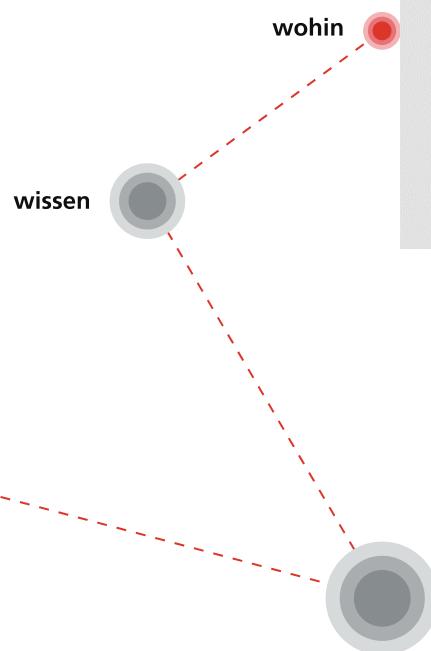


swissSURFACE^{3D} Raster

Le modèle numérique de surface à haute résolution de la Suisse



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Landestopografie swisstopo
Office fédéral de topographie swisstopo
Ufficio federale di topografia swisstopo
Uffizi federali da topografia swisstopo

www.swisstopo.ch

Table des matières

1	swissSURFACE ^{3D} Raster.....	3
1.1	Description succincte	3
1.2	Contenu et modèle de données	4
1.3	Étendue géographique	5
1.4	Planification	6
1.5	Formats de données	6
1.6	Résolution et système de coordonnées	7
1.7	Métadonnées	8
1.8	Champs d'application	9
2	Obtention de données	9
2.1	Renseignement et commande	9
2.2	Prix	9
2.3	Conditions d'utilisation	9
2.4	Livraison	10
3	Production	10
3.1	Contexte	10
3.2	Données de base et processus de production	10
3.3	Contrôle de qualité	11
3.4	Mise à jour	11
3.5	Restrictions dans la production de swissSURFACE ^{3D} Raster	12

1 swissSURFACE^{3D} Raster

1.1 Description succincte

swissSURFACE^{3D} Raster est un modèle numérique de surface (MNS) qui représente la forme de la surface de la terre, y compris tous les éléments permanents et visibles du paysage tels que le sol, la végétation, les forêts, les bâtiments et autres structures à l'exception des lignes de haute tension et des pylônes. swissSURFACE^{3D} Raster est dérivé des données airborne LiDAR de swissSURFACE^{3D}.

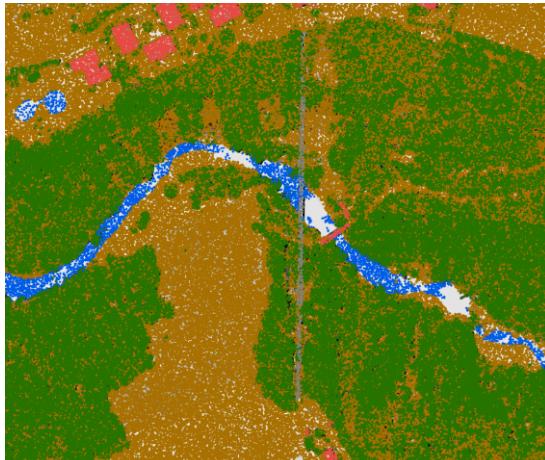


Figure 1: Vue à vol d'oiseau du pont Haggebrücke à St.Gallen, nuage de points du jeu de données swissSURFACE^{3D}

