

# **Modèle numérique d'élévation de haute résolution (MNEHR)**

## **- Série CanÉlévation – Spécifications de produit**

**Édition 1.5**

**2023-10-13**

**Gouvernement du Canada  
Ressources naturelles Canada**

Téléphone : +01-819-564-4857 / 1-800-661-2638 (Canada et É.-U.)

Télécopieur : +01-819-564-5698

Courriel : [geoinfo@nrcan-rncan.gc.ca](mailto:geoinfo@nrcan-rncan.gc.ca)

URL : <https://open.canada.ca/fr/cartes-ouvertes>

## **Avis de droit d'auteur**

© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, Ressources naturelles Canada.  
Tous droits réservés.

## HISTORIQUE DES RÉVISIONS

<b>Date</b>	<b>Version</b>	<b>Description</b>
2017-08-17	1.1	Ajout de jeux de données à 1 m de résolution.
2018-04-10	1.2	Ajout d'informations supplémentaires pour le produit MNEHR couvrant la partie Nord.
2019-08-29	1.3	Modification de la résolution 5 m à 2 m pour le produit dans la partie Nord.
2022-11-15	1.4	Uniformisation de diverses sections avec les autres spécifications de la Série CanÉlévation.
2023-10-13	1.5	Ajout de la section sur la mosaïque par projet en format Cloud Optimized GeoTIFF (COG)

## ACRONYMES

CGVD28	Système canadien de référence altimétrique de 1928 (Canadian Geodetic Vertical Datum of 1928)
CGVD2013	Système canadien de référence altimétrique de 2013 (Canadian Geodetic Vertical Datum of 2013)
DNGI	Densité nominale globale des implusions
ISO	Organisation internationale de normalisation (International Organization for Standardization)
Lidar	De l'expression de langue anglaise « Light Detection and Ranging »
MNE	Modèle numérique d'élévation
MNEHR	Modèle numérique d'élévation de haute résolution
MNS	Modèle numérique de surface
MNT	Modèle numérique de terrain
NAD83 (SCRS)	Système de référence nord-américain de 1983 (Système canadien de référence spatiale)
NMM	Niveau moyen des mers
RNCan	Ressources naturelles Canada
TIN	Réseau triangulé irrégulier (Triangular Irregular Network)
UTM	Projection Transverse universelle de Mercator (Universal Transverse Mercator)
WGS84	Système géodésique mondial de 1984 (World Geodetic System 1984)

## **TERMES ET DÉFINITIONS**

### **Altitude (élévation) orthométrique**

C'est l'altitude d'un point par rapport au géoïde. Elle est mesurée dans la direction du fil à plomb, c'est-à-dire dans la direction de la perpendiculaire aux surfaces équipotentielles.

### **ArcticDEM**

ArcticDEM est une initiative publique-privée entre les organisations National Geospatial-Intelligence Agency et National Science Foundation visant à produire automatiquement un MNS à haute résolution et de grande qualité de l'Arctique à l'aide d'images stéréographiques optiques, de système informatique haute performance et de logiciels de photogrammétrie libres (Open Source). Le produit est une collection de bandes de MNE dépendantes du temps et une mosaïque de terrain continu qui peuvent être distribuées sans restriction. Les MNEs ont été créés à partir d'imagerie de Digital Globe inc. et financés par les bourses 1043681, 1559691 et 1542736 de National Science Foundation.

### **CanÉlévation**

Série de produits d'élévation créée pour appuyer la Stratégie nationale de données d'élévation mise en œuvre par Ressources naturelles Canada (RNCa).

### **Densité nominale globale des impulsions (DNGI)**

La densité nominale globale des impulsions (DNGI) est une variante de la densité nominale des impulsions qui exprime la densité totale attendue ou réelle des impulsions dans un secteur donné et découlant de survols multiples de l'instrument de détection et de télémétrie par ondes lumineuses (lidar), ou d'un survol unique d'une plateforme comprenant plusieurs capteurs lidar, au-dessus d'un même secteur. À tout autre égard, la DNGI est identique à la densité nominale des impulsions (DNI). Lors d'une collecte de données par passage unique, la DNGI et la DNI seront équivalentes.

### **Lidar**

De l'expression en langue anglaise « Light Detection and Ranging ». Il s'agit d'une méthode de télédétection qui utilise la lumière sous forme de laser pulsé pour mesurer les distances (distances variables) à la Terre.

### **Réseau hydrographique national**

Le Réseau hydrographique national (RHN) vise à fournir une description géométrique de qualité et un ensemble d'attributs de base décrivant les eaux de surface intérieures du Canada. Il fournit des données géospatiales numériques, conformément à la Norme RHN, tel que lacs, réservoirs, cours d'eau (fleuves, rivières et ruisseaux), canaux, îles, réseau linéaire de drainage, toponymes, constructions et obstacles associés aux eaux de surface, etc. Les meilleures données fédérales et provinciales sont utilisées pour sa production, laquelle s'effectue conjointement par le fédéral et les partenaires des provinces et territoires intéressés. Le RHN est créé à partir de données existantes à l'échelle de 1/50 000 ou mieux.

### **Métadonnées**

Les métadonnées résument l'information de base à propos des données, ce qui peut faciliter la découverte et le travail avec les jeux de données.

### **Modèle numérique d'élévation (MNE)**

Représentation numérique du relief constituée d'une matrice de valeurs d'élévations relatives à une surface de référence commune et correspondant à un réseau régulier de points de la surface terrestre. Ces élévations peuvent être celles du sol ou de toute autre surface réfléchive.

### **Modèle numérique de surface (MNS)**

Représentation de la surface de la Terre incluant la végétation et les structures créées par l'homme. Le modèle numérique de surface (MNS) fournit la hauteur de la végétation, de la canopée et des structures par rapport au datum vertical.

### **Modèle numérique de terrain (MNT)**

Représentation de la surface du sol nu sans aucun objet comme la végétation et les structures créées par l'homme. Le modèle numérique de terrain (MNT) fournit la hauteur du sol par rapport au datum vertical.

