



MESURER LE CARBONE DANS LES ARBRES

GUIDE COMPLÉMENTAIRE





TABLE DES MATIÈRES

4 CHOIX DU SITE ET ÉQUIPEMENT

7 PLAN D'ÉCHANTILLONNAGE

- Délimitation de parcelles-échantillons permanentes
- Procédure étape par étape pour délimiter la parcelle

12 IDENTIFICATION ET MESURE DES ARBRES

- Procédure étape par étape pour mesurer les arbres

15 CALCUL DU STOCK DE CARBONE À PARTIR DES MESURES SUR LE TERRAIN

1^{re} partie : Conversion des mesures sur le terrain en biomasse

- Calculez la biomasse aérienne de chaque arbre
- Calculez la biomasse souterraine de chaque arbre
- Calculez la biomasse totale et convertissez-la en stock de carbone

2^e partie : Estimation des stocks de carbone

- Estimez le stock de carbone moyen et total des parcelles
- À partir de la parcelle, estimez le stock de carbone pour le site et pour la zone à l'étude

20 ANNEXE

21 RÉFÉRENCES

22 GLOSSAIRE

Crédit photo : Evan Holt

MESURER LE CARBONE DANS LES ARBRES



CHOIX DU SITE ET ÉQUIPEMENT



INTRODUCTION

Au Canada, on estime à 21 milliards de tonnes le carbone emmagasiné dans la biomasse forestière. Ce carbone est principalement absorbé par la végétation ligneuse grâce à la photosynthèse. Les forêts fournissent également d'autres écoservices essentiels, comme la régulation du climat, l'atténuation des inondations et la filtration de l'eau.

Il est primordial de savoir quelle quantité de carbone peuvent stocker nos forêts pour comprendre comment les protéger et les restaurer. Une méthode courante de quantification des stocks de carbone d'une forêt consiste à procéder à l'inventaire des arbres, en identifiant et en mesurant un sous-ensemble d'arbres dans une zone à l'étude donnée.

Dans ce guide et sa vidéo complémentaire, nous montrons comment établir des zones à l'étude afin d'effectuer un inventaire systématique des arbres dans un paysage forestier, y compris comment prendre des mesures sur le terrain. Nous décrirons également comment convertir ces données de recensement des arbres en valeurs de carbone forestier. Veuillez noter que les lignes directrices présentées ici conviennent davantage à de petits projets (par exemple, moins de 50 hectares).

CHOIX DU SITE

Avant de procéder à un inventaire des arbres, il est important de réfléchir au choix du site : l'endroit où seront situées les parcelles, le nombre de parcelles nécessaires et l'équipement requis. Il est également important de prendre en considération à l'avance les types d'analyses qui seront effectuées à partir des données, qui dépendront en grande partie des questions de recherche, des défis logistiques et du budget disponible.

La **zone à l'étude** englobe l'ensemble de la zone à étudier. À l'intérieur de cette grande superficie, des **sites à l'étude** précis et plus petits sont délimités pour refléter les variations de la zone. Les sites peuvent se distinguer par des changements dans le couvert végétal, l'altitude, le type d'écosystème ou d'autres caractéristiques géographiques qui peuvent varier au sein de la zone à l'étude.

Pour procéder à l'inventaire dans chaque site, on doit délimiter des **parcelles** afin d'obtenir un échantillon représentatif de l'ensemble du site. C'est à l'intérieur de ces parcelles que la végétation sera inventoriée. Dans chacun des sites, vous pouvez délimiter jusqu'à cinq parcelles, en fonction de la nature du site. Les projets de plus grande envergure (comme ceux de >10 000 hectares) peuvent quant à eux nécessiter de 12 à 15 parcelles permanentes par site, et de 5 à 10 sites par zone à l'étude – bien que le nombre exact dépende de la variabilité et de la taille du site. Plus les variations naturelles sont importantes sur un site, plus le nombre de parcelles nécessaire est élevé. La disposition des parcelles peut également différer. Si les sites se trouvent le long d'une pente, il est recommandé d'utiliser une disposition linéaire ou stratifiée. Sinon, il est préférable d'utiliser une disposition aléatoire ou dispersée.

Une fois que la zone à l'étude, les sites et l'emplacement des parcelles ont été définis, vous pouvez commencer la collecte de données sur les arbres.

ZONE À L'ÉTUDE

L'ENSEMBLE DE LA ZONE QUE VOUS SOUHAITEZ ÉTUDIER



SITES À L'ÉTUDE

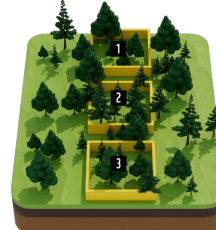
1 À 5 PARCELLES PAR SITE



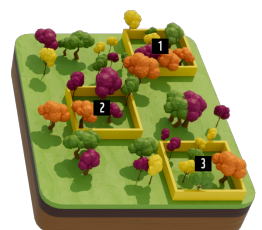
SITE A



SITE B



SITE C

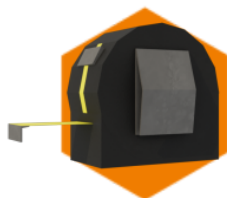


Dans l'exemple ci-dessus d'une zone à l'étude, les sites A et C présentent une disposition dispersée des parcelles, tandis que le site B montre une disposition linéaire des parcelles.

VOICI CE DONT VOUS AUREZ BESOIN :



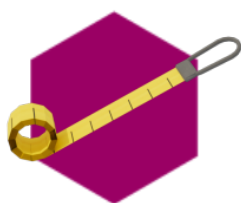
CAHIER DE NOTES ET STYLO/CRAYON



LONGS RUBANS À MESURER



RUBAN FORESTIER



RUBAN CIRCONFÉRENCIEL OU
RUBAN À MESURER EN PLASTIQUE



GPS



TÉLÉMÈTRE LASER



NIVEAU ABNEY



BOUSSOLE BRUNTON



ALTIMÈTRE



BOUSSOLE



PLAN D'ÉCHANTILLONNAGE



DÉLIMITATION DE PARCELLES-ÉCHANTILLONS PERMANENTES

Les parcelles-échantillons permanentes (PEP) sont un type de parcelles utilisées pour surveiller une zone forestière au fil du temps. Les activités de surveillance dans les PEP comprennent la collecte de mesures pour déterminer la quantité de carbone stocké et séquestré. Les objectifs pour chaque projet de surveillance du carbone détermineront s'il est nécessaire d'utiliser des PEP.

L'emplacement des PEP doit tenir compte des variations au sein de la zone forestière à l'étude qui doit être surveillée (changements d'altitude, effets de lisière, caractéristiques topographiques, etc.) Par conséquent, la PEP ne sera pas représentative de l'ensemble de la zone à l'étude.

Une fois l'emplacement choisi, le centre de la parcelle peut être marqué à l'aide d'un poteau métallique et d'un panneau indiquant un identifiant unique pour la parcelle et ses coordonnées pour référence ultérieure. L'accès à chaque PEP doit également être documenté dans des notes et des points de

cheminement doivent être enregistrés. L'ajout de panneaux permanents pourra vous aider à localiser les PEP plus tard.

Une fois que vous avez consigné le centre de la parcelle, suivez les étapes décrites dans la prochaine section de ce guide pour terminer la délimitation de la parcelle. Chaque arbre de la PEP dont le DHP est de 9 centimètres (cm) ou plus doit disposer d'une étiquette numérotée. Clouez l'étiquette sur l'arbre à une hauteur de 1,3 mètre du sol, en laissant de l'espace pour la croissance radiale. Ces étiquettes métalliques assureront une identification correcte des arbres qui font partie de la PEP au cours des années à venir.

Pour plus de conseils sur l'étiquetage, veuillez consulter le document [Inventaire forestier national du Canada : lignes directrices pour l'échantillonnage terrain](#). Ces lignes directrices vous seront particulièrement utiles si vous surveillez d'autres données dans les PEP.

Les parcelles individuelles peuvent être délimitées en carré, en rectangle ou en cercle, en fonction du paysage, de la question de recherche et des outils disponibles.