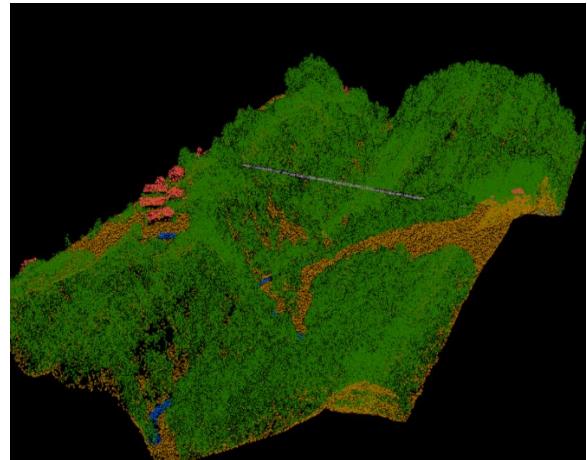


Figure 2: Vue 3D du même extrait et du même jeu de données

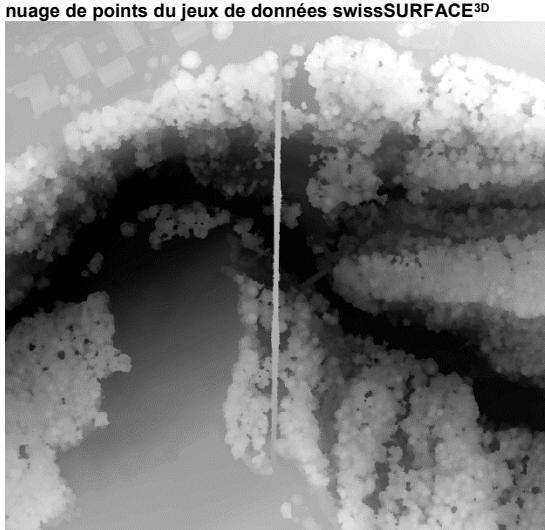


Figure 3: Même extrait, modèle numérique de surface swissSURFACE^{3D} Raster



Figure 4: Même extrait, ombrage du relief multidirectionnel du MNS swissSURFACE^{3D} Raster

1.2 Contenu et modèle de données

swissSURFACE^{3D} Raster représente le MNS sous forme de raster ou de nuage de points (fichier xyz, format de texte) structuré selon une grille régulière avec un maillage de 0.5 mètres. Chaque maille et chaque point du nuage de points possèdent une hauteur. Une valeur altimétrique est associée à chaque cellule du raster ou à chaque point du fichier xyz. Cette valeur a été obtenue par interpolation des valeurs altimétriques des points LiDAR. La grille utilisée repose sur le système de coordonnées CH1903+ / MN95. Le jeu de données est découpé en tuiles de 1km². Chaque tuile possède un identifiant qui correspond aux quatre premiers chiffres des coordonnées de son angle sud-ouest.

