Guide terrain : L’échantillonnage de combustibles forestiers dans le contexte de la Nouvelle génération de la Méthode canadienne d’évaluation des dangers d’incendie de forêt (NG-MCEDIF)

Protocole terrain et liste d’attributs pour les équipes terrain v2.0 (2026)

The Fire Danger Group of the Canadian Forest Service of Natural Resources Canada
Boucher, J., Cotton-Gagnon, A., Dagnault, S., Zerb, J., Smiley, B., Russo, G., and Nolan, M. (juin 2026)

Abstract

Ce document présente un protocole 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 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 mai 2025, de légères modifications sont proposées par rapport aux versions précédentes, 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 nordiques

---

1(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.

Table of Contents

Abstract 2

Protocol d'échantillonnage de combustibles 4

1. Information du site 4
2. Centre de la placette 5
3. Placette de combustibles de canopée (Grands arbres et chicots) 6
4. Placette de combustibles de sous-canopée (Placette de gaules et arbustes) 8
5. Placettes de régénération (Microplacettes) 10
6. Placettes de d'échantillons litière 11
7. Placette de combustibles de surface (Placette écologique) 12
8. Transects de débris ligneux 14
9. Photos hémisphériques 16
10. Photos 360 16

References 17

Appendix A Table of NG-CFFDRS Attributes 19

Appendix B - Figures 23

Appendix C - 360- Degree Photo Guide 27

Protocol d'échantillonnage de combustibles

1. Information du site

1.1 Introduction

Une évaluation du site est requise pour chaque placette comprenant des informations sur les caractéristiques du peuplement ainsi que les perturbations du site.

1.2 Objectifs

- Récolter des informations sur les caractéristiques du site

1.3 Procédure

1. Mesurer et noter les caractéristiques du site où se situe la placette
2. Identifier et noter la position sur la pente, relief, % de pente, longueur de pente arrière, direction de la pente, % de roches et classe de drainage
3. Fournir un pourcentage de couvert par espèce pour la canopée supérieure, canopée inférieure, et la canopée arbustive
4. Dessiner un diagramme des perturbations ainsi que leurs impacts sur la placette. Peut inclure des obstructions aux mesures de la placette (ex : falaise, rocher, etc.)
5. Noter la position du centre de la placette à l'aide d'un GPS portatif

1.4 Considérations

1. L'information du site peut être réalisé à la fin de la placette. De cette façon, l'équipe terrain aura la chance de se familiariser avec l'environnement et le peuplement.

Formulaires pour les informations du site:

- Formulaire 7

2. Centre de la placette

2.1 Introduction

Le centre de la placette se situe dans le peuplement, ou complexe de combustibles, d'intérêt. Il est le point de référence duquel tous les autres éléments de la placette seront positionnés. Le niveau de précision requis pour son lieu géographique découle de l'usage attendu de ses mesures.

2.2 Objectifs

- Noter les coordonnées géographiques du centre de la placette.

2.3 Instruments

- Tige en métal
- Ruban forestier
- Unité GPS différentiel
- Boussole
- x2 50m rubans à mesurer

2.4 Procédure

1. Se rendre à l'intérieur d'un mètre du point prédéterminé de la placette en utilisant un GPS portatif.
2. Placer le centre de placette le plus près possible de ce point.
   a) Facultatif : placer le transpondeur du vertex au centre de la placette, puis tracer les limites des contours des sous-placettes 11.28m et 3.99m à l'aide de peinture en aérosol.
3. Utiliser une unité GNSS Emlid Reach RS2+ pour enregistrer le point géographique du centre de la placette.
4. Placer les deux transects de 40m à l'aide des rubans à mesurer, en débutant du nord vers le sud, puis de l'est vers l'ouest. Il est impératif que les deux rubans s'intersectent parfaitement au-dessus du centre de la placette

2.5 Conditions

- Un jeu de 1 mètre peut être utilisé afin d'éviter de placer le centre de la placette sur ou près d'une obstruction.

3. Placette de combustibles de canopée (Grands arbres et chicots)

3.1 Introduction

La placette de combustibles de canopée est utilisée pour mesurer et noter les informations des grands arbres. Ces mesures sont utilisées pour estimer les attributs de combustibles de la strate de la canopée arborescente. Ces estimations sont calculées en utilisant des équations allométriques et/ou modèles. Un rayon fixe de 11.28m, donnant une superficie de 400m^2, a été choisi pour son implantation simple et sa compatibilité avec d'autres protocoles, tels que l'IFN.

3.2 Objectifs

- Récolter l'information détaillée pour les grands arbres (≥9,0cm de diamètre hauteur poitrine)

3.3 Instruments

- Compas forestier ou galon circonférentiel
- Hypsomètre (vertex) ou clinomètre
- Perche graduée télescopique
- Baguette de DHP

3.4 Mesures

1. Diamètre à la hauteur de la poitrine (DHP), mesuré pour toutes les tiges ≥9.0cm.
2. Densité du peuplement pour toutes les tiges ≥9.0cm.
3. Identification à l'espèce pour toute tige ≥ 9.0 cm.
4. Condition de l'arbre, la tige, et l'écorce pour tous les conifères ≥ 9.0 cm (les feuillus peuvent être classés simplement comme étant morts ou vivants).
5. Hauteur totale pour un minimum de 12 arbres afin de s'assurer de mesurer toutes les couches du peuplement. Sélectionner 12 arbres, selon leur représentation dans les classes de hauteur du peuplement (parmi les différents DHP observés), puis mesurer les hauteurs. Noter si la hauteur a été mesurée (M), ou estimée (E)
6. Hauteur de base de cime vivante (HBCV) et morte (HBCM) pour tous les conifères dont le DHP est ≥9.0cm. L'objectif est de déterminer la fin de la continuité de la cime. Si la suivante n'est pas une description efficace, utilisez votre jugement pour déterminer la HBCV et HBCM:
    a) HBCV : hauteur où le premier verticille (à la base de l'arbre) dont les trois quarts des branches ont des aiguilles (vertes ou rouges).
    b) HBCM : hauteur où le premier verticille (à la base de l'arbre, sauf quand les branches mortes touchent le sol) dont les trois quarts des branches sont morte mais portent encore des ramilles.

3.5 Procédure

1. Au centre de la placette, en regardant vers l'extérieur de la placette, juste à droite (est) du transect 1 (0 degrés nord magnétique), commencer à mesurer les arbres les plus près du centre de la placette, puis vers le fond en sens horaire.

