



MESURE DU CARBONE DES ÉCOSYSTÈMES : PROTOCOLE RÉGIONAL POUR LA RÉGION DU SUD DE L'ONTARIO ET DU SAINT-LAURENT, CANADA



TABLE DES MATIÈRES

3 INTRODUCTION

4 PREMIÈRE PARTIE – GÉOGRAPHIE ET ÉCOLOGIE DU SUD DE L'ONTARIO ET DU SAINT-LAURENT

- Régions géographiques du sud de l'Ontario et du Saint-Laurent
- Résumé des types de sols et de végétation par région
- Conception d'un projet

11 DEUXIÈME PARTIE – MESURE DES STOCKS DE CARBONE

Mesure des stocks de carbone contenus dans la végétation

- Délimitation des parcelles
- Collecte de données sur la végétation

Mesure du carbone dans les sols et les sédiments

- Besoins en équipement et méthodes d'échantillonnage appropriées
- Préparation du site
- Collecte d'échantillons de sol dans les écosystèmes forestiers et agricoles
- Collecte d'échantillon dans des sols de milieux humides
- Collecte de carottes de sédiments dans les écosystèmes côtiers

24 TROISIÈME PARTIE – ANNEXES

26 RÉFÉRENCES



INTRODUCTION

L'échantillonnage sur le terrain est essentiel pour estimer le stock de carbone, qui correspond à la quantité de carbone stockée dans un écosystème à un moment précis. Le stock de carbone d'un écosystème est composé de deux principaux « réservoirs » de carbone :

1) La végétation, ou « biomasse », y compris :

- les arbres
- les arbustes
- les plantes herbacées

2) Les sols, y compris :

- les sols tourbeux (constitués de matières végétales partiellement décomposées)
- les sols non tourbeux (constitués d'un mélange de matières végétales décomposées et d'autres sédiments minéraux)

Les écosystèmes peuvent varier selon les types de sols, la végétation et les caractéristiques géographiques. Par conséquent, la mesure de leurs réservoirs de carbone nécessite des méthodes et outils différents selon l'écosystème étudié. Le fait d'avoir des connaissances de base sur votre zone à l'étude peut vous aider à orienter votre projet, à prévoir les conditions auxquelles vous pourriez faire face ainsi qu'à déterminer l'équipement particulier nécessaire pour estimer avec précision les stocks de carbone.

Le présent guide de terrain est conçu pour être utilisé dans les écosystèmes que l'on trouve dans le sud de l'Ontario et les basses-terres du Saint-Laurent dans le sud du Québec (sud de l'Ontario et du Saint-Laurent). Il se divise en deux parties :

La première partie présente les divers paysages de la région du sud de l'Ontario et du Saint-Laurent, et met en relief les communautés végétales et les types de sols courants dans chaque région. Ces renseignements aideront à élaborer une stratégie pour un projet de mesure du carbone.

La deuxième partie contient des directives abrégées pour la mesure du carbone sur le terrain; vous trouverez des guides complets pour chaque type d'écosystème dans la [bibliothèque de ressources sur la mesure du carbone du WWF-Canada](#) ainsi que des directives propres à la mesure dans les écosystèmes de la région du sud de l'Ontario et des basses-terres du Saint-Laurent.

GÉOGRAPHIE ET ÉCOLOGIE DU SUD DE L'ONTARIO ET DU SAINT-LAURENT

VUE D'ENSEMBLE DE LA RÉGION

Aux fins du présent guide, la région du sud de l'Ontario et des basses-terres du Saint-Laurent s'entend du territoire situé sous le Bouclier canadien jusqu'à la frontière sud entre le Canada et les États-Unis, et qui s'étend approximativement à l'est du lac Huron jusqu'à l'embouchure du fleuve Saint-Laurent. La région se divise en quatre régions géographiques distinctes (Figure 1) :

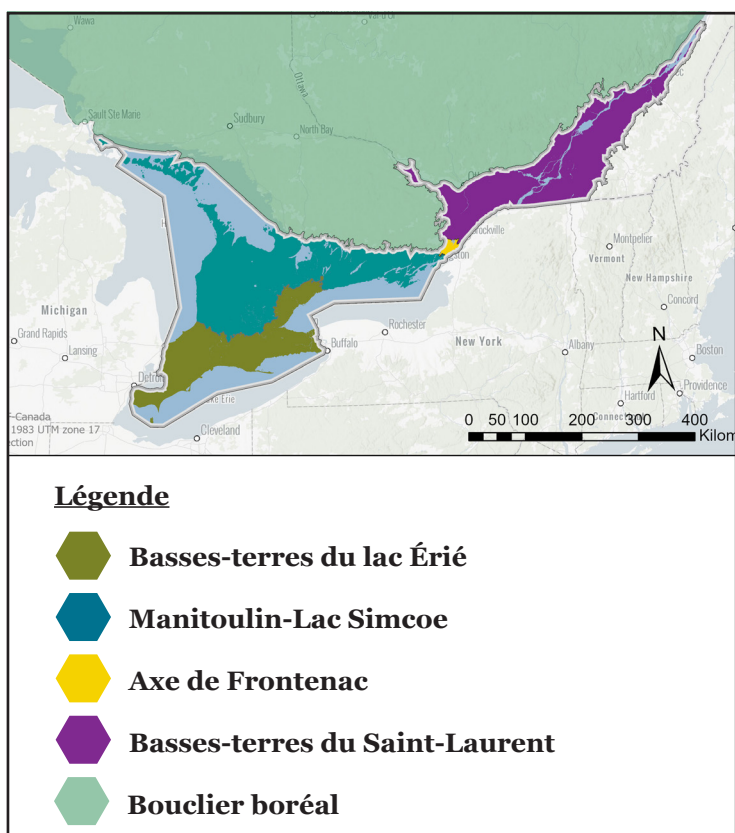


Figure 1 : Carte des régions du sud de l'Ontario et du Saint-Laurent illustrant les zones qui présentent des écosystèmes de sols et de végétation distincts (données tirées d'Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2024).

BASSES-TERRES DU LAC ÉRIÉ

Cette région est typiquement tempérée, avec des hivers frais et des étés chauds, et abrite la plus grande diversité de plantes de tout le Canada. On y trouve des vestiges de forêts caroliniennes avec des essences comme le chêne, le caryer, le micocoulier et le platane occidental, ainsi que des essences plus communes au Canada comme l'érable, le frêne et le pin. Cette région est aussi la plus urbanisée, la plus industrialisée et la plus menacée sur le plan écologique au pays, car des siècles de dégradation des forêts et d'assèchement des milieux humides au profit de l'agriculture ont transformé le paysage. Ses sols recouvrent les vestiges d'anciens lacs, sont généralement riches en composants minéraux et contiennent les plus faibles niveaux de carbone du sol comparativement aux autres zones de cette région (Tableau 1). Elle comprend également des prairies de plaine lacustre, des savanes de chênes, des dunes de sable et de grands marais côtiers.

MANITOULIN – LAC SIMCOE

Cette région se trouve directement au sud du Bouclier canadien et contient plusieurs types de forêts dont la répartition est fortement influencée par l'hydrologie et la topographie. Le territoire est essentiellement plat, avec une topographie légèrement ondulée, et repose sur d'épais sédiments riches en minéraux qui favorisent l'écoulement de l'eau dans les grandes masses d'eau de la région (lac Simcoe, baie Georgienne et lac Ontario), à l'exception de l'escarpement du Niagara, dont le paysage accidenté et élevé fait saillie dans les parties nord et centrale de la région. Les sols riches en carbonates de la région de Manitoulin et du lac Simcoe sont peu acides, ce qui contraste fortement avec les sols acides que l'on trouve dans tout le Bouclier canadien au nord de cette région. Les alvars s'étendent de la péninsule Bruce au nord jusqu'à l'île Manitoulin et de la rive est du lac Simcoe au sud du Bouclier canadien jusqu'à l'axe de Frontenac.

AXE DE FRONTENAC

L'axe de Frontenac est une arche rocheuse située entre le parc provincial Algonquin et les Adirondacks, aux États-Unis. C'est une petite région caractérisée par une topographie accidentée, où de nombreux lacs et de hautes collines créent un paysage très variable. L'axe de Frontenac est la plus petite des quatre régions décrites ici, mais malgré ses contraintes géographiques, elle possède plusieurs types d'écosystèmes forestiers et de milieux humides.

BASSES-TERRES DU SAINT-LAURENT

Les basses-terres du Saint-Laurent sont généralement plates ou légèrement vallonnées, et possèdent des sols profonds et riches. La végétation de cette région est caractérisée par des forêts mixtes dominées par l'érable, le bouleau, la pruche du Canada, le pin blanc et le hêtre à grandes feuilles. Les sites plus secs sont dominés par le pin rouge, le thuya occidental et le chêne rouge. On trouve sur les sites plus humides l'érable rouge, le frêne noir, l'épinette blanche, le mélèze et le thuya occidental. Les autres types d'écosystèmes incluent les bogs et les fens, les dunes intérieures et les landes de sable, les alvars et les marais le long du fleuve Saint-Laurent.

SOLS ET VÉGÉTATION DANS LE SUD DE L'ONTARIO ET DU SAINT-LAURENT

Il est essentiel de comprendre ces différentes régions lors de projets de mesure et de surveillance du carbone, car chaque région abrite différents types de végétation et de sols. De plus, les écosystèmes peuvent varier considérablement au sein d'une même région, principalement en raison des différences de débit d'eau, de nutriments et de conditions climatiques locales. La Figure 2 résume les effets de ces trois facteurs sur les propriétés du sol et de la végétation dans le sud de l'Ontario et du Saint-Laurent.