### **Nuage de points lidar**

Le nuage de points lidar est le produit de données principal d'un système lidar. Dans sa forme la plus élémentaire, un nuage de points bruts lidar est un ensemble de mesures de la distance et de paramètres d'orientation du capteur. Après le traitement initial, la distance et l'orientation associées à chacune des impulsions laser sont converties en une position dans un cadre tridimensionnel de référence. Dans sa forme finale, les points du nuage de points lidar sont classifiés en fonction de diverses classes comme le sol, le bruit, les bâtiments et les structures de ponts. Ce nuage de points classifiés et cohérents dans l'espace constitue la base en vue d'un traitement et d'une analyse plus poussés. De façon générale, le nuage de points comprend habituellement le premier retour, le dernier retour et les retours intermédiaires pour chacune des impulsions laser émises.

### **Système canadien de référence altimétrique de 2013 (CGVD2013)**

Le système canadien de référence altimétrique de 2013 (CGVD2013) est le standard de référence pour les altitudes à travers le Canada. Ce système a remplacé le Système canadien de référence altimétrique de 1928 (CGVD28). Pour plus d'information sur le CGVD2013, visitez la ressource suivante: <https://www.rncan.gc.ca/cartes-outils-et-publications/systemes-referance-geodesiques/le-systeme-canadien-referance-spatiale-scrs/9053>

### **Système de référence nord-américain de 1983 SCRS (NAD83(SCRS))**

Le système de référence nord-américain de 1983 SCRS (NAD83(SCRS)) est le système officiel de référence géométrique au Canada. Le NAD83(SCRS) est une représentation 3D dynamique du NAD83(Original) adaptée au Canada. RNCAN maintient le NAD83(SCRS) aligné sur la plaque nord-américaine à l'aide d'une estimation du mouvement de la plaque. Pour plus d'information sur le NAD83(SCRS), visitez la ressource suivante: <https://www.rncan.gc.ca/cartes-outils-et-publications/systemes-referance-geodesiques/le-systeme-canadien-referance-spatiale-scrs/9053>

### **World Geodetic System 1984 (WGS84)**

Le WGS84 est un système de référence terrestre et un système de données géodésiques centrés sur la Terre et fixés sur la Terre. Le WGS84 est basé sur un ensemble cohérent de constantes et de paramètres de modèle qui décrivent la taille, la forme et les champs gravitationnels et géomagnétiques de la Terre.

## TABLE DES MATIÈRES

<b>ACRONYMES</b> .....	<b>iv</b>
<b>TERMES ET DÉFINITIONS</b> .....	<b>v</b>
<b>1. Aperçu</b> .....	<b>1</b>
1.1 Titre.....	1
1.2 Date de référence .....	1
1.3 Responsable du produit.....	1
1.4 Langue .....	1
1.5 Description informelle du produit .....	1
<b>2. Identification des données</b> .....	<b>3</b>
2.1 Résolution spatiale.....	3
2.2 Langue .....	3
2.3 Jeu de caractères .....	3
2.4 Catégories de sujets .....	3
2.5 Rectangle géographique englobant.....	3
2.6 Description géographique.....	4
2.7 Étendue.....	4
2.8 Information supplémentaire .....	4
2.8.1 Élévation .....	4
2.8.2 Étendues d'eau .....	4
2.8.3 Zones vides.....	5
2.8.4 Contrôle de la qualité .....	5
2.8.5 Couche vectorielle illustrant une zone potentielle d'artefacts.....	5
<b>3. Caractéristiques géospatiales</b> .....	<b>5</b>
3.1 Type de représentation spatiale .....	5
3.2 Représentation spatiale .....	5
3.3 Couverture et continuité.....	5
3.4 Résolution .....	6
3.5 Segmentation des données .....	6
<b>4. Modèle de données</b> .....	<b>6</b>
<b>5. Dictionnaire de données/Catalogue d'entités</b> .....	<b>6</b>
<b>6. Système de référence</b> .....	<b>6</b>
6.1 Système de référence planimétrique .....	6
6.1.1 Système de coordonnées planimétriques .....	6
6.1.2 Unité de mesure planimétrique (unités axiales du système de coordonnées) .....	6
6.2 Système de référence altimétrique .....	6
6.2.1 Unité de mesure altimétrique (unités axiales du système de coordonnées).....	6

<b>7. Qualité des données .....</b>	<b>7</b>
7.1 Portée .....	7
7.2 Généalogie.....	7
7.3 Intégralité .....	7
7.4 Cohérence logique.....	7
7.5 Exactitude du positionnement.....	7
7.6 Précision temporelle .....	8
7.7 Précision thématique (attributs) .....	8
<b>8. Métadonnées.....</b>	<b>8</b>
<b>9. Présentation des données/Format de transfert des données/Modèle physique .....</b>	<b>8</b>
<b>10. Acquisition et maintenance des données.....</b>	<b>8</b>
<b>11. Livraison des données du MNEHR .....</b>	<b>8</b>
11.1 Information relative au format .....	8
11.2 Information relative au support .....	8
11.3 Utilisation des données et restrictions .....	9
11.4 Extraction des données .....	9
11.4.1 Arborescence des répertoires.....	9
11.4.2 Identifiant des tuiles .....	9
11.5 Données dérivées .....	11
11.5.1 Carte de relief ombré .....	11
11.5.2 Carte de relief couleur .....	12
11.5.3 Carte de relief ombré couleur .....	12
11.5.4 Carte de pente .....	13
11.5.5 Carte d'aspect.....	13
11.6 Mosaïque par projet en format <i>Cloud Optimized GeoTIFF (COG)</i> .....	13
11.6.1 Découverte des données .....	13
11.6.2 Ressources disponibles .....	14



## 1. Aperçu

### 1.1 Titre

Modèle numérique d'élévation de haute résolution : Spécifications du produit

### 1.2 Date de référence

2022-11-15

### 1.3 Responsable du produit

Ressources naturelles Canada  
Secteur de la politique stratégique et de l'innovation  
Centre canadien de cartographie et d'observation de la Terre  
Service à la clientèle

Téléphone : +01-819-564-4857 / sans frais : 1-800-661-2638 (Canada et États-Unis)

Télécopieur : +01-819-564-5698

Courriel : [geoinfo@nrca-nrcan.gc.ca](mailto:geoinfo@nrca-nrcan.gc.ca)

URL : <https://ouvert.canada.ca/fr/cartes-ouvertes>

### 1.4 Langue

Langues dans lesquelles les spécifications du produit sont disponibles selon la norme ISO 639-2 :

fra – Français

eng – Anglais

### 1.5 Description informelle du produit

L'élévation est un thème essentiel de l'information géographique fourni par Ressources naturelles Canada (RNCa) aux Canadiens. Les nouvelles technologies, y compris les données lidar, offrent la possibilité d'améliorer les informations, les produits et les services d'élévation. Les besoins en données d'élévation continuent de croître et deviennent plus spécialisés, et les technologies d'acquisition pour ce type de données deviennent de plus en plus accessibles et performantes.