PROCÉDURE ÉTAPE PAR ÉTAPE POUR DÉLIMITER LA PARCELLE

1. Recueillez les coordonnées GPS pour la longitude, la latitude et l'élévation du centre de la parcelle.

2. À l'aide d'un télémètre laser, mesurez les dimensions de la parcelle :

a. Les parcelles circulaires doivent avoir un rayon de 11,28 m. Pour les parcelles circulaires, demandez à une personne de tenir le ruban à mesurer au centre de la parcelle. Mesurez une longueur de 11,28 m vers l'extérieur et marchez en cercle autour du point central. Pendant que vous marchez, utilisez du ruban forestier pour marquer les arbres le long de la limite de la parcelle* qui sont situés à l'intérieur de cette dernière.

b. Les parcelles linéaires forment soit un carré aux dimensions de 20 m x 20 m ou un rectangle aux dimensions de 10 m x 40 m. Pour les parcelles carrées ou rectangulaires, une personne se tiendra de chaque côté du périmètre pour mesurer et diriger une autre personne qui placera du ruban et des marqueurs à chaque coin. Pendant que vous marchez, utilisez du ruban forestier pour indiquer quels arbres situés le long de la limite se trouvent à l'intérieur de la parcelle. Veuillez noter que toutes les parcelles suivant ces dimensions auront une superficie de 400 m² et sont des « parcelles de grande végétation ».

***Remarque :** Si un arbre se trouve directement sur la limite de la parcelle, il sera inclus dans la parcelle si son point central se trouve à l'intérieur de la ligne de délimitation. Si l'arbre est ramifié ou fendu, trouvez le point central sous les ramifications ou la fente.

LES PARCELLES CIRCULAIRES

MESURENT
11,28 m
DEPUIS LE CENTRE



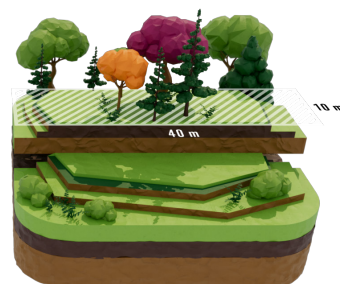
LES PARCELLES CARRÉES

MESURENT
20 m x 20 m



LES PARCELLES RECTANGULAIRES

MESURENT
10 m x 40 m



3. Si vous disposez d'une boussole, alignez la largeur de la parcelle sur l'axe est-ouest et la longueur de la parcelle le long de l'axe nord-sud.

4. Au moyen d'un télémètre laser, placez-vous à l'extrémité sud de la parcelle et dirigez-vous vers le nord pour obtenir la pente de la parcelle. Enregistrez cet angle dans un cahier de notes.

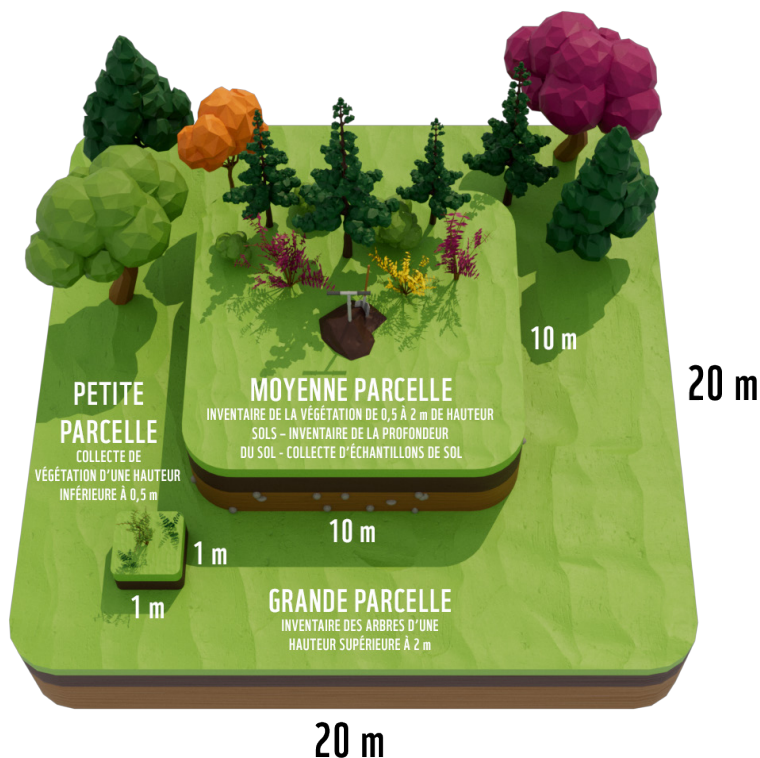
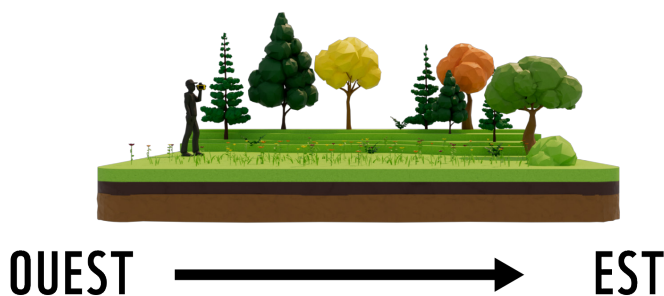
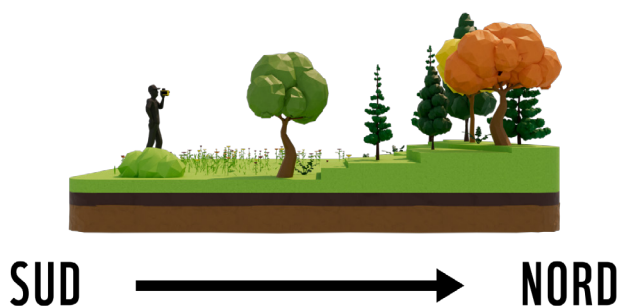
5. Placez-vous ensuite à l'extrémité ouest de la parcelle et dirigez-vous vers l'est, en mesurant la pente de la parcelle depuis cette direction. Enregistrez cet angle dans un cahier de notes.

L'équipe souhaitera peut-être échantillonner plusieurs réservoirs de carbone (par exemple, pour les arbres, les petits végétaux et les sols) dans la même zone.

Une des méthodes pour y parvenir consiste à utiliser un plan d'échantillonnage emboîté, c'est-à-dire à délimiter une parcelle pour chaque réservoir de carbone qui se chevauche dans une zone à l'étude.

Le plan d'échantillonnage emboîté consiste à créer des parcelles pour la grande végétation, la végétation moyenne, la petite végétation et le carbone du sol avant de commencer l'échantillonnage. Dans les PEP, où les inventaires de surveillance du carbone auront lieu au même endroit pendant de nombreuses années, assurez-vous que l'échantillonnage du carbone du sol et toute autre technique d'échantillonnage « destructif » sont effectués en dehors des zones des parcelles où un échantillonnage non destructif est effectué (par exemple, les parcelles pour la végétation; voir le document « Guide complémentaire : plan d'échantillonnage » dans la bibliothèque de ressources en ligne).

L'échantillonnage de la tourbe est une technique d'échantillonnage destructif; par conséquent, les inventaires de végétation doivent être faits avant la collecte d'échantillons de sol dans tous les types de parcelles.



RÉSUMÉ DE LA SECTION : PLAN D'ÉCHANTILLONNAGE

- Notez la date, l'emplacement, l'identifiant de la parcelle, ainsi que la latitude, la longitude et l'élévation du centre de la parcelle.
- Au moyen d'une boussole, d'un télémètre laser et de rubans à mesurer, déterminez les limites de votre parcelle, puis marquez les arbres qui se situent le long du périmètre avec du ruban forestier.
- Au moyen d'un télémètre laser, mesurez et notez la pente dans les directions nord-sud et est-ouest.
- Si un échantillonnage supplémentaire est mené dans la même parcelle (par exemple, des mesures de carbone du sol ou d'autre biomasse), assurez-vous d'éviter de perturber ces emplacements d'échantillonnage.