2. Avec un compas forestier (avec le pied vers le centre de la placette), ou un ruban circonférentiel, mesurer le DHP à 1,3m à partir du plus haut niveau du sol.
3. Le nombre d'arbres dont le DHP est ≥9.0cm est compté lors de la mesure du DHP. Peinturer le numéro sur l'arbre en utilisant de la peinture en aérosol (là où les réglementations locales le permettent).
4. Identifier l'espèce lors de la mesure du DHP.
5. La condition de l'arbre est évaluée visuellement en tant que:
   (1) Vivant
   (2) Mort avec aiguilles rouges (stade rouge)
   (3) Mort sans aiguilles (stade gris), mais portant des ramilles (<1cm)
   (4) Chicot (autre stade d'arbre mort sur pied)

   Condition de la tige est classée visuellement en tant que:
   a) Intacte
   b) Brisée (si brisée, estimer la hauteur de la cassure)

   Condition de l'écorce classée visuellement en tant que:
   a) Intacte
   b) Se détache sur plus de 30% de la tige
   c) Complètement absente

6. Utiliser un hypsomètre ou un clinomètre pour mesurer la hauteur des arbres (voir NFI Ground Plot Guidelines). Faire ceci pour au moins 12 arbres qui représentent le peuplement.
7. Utiliser une perche télescopique, un hypsomètre, ou un clinomètre pour mesurer la HBCM et la HBCV.
   (1) Pour la HBCV: mesurer la hauteur du premier verticille (à la base de l'arbre) dont les trois quarts des branches ont des aiguilles (vertes ou rouges).
   (2) Pour la HBCM: mesurer la hauteur du premier verticille (à la base de l'arbre, sauf lorsque les branches mortes touchent le sol) dont les trois quarts des branches sont mortes mais portent encore des rameaux.
8. Facultatif : Pour le positionnement des tiges, noter la distance et l'azimut du centre de la placette vers la tige mesurée. Répéter pour tous les arbres (≥9.0cm diamètre) dans la placette de r=11.28m.

3.6 Conditions

- En ce qui concerne les mesures de hauteur, prenez soin de numéroter les arbres à l'aide de peinture en aérosol. Cependant, si peinturer n'est pas permis à certains endroits, l'utilisation de craie ou de peinture verte peut s'avérer une bonne alternative (vérifier d'abord avec l'administration du parc).
- Lorsque les branches mortes touchent le sol, la HBCM est mesurée à 0cm.
- Lorsque les branches vivantes touchent le sol, la HBCV est mesurée à 0cm.
- En mesurant la HBCM ou HBCV sur des arbres dont la croissance enchevêtrée (dû à une obstruction ou un arbre adjacent), les mesurer comme si les verticilles non-obstrués couvrent 100% de la tige.
- Si un LiDAR terrestre est utilisé, le positionnement des tiges est obligatoire.

Formulaires pour la placette de combustibles de canopée:

- Formulaire 2

4. Placette de combustibles de sous-canopée (Placette de gaules et arbustes)

4.1 Introduction

La placette de combustibles de sous-canopée est utilisée afin de mesurer directement ou noter des mesures qui servent à estimer les attributs de combustibles de la strate de combustible échelle (hauteur d'arbre de sous-canopée et surface terrière). Une placette circulaire avec un rayon de 3.99m, donc une superficie de 50m^2 a été sélectionné pour sa simplicité d'implantation et sa compatibilité avec d'autres protocoles, tels que l'IFN.

4.2 Objectifs

- Récolter de l'information détaillée pour les tiges de sous-canopée (DHP <9.0cm et une hauteur ≥1.3m.
- Récolter de l'information détaillée pour les arbres avec un DHP <9.0cm et une hauteur ≥1.3m.
- Récolter de l'information détaillée sur les arbustes ayant une hauteur ≥1.3m.

4.3 Instruments

- Hypsomètre (vertex) ou clinomètre
- Perche graduée télescopique
- Compas forestier
- Baguette de DHP

4.4 Mesures

Pour les gaules:

1. Hauteur d'arbre pour toutes les tiges dont le DHP est <9.0cm et la hauteur ≥1.3m.
2. DHP pour toutes tiges ayant un DHP de <9.0cm et une hauteur de ≥1.3m.
3. Identification à l'espèce pour chaque arbre ayant un DHP <9.0cm et une hauteur ≥ 1.3m.
4. État de l'arbre, tige et écorce pour tout conifère ayant un DHP <9.0cm et une hauteur ≥ 1.3m.
5. Hauteur de base vivante (HBCV) et morte (HBCM) pour tous les conifères dont le DHP est <9.0 et la hauteur ≥1.3m. Le but est de déterminer la fin de la continuité de la cime. Si ce n'est pas une définition efficace, utilisez votre jugement pour déterminer la HBCM et HBCV.
    a. HBCV: hauteur du premier verticille (à la base de l'arbre) où les trois quarts des branches ont des aiguilles (rouge ou vert).
    b. HBCM: hauteur du premier verticille (à la base de l'arbre, sauf lorsque les branches mortes touchent le sol) où les trois quarts des branches sont mortes mais portent encore des ramilles.

Pour les arbustes:

1. Diamètre basale (cm) et hauteur moyenne pour tout arbuste avec une hauteur ≥1.3m ou DHP et hauteur de tige individuelle pour tout arbuste avec une hauteur ≥1.3m.
2. Identification à l'espèce pour tout arbuste ≥1.3m de hauteur.
3. État pour tous les arbustes ≥1.3m de hauteur (classifié comme vivant ou mort seulement).

4.5 Procédure

<u>Pour les arbres:</u>

1. Perche graduée télescopique, hypsomètre vertex), ou clinomètre.
2. Compas forestier (bout de la règle vers le centre de la placette)
3. Identifier l'espèce
4. Condition de l'arbre classé visuellement en tant que :
   (1) Vivant
   (2) Mort avec aiguilles rouges (stade rouge)
   (3) Mort sans aiguilles (stade gris), mais portant encore des ramilles (<1cm)
   (4) Chicot (autre état mort sur pied)

   Condition de la tige classée visuellement en tant que:
   a) Intacte
   b) Cassée (si cassée, estimer la hauteur de la cassure)

   Condition de l'écorce classée visuellement en tant que :
   a) Intacte
   b) Se détache sur plus de 30% de la tige
   c) Plus d'écorce

5. Utiliser une perche télescopique graduée, un hypsomètre, ou un clinomètre pour mesurer la HBCM et HBCV.
   a) HBCV: hauteur du premier verticille (à la base de l'arbre) où les trois quarts des branches ont des aiguilles (rouge ou vert).
   b) HBCM: hauteur du premier verticille (à la base de l'arbre, excepté lorsque les branches mortes touchent le sol) où les trois quarts des branches sont mortes mais portent encore des ramilles.

<u>Pour les arbustes:</u>

1. Diamètre basale: Noter le diamètre basal et la hauteur moyenne pour chaque arbuste. Le diamètre basal est mesuré au niveau du sol ou juste au-dessus du collet racinaire, tout dépendant lequel est plus haut.
   a) Si le collet racinaire n'est pas immédiatement visible, écarter la litière afin de l'exposer et de mesurer le diamètre basal.
   b) Si le diamètre basal ne peut être mesuré, noter le DHP et la hauteur de la tige (voir figure 4).
2. Espèce arbustive: Noter l'espèce de chaque arbuste en utilisant le code à trois lettres (MRNF) ou le code de l'IFN.