Ces spécifications de produit portent sur le Modèle numérique d'élévation de haute résolution (MNEHR) qui inclut le modèle numérique de terrain (MNT), le modèle numérique de surface (MNS) et d'autres données dérivées. Il fait partie de la Série CanÉlévation créée pour appuyer la Stratégie nationale de données d'élévation mise en oeuvre par RNCa. Cette stratégie vise à accroître la couverture du Canada en données d'élévation de haute résolution et à augmenter l'accessibilité des produits. La stratégie d'acquisition comporte deux principales composantes : le nord et le sud de la limite de forêt productive (voir figure 1). La limite de forêt productive est utilisée pour séparer les parties nord et sud du pays. Cette ligne est approximative et peut changer selon les besoins.

En raison de la grande similitude entre les jeux de données MNS et MNT au nord du pays, dûe à la faible densité de végétation et d'infrastructures, seuls les jeux de données MNS sont générés au nord de la limite de forêt productive. Ceci devrait satisfaire les nombreux besoins concernant la géologie, l'adaptation au changement climatique, les risques naturels et le support à l'étude du plateau continental polaire. Pour l'instant, les jeux de données sont générés à partir d'autocorrélation d'images satellitaires optiques à haute résolution, mais d'autres méthodes de télédétection, telles que l'interférométrie radar, pourront être utilisées pour compléter la couverture. À l'occasion, des données lidar aéroporté peuvent être acquises dans le nord pour répondre aux besoins de certains projets. Les données du projet ArcticDEM sont utilisées par RNCa pour augmenter la couverture en données d'élévation de haute résolution dans la partie nord du Canada.

Dans la partie sud du pays (au sud de la limite de forêt productive), des données d'élévation plus précises telles que les données lidar aéroporté sont nécessaires pour l'inventaire des forêts, la surveillance côtière, la cartographie des plaines inondables, l'agriculture de précision, les infrastructures, etc. Le gouvernement fédéral travaille présentement en partenariat avec les provinces et territoires pour libérer les données lidar aéroporté existantes et participer à de nouvelles acquisitions. Les jeux de données MNS et MNT de cette région sont produits à partir des données lidar aéroporté.

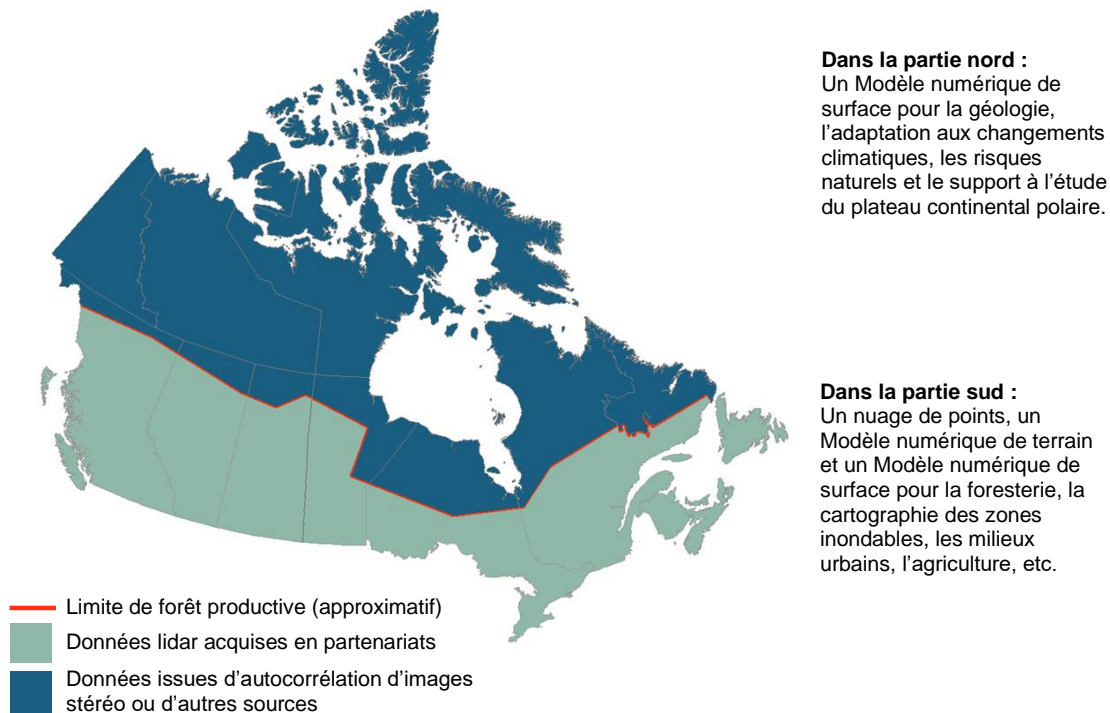


Figure 1: Plan général d'acquisition de la stratégie d'élévation

Le produit MNEHR est créé pour fournir des données de haute précision avec un minimum de distorsion pour des besoins locaux. Afin d'assurer la cohérence, les données sont distribuées par projet d'acquisition.

Le produit MNEHR est référencé au Système canadien de référence altimétrique de 2013 (CGVD2013) qui est maintenant le nouveau standard de référence pour les altitudes orthométriques à travers le Canada.

Des données dérivées (couches), soit des cartes de pente, d'aspect, de relief ombré, de relief couleur et de relief ombré couleur sont disponibles pour les jeux de données MNT.

Des données dérivées (couches), soit des cartes de relief ombré, de relief couleur et de relief ombré couleur sont disponibles pour les jeux de données MNS.

### MNEHR au sud

Les jeux de données MNS et MNT générés à partir de données lidar aéroporté sont principalement situés au sud de la limite de forêt productive. Ils sont offerts à une résolution de 1 m ou 2 m, en fonction de la densité nominale globale des impulsions (DNGI) des données sources, et projetés selon le système de coordonnées UTM NAD83 (SCRS) et ses zones correspondantes.