EXEMPLE DE FEUILLE DE DONNÉES :

Feuille de données pour les inventaires de grande végétation ligneuse				
Description de la parcelle		Notes :		
Date :	17 janvier 2024			
Lieu :	Peawanuk			
Identifiant de la parcelle :	PE - S2 - P3			
Longitude :	85° 29'13,1"O			
Latitude :	54° 59'18,9"N			
Élévation (en mètres au-dessus du niveau de la mer) :	125 m			
Forme de la parcelle :	carrée			
Inclinaison S-N :	6,4 degrés			
Inclinaison E-O :	-3,5 degrés			
Donnée d'inventaire		Identification de l'essence de l'arbre	Mesures de l'arbre	
Identifiant de la parcelle	Identifiant de l'arbre	Nom commun de l'essence de l'arbre	Diamètre à hauteur de poitrine (DHP, en cm)	Hauteur de l'arbre (en m)
PE - S2 - P3	1	Feuillus	5	5
PE - S2 - P3	2	Conifères	5	5
PE - S2 - P3	3	Tous	5	5
PE - S2 - P3	4	Sapin baumier	5	5
PE - S2 - P3	5	Peuplier baumier	5	5
PE - S2 - P3	6	Tilleul d'Amérique	5	5
PE - S2 - P3	7	Hêtre à grandes feuilles	5	5
PE - S2 - P3	8	Frêne noir	5	5
PE - S2 - P3	9	Épinette noire	5	5
PE - S2 - P3	10	Sapin de Douglas	5	5
PE - S2 - P3	11	Pruche du Canada	5	5



IDENTIFICATION ET MESURE DES ARBRES

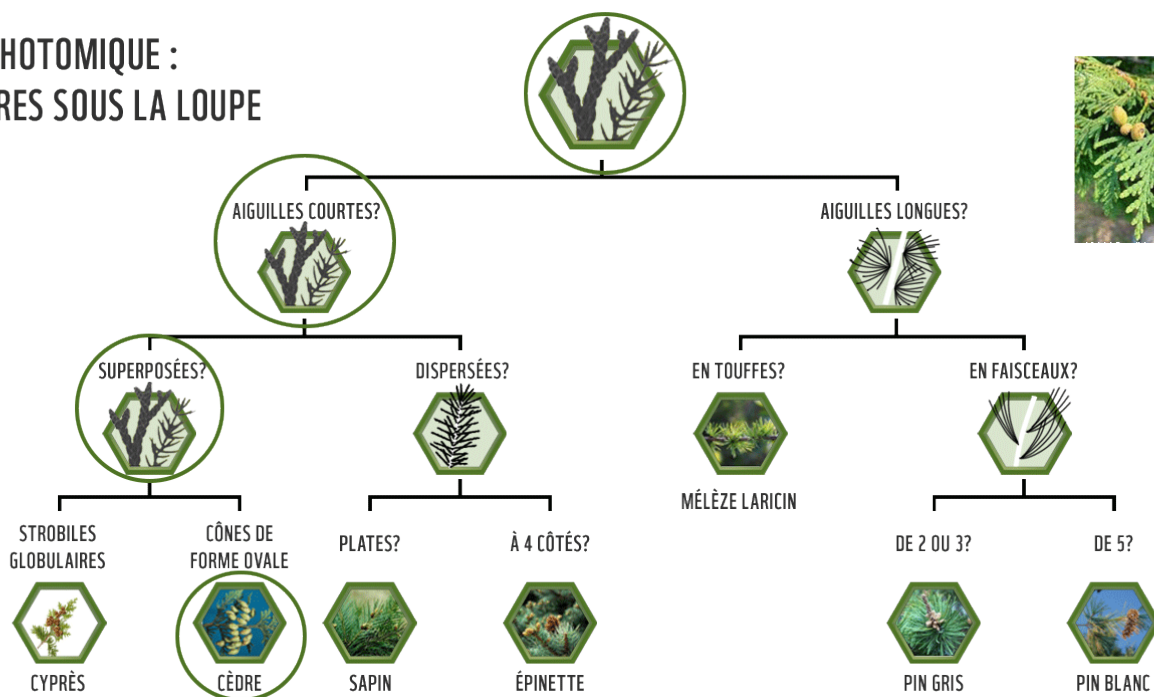


IDENTIFICATION ET MESURE DES ARBRES

Chaque zone à l'étude soutient des communautés d'arbres uniques composées de différentes essences, qui devront être identifiées. Si vous ne reconnaissez pas l'essence, utilisez une clé dichotomique ou une application mobile pour vous aider. Une clé dichotomique (ou « clé analytique ») est une méthode d'identification d'un organisme basée sur ses caractéristiques observables. La méthode consiste à répondre à une série d'affirmations par l'une de deux options. Ensemble, les réponses aux affirmations mènent à l'identification correcte de l'essence. Pour les arbres, ces affirmations utilisent des propriétés individuelles et de groupes d'essences faciles à repérer, telles que la forme des feuilles, la couleur de l'écorce et le diagramme de ramification.

Il est également utile de se familiariser avec les communautés végétales locales avant d'effectuer des inventaires, car l'identification des espèces peut s'avérer fastidieuse au départ. Certaines applications mobiles sont conçues pour reconnaître de nombreuses caractéristiques d'arbres qui peuvent aider à l'identification des essences. Parmi les applications mobiles, citons Google Lens, LeafSnap, vTree et Seek by iNaturalist. Il existe de nombreuses ressources en ligne permettant de trouver cette information pour chaque région.

CLÉ DICHOTOMIQUE : CONIFÈRES SOUS LA LOUPE



Plutôt que d'identifier les essences sur le terrain, l'équipe de terrain peut décider de prendre des photos détaillées de chaque essence (y compris les feuilles, les structures de ramification, l'écorce et les bourgeons, les fleurs ou les graines) pour une identification ultérieure. Assurez-vous de noter dans un cahier un identifiant de photo unique (par exemple, le numéro de la photo) ainsi que les mesures de chaque plante mesurée.

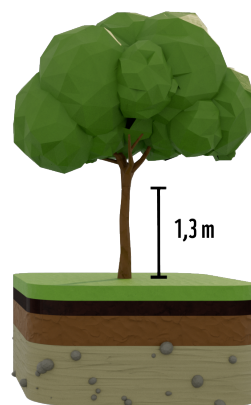
L'image ci-dessus illustre une clé dichotomique pour les essences d'arbres communes au Canada. En partant du haut, une série de questions fermées (oui/non) sous forme de « ramifications » mène de branche en branche selon la réponse, jusqu'à ce qu'on détermine l'essence. Ici, les réponses pour l'essence sur la photo en haut à droite sont encadrées en vert. En suivant la clé, l'essence inconnue est identifiée comme étant un « cèdre ».

PROCÉDURE ÉTAPE PAR ÉTAPE POUR MESURER LES ARBRES

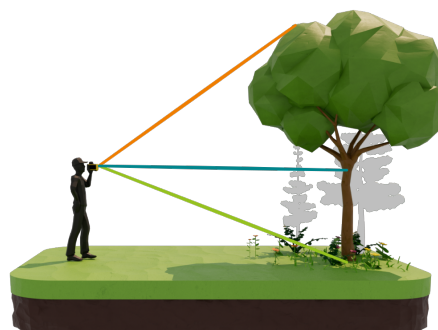
1. Déterminez l'essence de chaque arbre de plus de 2 mètres de hauteur au sein de la parcelle.
 - a. Commencez par faire un tour de la parcelle, en marquant chaque arbre de plus de 2 m de hauteur à l'aide d'un ruban forestier. Une fois vos mesures prises, retirez le ruban des arbres pour vous assurer de ne pas les compter en double.
2. À l'aide d'un ruban à mesurer souple ou d'un ruban circonférentiel, mesurez la circonférence en **centimètres** de chaque arbre à 1,3 m du sol.
 - a. On appelle cette mesure le « diamètre à hauteur de poitrine », ou DHP. Un ruban circonférentiel est un ruban à mesurer dont les valeurs convertissent la circonférence d'un objet en son diamètre.
 - b. Si vous n'avez pas accès à un ruban circonférentiel, utilisez un ruban à mesurer standard pour mesurer la circonférence de l'arbre et notez-la dans un cahier de notes. Important : une fois de retour au laboratoire, assurez-vous de convertir la circonférence en diamètre en divisant la valeur mesurée par pi (3,14).
3. Mesurez la hauteur totale de l'arbre en mètres au moyen d'un télémètre laser.
 - a. Tenez-vous suffisamment loin de l'arbre pour qu'il apparaisse entièrement dans le télémètre laser, de la base à la cime.
 - b. Mesurez la distance en mètres et notez cette mesure dans un cahier de notes.
 - c. Mesurez les angles vers la base et vers la cime de l'arbre.
 - d. Le télémètre laser calculera automatiquement la hauteur de l'arbre en mètres.
 - e. Notez la hauteur de l'arbre dans un cahier de notes.
 - f. Répétez ces étapes pour toute la végétation haute de plus de 2 mètres dans la parcelle.