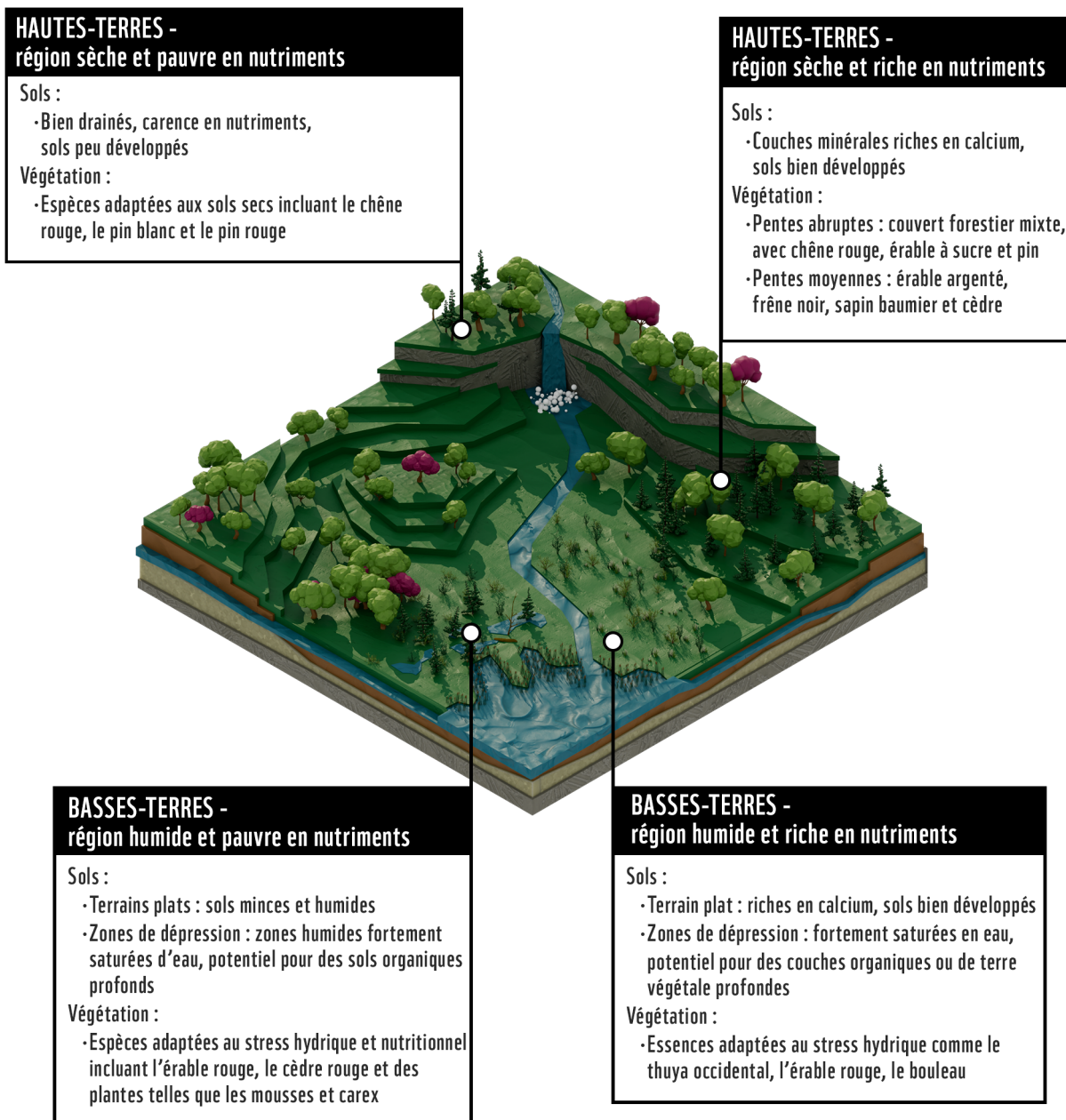


Figure 2 : Propriétés communes des sols et communautés végétales associées de la région du sud de l'Ontario et du Saint-Laurent en fonction des gradients de nutriment et de la teneur en eau.

Tableau 1 : résumé des stocks de carbone (données tirées de Sothe et coll., 2022) pour chaque région géographique du sud de l'Ontario et du Saint-Laurent, répartis entre le carbone du sol, le carbone de la biomasse forestière (biomasse aérienne, biomasse souterraine et biomasse ligneuse descendante) et le carbone total (sol et biomasse forestière). Les *Figures 6 et 7* en annexe contiennent des cartes pour chaque composante.

Région	Superficie totale de la région (ha)	Superficie de la couverture terrestre (ha)	Stock de carbone moyen dans le sol (kg/m ²)	Stock de carbone total dans le sol profondeur de 1 m; (kilotonnes)	Superficie de couvert forestier (ha)	Stock de carbone moyen dans la biomasse forestière (kg/m ²)	Stock de carbone total dans la biomasse forestière (kilotonnes)	Stock de carbone total carbone du sol + carbone de la biomasse forestière; (kilotonnes)
BASSES-TERRES DU LAC ÉRIÉ	4 115 162	2 336 165	21,3	497 603,1	266 259	1,3	3 461,4	501 065
MANITOULIN – LAC SIMCOE	8 193 355	4 336 716	21,9	949 740,8	1 293 310	1,5	19 399,7	969 141
AXE DE FRONTENAC	98 877	79 162	28,6	22 640,33	40 975	1,3	532,7	23 173
BASSES-TERRES DU SAINT-LAURENT	4 549 937	4 097 340	36,1	1 479 140	1 358 253	1,5	20 373,8	1 499 513

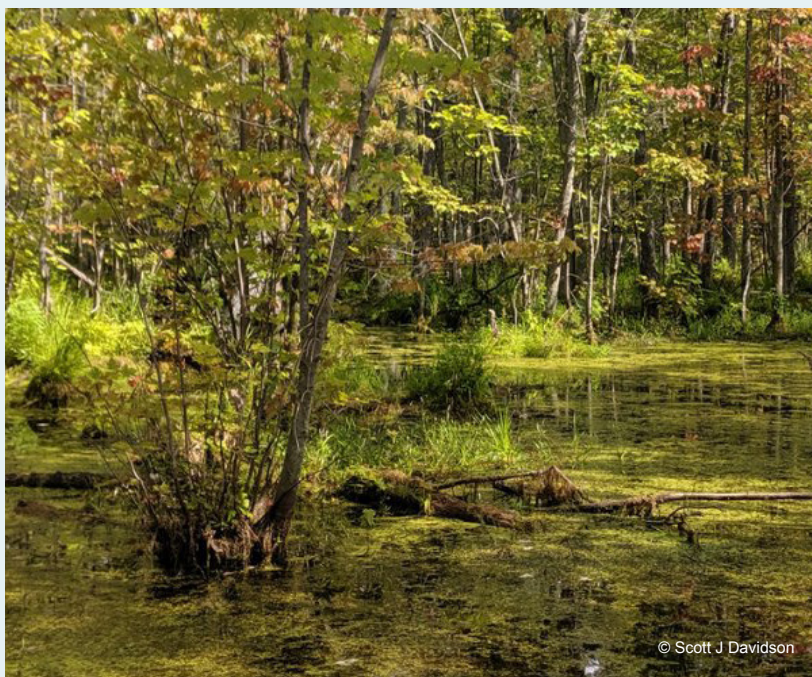
PLEINS FEUX SUR L'ÉCOSYSTÈME

Marécage Greenock

Ce vaste milieu humide forestier du sud de l'Ontario abrite un habitat essentiel pour diverses espèces adaptées aux milieux aquatiques, régule le débit de l'eau et agit comme un important puits de carbone.

Il est constitué d'un mélange d'écosystèmes marécageux de basse altitude qui ont accumulé plusieurs mètres de tourbe ligneuse au cours de milliers d'années.

Le marécage Greenock est confronté à des menaces considérables liées aux changements hydrologiques, aux espèces envahissantes et aux changements climatiques, qui peuvent perturber la santé de l'écosystème.



© Scott J Davidson

RÉSUMÉ DES TYPES DE SOLS ET DE VÉGÉTATION PAR RÉGION

Il est essentiel de connaître les types de sols et de végétation d'une zone à l'étude afin de choisir la méthode appropriée de collecte d'échantillons et de concevoir un projet de façon efficace. L'information plus bas et la [Figure 3](#) fournissent des renseignements détaillés sur les sols et la végétation que l'on trouve couramment dans chaque région. Servez-vous de ces renseignements pour répondre à certaines questions clés qui guideront votre travail de mesure et de surveillance du carbone :

1. Quels types de sols et de végétation puis-je m'attendre à trouver dans ma zone à l'étude?
2. Selon les sols et la végétation anticipés, quel est l'équipement le plus adapté à cet écosystème en particulier?
3. Sur quels réservoirs de carbone dois-je me concentrer?
4. Comment puis-je concevoir un projet qui tient compte efficacement de toutes ces composantes?

BASSES-TERRES DU LAC ÉRIÉ

- **Sols** : teneur élevée en minéraux, couches organiques minces. Sols compacts et friables, en particulier dans les zones de gleysol. Sols moins profonds, plus secs et moins riches en nutriments en altitude.
- **Végétation** : région la plus diversifiée du Canada. Essences dominantes : érable à sucre, hêtre à grandes feuilles, chêne, caryer, bouleau blanc. Marais forestiers : érable argenté, frêne rouge.
- **Considérations relatives à l'échantillonnage** : utilisez des carottes de sol si les conditions le permettent. Les sols compacts à la fin de l'été peuvent nécessiter des marteaux lourds. Milieux humides : conviennent aux carottiers en boîte ou à boue. Utilisez des guides locaux pour identifier les espèces en raison de leur grande diversité.

MANITOULIN – LAC SIMCOE

- **Sols** : varient selon le terrain; compacts dans les forêts, meubles et humides dans les vallées.
- **Végétation** : mélange de forêts de feuillus, de conifères et mixtes. Essences courantes : érable à sucre, hêtre à grandes feuilles, pruche, chêne rouge, tilleul. Espèces pionnières : pin blanc, bouleau, peuplier faux-tremble. Sites humides : érable argenté, sapin baumier, frêne noir, thuya occidental. Sites secs : chêne rouge, pin blanc, pin rouge.
- **Considérations relatives à l'échantillonnage** : les besoins en équipement varient en fonction du type de site et de la profondeur de la nappe phréatique. Stratifiez les sites ou augmentez l'échantillonnage pour bien prendre en compte les variations de l'habitat. Apprenez à l'avance les types locaux de végétation.

