée, pas d'écorce du tout), et l'état de la cime (cassée ou non).	%	PCI/MHC : Modèle de vent sous couvert PCI : Comportement des feux de cime PCI : Consommation des cimes MHC : Humidité des combustibles de surface
Combustibles étagés	Hauteur effective de la base de la canopée (HeBC) des espèces de conifères <ul style="list-style-type: none"> Hauteur de la base de la cime (HBC) : nécessaire pour l'estimation de la HeBC. Hauteur des arbres du sous-étage (HAS) : nécessaire pour l'estimation de la HeBC. 	HeBC : distance entre le sommet des conifères du sous-étage (DHP supérieur à 0,1 cm et inférieur à 9 cm) et la branche vivante la plus basse des cimes de l'étage dominant. (HeBC = HBC-HAS) HBC : hauteur de la base de la cime vivante (HBCV) des conifères de l'étage dominant (DHP supérieur ou égal à 9 cm) : hauteur du premier verticille où les trois quarts des branches ont des aiguilles (rouges ou vertes), si la continuité est présente. Hauteur de la base de la cime morte (HBCM) : hauteur du premier verticille où les trois quarts des branches sont mortes, mais portent encore des rameaux. HAS : hauteur des conifères du sous-étage (DHP supérieur à 0,1 cm et inférieur à 9 cm).	m	PCI : directement dans le début de l'embrasement des cimes et les modèles de cime
	Surface terrière des espèces d'arbres du sous-étage	Il s'agit de la surface terrière des arbres du sous-étage (DHP supérieur à 0,1 cm et inférieur à 9 cm) par espèce d'arbre. Les espèces à feuilles caduques (ou feuillues) peuvent être regroupées en une seule	troncs-ha ⁻¹	FBP/MHC : Modèle de vent sous couvert FBP : Déclenchement d'un feu de cime dans une forêt mixte

		espèce. Dans certaines situations, il peut être utile de séparer le genre « tremble » des autres espèces à feuilles caduques. Les espèces de conifères devront être séparées par espèce ou, au minimum, par groupe d'espèces (par exemple, mélèzes, pins en région tempérée, pins boréaux, sapins/épinettes).		MHC : Ajustement du rayonnement solaire et de l'humidité des combustibles de surface
Combustibles du sol et de surface	Densité des semis d'arbres par catégorie de hauteur (feuillus et conifères)	Densité des semis par classe hauteur (moins de 15 cm, 15 à 59,9 cm et 60 à 129,9 cm), de façon distincte pour les feuillus et les conifères.	troncs-ha ⁻¹	MHC : Ajustement de l'humidité de la litière PCI : Modèle de flamme soutenue PCI : Modèles de propagation des incendies de surface
	Végétation de surface	Couverture végétale de surface par classe de hauteur (moins de 15 cm, 15 à 59,9 cm et 60 à 129,9 cm) et de l'espèce.	%	MHC : Ajustement de l'humidité de la litière PCI : Modèle de flamme soutenue PCI : Modèles de propagation des incendies de surface
	Charge de débris ligneux au sol	Charge par espèce, diamètre, stade de décomposition (pourri ou sain) et emplacement (touchant le sol ou surélevé) pour les morceaux supérieurs ou égaux à 3 cm uniquement. Stratification en fonction du diamètre (1 à 2,99 cm, 3 à 6,99 cm, 7 à 29,9 cm et ≥ 30 cm).	kg-m ⁻³	PCI : Modèles de consommation du combustible
	Type de tapis forestier	Tapis forestier classifié par type : 1. Lichen 2. Herbe 3. Sphaigne 4. Mousse hypnacée 5. Litière générale (par exemple, écorce, cônes) 6. Litière d'aiguilles 7. Litière de feuilles 8. Mixte (mélange d'aiguilles et de feuilles non identifié) 9. Autre (par exemple, des roches)	%	MHC : Ajustement de l'humidité de la litière PCI : Modèle de flamme soutenue PCI : Modèles de propagation des incendies de surface

	Charge de la litière	Poids de la litière au sol	kg-m ⁻³	PCI : Modèles de consommation du combustible
	Profondeur de la couche organique	Profondeur des couches organiques du sol (couche fibrique et humique)	cm	PCI : Modèles de consommation des tapis forestiers
	Charge combustible de la couche organique (densité du combustible)	Poids des couches organiques (couche fibrique et humique)	kg-m ⁻³	PCI : Modèles de consommation des tapis forestiers