MESUREZ LA
CIRCONFÉRENCE DE L'ARBRE À

1,3 m
DU SOL



CALCULEZ LA HAUTEUR
D'UN ARBRE À L'AIDE DE
CES TROIS MESURES



1 LA DISTANCE ENTRE VOUS
ET L'ARBRE (EN MÈTRES)

2 L'ANGLE VERS LA CIME DE L'ARBRE

3 L'ANGLE VERS LA BASE DE L'ARBRE

RÉSUMÉ DE LA SECTION : IDENTIFICATION ET MESURE DES ARBRES

- D'une manière systématique (en marquant d'un ruban forestier chaque arbre avant l'inventaire, par exemple), choisissez un arbre afin de le mesurer et d'en identifier l'essence. Notez l'identifiant de l'arbre et le nom de l'essence.
- Mesurez le DHP de l'arbre. Notez le DHP (en cm) dans un cahier de notes ou sur une feuille de données.
- Mesurez la hauteur de l'arbre au moyen d'un télémètre laser. Notez la hauteur de l'arbre (en m).
- Répétez ces étapes pour tous les arbres qui se trouvent dans la parcelle.



CALCUL DU STOCK DE CARBONE À PARTIR DES MESURES SUR LE TERRAIN



Les données concernant l'identification de l'essence, le diamètre à hauteur de poitrine et la hauteur totale pour chaque arbre peuvent maintenant être utilisées pour calculer le carbone stocké dans ces arbres. La conversion des mesures sur le terrain en valeurs de carbone se fait en deux parties, dont chacune comporte de nombreuses étapes.

1^{RE} PARTIE : CONVERSION EN BIOMASSE DES MESURES PRISES SUR LE TERRAIN

1. Calculez la biomasse aérienne de chaque arbre.
2. Calculez la biomasse souterraine de chaque arbre.
3. Calculez la biomasse totale (aérienne et souterraine) et convertissez-la en stock de carbone pour chaque arbre.

***Remarque : Toutes les données prises sur le terrain peuvent être entrées dans la feuille de données d'accompagnement pour calculer automatiquement la biomasse aérienne, la biomasse souterraine et le stock de carbone pour chaque arbre. Les méthodes utilisées pour ces calculs sont les suivantes :**

BIOMASSE AÉRIENNE



1. Calculez la biomasse aérienne de chaque arbre.

Veillez vous référer à la feuille de données d'accompagnement, qui calcule automatiquement le stock de carbone des arbres mesurés au moyen des données relatives à l'identification de l'essence, au DHP et/ou à la hauteur. Pour calculer manuellement, suivez les étapes ci-dessous :

Calculez d'abord la biomasse aérienne de chaque arbre au moyen des mesures recueillies et des coefficients de carbone accessibles publiquement pour chaque espèce (voir le lien vers le calculateur de la biomasse ci-dessous).

Les calculs pour ces équations suivent tous le même format, selon lequel le diamètre mesuré de l'arbre est converti en biomasse pour quatre éléments de l'arbre : le bois, l'écorce, le feuillage et les branches.

Calculez la biomasse pour le bois, l'écorce, le feuillage et les branches de chaque arbre (c'est-à-dire faites le calcul quatre fois), puis additionnez ces valeurs pour obtenir la biomasse totale. Remarque : Ces calculs doivent être faits individuellement pour chaque arbre.

Biomasse aérienne (en kg) de l'élément i = B^{i1} (DHP) ^{B^{i2}} x (hauteur) ^{B^{i3}}

i = soit le bois, l'écorce, le feuillage ou les branches

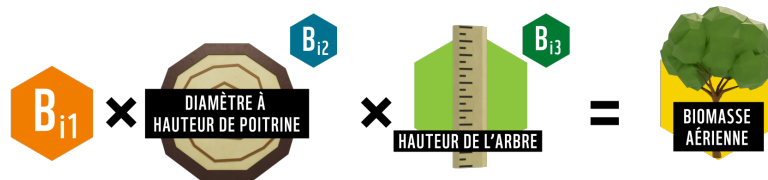
B^{i1} , B^{i2} , B^{i3} = coefficients mesurés pour chaque espèce (du [calculateur de la biomasse de Ressources naturelles Canada](#))

DHP = mesure sur le terrain (en centimètres)

Hauteur = mesure sur le terrain (en mètres)

Biomasse aérienne d'un arbre (kg) = biomasse aérienne (bois) + biomasse aérienne (écorce) + biomasse aérienne (feuillage) + biomasse aérienne (branches)

BIOMASSE AÉRIENNE



Saisissez les mesures des arbres dans le calculateur de [Ressources naturelles Canada](#) pour obtenir les estimations de la biomasse.

2. Calculez la biomasse souterraine de chaque arbre.

Estimez la biomasse souterraine en utilisant le rapport racines-tiges connu de différentes plantes. (La biomasse souterraine représente 18 à 30 % de la biomasse totale des arbres, mais ce pourcentage varie en fonction du type d'essence et des niveaux de stress environnementaux. Par exemple, les plantes de la toundra peuvent avoir un rapport racines-tiges de 4,8, alors que les plantes tropicales peuvent avoir des rapports aussi bas que 0,2).

Estimez la biomasse souterraine en multipliant la biomasse aérienne par les rapports racines-tiges établis pour les essences de feuillus ou de résineux.

L'équation pour les essences de feuillus est la suivante :

Biomasse souterraine (en kg) = 1,576 × (biomasse aérienne de l'arbre [en kg]^{0,615})

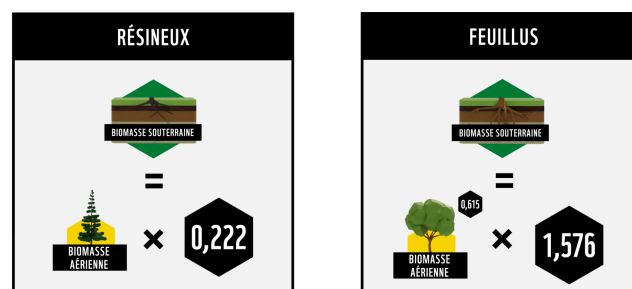
L'équation pour les essences de résineux est la suivante :

Biomasse souterraine (en kg) = 0,222 × biomasse aérienne de l'arbre (en kg)

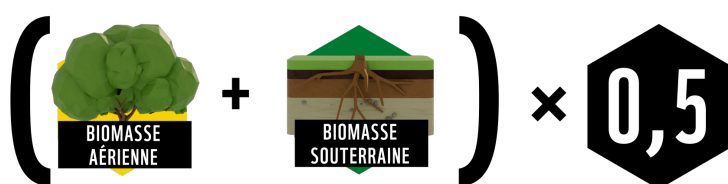
3. Calculez la biomasse totale et convertissez-la en stock de carbone.

Pour calculer le stock total de carbone (en kg) par arbre, additionnez la biomasse aérienne (en kg) et la biomasse souterraine (en kg) calculées pour chaque arbre. Cette valeur est égale à la biomasse totale de l'arbre (en kg). Multipliez ce chiffre par un facteur de conversion du carbone de 0,5 pour obtenir le stock de carbone par arbre.

