

CERTIFICAT COMPLÉMENTAIRE EN GÉOMATIQUE
(2018)

RAPPORT DE STAGE

Analyse de données altimétriques
d'orthophotographies
autocorrélées longitudinalement

Miville François

11 décembre 2018

- Responsable académique -
Dr. Giuliani G.

- Jury -
Dr. Lacroix P.

- Superviseur du stage -
Dr. Crausaz P-A.

Remerciements

Je tiens à remercier chaleureusement Docteur Pierre-André Crausaz, mon maître de stage, pour m'avoir offert l'opportunité de réaliser ce travail au sein de la République et Canton du Jura. Merci beaucoup pour ton aide, ta patience, ton suivi attentif et ton sens de la pédagogie. Ainsi donc, un grand merci aussi à la République et Canton du Jura, à l'Office de l'Environnement, et à toutes les personnes qui ont rendu possible la réalisation de ce stage.

Je remercie également chaleureusement l'ensemble des collaborateurs de l'Office de l'Environnement et du SIT pour leur sympathie et leur bienveillance.

Merci à ma famille pour leur soutien dans mes choix.

Et un tout dernier et gros merci à ma compagne, qui me soutient même lorsque je vais me perdre loin dans les vallées jurassiennes. Merci pour ton soutien inaltérable et indéfectible.

Résumé

Ce travail de géomatique a été réalisé dans le cadre d'un stage de quatre mois à 100 % en vue de l'obtention du Certificat complémentaire de géomatique de l'Université de Genève. Il s'est déroulé à Saint-Ursanne, au sein de l'Office de l'Environnement de la République et Canton du Jura sous la supervision du Dr. Pierre-André Crausaz.

L'objectif principal de ce travail est d'étudier l'exploitabilité d'un nouveau jeu de données altimétriques livré par la Confédération. Ces mesures ont été obtenues par autocorrélation d'orthophotographies prises lors d'un vol effectué en 2017, en vue de l'élaboration d'un nouveau modèle numérique de terrain et de surface (les modèles actuels datant de 2007). Une fois ces nouveaux modèles numériques obtenus, il est possible de calculer un nouveau modèle numérique de hauteur ; tous ces modèles pourront servir à de nombreuses applications numériques (carte de pente, carte de boisement, etc.). L'Office de l'Environnement est notamment intéressé par les géodonnées permettant de quantifier les surfaces boisées et leurs taux d'accroissement. Des procédures avec FME et ArcPy ont été codées afin de traiter efficacement les grandes quantités de données. La classification des données altimétriques a été supervisée avec ArcGIS Pro et le modèle contraint avec les données du cadastre cantonal.

Le deuxième objectif cherche à investiguer les possibilités offertes par la mise en place d'une méthode de travail utilisant le logiciel QField, afin de tenter d'optimiser les tâches de l'équipe de la surveillance environnementale. Le principe étant de leur donner la capacité d'enregistrer des données géospatiales directement sur le terrain à l'aide d'une tablette sans passer par un ordinateur. Le travail a été réalisé avec le logiciel QGIS.

Le troisième et dernier objectif consiste à mettre en conformité la base de données spatiale du cadastre des ouvrages d'équipement et de protection avec le modèle de données proposé par la Confédération. Le logiciel Access a été utilisé pour réaliser ce travail.

Si l'analyse des données altimétriques a permis de recréer des rasters et vecteurs représentant les surfaces boisées du canton avec une précision qui reste acceptable, il n'en demeure pas moins que la distribution spatiale hétérogène des points de mesure des données altimétriques a entraîné de sérieuses complications pour l'établissement des nouveaux modèles numériques de terrain, de surface et de hauteur.

Du côté de la mise en place de QField, le déploiement du projet demeure un succès relatif. Bien que peu de problèmes aient été rencontrés lors de son installation et de sa préparation, sa mise en application s'est révélée plus ardue que prévu en raison de nombreuses erreurs logicielles entravant le bon fonctionnement de l'application.

Mots-clés : géomatique, altimétrie, analyse spatiale.