Figure 1 : Illustration d'une placette

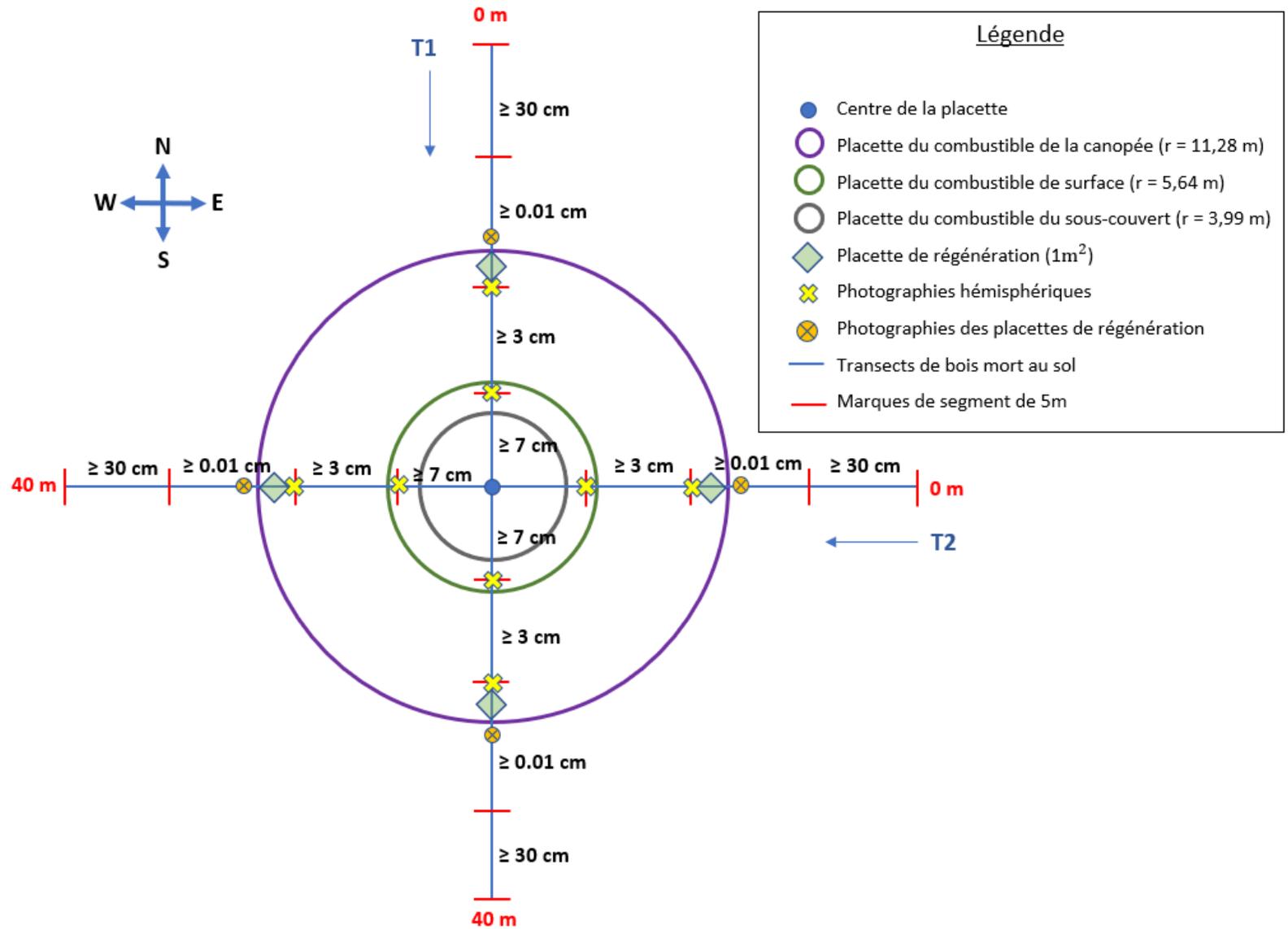


Figure 2 : Transects de débris ligneux

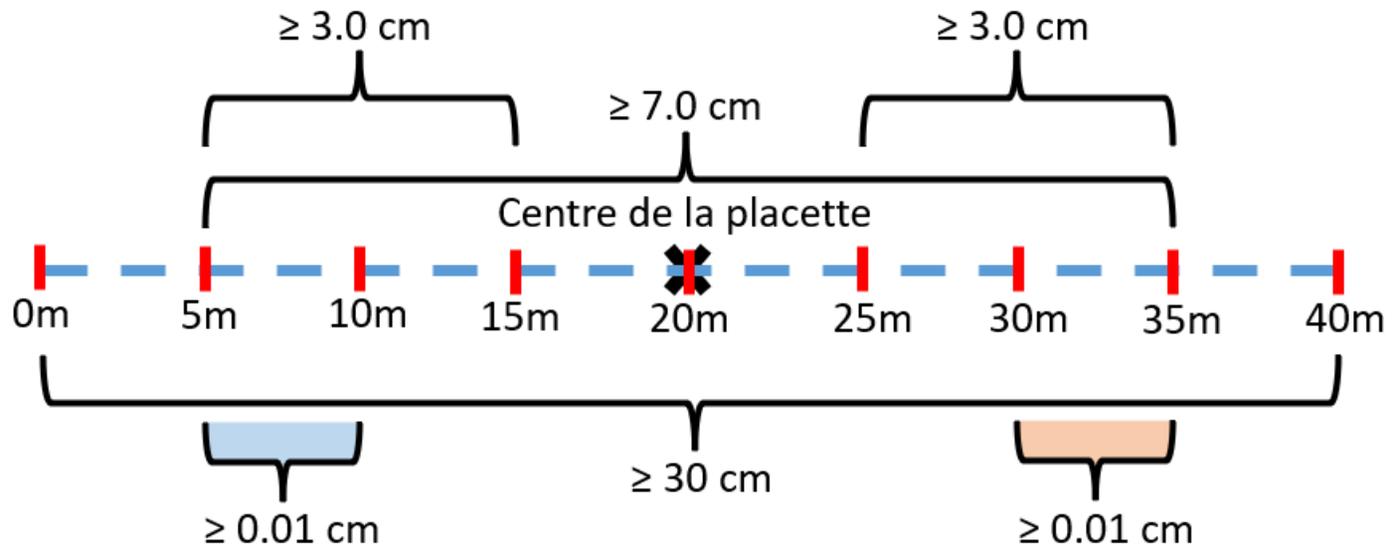
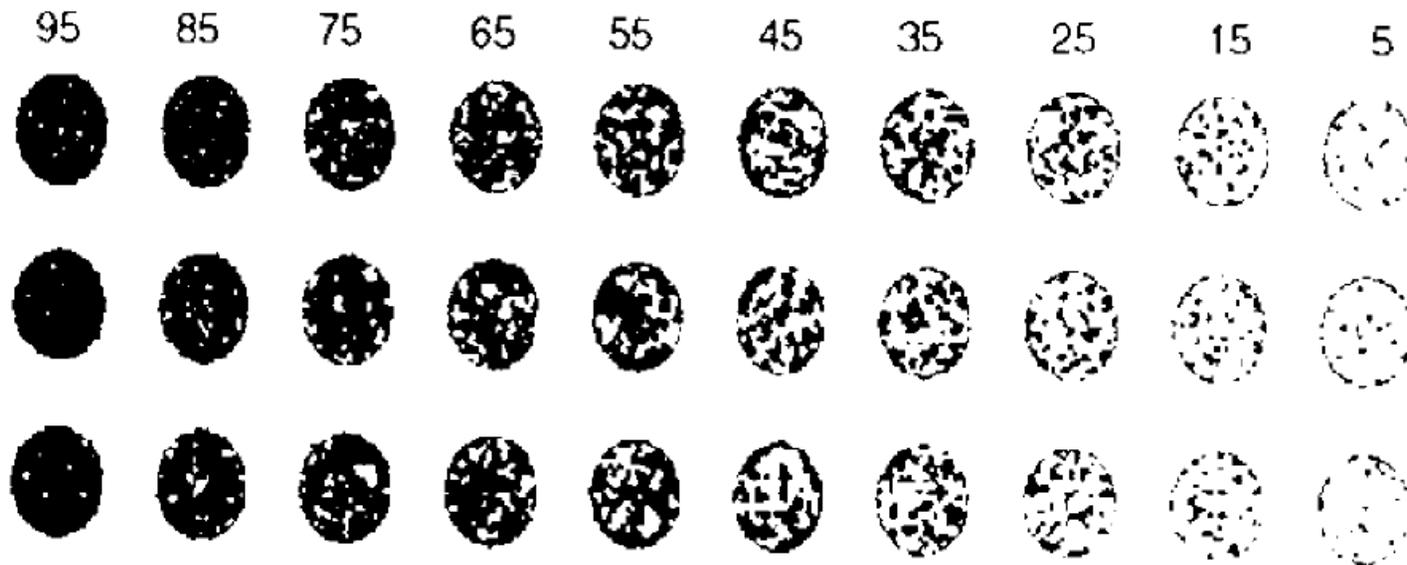