BIOMASSE SOUTERRAINE



CARBONE TOTAL PAR ARBRE



Stock de carbone total d'un arbre (en kg) = (biomasse aérienne de l'arbre [en kg] + biomasse souterraine de l'arbre [en kg]) × 0,5

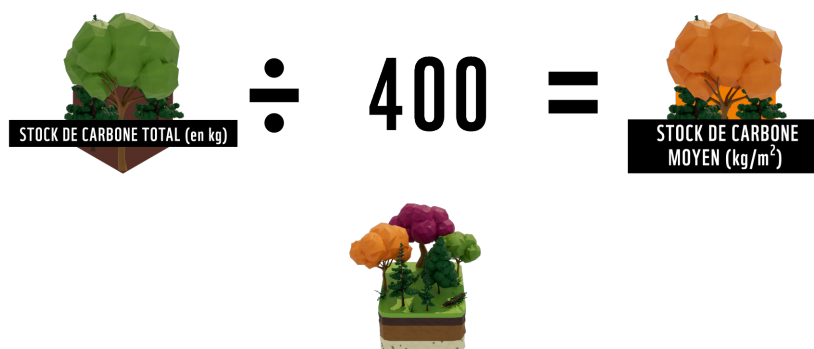
RÉSUMÉ DE LA SECTION : CONVERSION EN BIOMASSE DES MESURES SUR LE TERRAIN

- Entrez les données recueillies sur le terrain dans la feuille de données pour calculer automatiquement la biomasse et le stock de carbone pour chaque arbre.
- Vous pouvez également entrer les données relatives aux arbres dans les équations de biomasse aérienne fournies.
- Au moyen des valeurs de biomasse aérienne, calculez la biomasse souterraine de chaque arbre en vous servant des équations fournies.
- Additionnez la biomasse aérienne et la biomasse souterraine pour obtenir la biomasse totale de chaque arbre de la parcelle.
- Multipliez la biomasse totale de chaque arbre par 0,5 pour obtenir une estimation du carbone total contenu dans chaque arbre.

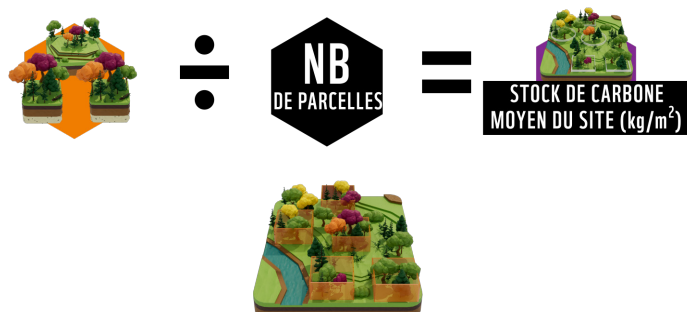
2^E PARTIE : ESTIMATION DES STOCKS DE CARBONE

Estimation du stock de carbone moyen et total des parcelles

1. Additionnez le stock de carbone total (en kg) de chaque arbre mesuré et divisez cette valeur par la taille de la parcelle (en m²) pour obtenir le stock de carbone moyen de la parcelle (en kg de C/m²). Procédez au même calcul pour toutes les parcelles du site.


$$\text{STOCK DE CARBONE TOTAL (en kg)} \div 400 = \text{STOCK DE CARBONE MOYEN (kg/m}^2\text{)}$$

Équation 1 : **Stock de carbone moyen de la parcelle (en kg de C/m²) = somme du stock de carbone des arbres (en kg de C) ÷ taille de la parcelle (400 m²)**

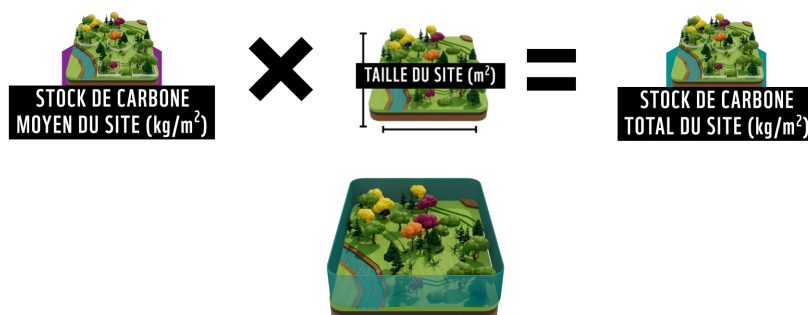

$$\text{STOCK DE CARBONE MOYEN DE LA PARCELLE (kg/m}^2\text{)} \div \text{NB DE PARCELLES} = \text{STOCK DE CARBONE MOYEN DU SITE (kg/m}^2\text{)}$$

À partir de la parcelle, estimez le stock de carbone pour le site et la zone à l'étude

2. Pour chaque site, additionnez tous les stocks de carbone moyens des parcelles et divisez cette valeur par le nombre de parcelles que contient le site (souvenez-vous que toutes les parcelles ont les mêmes dimensions). Cela correspond au stock de carbone **moyen** du **site** (en kg de C/m²).

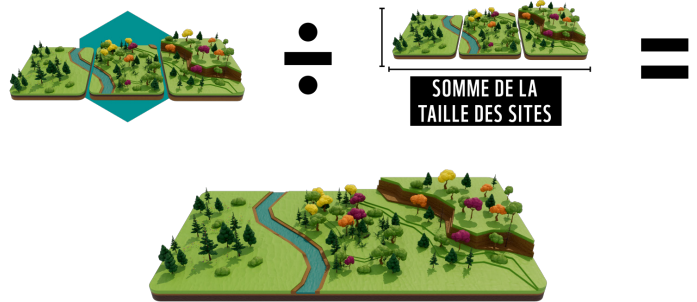
Équation 2: **Stock de carbone moyen du site à l'étude (en kg de C/m²) = somme de tous les stocks de carbone moyens des parcelles (en kg de C/m²) ÷ nombre de parcelles**

3. Multipliez le stock de carbone moyen du site par la taille du site (en mètres carrés) pour obtenir le stock de carbone total de chaque site (en kg de C).


$$\text{STOCK DE CARBONE MOYEN DU SITE (kg/m}^2\text{)} \times \text{TAILLE DU SITE (m}^2\text{)} = \text{STOCK DE CARBONE TOTAL DU SITE (kg/m}^2\text{)}$$

Équation 3: **Stock de carbone total du site à l'étude (en kg de C) = stock de carbone moyen du site à l'étude (en kg de C/m²) × taille du site à l'étude (en m²)**

4. Additionnez les stocks de carbone totaux des sites et divisez par la somme de la taille des sites. Vous obtiendrez ainsi le stock de carbone **moyen** de la **zone** à l'étude (en kg de C/m²).



Équation 4: Stock de carbone moyen de la zone à l'étude (en kg de C/m²) = somme de tous les stocks de carbone totaux (en kg de C) ÷ somme de la taille des sites (en m²)



STOCK DE CARBONE TOTAL DE LA ZONE À L'ÉTUDE

5. Pour obtenir le stock de carbone total de la zone à l'étude (en kg de C), multipliez le stock de carbone moyen de la zone à l'étude par la taille de la zone à l'étude (en mètres carrés).

Équation 5: Stock de carbone total de la zone à l'étude (en kg de C) = stock de carbone moyen de la zone à l'étude (en kg de C/m²) × taille de la zone à l'étude (en m²)

*Les valeurs de carbone calculées ici sont en unités de « C ».

Si vous souhaitez obtenir les valeurs en unités de « CO₂ équivalents », multipliez le résultat par 3,67.

RÉSUMÉ DE LA SECTION : ESTIMATION DU STOCK DE CARBONE MOYEN ET TOTAL DE LA ZONE À L'ÉTUDE

Calculez le stock de carbone moyen (en kg de C/m²) de chaque parcelle.