## MNEHR au nord

La majorité des jeux de données MNS au nord de la limite de forêt productive ont pour source de données des images optiques. Ces jeux de données sont générés à une résolution de 2 m et selon le système de coordonnées Stéréographique polaire nord référencé au datum horizontal WGS84.

## 2. Identification des données

### 2.1 Résolution spatiale

La résolution spatiale des produits du MNEHR dépend des sources de données.

Les jeux de données générés à partir de données lidar aéroporté sont offerts à une résolution de 1 m ou 2 m selon la densité des données sources. Lorsque la DNGL des données sources est supérieure ou égale à 2 impulsions/m<sup>2</sup>, les produits du MNEHR sont générés à une résolution de 1 m. Lorsque la DNGL des données sources est inférieure à 2 impulsions/m<sup>2</sup>, les produits sont générés à une résolution de 2 m.

Lorsque les données sources sont des images optiques, les jeux de données sont offerts à une résolution de 2 m.

### 2.2 Langue

SANS OBJET

### 2.3 Jeu de caractères

SANS OBJET

### 2.4 Catégories de sujets

Selon le Thésaurus des sujets de base du gouvernement du Canada, le produit MNEHR est classé selon le mot-clé suivant :

- Données numériques d'élévation

Mots-clés en texte libre :

- Carte d'aspect
- Carte de pente
- Lidar
- Modèle numérique d'élévation
- Modèle numérique de surface
- Modèle numérique de terrain
- Carte de relief couleur
- Carte de relief ombré
- Carte de relief ombré couleur

### 2.5 Rectangle géographique englobant

La production du MNEHR se fera sur une période de plusieurs années et couvrira le rectangle géographique englobant ou rectangle limite suivant :

- Coordonnée de délimitation ouest : 142° ouest (ou -142°)
- Coordonnée de délimitation est : 52° ouest (ou -52°)
- Coordonnée de délimitation nord : 84° nord (ou 84°)
- Coordonnée de délimitation sud : 41° nord (ou 41°)

## 2.6 Description géographique

La région géographique englobe les étendues de terre et d'eau du territoire du Canada. Dans certains cas, la couverture d'un projet peut s'étendre à d'autres juridictions.

## 2.7 Étendue

Le domaine vertical d'un jeu de donnée est l'étendue des valeurs d'élévation comprises entre la plus élevée et la plus basse pour ce jeu de données. L'étendue suivant la verticale est exprimée en mètres et au Canada l'élévation maximum est de 5 959 mètres (Mont Logan).

## 2.8 Information supplémentaire

### 2.8.1 Élévation

Les valeurs d'élévation des jeux de données MNT représentent la surface du sol sans aucun objet comme la végétation et les structures créées par l'homme.

Les valeurs d'élévation des jeux de données MNS représentent la surface au-dessus de la végétation (canopée) et les structures créées par l'homme.



Figure 2 : Représentations de MNT (DTM) et MNS (DSM) (source : Wikipédia)

### 2.8.2 Étendues d'eau

#### Données sources provenant de données lidar aéroporté :

En raison des propriétés du lidar utilisé, les impulsions sont absorbées par l'eau, réduisant ainsi la densité de points dans les étendues d'eau. Les MNEs dérivés des points lidar, générés sans ligne de cassure (breakline), représentent les étendues d'eau avec des artefacts et des données nulles (void data) découlant de l'interpolation et du processus de remplissage affectant ainsi la précision.

#### Données sources provenant d'imagerie optique :

En raison des conditions de surface lors de l'acquisition de l'imagerie optique, plusieurs étendues d'eau contiennent des artefacts, des zones de forte rugosité ou des secteurs sans donnée sur le MNS brut ArcticDEM à 2 m de résolution.

Lors de l'intégration de ces MNS dans le produit MNEHR, lorsque possible, un aplanissement des lacs a été effectué à l'aide de couches vectorielles du [Réseau hydrographique national](#). Pour ce faire, l'élévation minimum trouvée en bordure d'un lac a été attribuée à tous les pixels localisés à l'intérieur des limites du lac. Les petites zones sans données restantes en bordure de lacs ont ensuite été remplies par interpolation de pixels à partir des pixels valides autour de la limite des zones. En ce qui a trait aux rivières, les zones de forte rugosité identifiées à l'intérieur de celles-ci ont été converties en zones vides.

### 2.8.3 Zones vides

Les zones vides (pour lesquelles il n'y a pas de données) sont représentées par des valeurs d'élévation de -32 767.

Les produits générés à partir de données lidar aéroporté peuvent contenir des pixels vides aux endroits où il y a un manque de données lidar. L'absence de points est causée par l'absorption du signal lidar par les surfaces, l'obstruction du signal lidar, une panne d'instrument ou un problème de planification de vol.

Lorsque les données sources sont des images optiques, les obstructions atmosphériques et les conditions environnementales telles que les nuages, le brouillard, les ombres, les forts reliefs et la poussière empêchent l'obtention de données d'élévation de grande qualité. Les eaux libres, la végétation et l'homogénéité du sol peuvent également causer des vides ou des artefacts.

### 2.8.4 Contrôle de la qualité

Le contrôle de la qualité des données sources est assuré par le partenaire responsable de son acquisition. De ce fait, les données ne sont pas homogènes entre les projets.

Le contrôle de la qualité des jeux de données MNEHR est effectué de manière visuelle par RNCAN.

### 2.8.5 Couche vectorielle illustrant une zone potentielle d'artefacts

En raison des conditions de surface lors de l'acquisition et des méthodes de traitements du produit ArcticDEM, les jeux de données MNEHR pour la partie nord peuvent encore contenir des artefacts non corrigés sur terre ferme ou sur océan. Ces artefacts sont notamment assez présents en bordure de zones vides.

Pour les jeux de données MNEHR dans la partie nord sur lesquels des artefacts sont encore présents, un fichier shapefile contenant des polygones qui englobent les zones de forts potentiels d'artefacts est fourni. Cette couche vectorielle est créée manuellement lors de l'inspection visuelle et vise à guider les utilisateurs afin d'éviter une interprétation erronée des jeux de données. À noter qu'il est possible que certains artefacts visuellement difficiles à distinguer ne soient pas représentés dans cette couche vectorielle. Chaque fichier shapefile est zippé dans le même répertoire que les produits et selon la nomenclature suivante: <Localisation>\_Potential\_Artifacts\_Areas.zip.