4.6 Conditions

- Se référer au lignes directrices pour les placettes terrain du guide de l'IFN pour les mesures de DHP et de diamètre basal.
- En mesurant la HBCM ou HBCV sur des arbres dont la croissance enchevêtrée (dû à une obstruction ou un arbre adjacent), les mesurer comme si les verticilles non-obstrués couvrent 100% de la tige.
- Lors de la mesure d'arbustes, les espèces drageonnantes peuvent rendre difficile la mesure du diamètre basale. Si c'est le cas, noter le DHP de toutes les tiges de l'arbuste.

Formulaires pour la Placette de combustibles de sous-canopée:

- Formulaire 3

5. Placettes de régénération (Microplacettes)

5.1 Introduction

Ces placettes sont de forme carrée et ont une superficie de $1m^2$. Il y a quatre placettes de régénération, placées le long des transects de débris ligneux. Sur chaque transect il y a deux microplacettes.

5.2 Objectifs

- Récolter de l'information détaillée sur la régénération arborescente.
- Récolter des images de la placette de régénération ainsi que de la placette de régénération vers le centre de la placette.

5.3 Instruments

- Quadrat de $1m^2$ en PVC
- Baguette en PVC avec les classes de hauteur (< 15 cm; 15-59.9 cm; 60-129.9 cm)
- Ruban à mesurer

5.4 Mesures

1. Densité de régénération arborescente par essence par classe de hauteur (< 15 cm; 15-60 cm; 60-130 cm).

5.5 Procédure

1. Établir quatre quadrats de $1m^2$ sur les transects de débris ligneux. Pour les microplacettes 1 (nord) et 3 (est), placer un coin du quadrat à 10m, en pointant le coin opposé vers l'extérieur de la placette des grands arbres (vers le début du transect). Pour les microplacettes 2 (sud) et 4 (ouest), placer un coin du quadrat à 30m en pointant le coin opposé vers l'extérieur de la placette des grands arbres (vers la fin du transect).
2. Prendre une photo en plongée de la placette de régénération à la hauteur de la poitrine.
    a. Prendre note du numéro de fichier de la photo.

    b. Utiliser la convention préétablie pour nommer les photos pour la soumission dans la base de données : Numéro de placette-Regen-Numéro de transect-Distance sur le transect
3. Prendre une photo vers le centre de la placette à partir du coin le plus éloigné de la placette de régénération.
    a. Prendre note du numéro de fichier de la photo.
    b. Utiliser la convention préétablie pour nommer les photos pour la soumission dans la base de données : Numéro de placette-PC-Numéro de transect-Distance sur le transect
4. Dénombrer le nombre de semis dans le quadrat de 1m^2 (défini par un cadre en PVC) par espèce et par classe de hauteur.

Formulaires pour Placette de régénération :

- Formulaire 4

6. Placettes tapis forestier

6.1 Introduction

Les placettes de tapis forestier servent à déterminer la biomasse des débris ligneux fins, la litière, des bryophytes morts et vivants, ainsi que la couche fibrique et la couche humique. Les échantillons du tapis forestier sont récoltés et analysés pour déterminer la densité apparente en plus de la profondeur totale de la couche organique.

6.2 Objectifs

- Fournir des estimations de la biomasse et de la densité apparente du tapis forestier ainsi que la profondeur totale du sol organique.

6.3 Instruments

- Quadrat de 1m^2 en PVC
- Cadre dont les dimensions sont connues (taille recommandée 20cm x 20cm)
- Couteau à pain
- Sécateurs
- Règle / ruban de meunuisier
- Grands sacs de congélation hermétiques (sacs Ziploc)
- Fiche en métal
- Pelle
- Objet plat (plateau, planche, etc.)
- Sonde Edelman

6.4 Mesures

1. Profondeur moyenne des différentes couches organiques

6.5 Échantillons récoltés

En utilisant le cadre de 20cm x 20cm, récolter des échantillons des couches suivantes (si présentes) à chaque microplacette:

1. Débris ligneux fins (<1.0 cm diamètre)
2. Litière (feuilles. aiguilles, cônes)
3. Bryophytes vivants
4. Bryophytes morts et horizon fibrique
5. Horizon humique

6.6 Procédure

1. Placer le cadre sur un endroit à échantillonner qui est le plus représentatif du tapis forestier à l'intérieur du quadrat de 1 m^2. Éviter de compacter l'échantillon. En utilisant une fiche en métal, sonder le site d'échantillonnage potentiel afin d'éviter des obstacles enfouis tels que des roches ou du bois qui pourrait nuire à l'échantillonnage.
2. Retirer et jeter toute plante herbacée ou arbustive vivante du cadre.
3. En utilisant un couteau à pain (ou tout autre couteau denté), couper le long des bords intérieurs du cadre jusqu'au bas des couches organiques ou à une profondeur maximale de 20cm.
4. Séparer l'échantillon de la matière avoisinante en retirant délicatement cette dernière des bords de la coupe. Utiliser des sécateurs pour couper les racines qui se trouvent sur les bords de l'échantillon. Ceci facilitera la sortie de l'échantillon en exposant ses quatre côtés et son fond.
5. Insérer délicatement un objet plat sous l'échantillon puis le sortir du sol en un morceau.
6. Avec l'échantillon toujours sur l'objet plat, prendre une photo avec une règle ou tout autre instrument gradué comme référence, puis noter le numéro de l'image sur le formulaire.
7. Séparer l'échantillon dans les groupes suivants et placer chaqu'un d'entre eux dans un sac en plastique hermétique (les sacs en papier vont trop sécher l'échantillon):
    a. Débris ligneux fins (dia. <1,0cm)
    b. Litière (feuilles, aiguilles, cônes)
    c. Bryophytes vivants
    d. Bryophytes morts et horizon fibrique
    e. Horizon humique
8. Mesurer l'épaisseur de chaque couche. En commençant avec la couche de litière jusqu'à la fin de l'échantillon de sol organique. Mesurer les quatre côtés de l'échantillon et en faire la moyenne au 0.1cm le plus proche.
    a. Dans le cas où la couche organique dépasse une profondeur de 20cm, mesurer et noter la profondeur totale de la couche organique à l'aide d'une sonde Edelman ou d'une pelle. Cette mesure n'est pas utilisée dans le calcul de densité apparente.
9. Étiqueter chaque échantillon ensaché en utilisant soit une étiquette hydrofuge ou un marqueur permanent en utilisant la convention suivante :

a. “Organisation_numéro de placette_traitement_numéro de microplacette_type d’échantillon_AAAA-MM-JJ_initiales". Exemple : CFS_1038489_OG_MP1_DLF_2025-07-16_MNO.

Conditions

- Les échantillons devraient être gardés dans une glacière afin d’éviter des changements de température qui pourraient causer de la moisissure ou sécher l’échantillon.
- Des parties (débris ligneux fins, litière, bryophytes, etc.) devraient être regroupés dans un plus grand sac identifié avec le numéro de placette et de microplacette.
- Le cadre d’échantillonnage peut être modifié afin d’accommoder des sols plus minces ou plus épais. Les dimensions du cadre doivent être noté afin d’adéquatement calculer la densité apparente.
- Si un échantillon est trop volumineux pour un seul sac, de multiples sacs bien identifiés peuvent être utilisés. La convention pour l’étiquette décrite ci-dessus doit être utilisée puis un indicateur du nombre de sacs doit être ajouté à l’étiquette (ex : sac 1 de 2, sac 2 de 2). Si de grosses racines sont présentes dans l’échantillon, elles peuvent être coupées et réduites en taille afin d’éviter de percer et de déchirer le sac.