AXE DE FRONTENAC

- **Sols** : influencés par l'eau ou riches en minéraux; les sols des hautes-terres sont peu profonds et les sols des basses-terres sont saturés.
- **Végétation** : sites humides : bouleau jaune, orme d'Amérique, érable rouge. Dépressions / ruisseaux : orme rouge, frêne noir, thuya occidental. Sites secs : chêne rouge, pin blanc, pin rouge.
- **Considérations relatives à l'échantillonnage** : utilisez des carottiers à tube ouvert; l'eau de surface se trouve souvent sous la couche de sol. Prélevez des échantillons sur des gradients d'altitude afin d'étudier la diversité des espèces.

BASSES-TERRES DU SAINT-LAURENT

- **Sols** : terrain plat ou légèrement vallonné avec des sols riches et profonds. Les sols forestiers sont plus durs; les sols des zones humides sont mous et saturés. La dureté du sol est influencée par la profondeur de la nappe phréatique.
- **Végétation** : forêts mixtes : érable, bouleau jaune, pruche, pin blanc, hêtre à grandes feuilles. Sites secs : pin rouge, thuya occidental, chêne rouge. Sites humides : érable rouge, frêne noir, épinette blanche, mélèze, thuya occidental.
- **Considérations relatives à l'échantillonnage** : adaptez l'équipement au type de sol et à la position de la nappe phréatique. Stratifiez l'échantillonnage pour bien prendre en compte les variations de l'habitat. L'identification des espèces sur le terrain prend du temps; il est donc recommandé de se préparer à l'avance.

COUVERTURE TERRESTRE

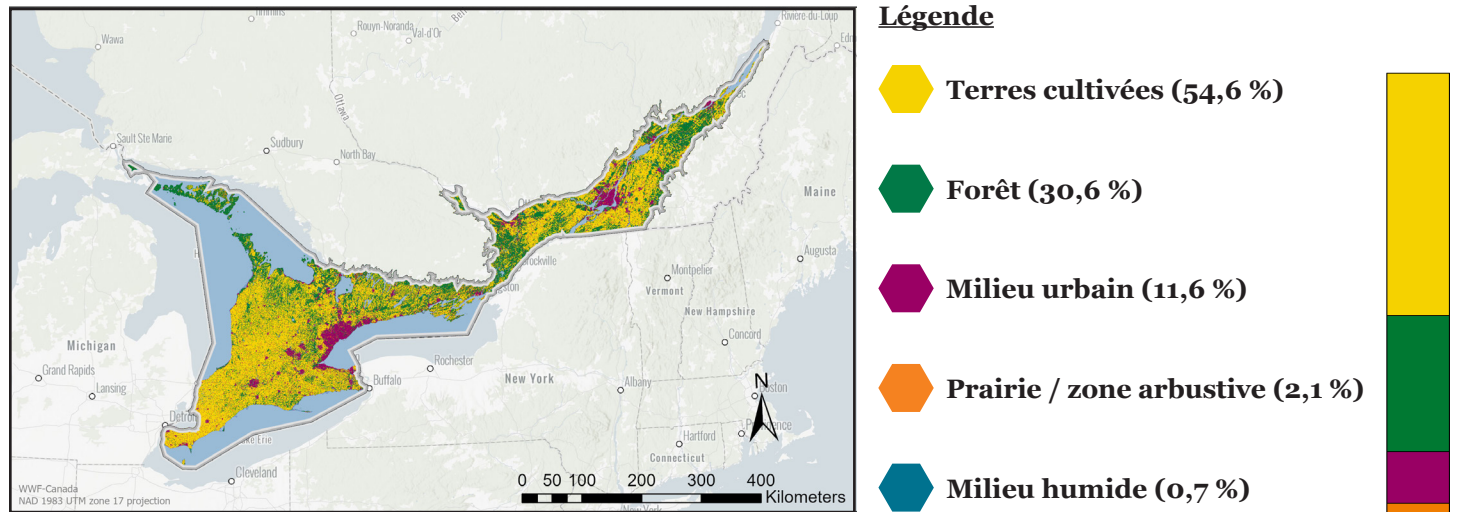


Figure 3 : (à gauche) carte de la catégorie d'écosystème et de couverture terrestre pour la région du sud de l'Ontario et du Saint-Laurent et (à droite) graphique à barres montrant la proportion relative de chaque catégorie à une résolution de 30 m par 30 m (données tirées de Ressources naturelles Canada, 2020).

GRANDS GROUPES DE SOLS

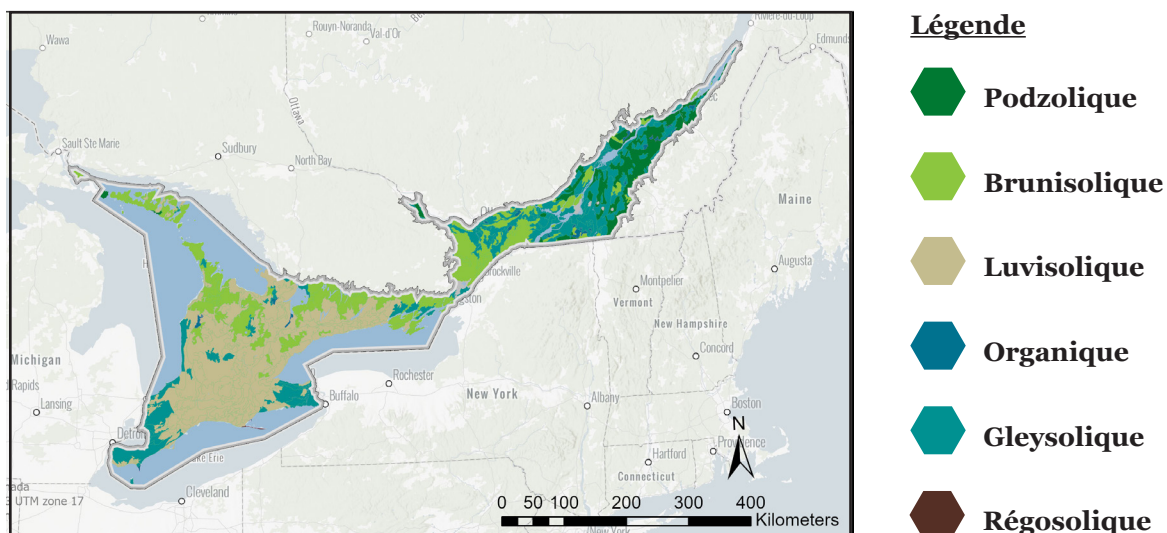


Figure 4 : types de sols divisés en groupes d'écosystèmes et en ordre de sol (données tirées du système canadien de classification des sols) et répartition de ces sols dans la région du sud de l'Ontario et des basses-terres du Saint-Laurent (données tirées de la Base nationale de données sur les sols du Canada, 2021).

GÉOGRAPHIE ET ÉCOLOGIE DU SUD DE L'ONTARIO ET DU SAINT-LAURENT

Tableau 2 : stock de carbone du sol (à 1 m de profondeur, incluant le stock de carbone moyen et total) pour chaque ordre de sol et type de sol de l'écosystème dans chaque région du sud de l'Ontario et des basses-terres du Saint-Laurent (d'après la [Figure 4](#)) (données tirées de Sothe et coll., 2022).

Type de sol	Couverture des types de sols (ha)	Stock de carbone moyen dans le sol (1 m de profondeur; kg/m ²)	Stock de carbone total (kilotonnes)
SOL FORESTIER	7 801 514	25,4	1 981 585
Podzolique (sol sablonneux / loameux; compact et friable)	1 155 563	37,4	432 181
Brunisolique (sol forestier moins développé; horizons pâles)	2 745 109	28,3	776 866
Luvisolique (sol forestier loameux; compact et consolidé)	3 900 842	19,8	772 367
SOL DE MILIEU HUMIDE	2 909 795	31	902 036
Organique (sol profond et riche en carbone; fortement saturé en eau)	142 503	61,8	88 067
Gleysolique (saturation en eau prolongée; horizon de surface organo-minéral peu développé; très faible teneur en carbone organique)	2 767 292	29,4	813 584
NON DÉVELOPPÉ Régosol (couches de sols non distinctes; riche en minéraux et très varié)	11 231	58,4	6 558,9

PLEINS FEUX SUR L'ÉCOSYSTÈME

Forêts caroliniennes et lac Crawford

Le climat doux, les longues saisons de croissance et les sols fertiles favorisent la présence d'une flore diversifiée présente dans tout le sud-est de l'Ontario.

Dans cette forêt se trouve un habitat d'eau libre unique appelé lac Crawford, dont les sédiments lacustres enregistrent les changements des forêts caroliniennes depuis des milliers d'années.

Ces sédiments contiennent un relevé chronologique des conséquences environnementales des polluants industriels, incluant des preuves de l'augmentation des niveaux de gaz à effet de serre dans l'atmosphère.

Il s'agit d'un vestige d'une vaste forêt et d'un site d'étude scientifique essentiel.



CONCEPTION D'UN PROJET

La conception de votre projet dépend de vos objectifs. Pour de plus amples renseignements à ce sujet, veuillez consulter le « Guide complémentaire : plan d'échantillonnage » dans la [bibliothèque de ressources sur la mesure du carbone du WWF-Canada](#). Ce guide contient des renseignements sur ce qui suit :

- A) **La répartition des échantillons (nombre d'échantillons nécessaires)**, qui dépend de la taille de la zone d'intérêt et du degré de précision souhaité pour vos estimations;
- B) **La distribution des échantillons (lieu de prélèvement des échantillons)**, qui peut se faire à l'aide d'une approche d'échantillonnage statistiquement rigoureuse (c.-à-d., aléatoire, systématique ou aléatoire stratifié), ou de commodité, en fonction des objectifs de votre projet. Assurez-vous de tenir compte des écosystèmes et des types de sols où vous prélevez vos échantillons ([Figure 4](#)), car ils peuvent influencer sur le stock de carbone prévu ([Tableau 2](#)).