Exemple: 32\_23\_1\_1\_Potential\_Artifacts\_Areas.zip

## 3. Caractéristiques géospatiales

### 3.1 Type de représentation spatiale

Le format de grille est utilisé pour représenter les données altimétriques.

### 3.2 Représentation spatiale

Les jeux de données générés à partir de données lidar aéroporté à une résolution de 1 m couvrent une zone de 10 km X 10 km alors que les jeux de données à une résolution de 2 m couvrent une zone de 20 km X 20 km.

Lorsque les données sources sont des images optiques, les jeux de données couvrent une zone de 50 km X 50 km à une résolution de 2 m.

### 3.3 Couverture et continuité

La couverture complète du territoire canadien est mise en place graduellement. Les jeux de données MNEHR sont traités et rendus disponibles au fur et à mesure de leur acquisition.

Les données sources du produit MNEHR sont acquises par des projets multiples de différents partenaires. Comme les données sont acquises par projet, il n'y a pas d'intégration et d'ajustement vertical entre les projets. Toutefois, on retrouve un alignement des tuiles entre elles.

### 3.4 Résolution

Les jeux de données générés à partir de données lidar aéroporté sont produits à une résolution de 1 m ou 2 m selon la DNGI des données sources. Lorsque les données sources sont des images optiques, le MNEHR est produit à une résolution de 2 m.

### 3.5 Segmentation des données

SANS OBJET

## 4. Modèle de données

SANS OBJET

## 5. Dictionnaire de données/Catalogue d'entités

Le [Modèle de métadonnées MNEHR](#) fournit de l'information sur les attributs du polygone de métadonnées qui décrit la ressource.

## 6. Système de référence

### 6.1 Système de référence planimétrique

Système canadien de référence spatiale (NAD83 (SCRS)) (EPSG:6140) au sud ou WGS84 (EPSG:6326) au nord.

#### 6.1.1 Système de coordonnées planimétriques

Les jeux de données MNEHR sont générés sous un système de référence métrique. La projection Stéréographique polaire nord (EPSG:3413) est utilisée pour les jeux de données situés au nord du 60<sup>e</sup> parallèle. Ailleurs au Canada, la projection UTM est utilisée. Dans les cas où un produit chevauche 2 zones UTM, il est distribué dans chacune des zones UTM dont les côtés sont prolongés de 1 degré afin de couvrir le plus grand territoire possible et minimiser les distorsions à l'intérieur d'une même zone.

#### 6.1.2 Unité de mesure planimétrique (unités axiales du système de coordonnées)

Le mètre est utilisé.

### 6.2 Système de référence altimétrique

Les élévations sont orthométriques et exprimées par rapport au Système canadien de référence altimétrique de 2013 (CGVD2013) (EPSG:6647).

Source : <https://www.rncan.gc.ca/sciences-terre/geomatique/systemes-referance-geodesique/9055>.

#### 6.2.1 Unité de mesure altimétrique (unités axiales du système de coordonnées)

L'unité de mesure pour stocker les données suivant la verticale est le mètre. Les élévations sont exprimées en nombres à virgule flottante.

## 7. Qualité des données

### 7.1 Portée

SANS OBJET

### 7.2 Généalogie

#### Données sources provenant de données lidar aéroporté :

Les jeux de données MNT sont générés à partir de données lidar en utilisant seulement les points de classification sol et eau. L'algorithme utilisé crée un TIN temporaire à partir de la triangulation des points lidar puis transforme le TIN en données matricielles pour créer un MNE. Les petites zones sans données sont remplies par interpolation de pixel à partir des pixels valides autour de la limite des zones.

Les jeux de données MNS sont générés à partir de données lidar en utilisant seulement les points les plus hauts. L'algorithme utilisé crée un TIN temporaire à partir de la triangulation des points lidar puis transforme le TIN en données matricielles pour créer un MNE. Les petites zones sans données sont remplies par les valeurs de pixels du MNT.

#### Données sources provenant d'imagerie optique :

Les jeux de données MNS à 2 m de résolution sont créés par le Polar Geospatial Center (Université du Minnesota) à partir des meilleurs MNS par couple stéréographique (résolution de 2 m) qui ont été alignés et fusionnés pour réduire les zones vides et les artefacts dus à l'intégration horizontale. Les données altimétriques ICESat ont été appliquées au fichier matriciel pour améliorer l'exactitude absolue. Les MNS par couple stéréographique ont été préalablement générés en appliquant les techniques d'autocorrélation d'images satellites optiques de haute-résolution (voir l'article de Noh et Howat (2017)\* pour plus de renseignements sur l'algorithme). Lors de l'intégration au produit MNEHR, les MNS à 2 m de résolution ont subi des transformations dans les étendues hydrographiques, tel qu'expliqué à la section 2.8.2, et les élévations ont été converties dans le datum CGVD2013.

\* Noh, M. J., & Howat, I. M. (2017). The Surface Extraction from TIN based Search-space Minimization (SETSM) algorithm. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 129, 55-76.

### 7.3 Intégralité

SANS OBJET

### 7.4 Cohérence logique

SANS OBJET

### 7.5 Exactitude du positionnement

Pour les produits MNEHR dérivés du lidar, les exactitudes inscrites dans la *File Geodatabase* de métadonnées d'un projet (voir section 8) sont celles de la donnée lidar du projet en question. Généralement, les produits MNEHR générés à partir de données lidar aéroporté ont une exactitude meilleure que 1 m.

Pour les produits MNEHR provenant du projet ArcticDEM, la valeur d'exactitude mentionnée dans la *File Geodatabase* de métadonnées est l'exactitude verticale du MNS à 90% de niveau de confiance (LE90 = Écart-type X 1.6449), soit 1,6 m. Dans cette formule, l'écart-type provient de Candela et al. (ArcticDEM Validation and Accuracy Assessment, Conférence AGU, Décembre 2017) et correspond à l'écart-type de la différence entre des MNS ArcticDEM et des points lidar (satellite ICESat et points lidar G-LiHT de la NASA). La précision verticale est moins bonne en bordure des étendues d'eau étant donné l'aplanissement effectué à l'aide du Réseau hydrographique national.

## 7.6 Précision temporelle

SANS OBJET

## 7.7 Précision thématique (attributs)

SANS OBJET

## 8. Métadonnées

Le produit MNEHR possède un enregistrement de métadonnées conforme au *Profil nord-américain de la norme ISO 19115:2003 – Information géographique – Métadonnées*.