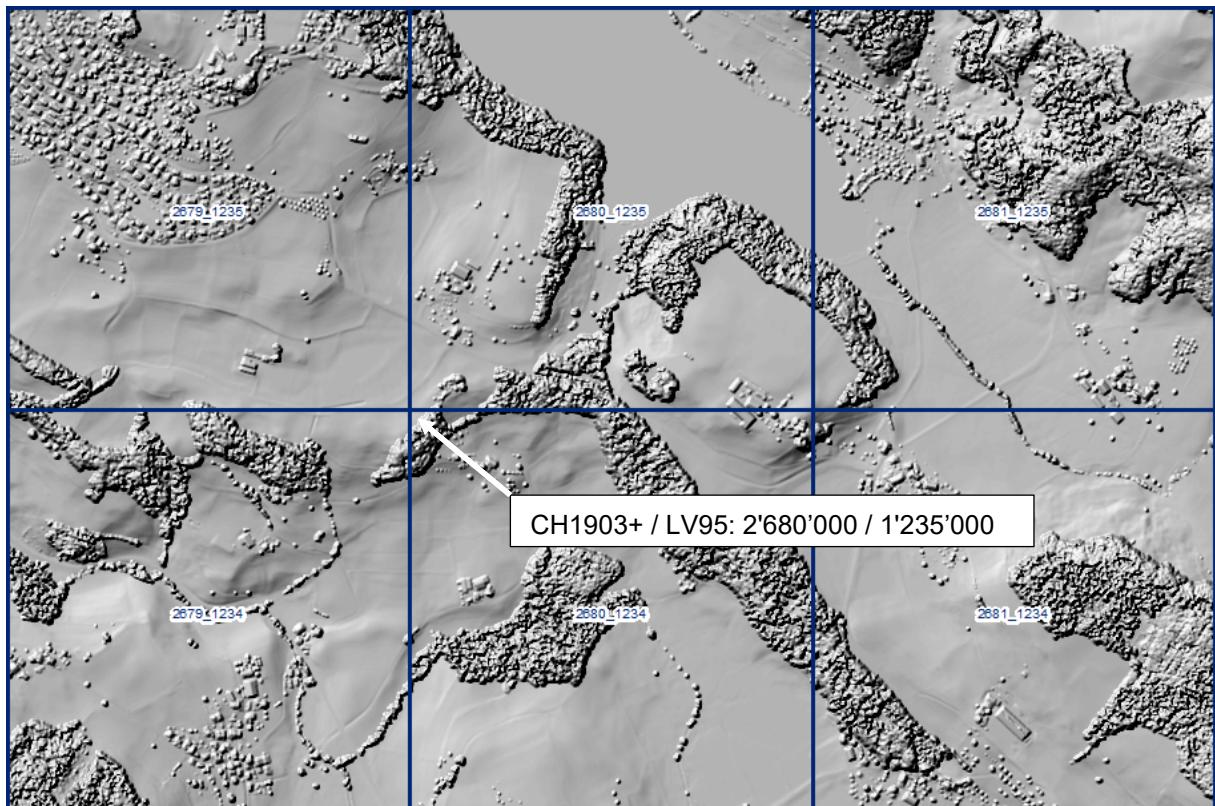


Figure 5: Découpage des tuiles swissSURFACE^{3D} Raster

1.3 Étendue géographique

swissSURFACE^{3D} Raster couvrira à long terme toute la Suisse et la Principauté de Liechtenstein. Le produit est actuellement en phase de construction. Environ un sixième de la Suisse est ajouté chaque année. Le périmètre du produit ne suit pas exactement les frontières de la Suisse et du Liechtenstein (indiquées en noir dans la figure 6). Il est défini par des tuiles de km² qui touchent les frontières de la Suisse ou du Liechtenstein ou qui sont entourées de telles tuiles. Les rives des lacs limitrophes Bodensee, Lac Léman, Lago di Lugano, Lago di Lei, Lago di Livigno et Lago Maggiore font aussi partie du périmètre. Les tuiles qui sont à la limite de deux cycles de construction sont produites deux fois.

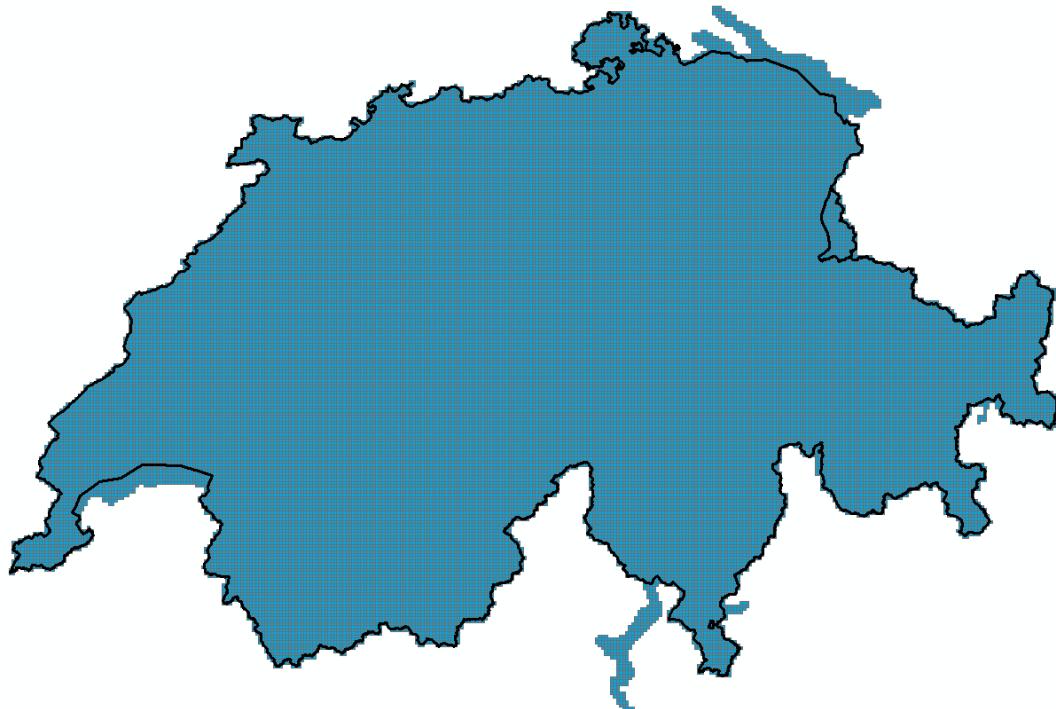


Figure 6: Etendue géographique de swissSURFACE^{3D} Raster

1.4 Planification

Comme swissSURFACE^{3D} Raster est directement dérivé de swissSURFACE^{3D}, sa disponibilité dépend directement de la disponibilité de swissSURFACE^{3D}. Les unités de réalisation des vols LiDAR pour swissSURFACE^{3D} ainsi que les dates de publication prévues pour swissSURFACE^{3D} Raster sont présentés dans la figure et le tableau ci-dessous. Il est prévu que l'étendue géographique complète soit publiée d'ici 2025. En raison de l'étendue et de la complexité topographique des sous-régions des Grisons, du Valais et de Berne, il existe un certain degré d'incertitude dans la planification, qui se traduit par des retards d'un an dans certains cas (voir figure 7 et tableau 1). Les étapes de publication sont les suivantes:

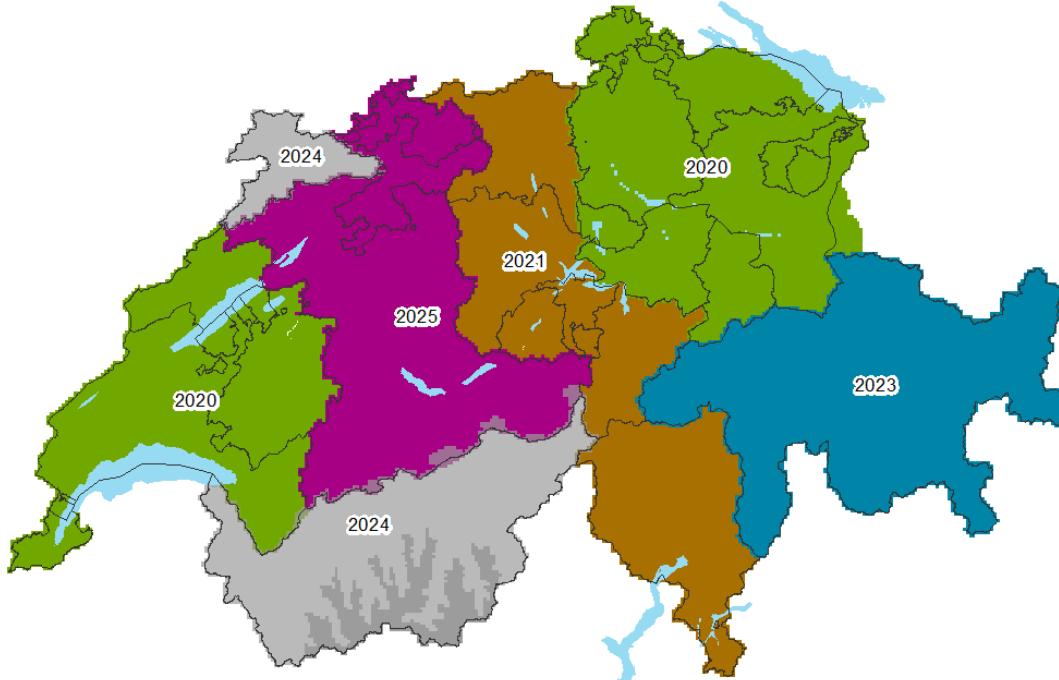


Figure 7: Etapes de publication prévues pour swissSURFACE^{3D}

Tableau 1: Planification de la saisie des données swissSURFACE^{3D} et de la publication de swissSURFACE^{3D} Raster

Unité de réalisation des vols LiDAR	Cantons	Publication swissSURFACE ^{3D} Raster
RE 2017/2018	AI, AR, FL, GL, SG, SH, SZ, TG, ZG, ZH	2020
RE 2018/2019	FR, GE, NE, VD	2020
RE 2019/2020	AG, LU, NW, OW, UR, TI	2021
RE 2020/2021	GR	2023
RE 2021/2022	JU, VS	2024
RE 2022/2023	BE, BL, BS, SO	2025

1.5 Formats de données

swissSURFACE^{3D} Raster est fourni en trois formats standard. Selon le format, le contenu des données fournies peut légèrement varier.

TIFF / TFW

Le format binaire est souvent utilisé pour l'enregistrement des données tramées. Chaque valeur d'altitude Z est enregistré sous la forme de valeurs à virgule flottante. Le nombre de chiffres après la virgule présentés pour une altitude calculée n'est pas fixe dans le cas de valeurs à virgule flottante, mais dépend du paramétrage du système de l'utilisateur. Le géoréférencement des données n'est pas inhérent à ce format et se fait donc au moyen d'un fichier TFW.

ESRI ASCII Grid

Le format propriétaire ESRI ASCII Grid (basé sur du texte) peut servir à transférer des informations rapportées à des cellules qui sont reconvertis, à l'issue du transfert, en jeu de données tramées à l'aide d'un logiciel adéquat. Les données sont structurées en deux parties, les informations d'en-tête (header) étant suivies par la matrice des valeurs associées aux cellules. Les propriétés de la trame sont indiquées dans l'en-tête telles que nombre de lignes et de colonnes, coordonnées de l'origine de la trame (sa cellule inférieure gauche) et taille d'une cellule. Les valeurs numériques faisant suite aux informations d'en-tête correspondent aux altitudes associées aux cellules de la trame, ligne par ligne. La première cellule est située dans l'angle nord-ouest de la tuile. Au sein d'une même ligne, les valeurs associées aux cellules successives sont séparées par des espaces. A la fin d'une ligne, c'est un pied de mouche (**\n**) qui indique le passage à la ligne suivante.

Les altitudes de swissSURFACE^{3D} sont spécifiées dans le fichier ASCII avec deux décimales après la virgule.