Figure 3 : Guide visuel pour estimer le pourcentage de couverture (Source : USDA FS FIA Field Manual Version 3.0).

Guide visuel pour l'estimation du couvert forestier

Pourcentage de couverture



Protocole d'échantillonnage des combustibles

1. Informations sur l'emplacement

1.1 Introduction

Une évaluation du site est nécessaire pour chaque placette terrain, afin de dresser un relevé des conditions aux emplacements des placettes terrain de la PG-MCEDIF, y compris les caractéristiques du peuplement et les informations relatives aux perturbations sur place.

1.2 Objectifs

- Recueillir des informations sur les caractéristiques du site.

1.3 Procédures

1. Mesurer et inscrire les caractéristiques du site de la placette d'échantillonnage.
2. Identifier et inscrire la position sur la pente, le relief, le pourcentage de pente, la longueur de la pente arrière et la direction de la pente.
3. Fournir des estimations du pourcentage de couverture par espèce de la strate supérieure du couvert, de la strate inférieure et de la strate arbustive.
4. Dessiner un diagramme des perturbations et de leur répercussions sur l'ensemble de la placette. Il peut notamment s'agir d'obstacles aux mesures de la placette (par exemple, une falaise, un gros rocher, etc.).

1.4 Points importants

1. Les informations sur le site peuvent être ajoutées sur la dernière fiche terrain de la placette. Ainsi, le membre de l'équipe a le temps de se familiariser avec l'environnement et le peuplement forestier.

Fiches terrain pour le point central de la placette :

- Formulaire 7

2. Point central de la placette

2.1 Introduction

Le point central de la placette doit se situer dans le peuplement ou le complexe combustible qui nous intéresse. C'est le point de référence à partir duquel tous les autres éléments de la placette sont positionnés. Le degré de précision requis quant à sa localisation géographique dépend de l'utilisation prévue des mesures.

2.2 Objectifs

- Enregistrer les coordonnées géographiques du centre de la placette.

2.3 Outils

- Tige métallique
- Ruban de signalisation
- Système GPS différentiel
- Boussole
- 2 rubans à mesurer de 50 m

2.4 Procédures

1. Se diriger à moins d'un mètre de l'emplacement prédéterminé de la placette à l'aide d'un système GPS portable.
2. Placer le point central de la placette aussi près que possible de cet emplacement.
3. Utiliser un système GPS différentiel pour inscrire les coordonnées géographiques du centre de la placette.
 - a) Facultatif : Placer le transpondeur du vertex au centre de la placette et tracer les contours de 11,28 m et de 3,99 m à l'aide de peinture en aérosol.
4. En vous aidant d'une boussole, étendre deux rubans de 40 m pour marquer les transects du nord au sud et de l'est vers l'ouest. S'assurer que l'intersection des deux rubans s'aligne parfaitement sur le point central de la placette.

2.5 Conditions

1. Une marge de manœuvre d'un mètre peut être appliquée pour éviter de placer le centre de la placette sur un obstacle ou à côté.

Fiches terrain pour le point central de la placette :

- Formulaire 7

3. Placette du combustible de la canopée

3.1 Introduction

La placette combustible de la canopée est l'endroit où nous mesurons directement ou inscrivons les mesures pour estimer les attributs des combustibles dans les strates de la canopée ainsi que la HBC, la DCC et la CCC des arbres de la canopée. Pour ce faire, nous utilisons des équations et/ou des modèles allométriques. Une placette circulaire d'un rayon de 11,28 m et d'une superficie de 400 m² est un bon choix en raison de sa simplicité d'établissement et de sa compatibilité avec d'autres protocoles (par exemple, l'IFN).

3.2 Objectifs

- Recueillir des informations détaillées sur la canopée et les grands arbres (dont le diamètre à hauteur de poitrine est supérieur ou égal à 9 cm).