Formulaires pour les placettes de tapis forestier:

- Formulaire 6

7. Placette de combustibles de surface (Placette écologique)

7.1 Introduction

La placette de combustibles de surface est utilisée pour estimer les attributs de combustibles cour certaines strates de combustibles (végétation de surface et le type de couvert du sol forestier). Une placette circulaire à rayon fixe de 5.64m, donc 100m2, a été choisie pour sa simplicité et compatibilité avec d’autres protocoles (ex: IFN).

- Petits arbustes: Définis en tant que plantes vivaces ligneuses ayant plusieurs tiges se ramifiant de la base sans tige principale définie.
- Herbacés: Toutes espèces herbacées, incluant les fougères, prêles et lycopodes; graminées et carex.
- Bryophytes: Mousses, sphaignes, hépatiques, embryophytes, et lichens non-crustacés.
- Litière: feuilles, aiguilles, générale
-

7.2 Objectifs

- Récolter les estimés de pourcentage de couvert de la végétation par espèce (lorsque possible) au sein des couches de petits arbustes, herbacés, bryophytes et litière.

7.3 Mesures

1. Estimés de pourcentage de couvert par espèce lorsque possible. Si l'identification à l'espèce n'est pas possible, évaluer le pourcentage de couvert par genre, groupe (ex: petit arbuste bas) ou couche (petits arbustes de moins de 1.30m, herbacés, bryophytes, litière feuillue, litière d'aiguille, et litière générale).

7.4 Procédure

- Pour les mesures de la végétation vivante et de la litière parmi les couches des petits arbustes, herbacés, bryophytes et la litière, établir une placette avec un rayon fixe de 5.64m, centré sur le centre de la placette. Les bryophytes poussant sur les arbres ou leurs branches doivent être exclus des mesures.
- La couche de bryophytes peut être évaluée en tant que pourcentage de couvert par espèce. Si l'évaluation à l'espèce n'est pas possible, le faire au niveau du groupe: mousse, sphaignes, et des lichens.
- Pour les catégories de végétation ayant un pourcentage de couvert très bas, une liste exhaustive n'est pas requise. Étant donné la variation saisonnière de la floraison et du développement végétal, les plantes ayant un couvert très faible (<0.01%) peuvent être facilement oubliées. Concentrez-vous sur les plantes ayant un couvert de >0.01%. Le pourcentage de couvert représente le pourcentage de la surface du sol couvert par la projection verticale de la couronne de la plante. Les valeurs de couvert par plante dans est estimée. Dans chaque couche, les couronnes qui se chevauchent de sont pas cumulatives pour une même espèce; conséquemment, une catégorie ne peut pas avoir une couverture de >100%. Cependant, le pourcentage pour toutes les couches peut surpasser 100%.
-

7.5 Conditions/Notes

- Utiliser le quadrat (cadre de 1m x 1m) comme référence de 1% du couvert au sol de la placette écologique (100m^2).
- Une première évaluation pour identifier les catégories, une deuxième pour déterminer les pourcentages de couvert.
- De 1%-10%, faire des ajustements de 1%.
- De 10%-25%, faire des ajustements de 5%.
- De 25%-100%, faire des ajustements de 10%.
- Vingt-cinq quadrats forment le quart de la placette écologique. Lors de l'évaluation du pourcentage de couvert de la placette, les équipes peuvent estimer le nombre de quadrats (1%) pour chaque catégorie à l'intérieur d'un quart de la placette et ajouter le total de chaque quartier pour produire un estimé global de la placette.
- L'espèce doit être déterminé si les équipes terrain se sentent confiants

- Les couches sont PA (petits arbustes), HE (herbacées), BR (bryophytes), LF (litière feuillue), LA (litière d'aiguilles), LG (litière générale)
- Les groupes sont PAB (petit arbustes bas) PAM (petit arbustes moyen) PAH (petit arbustes haut), HEB (herbacées bas) HEM (herbacées moyens) HEH (herbacés haut), MOS (mousses), SPS (sphaignes), LIC (lichens).

Formulaires pour la Placette de combustibles de surface:

- Formulaire 5

8. Transects de débris ligneux

8.1 Introduction

Les débris ligneux sont mesurés le long de deux transects de 40m dont l'intersection se situe au-dessus du centre de la placette. Ils sont orientés N-S et E-W (Figure 1).

8.2 Objectifs

Récolter la charge par espèce, diamètre, classe de décomposition (classes 1-5), position (touchant le sol ou élevé), ainsi que l'inclinaison pour les débris de >3.0cm seulement. Stratifiés par classe de diamètre (0.01-1.0 cm, 1.1-3.0 cm, 3.1-7.0 cm, 7.1-30.0 cm, > 30.0 cm).

8.3 Instruments

- Compas forestier
- Compas forestier pour petites tiges (gun à gaule/gonogo pour gaules)
- Galon à mesurer

8.4 Mesures

1. Quantifier les débris ligneux par classe de taille (0.01-1.0 cm ou 1.1-3.0 cm).
2. Mesurer les débris ligneux sur chaque segment de transect par espèce, diamètre, classe de décomposition (classes 1-5), inclinaison, et position (touchant le sol ou élevé) pour les débris de >3.0cm seulement.

8.5 Procédure

1. Pour le segment de 5m à 10m et le segment de 30m à 35m, dénombrer séparément les débris ligneux ≥0.01cm et ≤1.0cm (débris ligneux fins) des >1.0cm et ≤3.0cm (petits débris ligneux) lorsqu'ils traversent le transect. Une vue détaillée des transects est présentée dans la Figure 2. Si le dénombrement atteint 250 débris pour les fins ou les petits débris, arrêter de compter, puis noter la distance mesurée sur le transect.
2. Pour tous les segments sur le transect, mesurer le diamètre des débris ligneux (en utilisant un compas forestier) et noter l'espèce, la décomposition (classe de décomposition), position

(au sol ou élevé), et l'inclinaison pour chaque débris >30cm traversant le transect. Pour les segments de 5m à 35m, mesurer le diamètre et noter l'espèce, la décomposition, position, et l'inclinaison de chaque débris >7.0cm traversant le transect. Pour les segments de 5m à 15m et 25m à 35m, mesurer le diamètre et noter l'espèce, la décomposition, position, et l'inclinaison de chaque débris >3.0cm traversant le transect. Se référer au guide de placette terrain de l'IFN pour les règles et définitions.

8.6 **Conditions**

- À noter que les classes de diamètre sont spécifiques à NorthForM

Formulaires pour les transects de débris ligneux :

- Formulaire 1

9. Photos hémisphériques

9.1 Introduction

Les photos hémisphériques (PH) peuvent être utilisées pour estimer le *Plant Area Index* (PAI) dans la placette. Se référer à la figure 3.