Équation 1 : Stock de carbone moyen de la parcelle (en kg de C/m²) = somme du stock de carbone des arbres (en kg de C) ÷ taille de la parcelle (400 m²)

Calculez le stock de carbone moyen de toutes les parcelles du site.

Équation 2 : Stock de carbone moyen du site à l'étude (en kg de C/m²) = somme de tous les stocks de carbone moyens (en kg de C/m²) ÷ nombre de parcelles

Calculez le stock de carbone total du site.

Équation 3 : Stock de carbone total des sites à l'étude (en kg de C) = stock de carbone moyen du site à l'étude (en kg de C/m²) × taille du site à l'étude (en m²)

Calculez le stock de carbone moyen de la zone à l'étude.

Équation 4 : Stock de carbone moyen de la zone à l'étude (en kg de C/m²) = somme des stocks de carbone totaux des sites (en kg de C) ÷ somme de la taille des sites (en m²)

Calculez le stock de carbone total de la zone à l'étude.

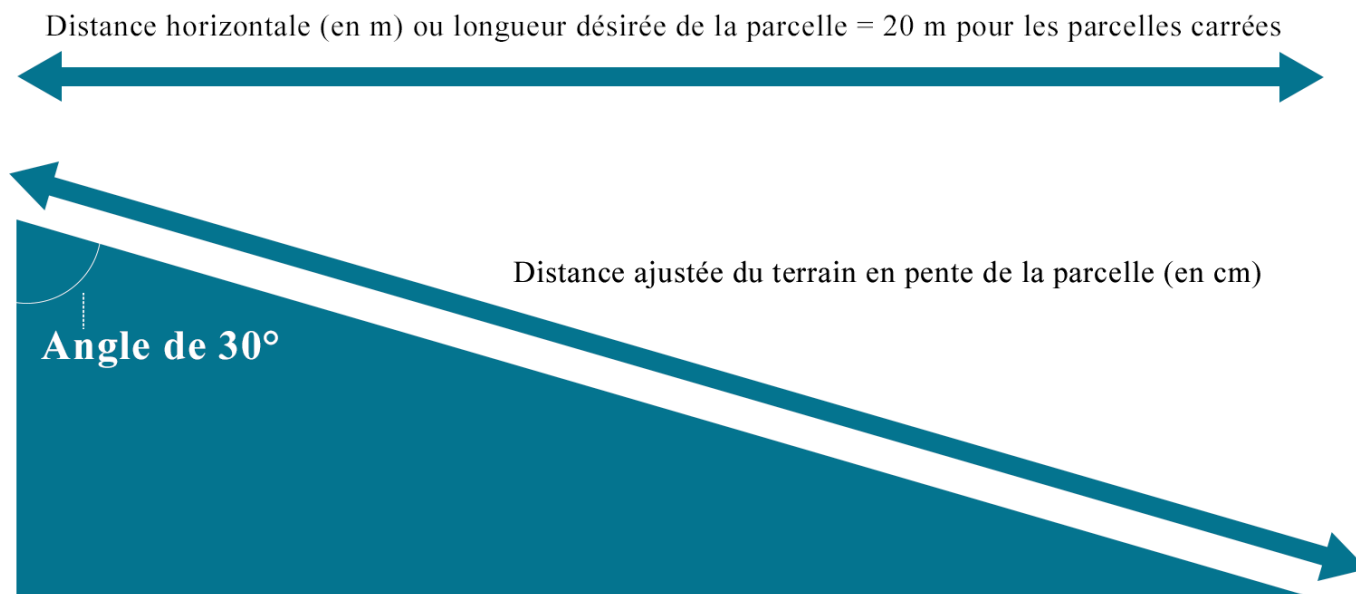
Équation 5 : Stock de carbone total de la zone à l'étude (en kg de C) = stock de carbone moyen de la zone à l'étude (en kg de C/m²) × taille de la zone à l'étude (en m²)

ANNEXE

Pour les parcelles qui comportent des pentes, il est nécessaire de calculer les marges d’inclinaison. En fonction du modèle, certains télémètres laser ou d’hypsomètres vertex comportent des caractéristiques intégrées qui déterminent cette marge. Si vous utilisez un télémètre plus simple ou un clinomètre, veuillez vous référer au tableau ci-dessous (Cyril Lundrigan, 2003) pour calculer la taille ajustée de la parcelle