Échantillonnage de commodité



Échantillonnage systématique



Échantillonnage aléatoire stratifié



Échantillonnage aléatoire

En plus des ressources relatives au plan d'échantillonnage, le [Tableau 3](#) (en annexe) résume les protocoles de mesure du carbone pertinents pour la région du sud de l'Ontario et du Saint-Laurent à l'intention des communautés désireuses de participer à des projets de plus grande envergure, et précise les normes fédérales et internationales associées à des projets de surveillance du carbone forestier.

2

MESURE DES STOCKS DE CARBONE

Pour estimer le stock de carbone contenu dans les écosystèmes, vous devrez réaliser des inventaires et prélever des échantillons dans différents réservoirs de carbone, y compris les sols, la biomasse ou les deux. Si vous souhaitez mesurer plusieurs réservoirs de carbone dans la même zone, vous pouvez utiliser un « plan d'échantillonnage emboîté », qui consiste à délimiter des parcelles qui se chevauchent pour chaque réservoir de carbone.

Comment procéder :

- A) **Créez des parcelles distinctes** pour la grande végétation, la végétation moyenne, la petite végétation et le carbone du sol avec la même marque centrale, de manière à ce que les parcelles se chevauchent (Figure 5).
- B) **Recueillez les données** pour chaque réservoir de carbone dans ses parcelles respectives. Tenez compte de l'ordre dans lequel les réservoirs de carbone sont échantillonnés; pour éviter d'endommager les échantillons, l'ordre est généralement le suivant : petite végétation → végétation moyenne → grande végétation → sols. Ainsi, aucun échantillon ne sera endommagé par une autre méthode d'échantillonnage.
- C) **Extrapelez les valeurs à la zone à l'étude et additionnez-les pour obtenir** le stock de carbone total de l'écosystème d'une zone à l'étude.

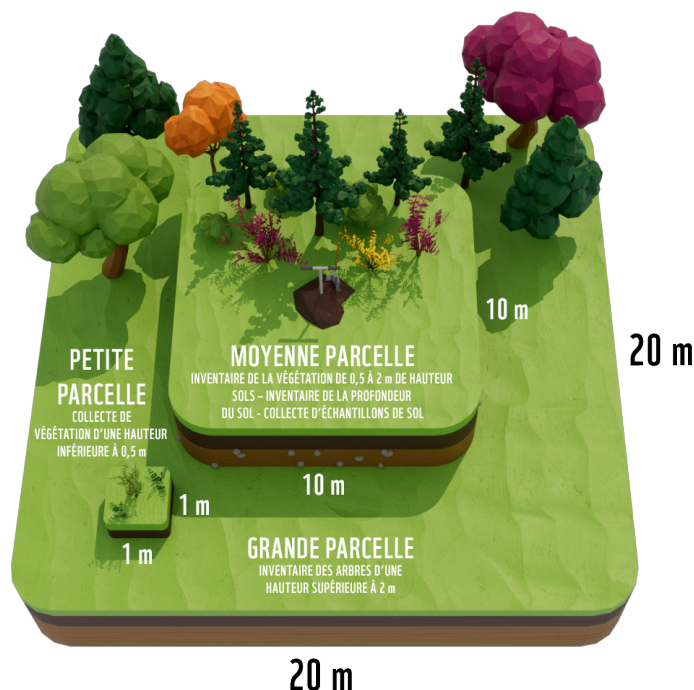


Figure 5 : plan d'échantillonnage emboîté dans lequel les sols sont échantillonnés en même temps que les trois types de végétation, dans les grandes, moyennes et petites parcelles correspondantes.

MESURE DES STOCKS DE CARBONE CONTENUS DANS LA VÉGÉTATION

La mesure du carbone contenu dans la végétation consiste à classer les plantes en trois groupes selon leur hauteur :

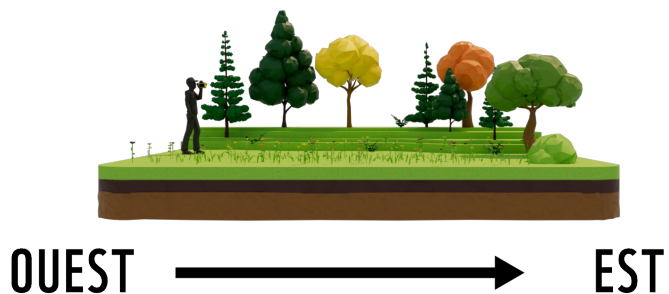
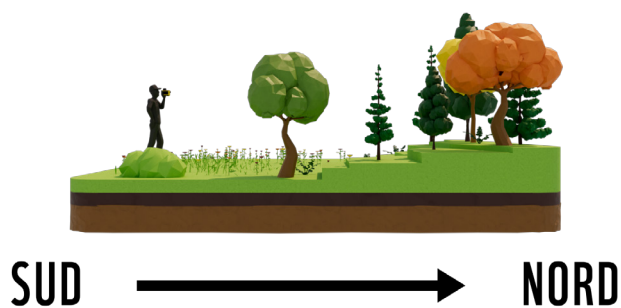
- A) **grande végétation** (arbres) : plantes d'une hauteur supérieure à 2 m.
- B) **végétation moyenne** (arbustes et arbres de petite taille) : plantes dont la hauteur varie entre 0,5 et 2 m.
- C) **petite végétation** (végétation au sol) : plantes d'une hauteur inférieure à 0,5 m.

DÉLIMITER LES PARCELLES

Pour chaque parcelle :

- **Notez la date, l'emplacement, l'identifiant de la parcelle, ainsi que la latitude, la longitude et l'élévation** du centre de la parcelle.
- Pour les grandes et moyennes parcelles :
 - Au moyen d'une boussole, d'un télémètre laser et de rubans à mesurer, déterminez les limites de vos parcelles, 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.
- Pour les petites parcelles:
 - Au moyen d'une boussole et d'un cadre de 1 m sur 1 m, déterminez les limites de vos parcelles.

Si un échantillonnage supplémentaire est réalisé dans la même parcelle (p. ex., des mesures de carbone du sol ou d'autre biomasse), assurez-vous d'éviter de perturber ces emplacements d'échantillonnage.

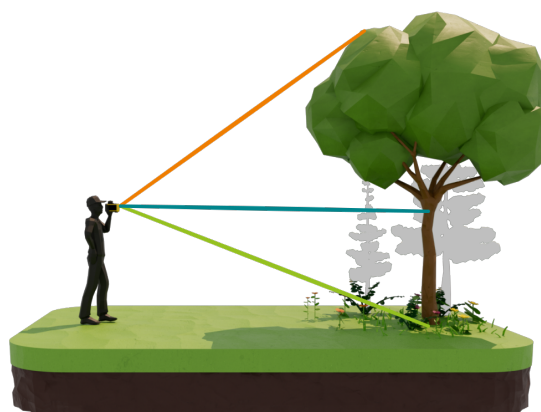
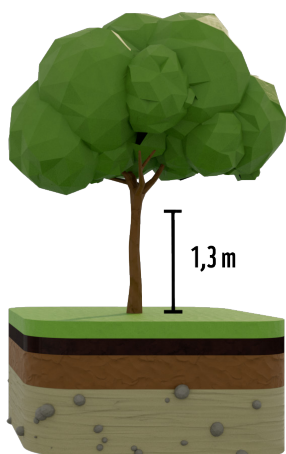


COLLECTE DE DONNÉES SUR LA VÉGÉTATION

PARCELLES DE GRANDE VÉGÉTATION (arbres)

- D'une manière systématique (notamment en marquant d'un ruban forestier chaque arbre avant l'inventaire), 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 diamètre de l'arbre à hauteur de poitrine (DHP). **Notez le DHP (en cm)** dans un cahier 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 opérations pour tous les arbres de votre parcelle.
- Saisissez les données dans les fiches d'accompagnement qui se trouvent dans la [bibliothèque de ressources sur la mesure du carbone du WWF-Canada](#) pour calculer la masse du carbone de chaque arbre.

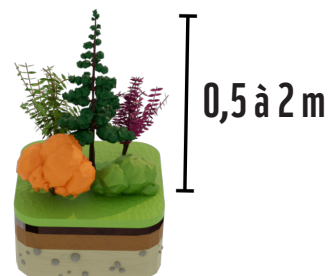
CALCULEZ LA HAUTEUR D'UN ARBRE À L'AIDE DE CES TROIS MESURES



- 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

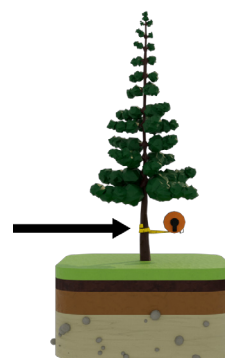
PARCELLES DE VÉGÉTATION MOYENNE (petits arbres et arbustes)

- Utilisez une méthode systématique (p. ex., en marquant toutes les plantes de 0,5 à 2 m de hauteur avant l'inventaire) pour identifier chaque plante.



- Notez l'identifiant unique de l'espèce et le nom de l'espèce. Une autre option consiste à prendre une photo des parties de la plante pour une identification ultérieure en laboratoire.

- S'il s'agit d'un **arbre de petite taille**, mesurez le diamètre (en cm) de la tige à 0,3 m de hauteur (diamètre à hauteur de tige, ou DHT) et notez le résultat dans un cahier.



- S'il s'agit d'un **arbuste ou d'une plante herbacée**, mesurez le volume de la plante (m^3) plutôt que son diamètre :
 - Mesurez la hauteur (en m) de la plante.
 - Mesurez la largeur (en m) de la plante (dans la direction est-ouest).
 - Mesurez la longueur (en m) de la plante (dans la direction nord-sud).