Abréviations

- ArcPy** Module python qui permet d'exploiter via le langage python les fonctionnalités d'ArcGIS
- BD** Base de données
- ENV** Office de l'environnement de la République et Canton du Jura
- FME** Feature Manipulation Engine, un logiciel spécialisé en traitement informatique appliqué à la géomatique
- NFI** Nature forestière indicative
- MNH** Modèle numérique de hauteur
- MNS** Modèle numérique de surface
- MNT** Modèle numérique de terrain
- OFEV** Office fédéral de l'environnement
- RCJU** République et Canton du Jura
- SE** Surveillance environnementale
- SIG** Système d'information géographique
- SIN** Service des infrastructures de la République et Canton du Jura

Table des matières

Remerciements	i
Résumé	ii
Abréviations	iii
1 Introduction	1
1.1 Contexte	1
1.2 Missions	1
1.3 Structure du document	2
2 Analyse des données altimétriques	3
2.1 Introduction	3
2.1.1 Objectifs	3
2.1.2 L'autocorrélation longitudinale	4
2.1.3 Format LAS et classification des points	4
2.2 Traitement des données	4
2.2.1 Complétude des données	6
2.2.2 Elimination du bruit	6
2.2.3 Classification du sol	7
2.2.4 Classification supervisée	8
2.2.5 Extraction du MNT	11
2.3 Traitement des tuiles	12
2.4 Calcul du taux de boisement dans les pâturages boisés	13
2.4.1 Données	14
2.4.2 Surfaces boisées 2007	14
2.4.3 Détails des « transformers »	15
2.4.4 Surfaces boisées 2017	16
2.4.5 Résultats	17
3 QField pour la Surveillance environnementale	21
3.1 Introduction	21
3.1.1 Présentation de l'application	21
3.1.2 Besoins	21
3.2 Mise en place	22
3.2.1 Installation	22
3.2.2 Création du projet	23
3.2.3 Configuration des attributs	23
3.2.4 Thèmes et symbologie	24
3.2.5 Import des fichiers rasters	25
3.3 Mise en œuvre	25
3.4 Retour d'expérience	25

4	Mise en conformité du cadastre des ouvrages	27
4.1	Modèles de données	27
4.2	Opérations	27
5	Conclusion et discussion	29
	Bibliographie	A
	Annexes numériques	B

Liste des tableaux

1	Codes de classification des données LiDAR. Source : ASPRS [1]	5
---	---	---

Table des figures

1	Couverture spatiale des données altimétriques. Fond de carte : opens-treetmap.	3
2	Emplacement de la placette 2572000_1252000. Ville de Porrentruy.	5
3	Distribution spatiale des points de mesure.	5
4	Densités des points de mesure (résolution 10 m ²).	8
5	Résultat de la première opération de classement du bruit.	9
6	Résultat de l'opération de classement du sol.	9
7	Résultat de la seconde opération de classement du bruit.	10
8	Résultat de l'opération de classement supervisée.	10
9	Comparaison entre le MNT 2007 et le MNT 2017.	11
10	Comparaison entre le MNT ombragé de 2007 et le MNT ombragé de 2017.	11
11	Soustraction du MNT 2017 au MNT 2007.	12
12	Synthèse des opérations de traitement LAS : 1) Données brutes ; 2) Premier classement du bruit ; 3) Classement du sol ; 4) Second classement du bruit ; 5) Réattribution des points classés en « bruit supérieur » en « non classé » ; 6) Classement supervisée des bâtiments.	13
13	Procédure FME pour calculer les taux de boisements de la NFI avec le MNH 2007.	15
14	Principe du clipper.	16
15	Principe de l'aggregator.	16
16	Procédure FME pour récupérer les points de forêts.	17
17	Procédure FME pour calculer les taux de boisements de la NFI avec la surface boisée 2017.	18
18	Nature et distribution de la nature forestière indicative.	18
19	Couche vecteur des surfaces boisées 2007. Fond de carte : orthophotographie 2004.	19
20	Couche vecteur des surfaces boisées 2017. Résolution 3 m. Fond de carte : orthophotographie 2017.	19
21	Couche vecteur des surfaces boisées 2017. Résolution 1 m. Fond de carte : orthophotographie 2017.	20
22	Page de l'application QField sur le Google Play.	22
23	Paramétrisation des attributs de la BD.	23
24	Configuration des propriétés des champs.	23
25	Configuration de la symbologie.	24
26	Mode navigation - 1. bouton mode navigation ; 2. activation de la géolocalisation de l'utilisateur sur l'application ; 3. sélection des thèmes de carte.	26
27	Mode dessin - 1. bouton mode dessin ; 2. centrer le marqueur sur la position géolocalisée ; 3. marqueur pour créer une entité ; 4. créer une nouvelle entrée.	26