9.2 Objectifs

- Récolter 8 photos hémisphériques dans chaque placette le long des transects de débris ligneux (à 10m, 15m, 25m, and 30m).

9.3 Instruments

- Caméra 360
- Perche de caméra
- Tissu en microfibre

9.4 Mesures

1. Photos hémisphériques le long de chaque transect de débris ligneux à 10m, 15m, 25m, 30m

9.5 Procédure

1. Le long de chaque transect, identifier les points à 10m, 15m, 25m, et 30m.
2. En utilisant la caméra 360 installée sur la perche, placer cette dernière au-dessus des points à 10m, 15m, 25m, 30m le long de chaque transect.
3. Déployer la perche à une hauteur de 1.8m. Prendre la photo en s'assurant que le visage/tête de l'utilisateur n'est pas dans l'image.
4. Utiliser Survey 123 ou le formulaire papier équivalent pour documenter le numéro de photo immédiatement après l'avoir prise.

9.6 Conditions

- Si la végétation de sous-étage bloque la caméra, l'élever au-dessus de la végétation.
- Éviter la lumière directe du soleil (un jeu de 30cm est permis afin d'éviter l'ensoleillement directe)
- S'assurer de la propreté de la lentille
- L'exposition devrait être vérifiée, ajustée et reprise si la photo est sur ou sous-exposée.
- Une caméra 360 est utilisée pour les photos hémisphériques et les photos 360. Les photos qui en découlent sont utilisées dans deux procédés différents, donc pourquoi elles sont séparées dans ce protocole.

Formulaire pour photos hémisphériques

- Formulaire 7

10. Photos 360

10.1 Introduction

Les photos 360 peuvent être utilisées pour identifier les types de combustibles.

10.2 Objectifs

- Prendre quatre photos 360 par placette
- Deux photos sont prises à deux endroits : le centre de la placette et l'endroit le plus ouvert à l'intérieur de la placette 11.28m.

10.3 Instruments

- Caméra 360
- Perche de caméra
- Tissu en microfibre

10.Mesures

1. Photo 360 au centre de la placette et à l'endroit où le couvert forestier est le plus dégagé à l'intérieur de la placette 11.28m.

10.5 Procédure

1. Avant d'implanter le récepteur GNSS, identifier le centre de la placette et déployer la perche de la caméra à 1.5m de hauteur. Pointer la caméra verticalement au centre de la placette et appuyer sur le bouton de capture d'image avec un décompte de 10 secondes pour prendre la photo.
2. Demeurer au centre de la placette et prendre une deuxième photo, celle-ci à 3m de haut, en utilisant la même procédure qu'à l'étape 1.
3. Identifier l'endroit où la canopée est la plus ouverte et déployer la perche de la caméra à 3m de hauteur. Pointer la caméra verticalement et utiliser le bouton de capture d'image avec un décompte de 10 secondes pour prendre la photo.
4. Demeurer à l'endroit le plus ouvert et prendre une deuxième photo avec la perche déployée à 3m. Positionner la caméra dans un angle de 45 degrés. L'utilisateur devra se déplacer afin de garder la caméra au même endroit au-dessus du sol.

10.6 Conditions

- S'assurer de la propreté de la lentille
- S'assurer que la perche est correctement déployée à 1.5m et 3m.
- Une caméra 360 est utilisée pour les photos hémisphériques et les photos 360. Les photos qui en découlent sont utilisées dans deux procédés différents, donc pourquoi elles sont séparées dans ce protocole.

Formulaire pour photos 360

- Formulaire 7

References

1. 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., Can. For. Serv., North. For. Cent., Edmonton, Alberta. Inf. Rep. NOR-X-393. (https://cfs.nrcan.gc.ca/publications?id=24913)
2. Cameron, H.A., Díaz, G.M. and 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.
3. Fire Danger Group, 2021. An overview of the next generation of the Canadian Forest Fire Danger Rating System. Nat. Resour. Can., Can. For. Serv., Great Lakes For. Cent., Sault Ste. Marie, Ontario. Inf. Rep. GLC-X-26. (https://cfs.nrcan.gc.ca/publications?id=40474)
4. Lavoie, N., Alexander, M. E., & Macdonald, S. E., 2010. Photo guide for quantitatively assessing the characteristics of forest fuels in a jack pine–black spruce chronosequence in the Northwest Territories. Nat. Resour. Can., Can. For. Serv., North. For. Cent., Edmonton, Alberta. Inf. Rep. NOR-X-419. (https://cfs.nrcan.gc.ca/publications?id=31785)
5. McRae, D.J., Alexander, M.E., Stocks, B.J., 1979. Measurement and description of fuels and fire behavior on prescribed burns: a handbook. Environ. Can., Can. For. Serv., Great Lakes For. Cent., Sault Ste. Marie, Ontario. Inf. Rep. O-X-287. (https://cfs.nrcan.gc.ca/publications?id=8963)
6. NFI Task Force, 2008. Canada's National Forest Inventory Ground Sampling Guidelines : specifications for ongoing measurement. Version 5.0. Library and Archives Canada. Nat. Resour. Can., Can. For. Serv., Pacific For. Cent., Victoria, British Columbia. ISBN 978-1-100-11329-6. Cat. no.: Fo144-6/2008E. (https://cfs.nrcan.gc.ca/publications?id=29402)

Appendix A Table of NG-CFFDRS Attributes

Stratum	***Fuel attribute***	***Description***	***Units***	***Use in CFFDRS-2025***
Canopy fuels (or overstory fuels)	Plant area index (PAI) • Leaf area index (LAI): needed for better estimate of PAI for leafless conditions and disturbed stands • Wood (branch and stem) area index (WAI): semi-fixed part of PAI • Canopy closure (CC): maybe an alternate method to estimate PAI/LAI (guidance can be provided)	Plant area index for all vegetation with DBH > 0.1 cm (PAI = WAI+LAI) Leaf area index will be adjusted as a function of Proportion of tree species and Conifer conditions to account for seasonal and health related changes in the leaf/no-leaf states.	unitless	FBP/FMS: In-stand wind model, and solar radiation
	Canopy bulk density (CBD) • Canopy fuel load (CFL) (kg·m-2): needed to calculate CBD. • Stand overstory height (H) (m): needed to calculate CBD • Stand overstory trees diameter at breast height (cm): expected to be needed to estimate CBD from allometric equations • Stand density (stems·ha-1): expected to be needed to estimate CBD from allometric equations	CBD: Density of total live biomass dry weight (branchwood < 1.0 cm and foliage) canopy of conifers with DBH ≥ 3.0 cm (CBD = CFL/(H-CBH)) CFL: Total live biomass dry weight (branchwood < 1.0 cm and foliage) of conifers with DBH ≥ 3.0 cm. H: Height of overstory conifer trees (DBH ≥ 3.0 cm)	$kg \cdot m^{-3}$	FBP: Directly in crown fire intensity (CFL), spread, and consumption models. To determine type of crown fire (passive versus active) FMS/FBP: CFL maybe used for in-stand wind, surface fuel moisture modification
	Proportion of tree species in the canopy	It is the stand level proportion of basal area of overstory trees (i.e, trees with DBH ≥ 3cm) by tree species. Deciduous (or hardwood) species may be group as one species, in some situations it may be useful to separate the aspen genus from other deciduous. Coniferous	%	FBP/FMS: In-stand wind model FBP: Crown fire behaviour in mixedwood FMS: Solar radiation and surface fuel moisture adjustment