MARGES D'INCLINAISON												
					Point de transect							
		Grandeur de la parcelle			7 et 8	6 et 9	5 et 10	4 et 11	3 et 12	2 et 13	1 et 14	0 et 15
% d'inclinaison	Facteur	5,64	10,00	11,28	1,00	3,00	5,00	7,00	9,00	11,00	13,00	15,00
2	1,000	5,64	10,00	11,28	1,00	3,00	5,00	7,00	9,00	11,00	13,00	15,00
4	0,999	5,64	10,01	11,29	1,00	3,00	5,01	7,01	9,01	11,01	13,01	15,02
6	0,998	5,65	10,02	11,30	1,00	3,01	5,01	7,01	9,02	11,02	13,03	15,03
8	0,997	5,66	10,03	11,32	1,00	3,01	5,02	7,02	9,03	11,03	13,04	15,05
10	0,995	5,67	10,05	11,34	1,01	3,02	5,03	7,04	9,05	11,06	13,07	15,08
12	0,993	5,68	10,07	11,36	1,01	3,02	5,04	7,05	9,06	11,08	13,09	15,11
14	0,990	5,70	10,10	11,39	1,01	3,03	5,05	7,07	9,09	11,11	13,13	15,15
16	0,987	5,71	10,13	11,42	1,01	3,04	5,07	7,09	9,12	11,14	13,17	15,20
18	0,984	5,73	10,16	11,46	1,02	3,05	5,08	7,11	9,15	11,18	13,21	15,24
20	0,981	5,75	10,20	11,50	1,02	3,06	5,10	7,14	9,17	11,21	13,25	15,29
22	0,977	5,77	10,24	11,55	1,02	3,07	5,12	7,16	9,21	11,26	13,31	15,35
24	0,972	5,80	10,28	11,60	1,03	3,09	5,14	7,20	9,26	11,32	13,37	15,43
26	0,968	5,83	10,33	11,66	1,03	3,10	5,17	7,23	9,30	11,36	13,43	15,50
28	0,963	5,86	10,38	11,71	1,04	3,12	5,19	7,27	9,35	11,42	13,50	15,58
30	0,958	5,89	10,44	11,78	1,04	3,13	5,22	7,31	9,39	11,48	13,57	15,66
32	0,952	5,92	10,50	11,84	1,05	3,15	5,25	7,35	9,45	11,55	13,66	15,76
34	0,947	5,96	10,56	11,91	1,06	3,17	5,28	7,39	9,50	11,62	13,73	15,84
36	0,941	5,99	10,63	11,99	1,06	3,19	5,31	7,44	9,56	11,69	13,82	15,94
38	0,935	6,03	10,70	12,07	1,07	3,21	5,35	7,49	9,63	11,76	13,90	16,04
40	0,928	6,07	10,77	12,15	1,08	3,23	5,39	7,54	9,70	11,85	14,01	16,16
42	0,922	6,12	10,85	12,23	1,08	3,25	5,42	7,59	9,76	11,93	14,10	16,27
44	0,915	6,16	10,93	12,32	1,09	3,28	5,46	7,65	9,84	12,02	14,21	16,39
46	0,908	6,21	11,01	12,42	1,10	3,30	5,51	7,71	9,91	12,11	14,32	16,52
48	0,902	6,26	11,09	12,51	1,11	3,33	5,54	7,76	9,98	12,20	14,41	16,63
50	0,894	6,31	11,18	12,61	1,12	3,36	5,59	7,83	10,07	12,30	14,54	16,78
52	0,887	6,36	11,27	12,71	1,13	3,38	5,64	7,89	10,15	12,40	14,66	16,91
54	0,880	6,41	11,36	12,82	1,14	3,41	5,68	7,95	10,23	12,50	14,77	17,05
56	0,873	6,46	11,46	12,93	1,15	3,44	5,73	8,02	10,31	12,60	14,89	17,18
58	0,865	6,52	11,56	13,04	1,16	3,47	5,78	8,09	10,40	12,72	15,03	17,34
60	0,857	6,58	11,66	13,15	1,17	3,50	5,83	8,17	10,50	12,84	15,17	17,50
62	0,850	6,64	11,77	13,27	1,18	3,53	5,88	8,24	10,59	12,94	15,29	17,65
64	0,842	6,70	11,87	13,39	1,19	3,56	5,94	8,31	10,69	13,06	15,44	17,81
66	0,835	6,76	11,98	13,52	1,20	3,59	5,99	8,38	10,78	13,17	15,57	17,96
68	0,827	6,82	12,09	13,64	1,21	3,63	6,05	8,46	10,88	13,30	15,72	18,14
70	0,819	6,88	12,21	13,77	1,22	3,66	6,11	8,55	10,99	13,43	15,87	18,32
72	0,812	6,95	12,32	13,90	1,23	3,69	6,16	8,62	11,08	13,55	16,01	18,47
74	0,804	7,02	12,44	13,03	1,24	3,73	6,22	8,71	11,19	13,68	16,17	18,66
76	0,796	7,08	12,56	14,03	1,26	3,77	6,28	8,79	11,31	13,82	16,33	18,84
78	0,789	7,15	12,68	14,17	1,27	3,80	6,34	8,87	11,41	13,94	16,48	19,01
80	0,781	7,22	12,81	14,31	1,28	3,84	6,40	8,96	11,52	14,08	16,65	19,21
82	0,773	7,29	12,93	14,45	1,29	3,88	6,47	9,06	11,64	14,23	16,82	19,40
84	0,766	7,37	13,06	14,73	1,31	3,92	6,53	9,14	11,75	14,36	16,97	19,58
86	0,758	7,44	13,19	14,88	1,32	3,96	6,60	9,23	11,87	14,51	17,15	19,79
88	0,751	7,51	13,32	15,03	1,33	3,99	6,66	9,32	11,98	14,65	17,31	19,97
90	0,743	7,59	13,45	15,18	1,35	4,04	6,73	9,42	12,11	14,80	17,50	20,19
92	0,736	7,66	13,59	15,33	1,36	4,08	6,79	9,51	12,23	14,95	17,66	20,38
94	0,729	7,74	13,72	15,48	1,37	4,12	6,86	9,60	12,35	15,09	17,83	20,58
96	0,721	7,82	13,86	15,64	1,39	4,16	6,93	9,71	12,48	15,26	18,03	20,80
98	0,714	7,90	14,00	15,79	1,40	4,20	7,00	9,80	12,61	15,41	18,21	21,01
100	0,707	7,98	14,14	15,95	1,41	4,24	7,07	9,90	12,73	15,56	18,39	21,22
102	0,700	8,06	14,28	16,11	1,43	4,29	7,14	10,00	12,86	15,71	18,57	21,43
104	0,693	8,14	14,43	16,27	1,44	4,33	7,22	10,10	12,99	15,87	18,76	21,65
106	0,686	8,22	14,57	16,44	1,46	4,37	7,29	10,20	13,12	16,03	18,95	21,87
108	0,679	8,30	14,72	16,60	1,47	4,42	7,36	10,31	13,25	16,20	19,15	21,09
110	0,673	8,38	14,87	16,77	1,49	4,46	7,43	10,40	13,37	16,34	19,32	21,29
112	0,666	8,47	15,01	16,94	1,50	4,50	7,51	10,51	13,51	16,52	19,52	21,52
114	0,659	8,55	15,16	17,11	1,52	4,55	7,59	10,62	13,66	16,69	19,73	21,76
116	0,653	8,64	15,32	17,28	1,53	4,59	7,66	10,72	13,78	16,85	19,91	21,97
118	0,647	8,72	15,47	17,45	1,55	4,64	7,73	10,82	13,91	17,00	20,09	21,18
120	0,640	8,81	15,62	17,62	1,56	4,69	7,81	10,94	14,06	17,19	20,31	21,44

Calcul de la longueur de la parcelle ajustée en fonction de l'angle :



$$\begin{aligned}\text{Distance ajustée (en m)} &= \text{distance horizontale} / \cos(\text{angle}) \\ &= 20 \text{ m} / 0,866 = 23,1 \text{ m}\end{aligned}$$

RÉFÉRENCES

Addo-Danso, S. D., Prescott, C. E. & Smith, A. R. (2016). Methods for estimating root biomass and production in forest and woodland ecosystem carbon studies: A review. *Forest Ecology and Management*, 359, 332–351.

Halbritter, A. H., De Boeck, H. J., Eycott, A. E., Reinsch, S., Robinson, D. A., Vicca, S., Berauer, B., ... Vandvik, V. (2020). The handbook for standardized field and laboratory measurements in terrestrial climate change experiments and observational studies (ClimEx). *Methods in Ecology and Evolution*, 11(1), 22–37. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13331>

Lambert, M.-C., Ung, C.-H. & Raulier, F. (2005). Canadian national tree aboveground biomass equations. *Canadian Journal of Forest Research*, 35(8), 1996–2018. <https://doi.org/10.1139/x05-112>

Ministry of Forests, British Columbia. (2024). Provincial monitoring British Columbia: ground sampling procedures [PDF]. Forest Analysis and Inventory Branch. https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/farming-natural-resources-and-industry/forestry/stewardship/forest-analysis-inventory/ground-sample-inventories/provincial-monitoring/standards/provincial_monitoring_ground_sampling_procedures_and_appendices_ver40.pdf

Paré, D., Bernier, P., Lafleur, B., Titus, B. D., Thiffault, E., Maynard, D. G. & Guo, X. (2013). Estimating stand-scale biomass, nutrient contents, and associated uncertainties for tree species of Canadian forests. *Canadian Journal of Forest Research*, 43(7), 599–608. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2012-0454>

Ressources naturelles Canada. (2008). Inventaire forestier national du Canada : Lignes directrices pour l'échantillonnage terrain [PDF]. Service canadien des forêts, Centre de foresterie du Pacifique [https://nfi.nfis.org/resources/groundplot/4b-GP-GroundSamplingFieldGuide\(french\).pdf](https://nfi.nfis.org/resources/groundplot/4b-GP-GroundSamplingFieldGuide(french).pdf)

Ung, C.-H., Bernier, P. & Guo, X. 2008. Canadian national biomass equations: new parameter estimates that include British Columbia data. *Canadian Journal of Forest Research*, 38, 1123–2232.

GLOSSAIRE

Altimètre : appareil qui mesure l'altitude.

Biodiversité : variabilité parmi les organismes vivants de toute origine, y compris les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques, et les complexes écologiques dont ils font partie; cela comprend la diversité au sein des espèces, entre les espèces et entre les écosystèmes.

Biomasse : poids total des matières organiques contenues dans un organisme biologique, une population, une communauté ou un écosystème.

Biomasse aérienne : masse totale de matière organique d'une plante située dans les tiges, c'est-à-dire au-dessus du niveau du sol.

Biomasse souterraine : masse totale de matière organique d'une plante située dans les racines, c'est-à-dire sous le niveau du sol.

Clé dichotomique : outil scientifique utilisé pour identifier différents organismes en fonction de leurs caractéristiques observables, consistant en une série d'affirmations à deux choix qui conduisent à l'identification correcte de l'espèce.

Clinomètre : appareil de mesure de l'inclinaison d'un plan, de la pente d'un terrain

Diamètre à hauteur de poitrine (DHP) : diamètre d'une plante, généralement un arbre, mesurée à 1,3 mètre du sol.

Échantillonnage linéaire : plan d'échantillonnage dans lequel les parcelles sont disposées en ligne droite.

Échantillonnage stratifié : division d'une zone à l'étude en sous-groupes sur la base d'un ensemble de caractéristiques communes et l'échantillonnage individuel de chaque strate.

Écorégion : région où le type, la qualité et la quantité des ressources environnementales sont généralement similaires, menant à une structure écosystémique similaire.