3.3 Outils

- Compas forestier
- Ruban forestier
- Vertex (ou clinomètre)
- Règle de mesure télescopique
- Perche de mesure du DHP

3.4 Mesures

1. Diamètre à hauteur de poitrine (DHP), mesuré pour tous les arbres dont le DHP est supérieur ou égal à 9 cm.
2. Densité du peuplement d'arbres dont le DHP est supérieur ou égal à 9 cm.
3. Identification de l'espèce pour chaque arbre dont le DHP est supérieur ou égal à 9 cm.
4. État de l'arbre, du tronc et de l'écorce pour tous les conifères dont le DHP est supérieur ou égal à 9 cm (les espèces à feuilles caduques peuvent être catégorisées comme vivantes ou mortes uniquement).
5. La hauteur d'au moins 12 arbres doit être mesurée afin d'assurer que des mesures de hauteur sont prises pour toutes les strates du peuplement. Sélectionner 12 arbres qui permettent une représentation précise des classes de hauteur de la canopée (dans la gamme des diamètres observés), et mesurer la hauteur de chacun de ces arbres. Noter si la hauteur a été mesurée (M) ou estimée (E).
6. Hauteur de la base de la cime vivante (HBCV) ou morte (HBCM) pour tous les troncs de conifères dont le DHP est supérieur ou égal à 9 cm. L'objectif est de déterminer la fin de la continuité des cimes. Si cette définition n'est manifestement pas efficace, faire preuve de discernement pour déterminer la HBCV et la HBCM :
 - a) HBCV : hauteur du premier verticille (à la base du tronc) où les trois quarts des branches portent des aiguilles (rouges ou vertes).

- b) HBCM : hauteur du premier verticille (à la base du tronc, sauf là où les branches mortes touchent le sol) où les trois quarts des branches sont mortes, mais ont encore des ramilles.

3.5 Procédures

1. Debout au centre de la placette, en regardant vers l'extérieur de la placette, juste à droite (à l'est) du transect 1 (c'est-à-dire à 0 degré magnétique nord), commencer à mesurer les arbres les plus proches du point central de la placette le long de l'azimut, puis faire un balayage dans le sens des aiguilles d'une montre (vers l'est).
2. À l'aide d'un clinomètre (queue vers le point central de la placette) ou d'un ruban forestier, mesurer le DHP à 1,30 m à partir de la racine la plus haute.
3. Le nombre d'arbres dans la placette dont le DHP est supérieur ou égal à 9 cm est compté en mesurant le DHP. Peindre le numéro de l'arbre à l'aide de peinture en aérosol (dans les endroits où cela est autorisé).
4. Identifier les espèces tout en mesurant le DHP.
5. L'état de l'arbre est catégorisé visuellement comme suit :
 1. Vivant.
 2. Mort, avec des aiguilles rouges (de couleur rouge).
 3. Mort, sans aiguilles (de couleur grise), mais portant encore de petites ramilles (c'est-à-dire plus petites que 1 cm).
 4. Chicot (autre arbre mort sur pied).

L'état du tronc est catégorisé visuellement comme suit :

- a) Intact.
- b) Cassé (si cassé, estimer la hauteur au point de cassure).

L'état de l'écorce est catégorisé visuellement comme suit :

- a) Écorce intacte.
- b) Décollement sur plus de 30 % du tronc (décollement à plus de 30 %).
- c) Écorce complètement disparue.

6. À l'aide du vertex (ou clinomètre), placer la perche de 1,3 m sur le côté le plus haut de l'arbre et placer le transpondeur sur la face de l'arbre (vers le centre de la placette). Inscrire la hauteur de l'arbre. Effectuer cette opération pour au moins 12 arbres représentatifs du peuplement.
7. Règle de mesure télescopique, vertex ou clinomètre.
 - a) Pour la HBCV : utiliser la règle télescopique pour mesurer la hauteur du premier verticille (à la base du tronc) où les trois quarts des branches ont des aiguilles (rouges ou vertes).
 - b) Pour la HBCM : utiliser la règle télescopique pour mesurer la hauteur du premier verticille (à la base du tronc, sauf où les branches mortes touchent le sol) où les trois quarts des branches sont mortes, mais ont encore des ramilles.

3.6 Conditions

- Pour ce qui est des mesures de hauteur, veiller à numéroter les arbres à l'aide de peinture en aérosol. Toutefois, dans les secteurs où ce n'est pas autorisé, vous pouvez utiliser de la craie ou de la peinture en aérosol écologique (vérifier auprès des autorités du parc).
 - Lorsque les branches mortes touchent le sol, cela signifie que la mesure de la HBCM est prise à zéro.
 - Lorsque les branches vivantes touchent le sol, cela signifie que la mesure de la HBCV est prise à zéro.
-

Fiches terrain pour les placettes du combustible de la canopée :

- Formulaire 2

4. Placette du combustible du sous-étage

4.1 Introduction

La placette combustible du sous-étage est l'endroit où nous mesurons directement ou enregistrons les mesures qui servent à estimer les attributs des combustibles de certaines des strates de combustibles étagés (hauteur des arbres du sous-étage et surface terrière). Une placette circulaire d'un rayon de 3,99 m et couvrant donc une surface de 50 m² a été choisie en raison de sa simplicité d'établissement et de sa compatibilité avec d'autres protocoles (par exemple, l'IFN).

4.2 Objectifs

- Recueillir des informations détaillées sur les troncs du sous-étage (DHP inférieur à 9 cm et hauteur supérieure ou égale à 1,3 m).
- Recueillir des informations détaillées sur les arbres ayant un DHP inférieur à 9 cm et une hauteur supérieure ou égale à 1,3 m.
- Recueillir des informations détaillées sur les arbustes d'une hauteur supérieure ou égale à 1,3 m.