Les métadonnées du produit MNEHR sont composées de polygones et d'attributs. Elles sont distribuées en format ESRI File Geodatabase (.gdb). Les attributs fournis avec les polygones sont divisés en trois catégories. Entre autres, chaque catégorie traite de :

- Métadonnées
  - Étendue temporelle
  - Description
  - Résumé
  - Titre
  - Exactitudes planimétrique et altimétrique
- Contraintes légales
  - Restriction d'utilisation
  - Type de contrainte légale
  - Type de restriction
- Source
  - Description
  - Titre
  - Série
  - Nom de l'organisation

Voir la section 5 pour le modèle complet de ces métadonnées.

## 9. Présentation des données/Format de transfert des données/Modèle physique

SANS OBJET

## 10. Acquisition et maintenance des données

SANS OBJET

## 11. Livraison des données du MNEHR

### 11.1 Information relative au format

Le format d'échange des jeux de données est GeoTIFF.

### 11.2 Information relative au support

SANS OBJET



### 11.3 Utilisation des données et restrictions

L'information relative à l'utilisation des données est détaillée dans la Licence du gouvernement ouvert - Canada (<http://ouvert.canada.ca/fr/licence-du-gouvernement-ouvert-canada>).

### 11.4 Extraction des données

Les produits MNEHR peuvent être extraits sous forme de tuiles qui sont disponibles sur le site FTP de [Cartes ouvertes](#).

Afin d'assurer une uniformité dans la taille et l'orientation des produits, les tuiles sont alignées entre elles.

Extraction par tuile

#### 11.4.1 Arborescence des répertoires

Tous les produits disponibles peuvent être découverts sur le site FTP de [Cartes ouvertes](#) et l'arborescence des répertoires suit le modèle : [http://ftp.maps.canada.ca/pub/elevation/dem\\_mne/highresolution\\_hauteresolution/<ProductType\\_TypeProduit>/<Résolution>/<Fournisseur>/<Projet>/<SystèmeCoordonnées>/<NomFichier>.tif](http://ftp.maps.canada.ca/pub/elevation/dem_mne/highresolution_hauteresolution/<ProductType_TypeProduit>/<Résolution>/<Fournisseur>/<Projet>/<SystèmeCoordonnées>/<NomFichier>.tif).

- *ProductType\_TypeProduit* : Soit dsm\_mns (Modèle numérique de surface) ou dtm\_mnt (Modèle numérique de Terrain).
- *Résolution* : Soit 1m ou 2m.
- *Fournisseur* : Organisation qui produit les données sources.
- *Projet* : Nom du projet d'acquisition.
- *SystèmeCoordonnées* : Soit UTM et le numéro de zone ou polarstereo.
- *NomFichier* : Nom de la tuile. Référez à la section suivante pour l'identifiant des tuiles.

Exemples:

[http://ftp.maps.canada.ca/pub/elevation/dem\\_mne/highresolution\\_hauteresolution/dtm\\_mnt/2m/QC/2011\\_PLAISANCE-PAPINEAU\\_MTM09/utm18/dtm\\_2m\\_utm18\\_e\\_0\\_52.tif](http://ftp.maps.canada.ca/pub/elevation/dem_mne/highresolution_hauteresolution/dtm_mnt/2m/QC/2011_PLAISANCE-PAPINEAU_MTM09/utm18/dtm_2m_utm18_e_0_52.tif)

[http://ftp.maps.canada.ca/pub/elevation/dem\\_mne/highresolution\\_hauteresolution/dsm\\_mns/2m/arcticdem/32\\_23/polarstereo/dsm\\_2m\\_polarstereo\\_32\\_23\\_1\\_1.tif](http://ftp.maps.canada.ca/pub/elevation/dem_mne/highresolution_hauteresolution/dsm_mns/2m/arcticdem/32_23/polarstereo/dsm_2m_polarstereo_32_23_1_1.tif)

#### 11.4.2 Identifiant des tuiles

Chaque projet est tuilé en fichier de taille gérable. Les identifiants de tuiles sont basés sur le modèle suivant : [<Produit>\\_<Résolution>\\_<Localisation>.tif](#).

- *Produit* : Soit le type de produit (MNS ou MNT) ou *DonnéeDérivée\_TypeProduit* où donnée dérivée est soit aspect (aspect), slope (pente), hillshade (relief ombré), colorhillshade (relief ombré couleur) ou color (relief couleur).
- *Résolution* : Soit 1m ou 2m.
- *Localisation* : La localisation de la tuile s'exprime différemment selon que le système de coordonnées est UTM ou Stéréographique polaire nord.

#### Localisation des tuiles lorsque le système de coordonnées est UTM :

La localisation de la tuile est définie par rapport au centre de la zone UTM et la latitude la plus au sud du Canada, ce qui correspond en coordonnées UTM à 500 000 et 4 000 000. La localisation est exprimée de la façon suivante :

[<Localisation>](#) = SystemeCoordonnees\_E/W\_X\_Y

- La valeur *utm* et le numéro de zone sont insérés pour le système de coordonnées.

- E ou W – une valeur d'emplacement pour indiquer si la tuile est située à l'est (E) ou à l'ouest (W) du méridien central de la zone UTM.
- X - une valeur numérique pour indiquer le nombre de tuiles à partir du méridien central de la zone UTM.
- Y - une valeur numérique pour indiquer le nombre de tuiles à partir de l'origine Y.

Exemple : utm19\_w\_0\_61

utm19_w_0_61	utm19_e_0_61	utm19_e_1_61
utm19_w_0_60	utm19_e_0_60	utm19_e_1_60

Figure 3: identifiant des tuiles lorsque le système de coordonnées est UTM

#### Localisation des tuiles lorsque le système de coordonnées est Stéréographique polaire nord :

La localisation des tuiles (50 km X 50 km) est basée sur les noms de fichiers de la mosaïque ArcticDEM et s'exprime de la façon suivante :

<Localisation> = SystemeCoordonnees\_Colonne\_Ligne\_SousTuile

- La valeur *polarstereo* est insérée pour le système de coordonnées.
- Une combinaison Colonne\_Ligne (ex : 32\_23) représente une superficie de 100 km X 100 km. Pour le territoire canadien, les tuiles se situent à l'intérieur des colonnes 10 (limite est) à 43 (limite ouest), et des lignes 08 (limite sud) à 38 (limite nord), inclusivement.
- Une combinaison Colonne\_Ligne est divisée en quatre sous-tuiles de 50 km X 50 km, soit les sous-tuiles 1\_1, 1\_2, 2\_1 et 2\_2 (voir figure 4).