1 Introduction

1.1 Contexte

Ce travail de géomatique a été réalisé dans le cadre d'un stage de quatre mois en vue de l'obtention du Certificat complémentaire de géomatique de l'Université de Genève. Il s'est déroulé à Saint-Ursanne, au sein de l'Office de l'Environnement de la République et Canton du Jura sous la supervision du Dr. Pierre-André Crausaz.

La géomatique joue désormais un rôle de plus en plus prépondérant dans les collectivités et les administrations publiques tant les informations qu'elle apporte se révèlent être indispensables à la prise de décision. L'importante quantité et la grande diversité des géodonnées disponibles dans chaque domaine confèrent à ses utilisateurs une vue d'ensemble inégalable. Ces données peuvent ainsi permettre d'organiser le travail de tâches géolocalisées complexes : analyses de scénario, planifications de politiques d'aménagement du territoire, simulations de crue, etc. Une importante palette d'applications est à la portée du politique.

En matière d'application de la géomatique, et pour ne prendre que le cas de l'agroforesterie, les différents modèles numériques de surface obtenus successivement au cours des années peuvent aider à donner des indications sur l'accroissement de la forêt et présenter quels territoires sont sujets à un reboisement ou, au contraire, à un déboisement. Le modèle numérique de hauteur peut permettre, quant à lui, de contrôler la hauteur des massifs forestiers et donne ainsi des indications de premier plan sur la localisation des parcelles à entretenir en priorité.

1.2 Missions

Dans le cadre de ce stage, différentes missions ont été réalisées au bénéfice de l'ENV. Elles sont énoncées par ordre d'importance selon le temps de travail accordé à chacune.

Le projet principal de ce stage est l'analyse de données altimétriques obtenues par autocorrélation d'orthophotographies d'un vol daté de 2017. L'objectif est de comprendre si ces données sont exploitables afin d'obtenir une mise à jour des modèles numériques de terrain, de surface, et de hauteur, car les dernières données altimétriques datent de 2007. Le traitement de ces données doit également donner une estimation du taux d'accroissement des forêts, tant en terme de superficie que de hauteur, ainsi qu'une estimation du taux de boisement dans les parcelles forestières. Il s'agit de calculer, à l'aide du nouveau MNH, le taux de couverture forestière sur les parcelles de forêts et de pâturages boisés.

Un deuxième projet consiste en la mise en place d'une procédure de travail cherchant à simplifier les tâches de l'équipe de la surveillance environnementale à l'aide d'une tablette Android et du logiciel open source QField. Les gardes et opérateurs de la SE sont régulièrement amenés à émettre des rapports d'activités de leurs inspections sur le territoire jurassien ; or jusqu'alors la collecte des données se faisait sur un support papier. Cette méthode peut être améliorée, car il est actuellement

nécessaire de retranscrire le rapport sur un support informatique une fois rentré à l'office, la saisie d'informations étant donc effectuée à deux reprises.

Un troisième et dernier projet consiste à mettre en conformité la base de données du cadastre des ouvrages et équipements de protection du canton avec les spécifications de la Confédération.

1.3 Structure du document

Après cette brève section d'introduction, nous présenterons, dans une deuxième section, l'ensemble des travaux opérés afin de réaliser l'analyse des données altimétriques obtenues par autocorrélation. *Environ 60 % du temps du stage a été consacré à cette tâche.*

La troisième section illustre la méthodologie mise en place pour déployer un projet QGIS dans QField et regroupe les travaux effectués pour mener à bien cette mission. *Environ 30 % du temps du stage a été consacré à cette tâche.*

La quatrième section décrit brièvement les tenants et aboutissants du travail de mise en conformité de la BD spatiale du cadastre des ouvrages. *Environ 10 % du temps du stage a été consacré à cette tâche.*

La dernière section fait état des conclusions propres à chaque mission ainsi que des critiques soulevées à leurs égards. Finalement, ce rapport est clôturé par une partie consacrée aux annexes et aux documents produits pour ce stage.