4.3 Outils

- Vertex (ou clinomètre)
- Règle de mesure télescopique
- Compas forestier
- Perche de mesure du DHP

4.4 Mesures

Pour les arbres :

1. Hauteur de l'arbre pour tous les troncs ayant un DHP inférieur à 9 cm et une hauteur supérieure ou égale à 1,3 m.

2. DHP pour tous les troncs ayant un DHP inférieur à 9 cm et une hauteur supérieure ou égale à 1,3 m.
3. Identification de l'espèce pour chaque arbre ayant un DHP inférieur à 9 cm et une hauteur supérieure ou égale à 1,3 m.
4. État de l'arbre, du tronc et de l'écorce pour tous les conifères ayant un DHP inférieur à 9 cm et une hauteur supérieure ou égale à 1,3 m (les espèces à feuilles caduques peuvent être catégorisées comme vivantes ou mortes uniquement).
5. Hauteur de la base de la cime vivante (HBCV) ou morte (HBCM) pour tous les conifères ayant un DHP inférieur à 9 cm et une hauteur supérieure ou égale à 1,3 m. L'objectif est de déterminer la fin de la continuité des cimes. Si cette définition n'est manifestement pas efficace, faire preuve de discernement pour déterminer la HBCV et la HBCM :
 - a. HBCV : hauteur du premier verticille (à la base du tronc) où les trois quarts des branches portent des aiguilles (rouges ou vertes).
 - b. HBCM : hauteur du premier verticille (à la base du tronc, sauf là où les branches mortes touchent le sol) où les trois quarts des branches sont mortes, mais portent encore des ramilles.

Pour les arbustes :

1. Diamètre basal (cm) pour tous les arbustes d'une hauteur supérieure ou égale à 1,3 m.
2. Identification de l'espèce pour tous les arbustes d'une hauteur supérieure ou égale à 1,3 m.
3. Hauteur supérieure ou égale à 1,3 m (arbuste catégorisé comme vivant ou mort uniquement)

4.5 Procédures

Pour les arbres :

1. Règle de mesure télescopique, vertex ou clinomètre.
2. Compas forestier (queue vers le centre de la placette).
3. Identifier les espèces.
4. L'état de l'arbre est catégorisé visuellement comme suit :
 - a) Vivant.
 - b) Mort, avec des aiguilles rouges (de couleur rouge).
 - c) Mort, sans aiguilles (de couleur grise), mais portant encore de petites ramilles (c'est-à-dire plus petites que 1 cm).
 - d) Chicot (autre arbre mort sur pied).

L'état du tronc est catégorisé visuellement comme suit :

- a) Intact.
- b) Cassé (si cassé, estimer la hauteur au point de cassure).

L'état de l'écorce est catégorisé visuellement comme suit :

- a) Écorce intacte.
- b) Décollement sur plus de 30 % du tronc.
- c) Écorce complètement disparue.

5. Règle télescopique, vertex ou clinomètre.

- a) Pour la HBCV : utiliser la règle télescopique pour mesurer la hauteur du premier verticille (à la base du tronc) où les trois quarts des branches ont des aiguilles (rouges ou vertes).
- b) Pour la HBCM : utiliser la règle télescopique pour mesurer la hauteur du premier verticille (à la base du tronc, sauf où les branches mortes touchent le sol) où les trois quarts des branches sont mortes, mais portent encore des ramilles.

Pour les arbustes :

1. Diamètre basal : Enregistrer le diamètre basal de chaque arbuste. Le diamètre basal est mesuré à la ligne du sol ou juste au-dessus du collet de la racine, la valeur la plus élevée étant retenue.
2. Espèces d'arbustes : Incrire l'espèce de chaque arbuste en utilisant les trois premières lettres du nom scientifique de l'espèce ou le code de l'IFN.

4.6 Conditions

- Lorsque l'on mesure la HBCV ou la HBCM sur des arbres dont la croissance est entravée (par un obstacle ou un arbre adjacent), on doit prendre la mesure comme si les verticilles non obstrués couvraient 100 % du tronc.
 - En ce qui concerne les arbustes, il peut être difficile de mesurer avec précision le diamètre basal des espèces à drageons. Il convient alors de relever le DHP de toutes les tiges de l'arbuste.
-

Fiches terrain pour la placette du combustible du sous-étage :

- Formulaire 3

5. Placettes de régénération

5.1 Introduction

Il s'agit de placettes carrées de 1 m². Quatre placettes de régénération sont placées le long des transects de bois mort au sol, le coin intérieur du carré étant placé à 10 m du centre de la placette. Deux coins sont ainsi face à face dans l'axe du transect.

5.2 Objectifs

- Recueillir des informations détaillées sur les semis d'arbres.
- Collecter des images de la placette de régénération et de la placette de régénération vers le point central la placette.

5.3 Outils

- Quadrat de 1 m² (en PVC)

- Perche en PVC avec classes de taille (< 15 cm; 15 à 59,9 cm; 60 à 129,9 cm)
- Ruban à mesurer

5.4 Mesures

1. Densité de semis par espèce et par classe de hauteur (< 15 cm; 15 à 60 cm; 60 à 130 cm).

5.5 Procédures

1. Établir quatre quadrats de 1 m² aux extrémités des transects linéaires utilisés pour les débris ligneux. Placer les coins opposés du quadrat à la marque 10-11 m et à la marque 30-31 m le long de chaque transect.
 2. Prendre une photo de haut en bas de la placette de régénération à hauteur de poitrine aux points de repère de 10 m et de 31 m le long du transect (juste à l'extérieur de la placette de régénération).
 1. Libeller chaque image immédiatement après l'avoir prise et marquer l'horodatage.
 2. Utiliser la convention suivante pour le libellé : Regen - N° de placette - N° de transect - Longueur le long du transect
 3. Prendre une photo vers le centre de la placette aux points de repère de 10 et de 31 m le long du transect.
 1. Libeller chaque image immédiatement après l'avoir prise et marquer l'horodatage.
 2. Utiliser la convention suivante pour le libellé : PC - N° de la placette - N° du transect - Longueur le long du transect
 4. Compter les semis d'arbres contenus dans un quadrat de 1 m² (défini par un cadre en PVC) par classe de hauteur et par espèce à l'aide d'une perche en PVC sur laquelle des catégories de hauteur pré-identifiées sont marquées (< 15 cm; 15 à 59,9 cm; 60 à 129,9 cm).
-