Exemple : polarstereo\_32\_23\_1\_1

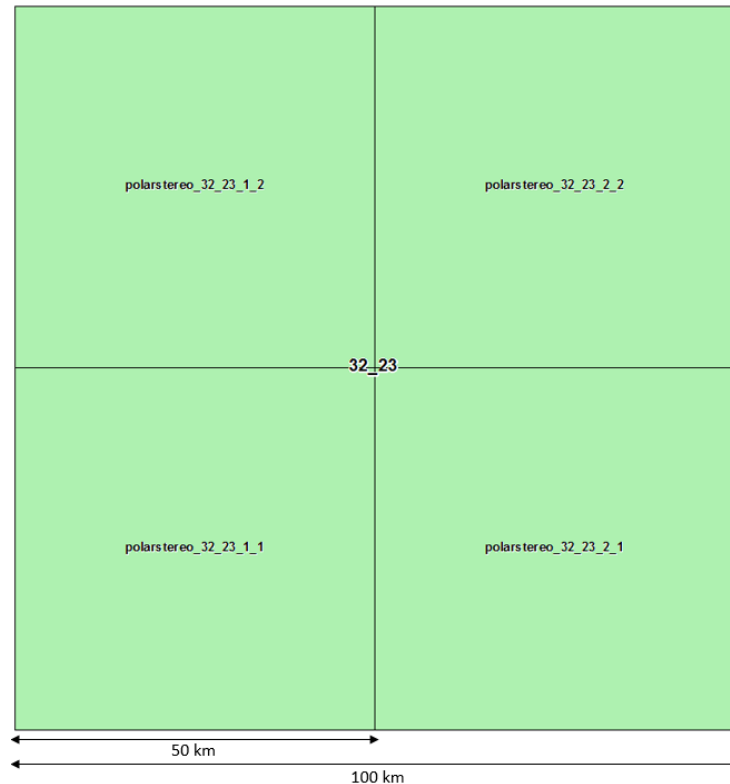


Figure 4: identifiant des tuiles lorsque le système de coordonnées est Stéréographique Polaire Nord

## 11.5 Données dérivées

En plus des MNT et MNS proprement dits, les données sont disponibles sous forme de données dérivées (couches) telles que définies ci-après :

### 11.5.1 Carte de relief ombré

Représentation du relief qui fait ressortir les variations d'illumination et d'ombrage suivant l'élévation et la pente, sous une source d'éclairage située dans une direction et à une hauteur donnée. Le résultat procure une image matricielle en tons de gris à 8 bits qui permet une visualisation réaliste de la topographie. Cette couche est distribuée à la fois pour les jeux de données MNT et MNS.

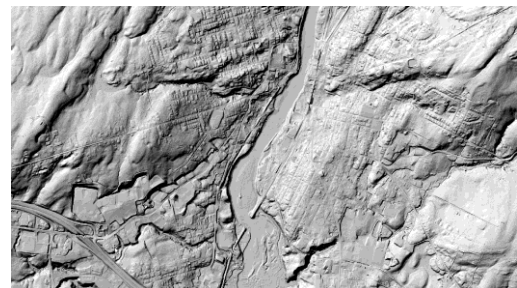


Figure 5: Carte de relief ombré d'un MNT

#### Paramètres

**Azimut :** Direction de la source lumineuse, entre 0 et 360, mesurée en degrés dans le sens horaire, à partir de la direction du nord.

Valeur par défaut : 315.

**Hauteur :** Direction verticale de la source lumineuse, mesurée de 0 (horizon) à 90 degrés (zénith).

Valeur par défaut : 45

**Facteur z :** Facteur d'exagération verticale.

Valeur par défaut : 5.



Figure 6: Carte de relief ombré d'un MNS

### 11.5.2 Carte de relief couleur

Représentation du relief dans laquelle les élévations sont associées à des couleurs différentes suivant leur valeur. Le produit résultant est une image matricielle à 3 bandes (RVB) dont la gradation des couleurs reflète les élévations, conformément à une table de correspondance prédéfinie. Cette couche est distribuée à la fois pour les jeux de données MNT et MNS.

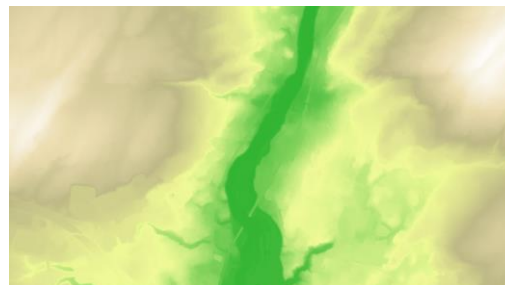


Figure 7 : Carte de relief couleur d'un MNT

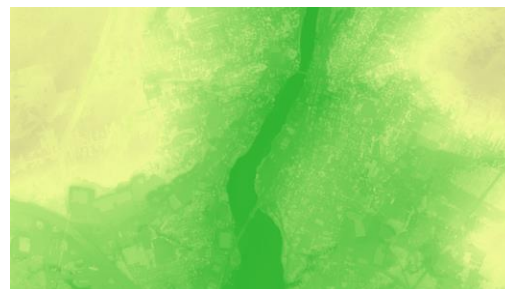


Figure 8: Carte de relief couleur d'un MNS

### 11.5.3 Carte de relief ombré couleur

Représentation du relief combinant une image relief couleur, dans laquelle les élévations sont associées à des couleurs différentes suivant leur valeur, et une image relief ombré, dans laquelle l'éclairage fait ressortir les élévations et les pentes. Le produit résultant est une image matricielle à 3 bandes (RVB) dont l'intensité des couleurs varie pour produire une visualisation réaliste de la topographie. Cette couche est distribuée à la fois pour les jeux de données MNT et MNS.

#### Paramètres

**Azimut :** Direction de la source lumineuse, entre 0 et 360, mesurée en degrés dans le sens horaire, à partir de la direction du nord.

Valeur par défaut : 315.