		species will need to be separated by species, or minimally by groups of species (e.g., tamarack, temperate pines, boreal pines, fir/spruces).		
	Condition of conifer trees	Stand level percentage of coniferous trees (i.e, trees with DBH ≥ 3.0 cm) per health condition (i.e., tree state) categories: 1. Live 2. Dead with needles (red state) 3. Dead without needles (grey state) 4. Other standing dead tree Other information on trees state may be pertinent to note, such as bark state (no loose bark, some/half loose bark, or no bark at all), and crown state (broken or not)	%	FBP/FMS: In-stand wind model FBP: Crown fire behaviour FBP: Crown fire consumption FMS: Surface fuel moisture
Ladder fuels	Stand effective canopy base height (eCBH) of coniferous species • Crown base height (CBH): needed for eCBH estimation • Subcanopy trees height (STH): needed for eCBH estimation	eCBH: distance between the top of the subcanopy conifer trees (DBH > 0.1 cm and <9.0 cm) and the lowest live branch of the overstory crowns (eCBH = CBH-STH) CBH: is the live crown base height (LCBH) of overstory conifer trees (DBH ≥ 9cm): height of the first verticil where three-quarters of the branches have needles (red or green), if continuity is present, whereas dead crown base height (DCBH): height of the first verticil where three-quarters the branches are dead but still baring twigs STH: is the height of subcanopy conifer trees (DBH > 0.1 cm and < 9.0 cm).	m	FBP: Directly in crown initiation and crown models

	Basal area of subcanopy trees species	It is the basal area of subcanopy trees (DBH > 0.1 cm and < 9.0 cm) by tree species. Deciduous (or hardwood) species maybe group as one species, in some situations it may be useful to separate the aspen genus from other deciduous. Coniferous species will need to be separated by species, or minimally be groups of species (e.g., tamarack, temperate pines, boreal pines, fir/spruces).	stems·ha^{-1}	FBP/FMS: In-stand wind model FBP: Crown fire initiation in mixedwood FMS: Solar radiation and surface fuel moisture adjustment
Ground and surface fuels	Tree seedling density per height classes (deciduous vs coniferous)	Tree seedling density per height classes (< 15 cm, 15.0-59.9 cm, and 60.0-129.9 cm), for deciduous and coniferous separately	stems·ha^{-1}	FMS: Litter moisture adjustment FBP: Sustained flaming model FBP: Surface fire spread models
	Surface vegetation	Surface vegetation cover per height classes (< 15 cm, 15.0-59.9 cm, and 60.0-129.9 cm) and by species	%	FMS: Litter moisture adjustment FBP: Sustained flaming model FBP: Surface fire spread models
	Downed woody debris load	Load by species, diameter, decomposition stage (rotten or sound), and position (touching the ground or elevated) for pieces > 3.0 cm only. Stratified by diameter classes (1.01-3.0 cm, 3.01-7.0 cm, 7.01-30.0 cm, > 30.0 cm).	kg·m^{-2}	FBP: Fuel consumption models

	Forest floor cover type	Forest floor cover per type: 1. Lichen 2. Grass 3. Sphagnum 4. Feathermoss 5. General Litter (e.g. bark, cones) 6. Needle Litter 7. Leaf Litter 8. Mixed (unidentified needle/leaf mix) 9. Other (e.g. rock)	%	FMS: Litter moisture adjustment FBP: Sustained flaming model FBP: Surface fire spread models
	Litter load	Weight of ground litter	$kg \cdot m^{-2}$	FBP: Fuel consumption models
	Organic layer depth	Depth of the ground organic layers (F and H)	cm	FBP: Forest floor consumption models
	Organic layer fuel load (bulk density)	Weight of the organic layers (F and H)	$kg \cdot m^{-2}$	FBP: Forest floor consumption models

Appendix B - Figures

UNCLASSIFIED - NON CLASSIFIÉ

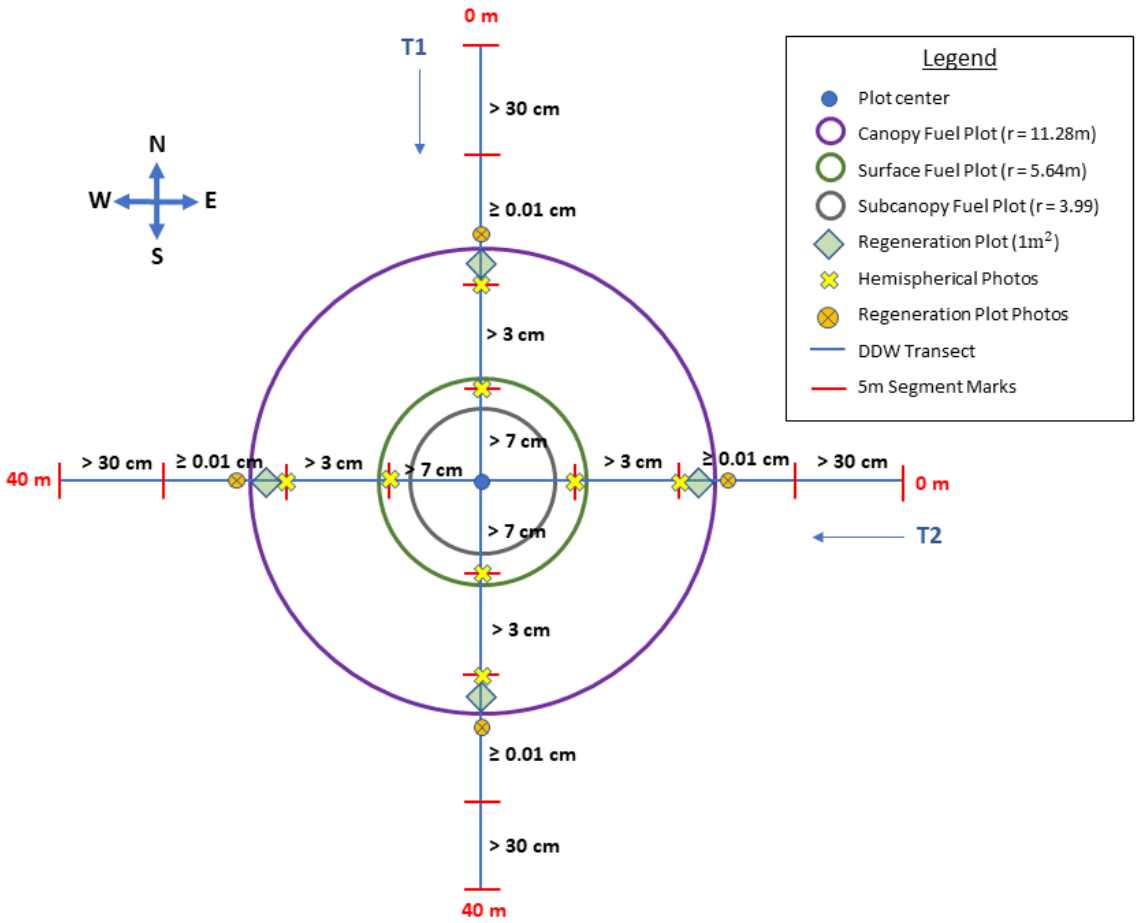


Figure 1 – Diagramme de la placette montrant les longueurs de transects et leurs directions, ainsi que les diamètres de placettes.