Écoservice : contribution d'un écosystème au bien-être et à la qualité de vie des humains.

Écosystème : ensemble des organismes vivants, de leur environnement physique et de toutes leurs relations dans une unité d'espace donnée.

Indice de biodiversité : indice écologique englobant le nombre d'espèces et leur abondance dans une région.

Réservoir de carbone : système ayant la capacité de stocker ou de libérer du carbone.

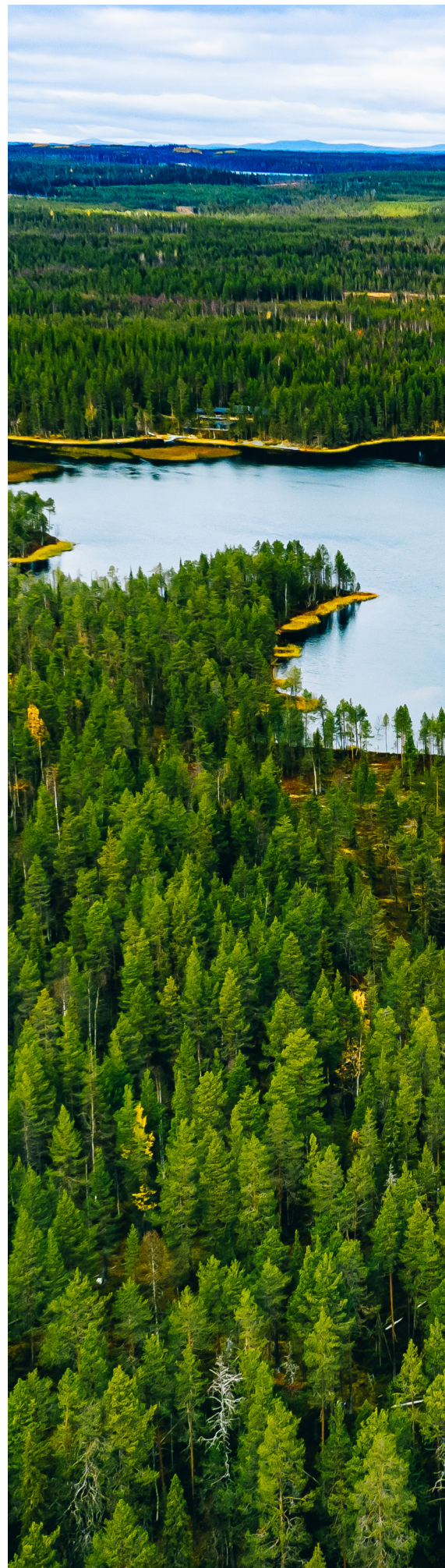
Résilience forestière : mesure de la réponse d'une forêt à une série de stress, de perturbations ou de dérangements, qui reflète l'intégrité fonctionnelle de l'écosystème.

Séquestration du carbone : processus de capture et de stockage du carbone atmosphérique.

Solutions climatiques basées sur la nature : stratégies s'appuyant sur les pouvoirs uniques de la nature pour capturer et stocker le carbone.

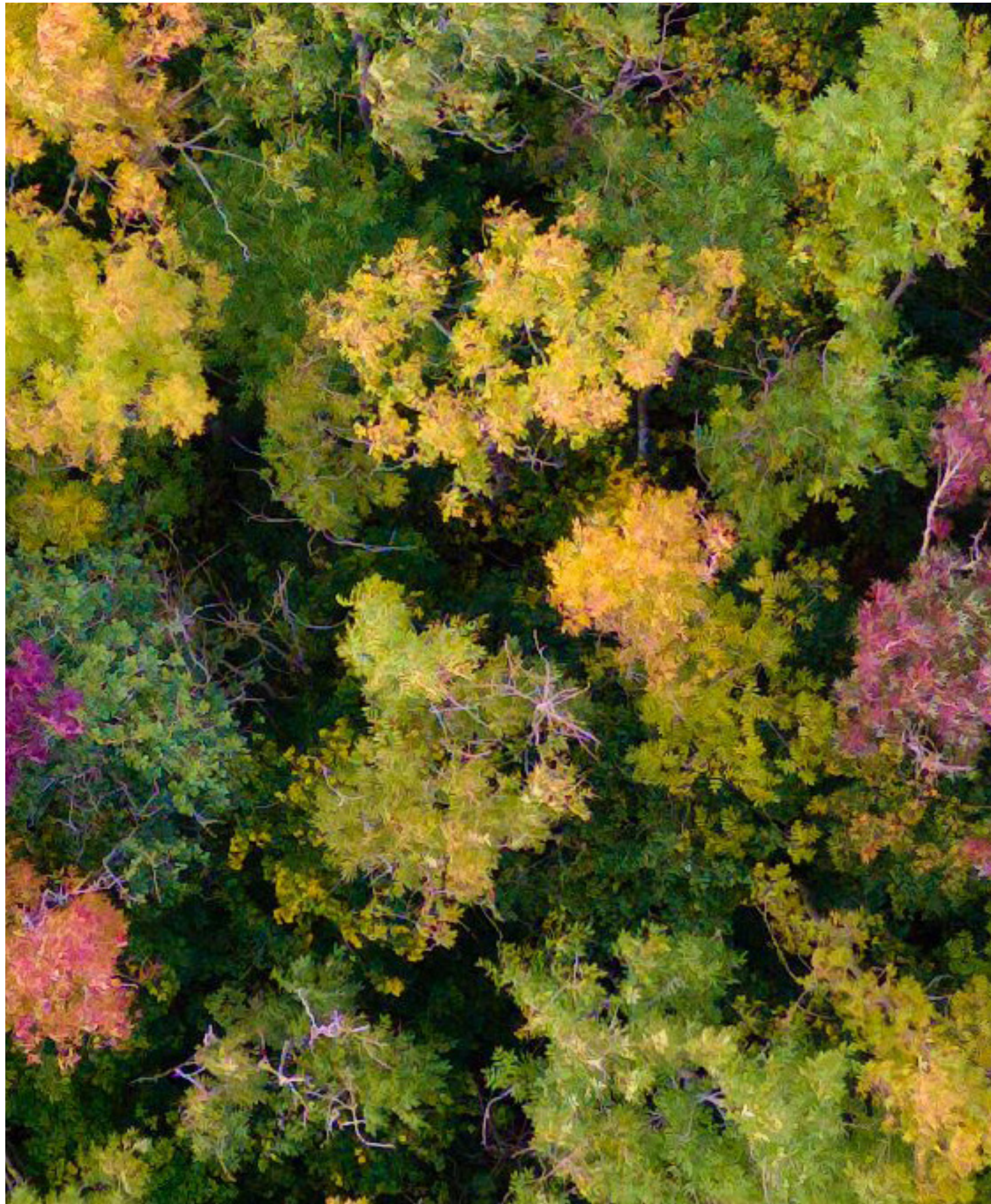
Stock de carbone moyen : mesure de la masse volumique du carbone dans un réservoir de carbone, exprimée en masse de carbone par unité de surface, généralement en kg/m² ou en t/ha.

Stock de carbone total : mesure de la quantité totale de carbone dans un réservoir de carbone, généralement exprimée en kilogrammes ou en tonnes.





Credit photo : nblxer, Envato Elements



Pour que la nature,
les espèces et les humains
cohabitent en harmonie.

wwf.ca/fr

WWF-Canada. 2024. Guide complémentaire : mesurer le carbone dans les arbres. Fonds mondial pour la nature – Canada. Toronto, Canada.

Le WWF-Canada est un organisme de bienfaisance enregistré au niveau fédéral (n° 11930 4954 RR0001) et une organisation nationale officielle du Fonds mondial pour la nature, dont le siège se trouve à Gland, en Suisse. Le WWF est connu sous le nom de World Wildlife Fund au Canada et aux États-Unis.

Publié (2024) par le WWF-Canada, Toronto, Ontario, Canada. © (2024) WWF-Canada. Aucune photographie de ce document ne peut être reproduite. wwf.ca WWF® et ©1986 Panda Symbol sont la propriété du WWF. Tous droits réservés.