Fiches terrain pour la placette du combustible du sous-étage :

- Formulaire 4

6. Placettes de la litière

6.1 Introduction

Les placettes de la litière sont utilisées pour déterminer la biomasse de la litière de feuilles, d'aiguilles, de cônes et d'écorces. En outre, des échantillons de la litière sont prélevés dans les placettes de litière et analysés pour déterminer la densité du combustible.

6.2 Objectifs

- Fournir des estimations de la biomasse et de la densité du combustible de la litière.

6.3 Outils

- Quadrat de 1 m² (en PVC)
- Cadre d'échantillonnage carré (20 cm x 20 cm)
- Couteau à pain
- Sécateur
- Plaques métalliques carrées (facultatif)
- Règle
- Sacs Ziplock (grands sacs de congélation)
- Queues de cochon

6.4 Mesures

1. Profondeur moyenne de la couche de litière.
2. Commentaires pertinents sur les perturbations.

6.5 Échantillons prélevés

1. Prélever la couche de litière dans le cadre d'échantillonnage de 20 cm x 20 cm.

6.6 Procédures

1. Placer le cadre d'échantillonnage en aluminium ou en bois de 20 × 20 cm (dimensions intérieures) vis-à-vis le point d'échantillonnage, en veillant à ne pas compacter l'échantillon. Placer le cadre de 20 cm x 20 cm sur la zone d'échantillonnage qui est la plus représentative de la litière dans un quadrat de 1 m².
2. .
3. .
4. Ramasser et mettre en sac la litière à l'intérieur du cadre de 20 x 20 cm.
5. Compléter l'étiquette préimprimée à l'aide d'un marqueur indélébile et la coller à l'extérieur du sac d'échantillonnage. Vous pourriez devoir mettre les échantillons dans un double sac ou utiliser un autre sac en plastique par-dessus pour éviter les déchirures et la perte de matériel d'échantillonnage. Veiller à ce que chaque sac soit clairement étiqueté.
 - a) Dans certains secteurs, il peut falloir plus d'un sac pour contenir l'échantillon. Dans ce cas, étiqueter les sacs avec les mêmes informations, puis ajouter « 1 de 2 », « 2 de 2 », etc. Si aucun échantillon n'est prélevé, étiqueter un sac vide pour l'échantillon de litière.

6. Mesurer la distance entre le sommet de la couche de litière (0 cm) et l'interface de la couche de végétation vivante à quatre endroits différents de la zone excavée (par exemple, aux quatre coins de l'échantillon). Noter la profondeur moyenne à 0,1 cm près. Cette mesure servira à calculer le volume de l'échantillon et, par conséquent, la densité du combustible de la couche de litière.

6.7 Conditions

3. Si vous tombez sur une racine ou une roche qui ne peut pas être recueillie, estimer le volume et le soustraire de l'échantillon collecté.
-

Fiches terrain pour la placette terrain :

- Formulaire 6

7. Placette du substrat de surface

7.1 Introduction

La placette du substrat de surface est l'endroit où nous mesurons ou inscrivons directement les mesures qui servent à estimer les attributs de combustible de certaines strates de combustible de surface (végétation de surface et type de tapis forestier). Une placette circulaire d'un rayon fixe de 5,64 m et couvrant donc une surface de 100 m² a été choisie pour sa simplicité d'établissement et sa compatibilité avec d'autres protocoles (par exemple, l'IFN).

- Arbrisseaux : Plants vivaces ligneux dont la taille est inférieure à 1,30 m, ayant de multiples tiges qui se ramifient à partir de la base, sans avoir de tronc principal bien différencié.
- Plantes herbacées : Toutes les espèces herbacées, y compris les non-graminoïdes (dont les fougères et plantes apparentées), les graminées, les cypéracées et les joncacées.
- Bryophytes : Mousses, sphaignes, hépatiques, cornifles et lichens non crustacés.
- Litière : Couches de feuilles et d'aiguilles se trouvant au-dessus de la couche de bryophytes.

7.2 Objectifs

- Recueillir des estimations du pourcentage de couverture dans les strates inférieures composées d'arbrisseaux, de plantes herbacées, de litière et de bryophytes.

7.3 Mesures

1. Estimations du pourcentage de couverture par genre pour toutes les catégories (arbustes de moins de 1,30 m, plantes herbacées, bryophytes, litière de feuilles, litière d'aiguilles et litière générale).
2. Les espèces peuvent être identifiées si les membres d'une équipe de terrain sont sûrs que ce sont les bonnes.

7.4 Procédures

1. Pour mesurer la végétation vivante dans les strates inférieures composées d'arbrisseaux, de plantes herbacées, de litière et de bryophytes, établir une placette dont le rayon fixe de 5,64 m part du point central de la placette terrain. Tous les genres doivent être consignés. Les espèces peuvent également être consignées, à l'exception des épiphytes. Par exemple, ne pas consigner les espèces de bryophytes poussant sur le côté des arbres ou sur des branches. Un recensement exhaustif n'est pas attendu dans le cas des espèces végétales à très faible couverture (moins de 0,01 %). Compte tenu des variations saisonnières de la floraison et de la production végétative, il est facile de manquer ces espèces. Se concentrer sur les espèces dont la couverture est supérieure à 0,01 %. Par pourcentage de couverture, nous entendons le pourcentage de la surface au sol recouvert par la projection verticale du feuillage du plant. Estimer la couverture des espèces végétales individuelles dans chaque strate de végétation. Même si le feuillage d'arbres se chevauche au sein d'une même strate, il n'est possible d'ajouter le feuillage lié au même genre ou à la même espèce; par

conséquent, la couverture d'un genre ou d'une espèce ne peut être supérieure à 100 % dans une même strate. Toutefois, l'évaluation de la couverture par strate aboutit parfois à une couverture totale supérieure à 100 %.