La figure 8 montre une section de la tuile 2704_1231 sous forme de fichier ESRI ASCII GRID, avec l'ombrage en relief de la tuile entière à droite. Comme il y a un lac situé au nord-ouest de la tuile, les altitudes ne varient pas dans l'exemple.

```
 ncols 2000
 nrows 2000
 xllcorner 2704000
 yllcorner 1231000
 cellsize 0.5
 nodata value -9999
 406.05 406.05 406.05 406.05 406.05
 406.05 406.05 406.05 406.05 406.05
 406.05 406.05 406.05 406.05 406.05
 406.05 406.05 406.05 406.05 406.05
 406.05 406.05 406.05 406.05 406.05
 406.05 406.05 406.05 406.05 406.05
 406.05 406.05 406.05 406.05 406.05
 406.05 406.05 406.05 406.05 406.05
 406.05 406.05 406.05 406.05 406.05
 406.05 406.05 406.05 406.05 406.05
 406.05 406.05 406.05 406.05 406.05
 406.05 406.05 406.05 406.05 406.05
 406.05 406.05 406.05 406.05 406.05
 406.05 406.05 406.05 406.05 406.05
```

Figure 8



Figure 9

ASCII X, Y, Z single space

Le format "ASCII X,Y,Z single space" est le seul à ne pas permettre la représentation directe des cellules d'une trame. Il les remplace par des points isolés, une valeur altimétrique z étant associée à chacun de ces points (voir figure 10). Les points sont positionnés au centre de leur cellule dans la trame. La valeur altimétrique qui lui est associée est donc celle de la cellule de la trame au sein de laquelle il se trouve. Figure 11 montre la différence entre les formats raster (TIFF/ESRI ASCII GRID) et le format „ASCII X, Y, Z single space“.

```
x y z
2704435.75 1231981.75 405.82
2704436.25 1231981.75 405.77
2704436.75 1231981.75 411.5
2704437.25 1231981.75 411.5
2704437.75 1231981.75 411.5
2704438.25 1231981.75 411.51
2704438.75 1231981.75 411.51
2704439.25 1231981.75 411.51
2704439.75 1231981.75 411.54
2704440.25 1231981.75 411.55
```

Figure 10: Structure d'un fichier xyz

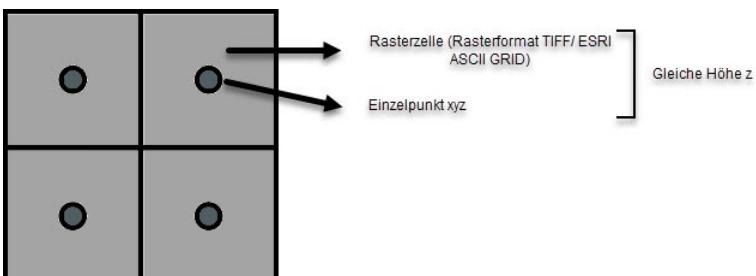


Figure 11: Comparaison des formats Raster et xyz

1.6 Résolution et système de coordonnées

swissSURFACE^{3D} Raster est proposé exclusivement avec un pas de maillage homogène de 0,5 mètres et dans le système de coordonnées MN95/NF02.

1.7 Métadonnées

Les métadonnées de swissSURFACE^{3D} Raster sont livrées avec le produit sous forme de fichier shapefile. Puisque swissSURFACE^{3D} Raster est déduit des données LiDAR (swissSURFACE^{3D}), certains attributs des métadonnées sont également dérivés des données LiDAR.

Les attributs suivants sont inclus dans le fichier shapefile:

Tableau 2: Attributs des métadonnées swissSURFACE^{3D} Raster

<i>Tilekey</i>	Index de la tuile: Correspond aux quatre premiers chiffres des coordonnées x et y de l'angle sud-ouest de la tuile.
<i>ReleaseKey</i>	Attribut de publication, incrémentiel : un nouveau numéro est attribué à chaque publication d'une sous-région.
<i>Version</i>	Version de tuile: Les tuiles peuvent être produites deux fois (par exemple parce qu'elles ont été corrigées). Seule la dernière version est livrée.
<i>Fly_y_min</i>	Année de vol, au cours de laquelle le vol de la tuile a commencé.
<i>Fly_y_max</i>	Année de vol, au cours de laquelle le vol de la tuile a été terminé.
<i>hist_bin</i>	Les jours de vol, sur lesquels la tuile a été enregistrée, à partir du jour de départ 0 qui correspond au jour dans <i>time_min_g</i> . Les différents jours de vol sont séparés par une virgule.
<i>hist_nb</i>	Nombre de points LiDAR enregistrés par jour de vol de la tuile. Ces informations donnent un aperçu de la distribution temporelle et spatiale de l'enregistrement des tuiles.
<i>Time_min_g</i>	Début du vol LiDAR par tuile
<i>Time_max_g</i>	Fin du vol LiDAR par tuile
<i>Nb_day_fli</i>	Nombre de jours de vol nécessaires pour enregistrer la tuile
<i>StatusDate</i>	Date de publication
<i>ImportDate</i>	Date de transfert dans l'environnement de publication
<i>MD5</i>	Valeur ash
<i>UUID</i>	Identificateur unique
<i>Shape_Leng</i>	Attribut géométrique : Longueur du contour de la tuile
<i>Shape_Area</i>	Attribut géométrique : superficie de la tuile