**Hauteur :** Direction verticale de la source lumineuse, mesurée de 0 (horizon) à 90 degrés (zénith).

Valeur par défaut : 45.

**Facteur z :** Facteur d'exagération verticale.

Valeur par défaut : 5.

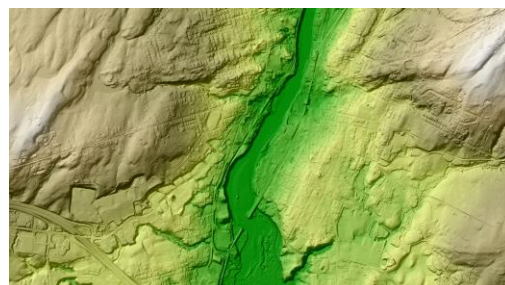


Figure 9 : Carte de relief ombré couleur d'un MNT



Figure 10 : Carte de relief ombré couleur d'un MNS

#### 11.5.4 Carte de pente

Représentation dérivée du relief dans laquelle chaque pixel prend la valeur de la plus forte pente (la mesure de la variation en élévation par rapport à la distance, en degrés par rapport à l'horizontale ou en pourcentage) à l'endroit correspondant de la surface représentée. Le produit résultant est une image matricielle à 32 bits des valeurs de pente. Cette couche est distribuée pour le jeu de données MNT.



Figure 11 : Carte de pente

##### Paramètre

Type de pente : La pente peut être exprimée en pourcentage ou en degrés.

Valeur par défaut : degrés.

#### 11.5.5 Carte d'aspect

Représentation dérivée du relief dans laquelle chaque pixel prend la valeur de l'azimut vers lequel est orientée la pente. Cet azimut a une valeur comprise entre 0 à 360 et est mesuré en degrés, dans le sens horaire, à partir de la direction du nord. Il peut aussi prendre la valeur -9999 dans les régions planes où la pente est nulle. Le produit résultant est une image matricielle à 32 bits des valeurs d'azimut. Cette couche est distribuée pour le jeu de données MNT.

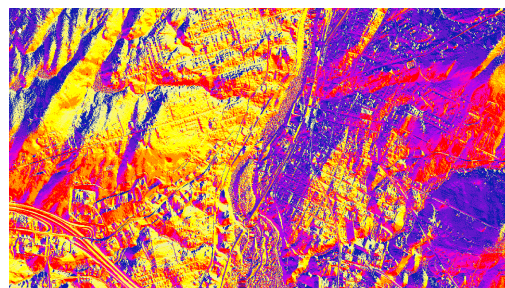


Figure 12 : Carte d'aspect

### 11.6 Mosaïque par projet en format *Cloud Optimized GeoTIFF (COG)*

Les données MNEHR sont également offertes sous forme d'une mosaïque par projet en format *Cloud Optimized GeoTIFF (COG)*. Le format COG permet une diffusion efficace des données, car les outils et les logiciels compatibles peuvent désormais accéder à distance uniquement les portions de données dont ils ont besoin, ce qui simplifie la gestion des données et améliore les temps d'accès. Le format COG étant directement basé sur le format GeoTIFF, il permet à tous les types de logiciels existants de lire ces fichiers sans aucune autre modification.

Afin de permettre l'exploitation de cette donnée de façon continue et faciliter l'intégration avec des données d'autres sources disponibles à l'échelle nationale, la projection Lambert conique conforme (EPSG:3979) est le système de référence utilisée pour ces fichiers.

#### 11.6.1 Découverte des données

Les mosaïques peuvent être découvertes et consultées à l'aide d'un service de catalogue compatible avec la spécification SpatioTemporal Asset Catalog (STAC). Ce type de catalogue permet de décrire les informations géospatiales dans un langage commun et d'effectuer des recherches spatio-temporelles à l'aide d'une interface de programmation d'application (API) normalisée.

Il y a présentement deux collections offertes soit :



- hrdem-lidar

Lien vers la collection STAC : <https://datacube.services.geo.ca/api/collections/hrdem-lidar>

Contient un enregistrement par projet MNEHR dérivé des données lidar aéroporté. Chaque item contient les liens permettant d'accéder les fichiers de données.

- hrdem-arcticdem

Lien vers la collection STAC : <https://datacube.services.geo.ca/api/collections/hrdem-arcticdem>

Contient les données MNEHR dérivées du projet ArcticDEM. Les fichiers ont été groupés en larges tuiles de 500km par 500km. Chaque item contient les liens permettant d'accéder les fichiers de données.

### 11.6.2 Ressources disponibles

Les enregistrements des collections STAC offrent des ressources permettant d'accéder aux données. Les principales ressources sont des liens vers le fichier COG ainsi que vers des fichiers de type Virtual Raster Layer (VRT). Ce dernier format est offert afin de permettre l'utilisation du COG sur les plateformes ne supportant pas le format COG. Voici le détails des ressources par collection.

#### 11.6.2.1 Collection hrdem-lidar

Nom	Titre	Description
<b>dsm</b>	Modèle numérique de surface (COG)	Modèle numérique de surface dérivé de l'acquisition LiDAR aéroporté
<b>dtm</b>	Modèle numérique de terrain (COG)	Modèle numérique de terrain dérivé de l'acquisition LiDAR aéroporté
<b>dsm-vrt</b>	Modèle numérique de surface (VRT)	Modèle numérique de surface dérivé de l'acquisition LiDAR aéroporté
<b>dtm-vrt</b>	Modèle numérique de surface (VRT)	Modèle numérique de terrain dérivé de l'acquisition LiDAR aéroporté
<b>thumbnail</b>	Aperçu	Aperçu du MNE
<b>coverage</b>	Couverture des données	Étendues vectorielles détaillées de la couverture des MNE
<b>extent</b>	Limite de l'étendue du projet LiDAR	Limite des données disponibles

#### 11.6.2.2 Collection hrdem-arcticdem

Nom	Titre	Description
<b>dsm</b>	Modèle numérique de surface (COG)	Modèle numérique de surface dérivé de l'imagerie optique

<b>dsm-vrt</b>	Modèle numérique de surface (VRT)	Modèle numérique de surface dérivé de l'imagerie optique
<b>thumbnail</b>	Aperçu	Aperçu du MNE
<b>coverage</b>	Couverture des données	Étendues vectorielles détaillées de la couverture des MNE
<b>extent</b>	Limite des données disponibles	Limite des données disponibles