7.5 Conditions/Notes

- a. Utiliser le quadrat (cadre de 1 m x 1 m) comme repère de 1 % de couverture du sol.
 - b. Marcher une première fois vers la placette pour identifier le genre ou l'espèce, puis une deuxième fois pour déterminer le pourcentage de couverture.
 - c. Dans une fourchette de 1 à 10 %, procéder à des ajustements de 1 %.
 - d. Dans une fourchette de 10 à 25 %, procéder à des ajustements de 5 %.
 - e. Dans une fourchette de 25 à 100 %, procéder à des ajustements de 10 %.
-

Fiches terrain pour les placettes de combustible de surface :

- Formulaire 5

8. Transects de débris ligneux

8.1 Introduction

Échantillonnage de débris ligneux (bois mort au sol) le long de deux transects de 40 m dont l'axe central correspond au point central de la placette et dont l'orientation est nord-sud et ouest-est (figure 1).

8.2 Objectifs

Recueillir la charge par espèce, diamètre, classe de décomposition (pourriture ou bois sain) et emplacement (touchant le sol ou surélevé) pour les pièces ≥ 3 cm uniquement. Stratification par classes de diamètre (1 à 2,99 cm, 3 à 6,99 cm, 7 à 29,9 cm, ≥ 30 cm).

8.3 Outils

- Compas forestier
- Calibre entre-n'entre pas
- Ruban à mesurer
- Clinomètre

8.4 Mesures

1. Quantifier les débris ligneux en fonction de la taille (0,01 à 0,99 cm, 1 à 2,99 cm).
2. Quantifier les débris ligneux en fonction de la taille (3 à 6,99 cm, 7 à 29,9 cm, ≥ 30 cm), de l'espèce, du diamètre exact, du stade de décomposition (pourriture ou bois sain), de l'angle d'inclinaison et de l'emplacement (touchant le sol ou élevé/surélevé) pour les pièces ≥ 3 cm uniquement.

8.5 Procédures

1. Pour les segments de 5 m à 10 m et de 30 m à 35 m, la méthode de pointage distingue les débris ligneux dont le diamètre est supérieur ou égal à 0,01 cm et inférieur à 0,99 cm (débris ligneux fins) des petits débris ligneux, dont le diamètre est supérieur ou égal à 1,0 cm et inférieur à 3,0 cm lorsqu'ils traversent la ligne (il peut être utile d'avoir une clé de 10 mm pour déterminer quels débris ligneux ont un diamètre inférieur à 1 cm). Une vue détaillée des transects est présentée à la figure 2. Si le pointage atteint 250 pièces pour le segment des débris ligneux fins et petits, arrêter le dénombrement. Inscrive la longueur du segment mesuré.
2. Pour tous les segments des transects, mesurer le diamètre des débris ligneux (à l'aide d'un compas forestier) et noter l'espèce, la classe de décomposition (pourriture ou bois sain) et l'emplacement (touchant le sol ou surélevé) de chaque débris ligneux dont le diamètre est supérieur ou égal à 30 cm traversant la ligne. Pour les segments de 5 m à 35 m, mesurer le diamètre et noter l'espèce, la classe de décomposition, l'angle d'inclinaison et la position de chaque débris ligneux dont le diamètre est supérieur ou égal à 7 cm traversant la ligne. Pour

les segments de 5 à 15 m et de 25 à 35 m, mesurer le diamètre et noter l'espèce, le stade de décomposition, l'angle d'inclinaison et l'emplacement de chaque débris ligneux dont le diamètre est supérieur ou égal à 3 cm traversant la ligne.

a) Classes de décomposition (codes IFN) :

1. Intact, dur
2. Intact, dur à partiellement décomposé
3. Dur, grosses pièces, partiellement décomposé
4. Petites pièces polyédriques
5. Nombreuses petites pièces, parties molles

	Decay class				
	1	2	3	4	5
Wood texture	intact, hard	intact, hard to partly decaying	hard, large pieces, partly decaying	small, blocky pieces	many small pieces, soft portions
Portion on ground	elevated on support points	elevated but sagging slightly	sagging near ground, or broken	all of log on ground, sinking	all of log on ground, partly sunken
Twigs < 3 cm (if originally present)	twigs present	no twigs	no twigs	no twigs	no twigs
Bark	bark intact	intact or partly missing	trace bark	no bark	no bark
Shape	round	round	round	round to oval	oval
Invading roots	none	none	in sapwood	in heartwood	in heartwood

Note : Sain ou pourri : « Les pièces sont considérées comme pourris lorsqu'elles ne sont manifestement pas solides et qu'ils peuvent être facilement brisées en leur donnant un coup de pied » (traduction libre, McRae et collab., 1979).

8.6 Conditions

Les débris ligneux mesurés comprennent les éléments suivants :

- fûts d'arbres morts renversés ou suspendus (ne tenant pas debout par eux-mêmes), avec ou sans racines;
- arbres renversés à feuillage vert qui ne sont plus enracinés dans le sol;
- arbres tombés, dont des morceaux de bois ou d'écorce se trouvent sur le sol;
- branches cassées et tombées au sol; cimes brisées, qu'elles soient horizontales ou penchées;

- billes récemment coupées (y compris les billes tronçonnées ou des empilements de billes);
- débris ligneux se trouvant au-dessus du tapis forestier à l'emplacement du transect;
- souches déracinées (ne tenant pas debout par elles-mêmes) et racines mortes exposées sur ces souches.