L'exemple suivant sert à illustrer l'utilisation des métadonnées:

TileKey	ReleaseKey	Version	Fly_y_min	Fly_y_max	hist_bin	hist_nb	time_min_g	time_max_g	nb_day_fli	
1 2704_1231	1	1	2018	2018	0,10,18	424943,373525,8970057	20180325	20180412	3	

Figure 12: Exemple de métadonnées de la tuile 2704_1231, Release 2020

Le vol LiDAR de la tuile 2704_1231 a commencé en 2018 et s'est terminé la même année. Au total, les données pour cette tuile ont été collectées sur 3 jours. Le jour 0, environ 425000 points ont été enregistrés, dix jours plus tard environ 374000 et 18 jours plus tard, près de 9 millions de points ont été enregistrés. On peut en déduire que la majorité de la tuile LiDAR a été enregistrée le 12 avril (*time_min_g* + 18), ce qui signifie que la majorité de la tuile swissSURFACE^{3D} Raster correspondante présente l'état de la surface à cette date. Ces informations peuvent être utiles, par exemple, lorsque des enquêtes sont menées dans le secteur forestier. Cependant, les métadonnées ne reflètent pas la distribution spatiale des dates d'enregistrement.

1.8 Champs d'application

Les champs d'application swissSURFACE^{3D} Raster sont divers. Il peut être utilisé, par exemple, pour les applications suivantes:

- Modèles de ruissellement et de mouvements de masse prenant en compte la végétation et les bâtiments
- Production de (true) orthophotos
- Modélisation du potentiel d'énergie solaire pour les toits des bâtiments
- Rendu des visualisations 3D
- Calculs de la ligne de visée
- Calculs de biomasse
- Hauteurs normalisées du terrain avec inclusion de swissALTI3D (par exemple, hauteur du bâtiment par rapport au sol)
- Analyses d'événements (par exemple éboulements ou laves torrentielles)

2 Obtention de données

2.1 Renseignement et commande

Pour l'instant, swissSURFACE^{3D} Raster n'est pas disponible dans la boutique en ligne swisstopo. Pour toute information et commande, veuillez contacter le personnel du département de livraison des géo-données via (geodata@swisstopo.ch).

2.2 Prix

swissSURFACE^{3D} étant un jeu de géodonnées de base de la Confédération, les dispositions de l'ordonnance sur les émoluments de l'Office fédéral de topographie (OEmol-swisstopo) s'appliquent. Le prix est identique à celui de swissALTI^{3D} et dépend du périmètre et le type de licence. Pour plus d'informations veuillez contacter geodata@swisstopo.ch.

2.3 Conditions d'utilisation

L'utilisation de swissSURFACE3D Raster nécessite une licence. Le type de licence est déterminé par le type d'utilisation des données. Les différents types de licence peuvent être consultés via le lien ci-dessous. Avec la licence, le client reçoit les conditions d'utilisation et le consentement à utiliser les données. L'Office fédéral de topographie reste cependant propriétaire des données dans tous les cas de figure.

Informations sur les différents types de licence:

<https://www.swisstopo.admin.ch/de/swisstopo/rechtsgrundlagen/lizenzen.html>

2.4 Livraison

swissSURFACE^{3D} Raster est livré par tuile de 1 km². Aucun découpage dans ces tuiles n'est effectué. Toutes les tuiles qui touchent ou qui se trouvent à l'intérieur du périmètre commandé sont livrées. Le prix est calculé sur la surface du périmètre commandé. Selon la quantité de données, celles-ci sont livrées par FTP ou par envoi postal sur un support de données (clé USB ou disque dur)

3 Production

3.1 Contexte

Le prédecesseur de swissSURFACE3D Raster est le MNS, qui a été créé en utilisant la première génération de données LiDAR, complétée par le modèle numérique de terrain MNT25 pour les zones de haute montagne. Il n'a pas été mis à jour depuis la première saisie. Depuis 2017, de nouvelles données LiDAR sont collectées pour l'ensemble de la Suisse. Ces données ont une précision et une densité de points élevées et sont donc très adaptées pour la production d'un modèle numérique de surface. La mise à disposition d'un MNS en format trame répond également à la demande des clients comme une alternative aux données LiDAR.