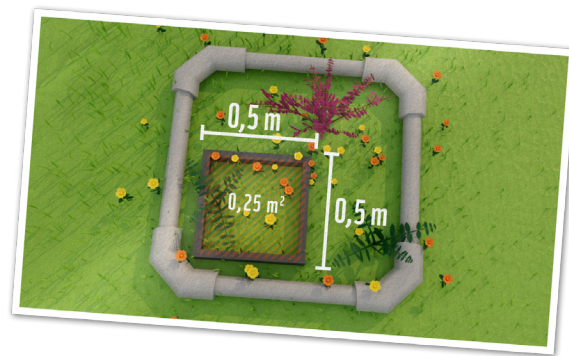
- Notez ces mesures dans un cahier.

- Téléversez les données dans les fiches d'accompagnement qui se trouvent dans la [bibliothèque de ressources sur la mesure du carbone du WWF-Canada](#) pour calculer automatiquement le stock de carbone de chaque plante.

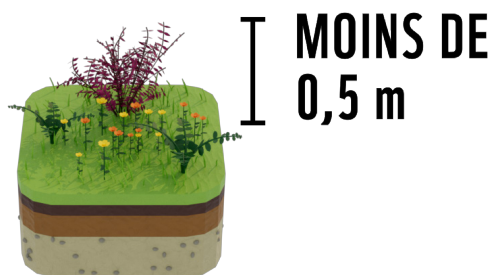


PARCELLES DE PETITE VÉGÉTATION

- Prenez une photo de l'ensemble de la parcelle en vous plaçant directement au-dessus du cadre. **Notez l'identifiant de la photo et l'identifiant de la parcelle.**



- Sectionnez un quart de la parcelle au moyen d'un cadre de 0,25 m² ou d'un cercle ayant un rayon de 0,28 m (0,25 m²).



- Dans cette aire de 0,25 m², prélevez un échantillon de toute la végétation de moins de 0,5 m à 3 cm au-dessus du sol. Placez chaque échantillon provenant d'une espèce différente dans son propre sac refermable étiqueté avec son identifiant unique de parcelle, le nom de l'espèce et la date.

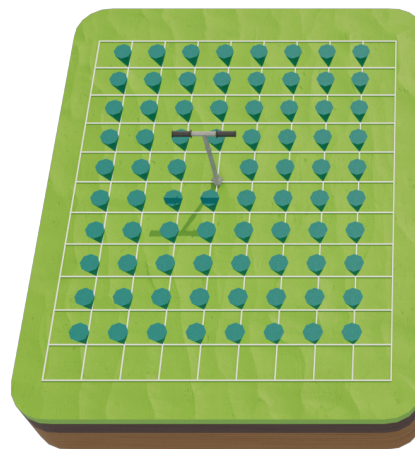
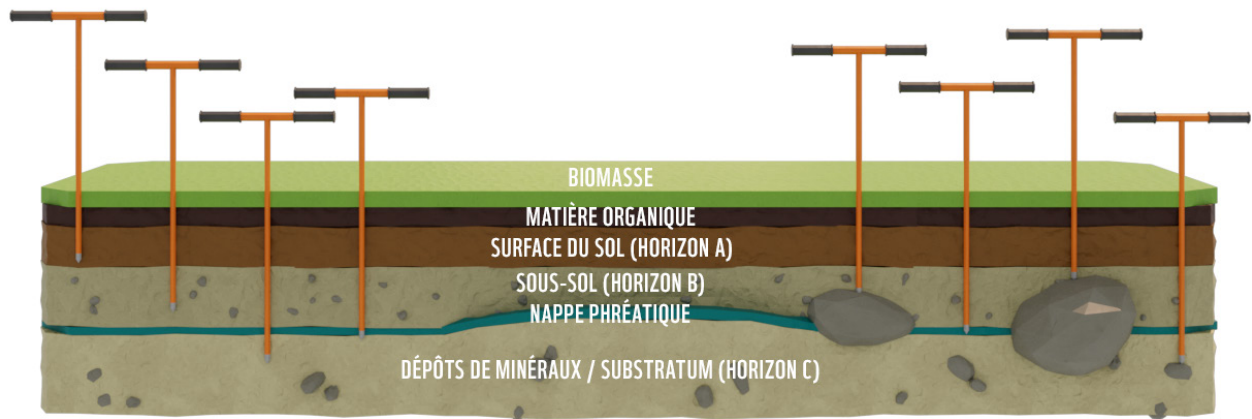


MESURE DU CARBONE DANS LES SOLS ET LES SÉDIMENTS

BESOINS EN ÉQUIPEMENT ET MÉTHODES D'ÉCHANTILLONNAGE APPROPRIÉES

L'équipement et les méthodes de collecte des échantillons de sol dépendent de la teneur en eau et de l'état du sol. Sur le territoire du sud de l'Ontario et du Saint-Laurent, les conditions du sol varient, et vont de sols secs et bien drainés avec des couches peu profondes de matière organique et de terre végétale dans les hautes-terres à des sols humides et mal drainés avec plus de matière organique dans les basses-terres, qui peuvent être saturés.

Utilisez un outil de sondage du sol pour mesurer la profondeur du sol à intervalles réguliers (tous les 10 à 100 m) selon un quadrillage des sites à l'étude. Le nombre de points d'échantillonnage dépend de la taille du site, mais il doit y avoir suffisamment de mesures de la profondeur du sol pour couvrir les variations sur le site à l'étude.



Exemple de grille où, à chaque point, une mesure de la profondeur de la tourbe est prise et notée. Ces informations permettent de comprendre les variations de profondeur de la tourbe sur le site, ce qui contribue à l'efficacité de l'échantillonnage.

MESURE DES STOCKS DE CARBONE

Sur la base de votre examen, des parcelles peuvent également être délimitées à l'intérieur de chaque site afin de saisir la variabilité des profondeurs du sol sur l'ensemble du site à l'étude. Plus le site est grand et plus la profondeur du sol varie, plus vous aurez besoin de parcelles. Voici un plan de base pour la délimitation de parcelles à l'étude :

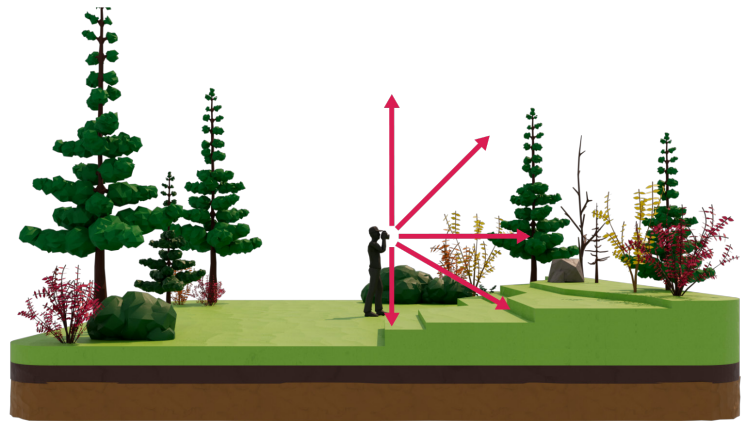
Première étape : délimitez des parcelles à l'intérieur du site pour capter les variations de profondeur du sol.

Deuxième étape : effectuez des relevés tous les 1 m x 1 m dans une parcelle de 10 m x 10 m pour vous assurer que l'emplacement des carottes ou échantillons est représentatif de toute la parcelle.



PRÉPARATION DU SITE

- Notez l'identifiant de la carotte (**CoreID**). Par exemple, PE-01-B correspond à « emplacement-site-numéro d'échantillon ».
- Notez la **latitude**, la **longitude** et l'**élévation** du site de carottage.
- Documentez la **végétation** du site de carottage à l'aide d'un protocole normalisé de série photo en prenant 14 photos du site de carottage montrant des points de vue :
 - vers le haut (canopée)
 - vers le bas (végétation)
 - vers chaque point cardinal : une parallèle au sol; une à un angle de 45 degrés vers le haut; et une à un angle 45 degrés vers le bas
- Trouvez une surface plane près du site de carottage, posez une bâche et préparez tout l'équipement nécessaire.



14 PHOTOS

3 PHOTOS DE CHAQUE POINT CARDINAL

1 PHOTO RÉPERTORIAN LA VÉGÉTATION

1 PHOTO RÉPERTORIAN LE COUVERT FORESTIER



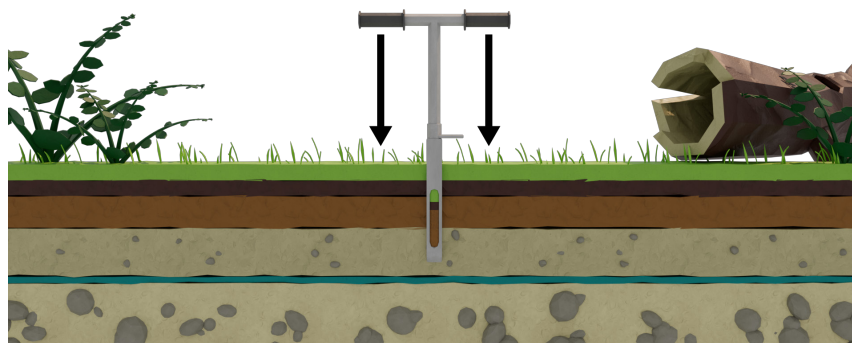
COLLECTE D'ÉCHANTILLONS DE SOL

COLLECTE D'ÉCHANTILLONS DE SOL DANS LES ÉCOSYSTÈMES FORESTIERS ET AGRICOLES

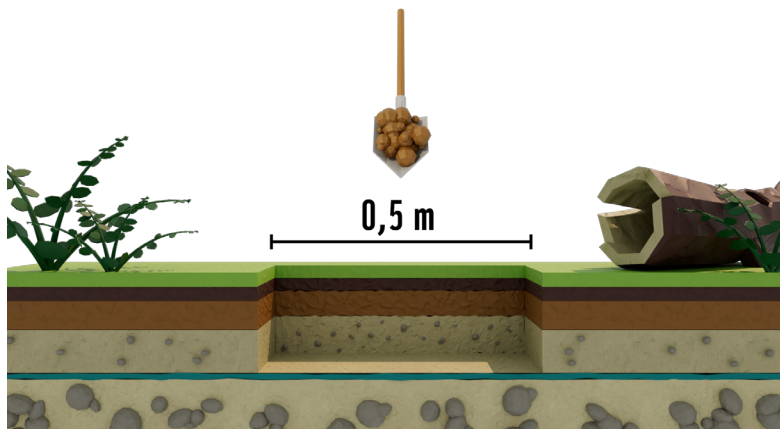
Dans la région du sud-ouest de l'Ontario et du Saint-Laurent, les écosystèmes forestiers et agricoles ont des propriétés de sol diverses qui favorisent tant les paysages naturels qu'anthropiques. D'anciens milieux humides et forêts ont été convertis en terres cultivées; toutefois, l'héritage de ces habitats persiste dans des zones non affectées par des forces externes.