Ne pas comptabiliser les pièces suivantes, car elles **ne sont pas** considérées comme des débris ligneux :

- arbres vivants ou morts qui tiennent debout (toujours enracinés);
- arbres vivants renversés;
- racines exposées d'arbres vivants ou morts tenant debout par eux-mêmes;
- branches mortes toujours rattachées à un arbre sur pied;
- souches tenant debout par elles-mêmes ou leurs racines exposées;
- morceaux de bois décomposés à tel point qu'on peut les assimiler à l'humus du tapis forestier (moins de la moitié du morceau de bois se trouve au-dessus du tapis forestier);
- morceaux de bois en décomposition recouverts d'accumulations de matière organique d'au moins 1 cm d'épaisseur;
- bois enfoui, c'est-à-dire débris ligneux se trouvant sous la surface du sol adjacent;
- si une couche organique s'est accumulée sur le bois, au moins 50 % de l'épaisseur du débris ligneux doit se trouver au-dessus du niveau du sol adjacent. On considère que les débris ligneux ne se trouvent plus au-dessus du sol lorsqu'ils sont entièrement enfouis sous une couche superficielle de matière organique (tapis forestier) d'au moins 1 cm d'épaisseur ou de sol minéral.

Fiches terrain pour les transects de débris ligneux :

- Formulaire 1

9. Photographies hémisphériques

9.1 Introduction

Les photographies hémisphériques peuvent être utilisées pour estimer l'indice de surface végétale (ISV) de la placette. Voir la figure 3.

9.2 Objectifs

- Recueillir 8 photographies hémisphériques dans la placette le long des transects linéaires de débris ligneux (à 10 m, 15 m, 25 m et 30 m).

9.3 Outils

- Objectif très grand angulaire
- iPhone ou iPad (résolution de 12 mégapixels pour la caméra)
- Linge en microfibre

9.4 Mesures

1. Photographie hémisphérique le long de chacun des transects de débris ligneux à 10 m, 15 m, 25 m et 30 m du point central de la placette (un total de 8 photographies hémisphériques) pendant les heures de clarté, c'est-à-dire de 9 h à 16 h 30.

9.5 Procédures

1. Identifier des points à 10 m, 15 m, 25 m et 30 m à partir du centre de la placette le long de chacun des transects de débris ligneux.
2. Amener le téléphone ou la tablette vis-à-vis les marques de 10 m, 15 m, 25 m et 30 m le long des deux transects.
3. Placer le téléphone ou la tablette à une hauteur de 180 cm au-dessus du sol à l'aide d'un pied monopode ou d'une perche. Prendre la photo en veillant à ce qu'on n'y voie pas de visage ni de tête.
4. Nommer chaque photographie hémisphérique immédiatement après l'avoir prise.
 1. Convention pour le libellé : PH - N° de la placette - Direction du transect - Longueur le long du transect

9.6 Conditions

1. Éviter la lumière directe du soleil (distance de 30 cm du transect pour éviter la lumière directe du soleil).
 2. S'assurer que l'objectif est propre.
-

Fiches terrain pour le point central de la placette :

- Formulaire 7

Références bibliographiques

- Alexander, M.E.; Stefner, C.N.; Mason, J.A.; Stocks, B.J.; Hartley, G. R.; Maffey, M.E.; Wotton, B.M.; Taylor, S.W.; Lavoie, N.; Dalrymple, G.N. (2004). "Characterizing the jack pine - black spruce fuel complex of the International Crown Fire Modelling Experiment (ICFME)", Nat. Resour. Can. For. Serv, North. For. Cent., Edmonton, Alberta. Inf. NOR-X-393. (<https://cfs.nrcan.gc.ca/publications?id=24913>)
- Cameron, H.A.; Díaz, G.M. et Beverly, J.L. (2021). "Estimating canopy fuel load with hemispherical photographs: A rapid method for opportunistic fuel documentation with smartphones", *Methods in Ecology and Evolution*, 12(11), pp. 2101-2108.
- Groupe de travail sur les dangers d'incendie (2021). "An overview of the next generation of the Canadian Forest Fire Danger Rating System", Nat. Resour. Can. For. Serv., Great Lakes For. Cent., Sault Ste. Marie, Ontario. Inf. GLC-X-26. (<https://cfs.nrcan.gc.ca/publications?id=40474>)
- Hirsch, K.G. (1996). *Méthode canadienne de prévision du comportement des incendies de forêt (PCI) : guide de l'utilisateur*, Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Centre de foresterie du Nord, Edmonton, Alberta. Rapport spécial 7, 122 p.
- Lavoie, N.; Alexander, M. E. et Macdonald, S. E. (2010). "Measurement and description of fuels and fire behavior on prescribed burns: a handbook", Nat. Resour. Can. For. Serv. For. Cent., Edmonton, Alberta. Inf. NOR-X-419. (<https://cfs.nrcan.gc.ca/publications?id=31785>)
- McRae, D.J.; Alexander, M.E. et Stocks, B.J. (1979). "Measurement and description of fuels and fire behavior on prescribed burns: a handbook", Environ. Can. For. Serv., Great Lakes For. Cent. des Grands Lacs, Sault Ste. Marie, Ontario. Inf. O-X-287. (<https://cfs.nrcan.gc.ca/publications?id=8963>)
- NFI Task Force (2008). Canada's National Forest Inventory Ground Sampling Guidelines : specifications for ongoing measurement. Version 5.0. Bibliothèque et Archives Canada. Nat. Resour. Can. For. Serv., Pacific For. Cent., Victoria, Colombie-

Britannique. ISBN 978-1-100-11329-6. N° de cat. : Fo144-6/2008E.
(<https://cfs.nrcan.gc.ca/publications?id=29402>)