3.2 Données de base et processus de production

Les nuages de points LiDAR de swissSURFACE^{3D} constituent la base de swissSURFACE^{3D} Raster. Les éléments suivants (classes de points) sont utilisés pour former la surface du terrain :

- Sol (classe 2)
- Végétation (classe 3)
- Bâtiments (classe 6)
- Eau (classe 9) pour les petites superficies d'eau
- Ponts, passerelles, viaducs (classe 17)

Pour les grandes surfaces d'eau, des erreurs de triangulation de la surface se produisent souvent (figure 13), car les zones littorales ne sont pas toujours clairement modélisées ou ont été enregistrées à différents moments avec différents niveaux d'eau.

Afin de corriger cette triangulation incorrecte, les vecteurs des cours d'eau et des lacs du modèle topographique du paysage (swissTLM^{3D}) sont utilisés pour représenter les zones littorales (figure 14). Celles-ci permettent une meilleure modélisation des rives des grandes rivières (largeur d'au moins 5m) et des lacs (figure 15).



Figure 13: Erreur d'interpolation



Figure 14: Vecteurs TLM (en bleue)



Figure 15: swissSURFACE^{3D} Raster après les corrections avec les vecteurs TLM et l'algorithme spike-free

Le processus de production est complètement automatisé. Les étapes de production les plus importantes sont les suivantes (fortement simplifié):

1. Création de polygones basées sur les classes de couverture du sol de rivières et de lacs du modèle topographique du paysage swissTLM^{3D} et génération de points d'eau synthétiques à l'intérieur de ces polygones. Les points d'eau à l'intérieur des lacs reçoivent une hauteur constante. Puisque les rivières ne sont pas plates, la hauteur des points d'eau qui les modélisent doit également varier. Une triangulation des sommets (vertices) des rivières permet la génération de plusieurs polygones par rivière, avec une hauteur variable pour chaque polygone. Ces hauteurs sont attribuées aux points d'eau. Ainsi la pente de la rivière est approximée.
2. Tous les points LiDAR classés comme eau dans les polygones précédemment générés sont supprimés et remplacés par les points d'eau synthétiques.
3. Fusion des points d'eau synthétiques avec le nuage de points LiDAR restant (classes de points 2,3,6,17 et 9 pour les zones d'eau petites).
4. Transformation du nuage de points en trame : triangulation à l'aide du algorithme «spike-free» et interpolation du trame MNS.
5. Dérivation des différents formats de données.

La triangulation décrite à l'étape 5 utilise l'algorithme « spike-free » de lastools. Ceci permet une meilleure représentation de la surface des zones de végétation et des toits des bâtiments (figure 16). Sans cet algorithme, les surfaces présenteraient des structures en forme d'aiguilles ou de vagues (figure 17). Avec l'algorithme, le MNS n'est pas seulement créé à partir des premiers retours (*first returns*) des impulsions laser comme dans une triangulation classique de MNS. Des informations plus détaillées peuvent être trouvées ici:

<https://rapidlasso.com/2016/02/03/generating-spike-free-digital-surface-models-from-lidar/>

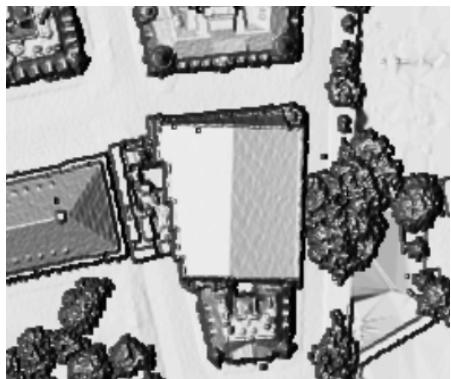


Figure 13: Structures en forme d'aiguilles et vagues sur les surfaces des toits et arbres.

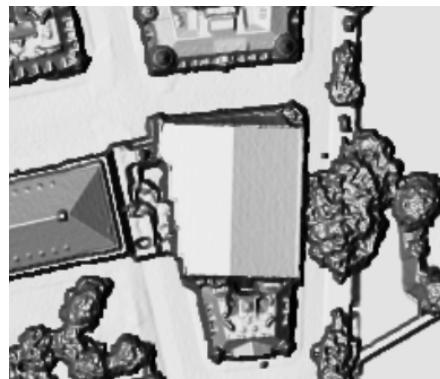


Figure 14: Meilleure présentation après l'application de l'algorithme spike-free

3.3 Contrôle de qualité

Le contrôle de qualité est limité au minimum, car le produit est dérivé de swissSURFACE^{3D}, qui est soumis à un contrôle de qualité rigoureux. Il s'agit essentiellement de vérifier que les superficies d'eau aient été correctement interpolées, c'est-à-dire qu'elles soient complètement plates, et qu'il n'y ait pas d'artefacts sous forme de « spikes » ou de lacunes dans les données.