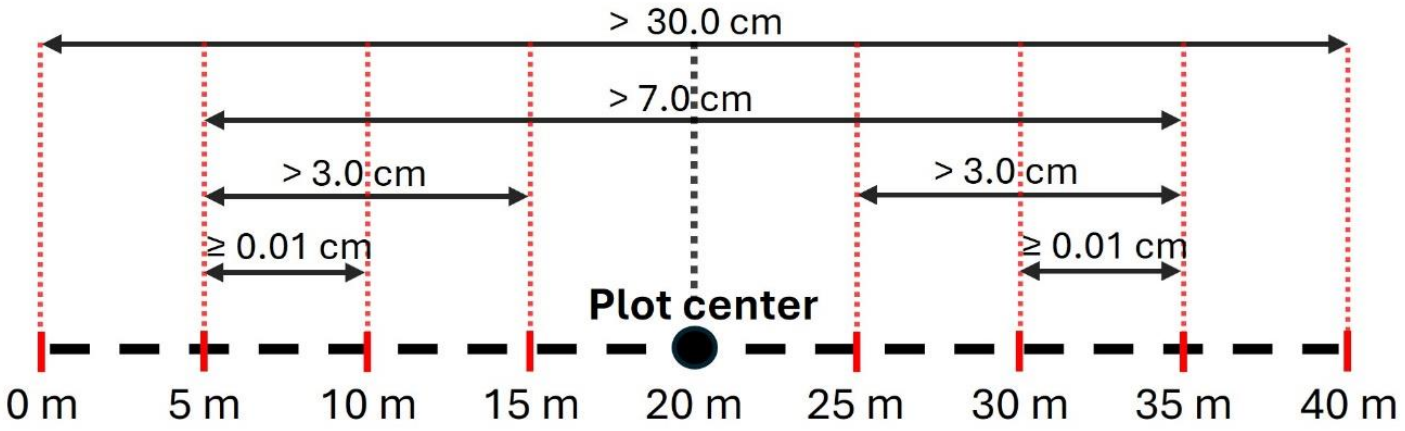


Figure 2 – Détails des classes de débris ligneux et où ils sont mesurés le long des transects de 40m.