Voici deux méthodes recommandées pour prélever des échantillons de sol dans cette région :

1. **Carottage du sol** : utilisez cette méthode dans des zones où le sol est plus mou, se tient bien et présente des couches visibles de matière organique ou de terre végétale.



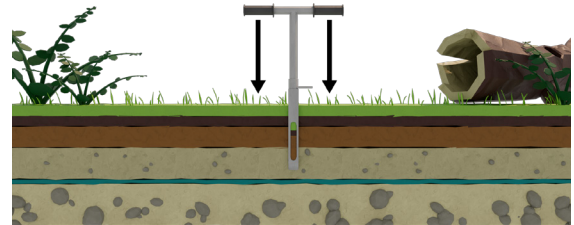
2. **Creusement d'une fosse pédologique** : utilisez cette méthode si le sol est trop dur ou trop peu compact (c.-à-d., qu'il se désagrège facilement) pour le carottage du sol.



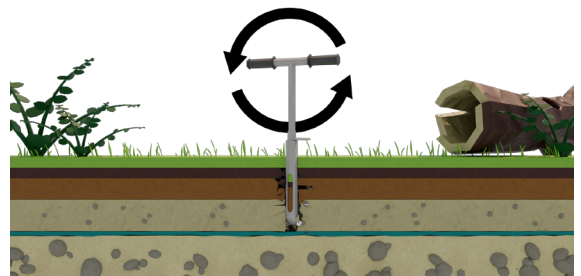
REMARQUE : Dans certaines situations, il peut être pratique d'utiliser les deux méthodes.

MÉTHODE 1 – CAROTTAGE DU SOL

1. Poussez lentement le carottier dans le sol, en le gardant à la verticale autant que possible.

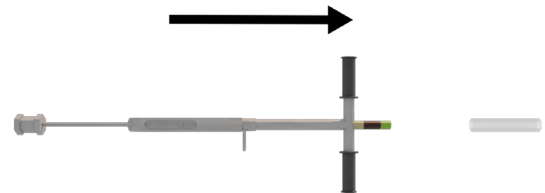


2. Lorsque le carottier est entièrement enfoncé, faites-le pivoter de gauche à droite et secouez-le pour détacher le fond de la carotte de la base des sédiments.



3. Retirez le carottier avec l'échantillon à l'intérieur. Maintenez une pression sur le bout de la carotte pour empêcher l'échantillon de tomber.

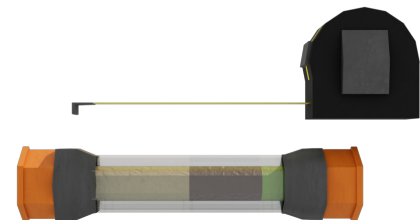
4. Tournez le carottier à l'horizontale et placez un tube de plastique pour carotte autour.



5. Utilisez un outil d'extraction de carotte pour pousser l'échantillon dans le tube. Placez les bouchons appropriés en haut et en bas du tube pour la carotte et fixez-les avec du ruban adhésif en toile.



6. Mesurez et **notez** la **longueur de la carotte** et la **profondeur du trou**.

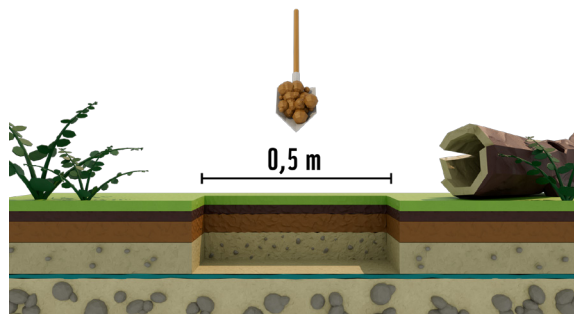


7. Identifiez l'échantillon et placez-le dans une glacière.

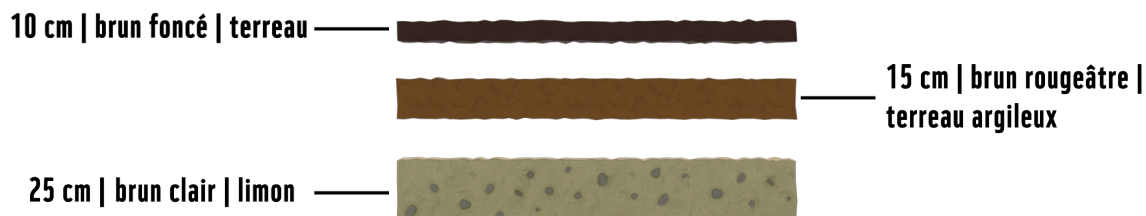
MÉTHODE 2 – CREUSEMENT D'UNE FOSSE PÉDOLOGIQUE

1. Au site sélectionné, creusez un trou d'au moins 0,5 m de largeur et de la profondeur désirée pour l'échantillonnage.

2. Pour chaque couche de sol, **notez l'intervalle de profondeur**, la **couleur** et la **texture**.



Exemple :



3. Identifiez les sacs refermables avec un numéro d'identification unique (CoreID) et l'intervalle de profondeur de l'échantillon pour chaque couche.

4. À l'aide d'un anneau ou cylindre d'échantillonnage, prélevez un échantillon du milieu de chacune des couches de sol et transférez chaque échantillon dans son sac respectif adéquatement étiqueté.

5. **Notez** que des échantillons supplémentaires de chaque couche peuvent être recueillis et transférés dans des sacs distincts.

6. Placez les échantillons dans une glacière.

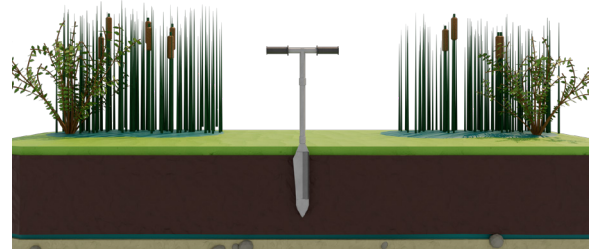


COLLECTE D'ÉCHANTILLON DANS DES SOLS DE MILIEUX HUMIDES

Si le sol est fortement saturé d'eau, comme dans un écosystème de bog, de fen ou de marécage, il sera trop peu consolidé pour utiliser un carottier à tube ouvert et le niveau d'eau sera trop élevé pour creuser une fosse pédologique. Des outils d'échantillonnage spécialisés sont donc nécessaires. Un outil appelé carottier de tourbe Macaulay est recommandé pour extraire des échantillons de sol des milieux humides.

PREMIÈRE ÉTAPE – EXTRACTION D'UN ÉCHANTILLON DE CAROTTE

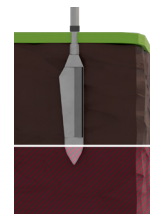
- Placez le carottier en position « ouverte », positionnez-le aussi droit que possible sur le site de carottage, puis enfoncez-le dans le sol.



- Continuez à enfoncez le carottier dans le sol jusqu'à la profondeur souhaitée, que vous pouvez indiquer au préalable directement sur le carottier avec du ruban adhésif en toile.

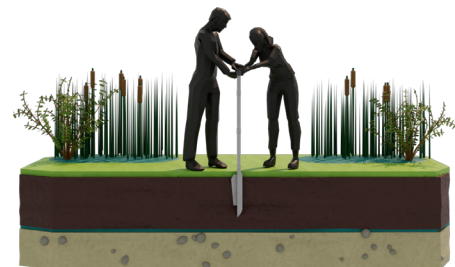


INDIQUEZ LA PROFONDEUR SUR LE CAROTTIER AVEC DU RUBAN ADHÉSIF EN TOILE



N'ENFONCEZ PAS LE CAROTTIER AU-DELÀ DE LA PROFONDEUR D'ÉCHANTILLON PRÉVUE

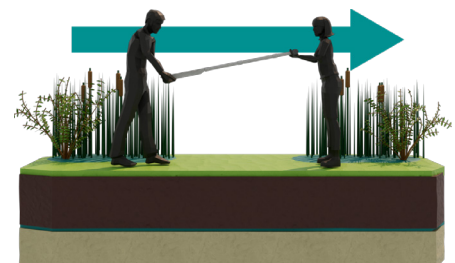
- Tournez la poignée du carottier de 180 degrés pour le mettre en position « fermée ».



- Tirez le carottier hors du sol tout en pressant le tube et la protection ensemble.



- Tournez le carottier à l'horizontale en maintenant le côté du tube orienté vers le haut et transportez-le vers la zone de travail désignée.