3.4 Mise à jour

En raison de la dépendance à swissSURFACE^{3D}, la mise à jour du produit swissSURFACE^{3D} Raster n'est possible que si le produit LiDAR est également mis à jour. Aujourd'hui (en 2020) aucune mise à jour n'est prévue pour les deux produits.

3.5 Restrictions dans la production de swissSURFACE^{3D} Raster

Dépendance à swissSURFACE^{3D}

L'acquisition des données LiDAR peut être retardée par divers facteurs. Ces retards affectent directement la production de swissSURFACE^{3D} Raster.

Si l'acquisition des données LiDAR a eu lieu en deux moments différents, des transitions visibles peuvent apparaître entre les deux zones. Si par exemple une zone a été enregistrée au printemps et la zone adjacente en automne, la végétation aura changé de manière significative et ce changement entre les deux zones sera visible.

Bien que la classification des données LiDAR soit soumise à des contrôles rigoureux, les erreurs de classification ne peuvent être complètement évitées. Ces erreurs ne peuvent plus être corrigées dans les MNS et sont donc visibles.

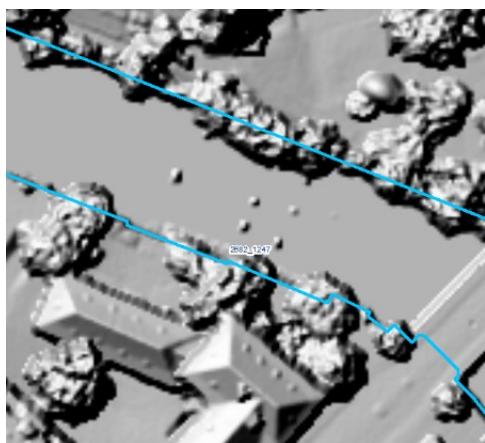


Figure 15: Erreur de classification:
Points de la classe végétation sur la surface d'eau

Interpolation de la surface d'eau

Les classes d'objets swissTLM^{3D} des rivières et lacs sont périodiquement mises à jour à l'aide d'images aériennes. Le niveau d'eau peut varier dans ces images. Si les vols LiDAR ont été effectués à de bas niveaux d'eau et que les images aériennes utilisées comme base du swissTLM^{3D} ont été prises à des niveaux d'eau élevés, il est possible que de petites îles apparaissent dans l'eau avec des valeurs d'altitude inférieures à l'altitude de la masse d'eau (figure 19).

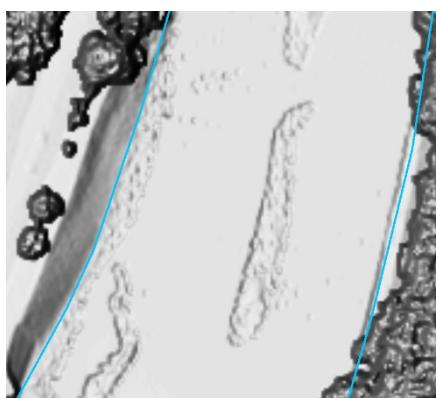


Figure 19: îles à niveau inférieur par rapport à l'eau

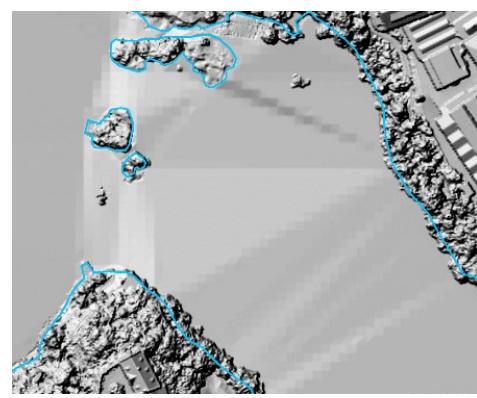


Figure 20: triangle d'interpolation près des chutes du Rhin

Dans swissTLM^{3D}, seuls les bords des rivières sont mesurés. Comme indiqué dans le point 3.2, des triangles sont générés entre les sommets des bords d'une rivière lors de la production de swissSURFACE3D Raster. Ces triangles peuvent être visibles lorsque la pente de la rivière est particulièrement forte (figure 20).