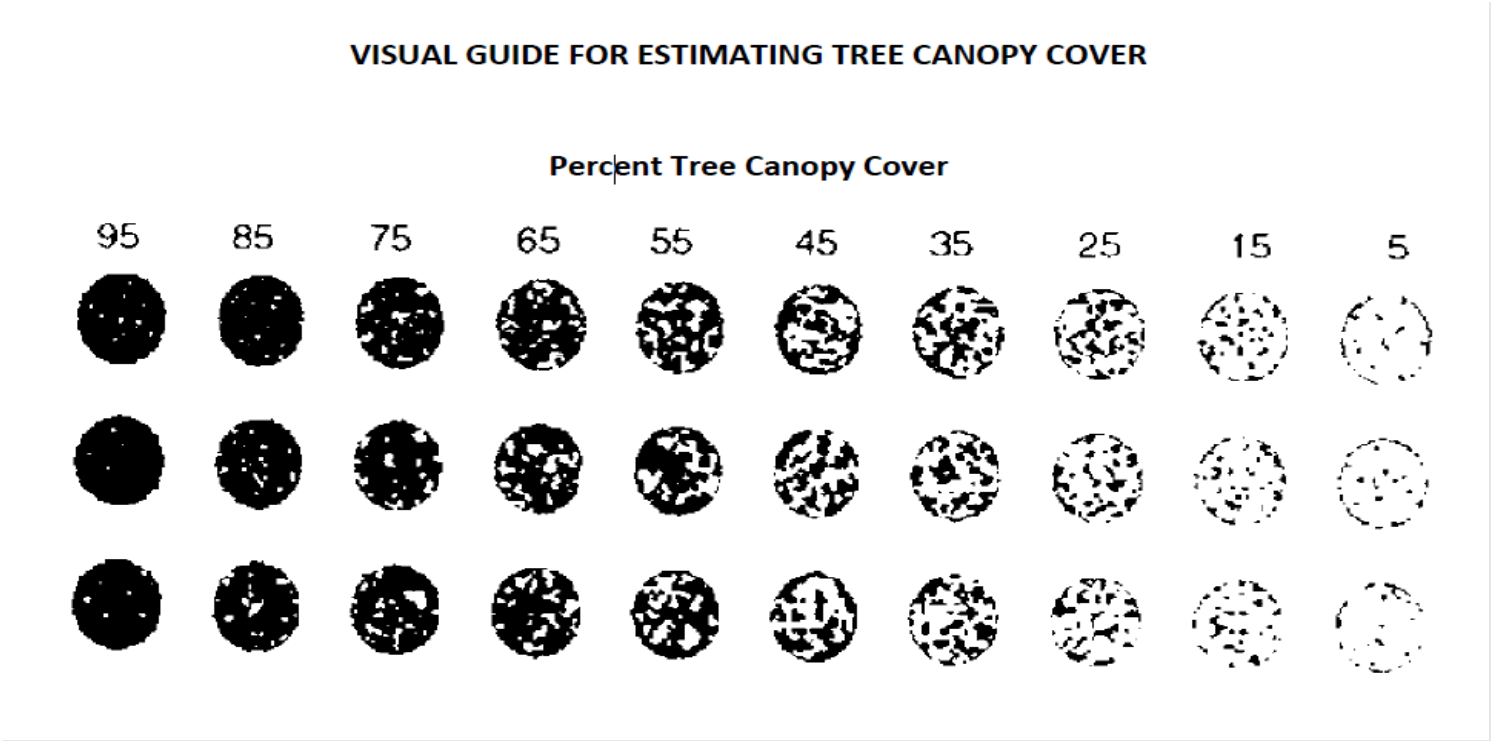


Figure 3 – Guide visuel du pourcentage de couvert de canopée

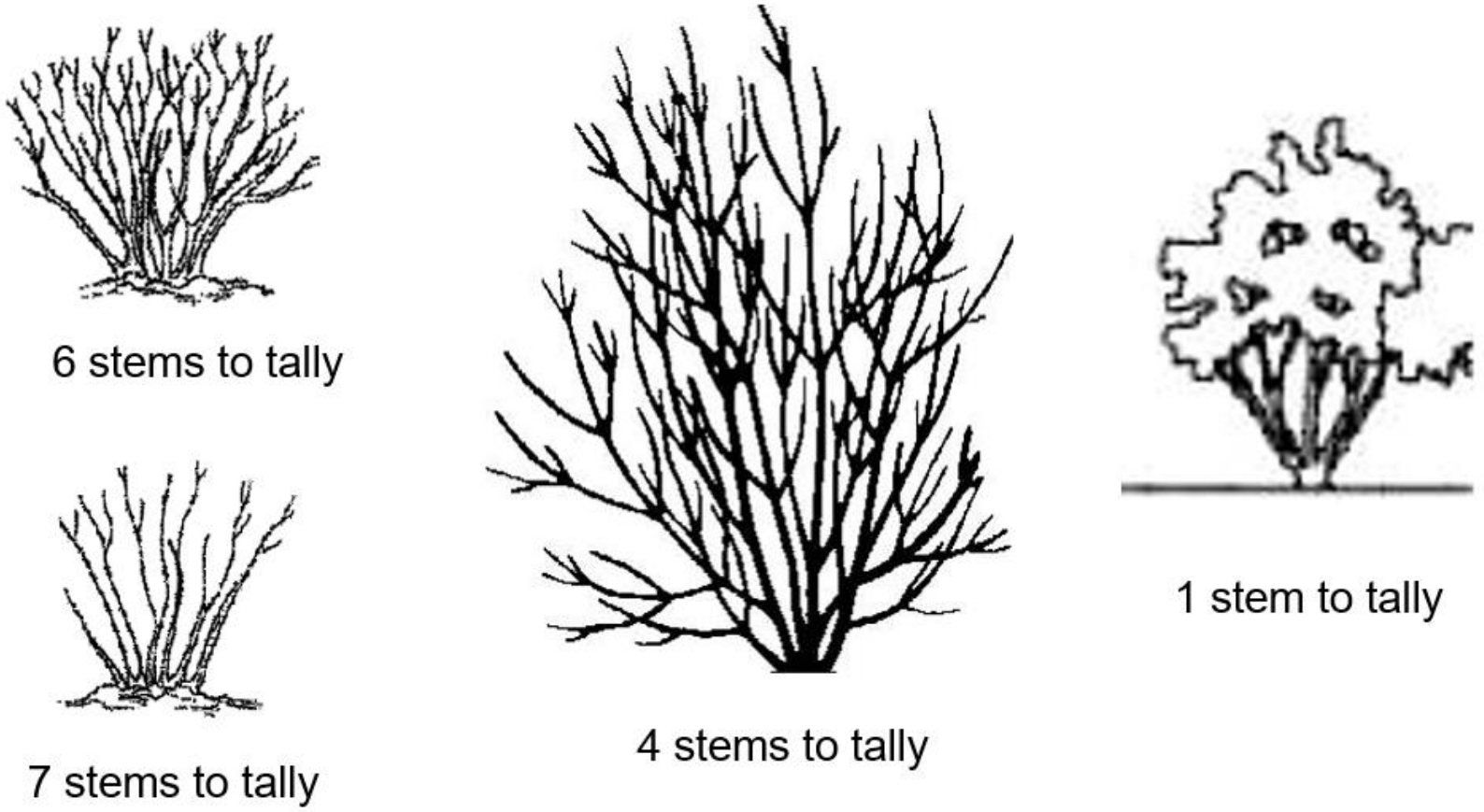


Figure 4 – Guide de diamètre basal pour les arbustes.

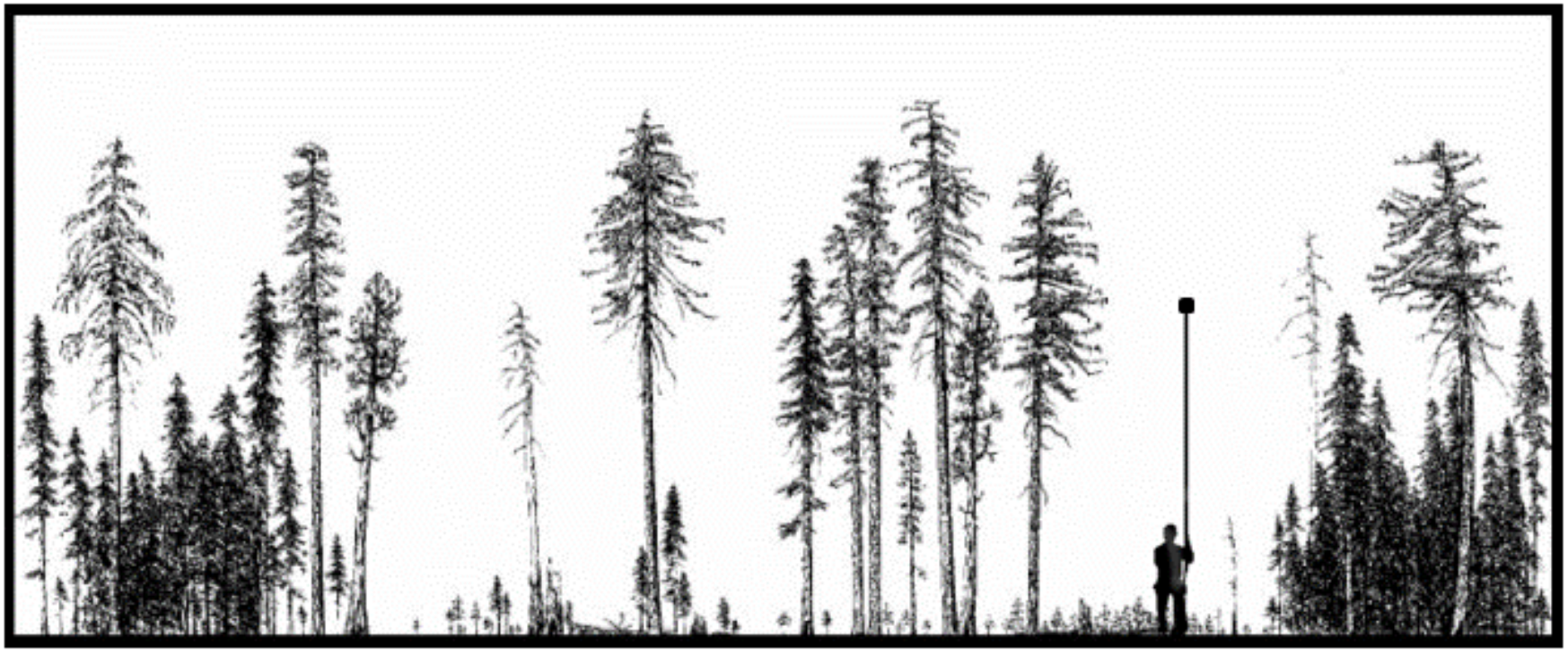
Appendix C - 360- Degree Photo Guide



Position pour la première photo. Utiliser la caméra 360 au centre de la placette avec la perche déployée à 1.5m.



Position de la deuxième photo. Utiliser la caméra 360 avec la perche déployée à 3m.



Position de la troisième photo. Utiliser la caméra 360 dans l'endroit le plus ouvert avec la perche déployée à 3m.



Position de la quatrième photo. Utiliser la caméra depuis la forêt vers le lieu le plus ouvert avec la perche déployée à 3m et inclinée à 45 degrés.