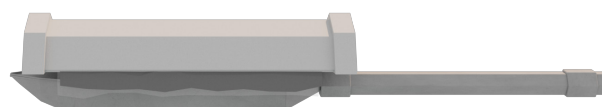
DEUXIÈME ÉTAPE – EXPOSITION DE LA CAROTTE

- Posez le carottier à plat sur la bâche, le côté tube orienté vers le haut.
- En gardant l'échantillon à l'intérieur du carottier orienté vers le haut, exposez la carotte en tournant le carottier pour ouvrir la protection. Reposez le carottier sur la bâche avec l'échantillon exposé.
- Notez :
 - **la longueur de la carotte (cm)**
 - tout changement dans la **couleur** ou la **texture du sol**
 - toute **matière volumineuse** visible
 - des **parties manquantes** ou des **trous** dans l'échantillon
 - la **saturation en eau** (boueuse, semi-saturée, sèche, etc.)
 - étiquetez le panneau d'affichage et les découpes de tuyaux en PVC (voir la troisième étape ci-dessous) avec les mentions « haut » et « bas »



TROISIÈME ÉTAPE – EMBALLAGE DE LA CAROTTE

- Tapissez le tuyau en PVC de papier d'aluminium et de pellicule de plastique.
- Placez le tuyau en PVC sur la carotte en tenant compte des marques « haut » et « bas ».
- Retournez le carottier et le tuyau de PVC de façon à ce que l'échantillon tombe dans le tuyau en PVC. Utilisez un couteau pour séparer l'échantillon du carottier au besoin.
- Enveloppez l'échantillon dans la pellicule de plastique et le papier d'aluminium.
- Placez un carton sur l'échantillon en veillant à ce que les marques « haut » et « bas » soient du bon côté, et fixez-le avec du ruban adhésif en toile.
- Transférez l'échantillon dans une glacière pour un stockage à court terme.
- Lavez le carottier et les outils avant de prélever un autre échantillon.



COLLECTE DE CAROTTES DE SÉDIMENTS DANS LES ÉCOSYSTÈMES CÔTIERS

Bien que cette région ne comporte pas de littoral océanique, on y trouve une multitude de milieux humides d'eau douce qui se forment dans les zones de transition entre les systèmes terrestres et aquatiques. Un mélange de marais et de marécages d'eau douce borde les rivières et les lacs de cette région, et ces systèmes contiennent généralement d'importants stocks de carbone dans leurs sédiments minéraux. Pour mesurer le carbone dans ces écosystèmes, on peut utiliser la méthode tuyau en PVC-carottier décrite ci-dessous.

PREMIÈRE ÉTAPE – PRÉPARATION DU SITE

Dans un cahier ou une fiche de données, **notez** :

- la date et l'heure
- l'état du site
- la météo
- les conditions de marée

DEUXIÈME ÉTAPE – INSERTION DU CAROTTIER

- Alignez le carottier sur le site de carottage, puis enfoncez-le dans le sol.
- Placez un morceau de bois sur le carottier et enfoncez le tube en PVC dans le sol à la profondeur souhaitée.
- Mesurez la compaction de la carotte en prenant deux mesures à **noter dans un cahier** :
 - À l'extérieur de la carotte, du haut du carottier à la surface du sol
 - À l'intérieur de la carotte, du haut du carottier à la partie supérieure de la carotte

TROISIÈME ÉTAPE – EXTRACTION DE LA CAROTTE

- Libérez la carotte de l'aspiration des sédiments environnants en creusant autour de la carotte ou en balançant doucement le tuyau en PVC.
- Une fois que le bas de la carotte est extrait, placez un bouchon au bas de la carotte.
- Maintenez la carotte en position verticale pendant son transport vers le lieu de travail désigné.

QUATRIÈME ÉTAPE – SECTIONNEMENT ET EMBALLAGE DE LA CAROTTE

- Placez la carotte en position sur le dispositif d'extrusion de carotte.
- Placez le collier en PVC en position au haut du carottier et poussez le tube en PVC vers le bas de manière à ce que le sédiment remonte jusqu'au haut du tube. Continuez à pousser jusqu'à ce que le sédiment soit aligné avec le haut du collier en PVC.
- Coupez entre le collier en PVC et le haut du carottier pour trancher une sous-section (c.-à-d., l'échantillon).
- Placez l'échantillon coupé dans un sac refermable et notez le **nom et la profondeur de l'échantillon**.

* Pour les fiches de terrain propres à chaque méthode, vous trouverez les documents d'accompagnement dans la [bibliothèque de ressources sur la mesure du carbone du WWF-Canada](#).

3

ANNEXES

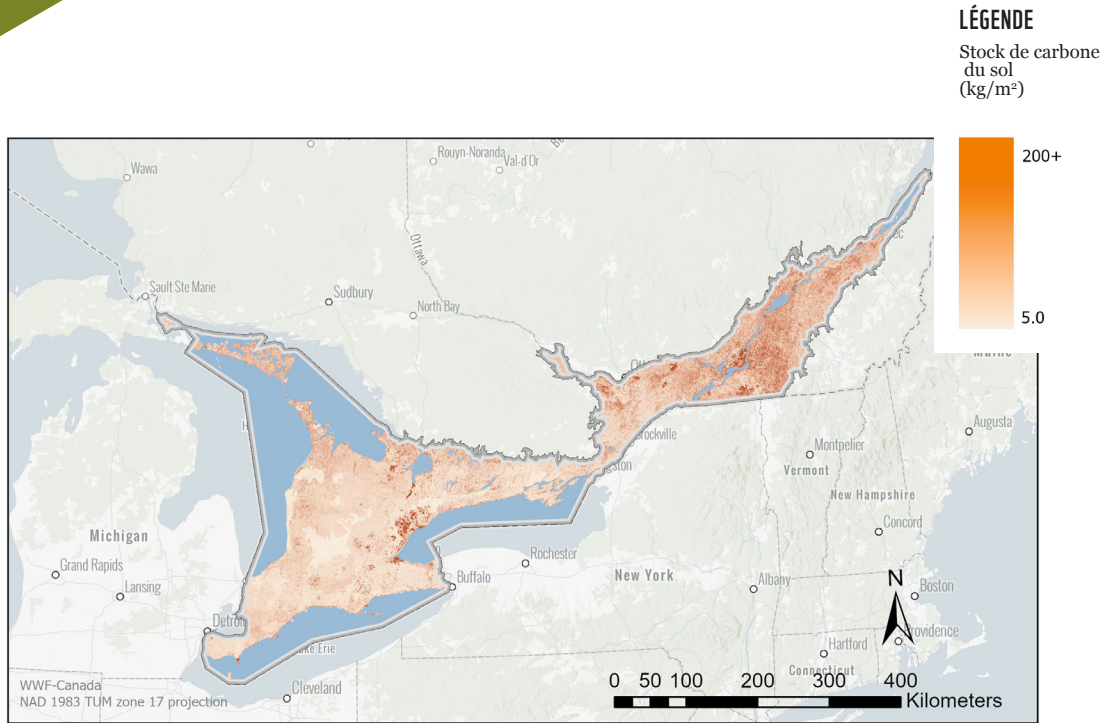


Figure 6 : stock de carbone du sol (à 1 m de profondeur; kg/m²) pour la région du sud de l'Ontario et des basses-terres du Saint-Laurent (données tirées de Sothe et coll., 2022).

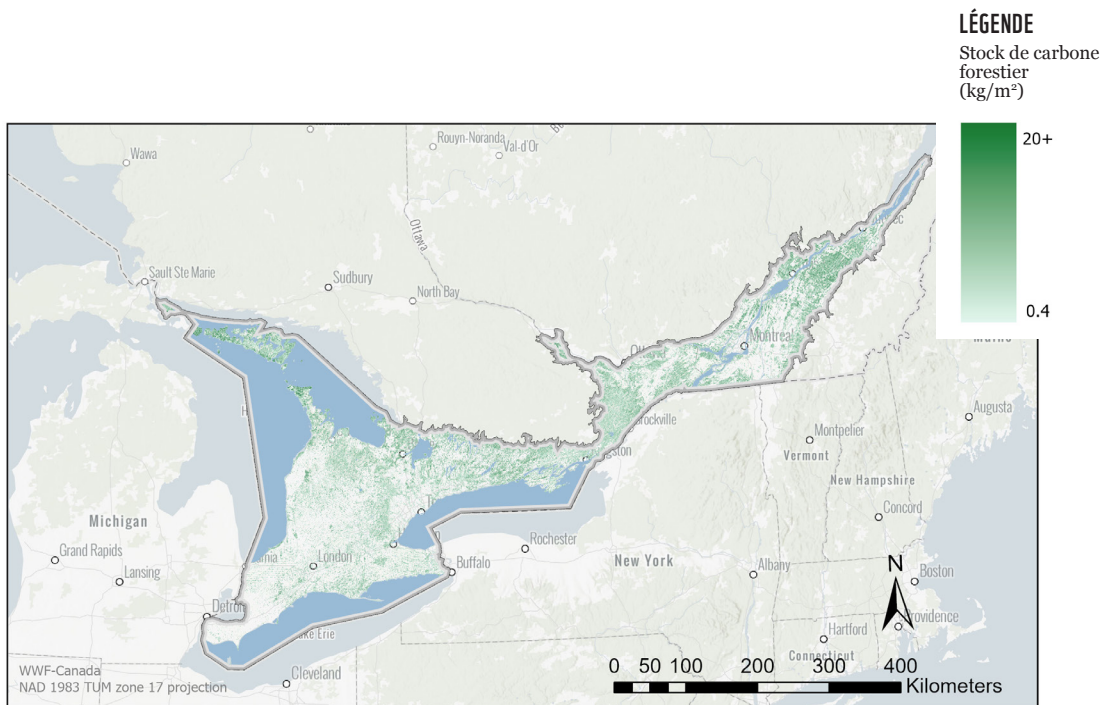


Figure 7 : stock de carbone (kg/m²) de la biomasse forestière (biomasse aérienne, biomasse souterraine et biomasse ligneuse descendante) pour la région du sud de l'Ontario et du Saint-Laurent (données tirées de Sothe et coll., 2022).

Tableau 3 : exemples de protocoles, de programmes et de plans pouvant être pertinents pour la mesure et la surveillance du carbone dans les forêts et les terres gérées de la région du sud de l'Ontario et du Saint-Laurent. Ces systèmes concernent diverses organisations gouvernementales et non gouvernementales, ainsi que des projets de gestion des terres par les communautés locales et des accords mondiaux sur le climat. Ils travaillent ensemble pour assurer l'uniformité et la fiabilité des mesures de carbone à différentes échelles.

NIVEAU DE GOUVERNANCE	NOM DE L'ORGANISATION	PROJETS PERTINENTS	RÉSUMÉ
International (mondial)	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) Verra (Verified Carbon Standard, MNV)	Sixth Assessment Report (chapitre (en anglais seulement) portant sur l'agriculture, la sylviculture et autres utilisations des terres) Methodology for Improved Forest Management Using Dynamic Matched Baselines from National Forest Inventories, v1.1	Lignes directrices internationales relatives aux terres aménagées au profit de la biodiversité et de l'atténuation du changement climatique Système de crédit carbone et de protocoles de surveillance du carbone publiés en conformité avec les systèmes de mesure, de notification et de vérification (MNV)
National (Canada)	Conseil canadien des ministres des Forêts (CCMF) Environnement et Changement climatique Canada (ECCC)	Système national d'information sur les forêts (SNIF) Système national de surveillance, de comptabilisation et de production de rapports concernant le carbone des forêts (SNSCPRCF) ECCC transmet les données du SNSCPRCF au GIEC dans le rapport sur l'agriculture, la foresterie et autres utilisations des terres à même l' inventaire officiel canadien des gaz à effet de serre	Observations au sol, relevés aériens et modèles de bilan carbone pour estimer les stocks de carbone dans les forêts du Canada (sols et végétation) Rend compte des flux de gaz à effet de serre dans les forêts aménagées du Canada et utilise des observations sur le terrain et des outils de modélisation du bilan carbone Les valeurs sont intégrées au rapport sur l'agriculture, la sylviculture et autres utilisations des terres qu'ECCC compile et transmet annuellement au GIEC
Provincial (Ontario et Québec)	Gouvernement de l'Ontario, ministère de l'Environnement et de l'Action en matière de changement climatique Gouvernement du Québec, Agriculture, environnement et ressources naturelles	Plan d'action de l'Ontario contre le changement climatique : « Domaine d'action – Agriculture, forêts et terres : Productivité, durabilité et transition vers la création de crédits compensatoires » (lien) Plan pour une économie verte du gouvernement du Québec	Législation provinciale en vertu du projet de loi 198 Loi de 2024 pour l'adaptation et la résilience aux changements climatiques de l'Ontario qui vise à réduire les émissions de gaz à effet de serre dans la province Cadre provincial visant à réduire le bilan net des gaz à effet de serre de la province et à s'adapter au changement climatique par la gestion des forêts et d'autres zones d'utilisation des terres

RÉFÉRENCES

Agriculture et agroalimentaire Canada. (2024). *Pédo-paysages du Canada*. Consulté en juin 2024 à l'adresse : <https://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/5ad5e20c-f2bb-497d-a2a2-440eec6e10cd>

Agriculture et agroalimentaire Canada. (2013). *Écorégions terrestres du Canada*. Consulté en décembre 2024 à l'adresse : <https://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/ade80d26-61f5-439e-8966-73b352811fe6>

Bansal, S., Creed, I.F., Tangen, B.A., Bridgham, S.D., Desai, A.R., Krauss, K.W., ... et Zhu, X. (2023). « Practical Guide to Measuring Wetland Carbon Pools and Fluxes. » *Wetlands*, 43(8), 105.
<https://doi.org/10.1007/s13157-023-01722-2>

Environnement et Changement climatique Canada. (2024). *Inventaire officiel canadien des gaz à effet de serre*. Consulté en décembre 2024 à l'adresse : <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/changements-climatiques/emissions-gaz-effet-serre.html>

Ecozones Canada. (2014). *Cadre écologique national pour le Canada*. Consulté en décembre 2024 à l'adresse : <http://www.ecozones.ca/francais/>

Gouvernement du Canada. (2016). *Classification écologique du territoire québécois*. Consulté en décembre 2024 à l'adresse : <https://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/6ec9e3a5-e83b-4938-9a8f-30691297d2a3>

Nabuurs, G.J., Mrabet, R., Hatab, A.A., Bustamante, M., Clark, H., Havlík, P. ... et Steinfeld, J.P. (2023). Agriculture, Forestry and Other Land Uses (AFOLU). Dans *Climate Change 2022 : Mitigation of Climate Change: Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 747-860). Cambridge University Press.
<https://doi.org/10.1017/9781009157926.009>

Système national d'information sur les forêts (2024) Inventaire forestier national du Canada. Documentation : *Placettes terrain*. Consulté en juin 2024 à l'adresse : https://nfi.nfis.org/fr/ground_plot

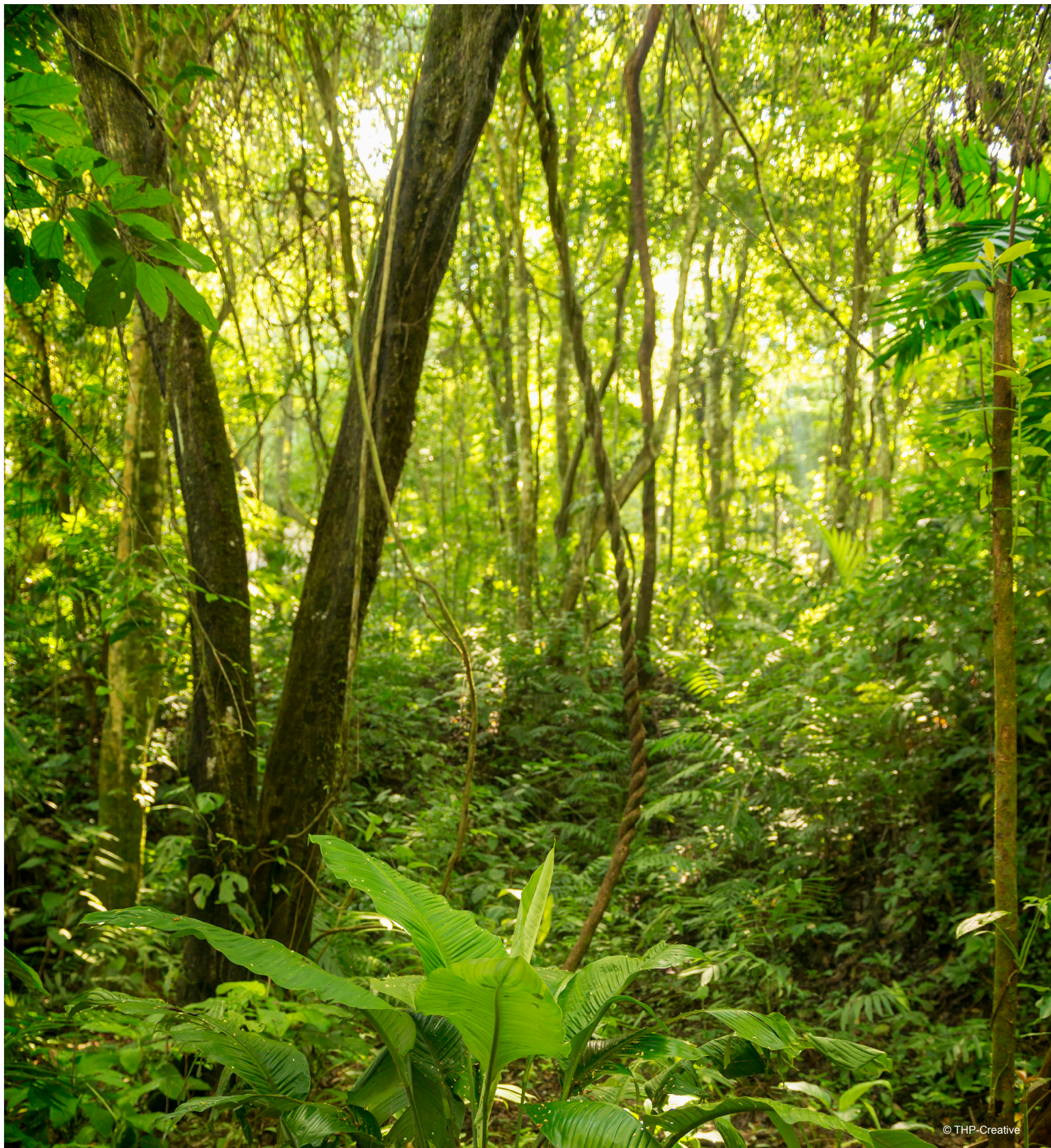
Ressources naturelles Canada. (2024). *Système canadien de déclaration du carbone forestier*. Consulté en décembre 2024 à l'adresse : <https://ressources-naturelles.canada.ca/changements-climatiques/carbone-forestier>

Ressources naturelles Canada et Centre canadien de télédétection. (2020). *Carte de la couverture terrestre*. Consultée en décembre 2024 à l'adresse : <https://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/ee1580ab-a23d-4f86-a09b-79763677eb47>

Sothe, C., Gonsamo, A., Arabian, J., Kurz, W.A., Finkelstein, S A. et Snider, J. (2022). « Large Soil Carbon Storage in Terrestrial Ecosystems of Canada. » *Global Biogeochemical Cycles*, 36(2), e2021GB007213.
<https://doi.org/10.1029/2021GB007213>

Statistique Canada. (2016). *Basses terres du lac Érié*. Consulté en décembre 2024 à l'adresse : <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/11-402-x/2012000/chap/geo/geo03-fra.htm>

Verra Carbon Standard. (2024.) *VM0045 Methodology for Improved Forest Management Using Dynamic Matched Baselines from National Forest Inventories, v1.1*. Consulté en juin 2024 à l'adresse : <https://verra.org/methodologies/methodology-for-improved-forest-management/>



© THP-Creative



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

wwf.ca/fr

WWF-Canada. 2025. Mesure du carbone des écosystèmes : Protocole régional pour la région du sud de l'Ontario et du Saint-Laurent, Canada. WWF-Canada. Toronto, Canada.

Le WWF-Canada est une œuvre de bienfaisance enregistrée auprès du gouvernement fédéral (no 11930 4954 RR0001) et une organisation nationale officielle du World Wildlife Fund for Nature, dont le siège social est à Gland, en Suisse. Le WWF est connu sous le nom de World Wildlife Fund au Canada et aux États-Unis.

Publié (2025) par le WWF-Canada, Toronto, Ontario, Canada. © (2025) WWF-Canada. Aucune photographie de cette production ne peut être reproduite. wwf.ca WWF® et ©1986 Symbole du Panda sont des marques déposées du WWF. Tous droits réservés.