2 Analyse des données altimétriques

2.1 Introduction

En 2017, la Confédération livre à la République et Canton du Jura de nouvelles données altimétriques, obtenues par une méthode d'autocorrélation longitudinale des orthophotographies, afin de mettre sur pied un projet pilote pour déterminer si ce type de données est exploitable dans le cadre de la géomatique.

Il s'agit d'un set constitué de 979 tuiles de données altimétriques encodées sous le format binaire LAS. Chaque tuile mesure 1 km^2 et est indexée selon les coordonnées géographiques CH1903+ / LV95. Comme le montre la figure 1, l'ensemble du territoire jurassien est couvert. *Sauf mention contraire, le fond de carte des figures est l'orthophoto 2017 [2].*

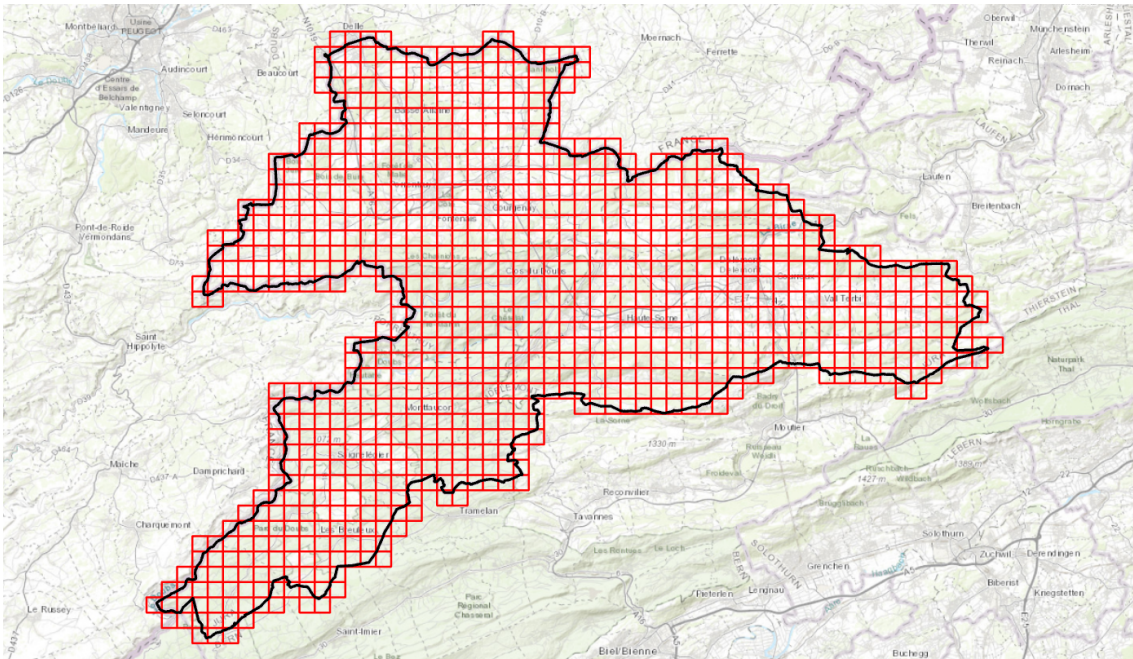


FIGURE 1 – Couverture spatiale des données altimétriques. Fond de carte : opens-treetmap.

2.1.1 Objectifs

Les données altimétriques brutes servent essentiellement à produire des modèles numériques de terrain et de surface, or ces modèles possèdent de très nombreuses applications en géomatique. L'ENV est donc intéressé à exploiter ces données afin de chercher à satisfaire les objectifs suivants :

- Détermination d'un nouveau modèle numérique de terrain 2017. Le dernier modèle datant de 2007 ;
- Détermination d'un nouveau modèle numérique de surface 2017 ;
- Calcul du nouveau modèle numérique de hauteur 2017 ;

- Estimation du taux d'accroissement en hauteur et en superficie de la forêt ;
- Création d'une couche « surface boisée » dans le but d'estimer plus précisément les taux de boisement des parcelles déclarées pour les paiements directs.

2.1.2 L'autocorrélation longitudinale

Chaque tuile contient un nombre important de points de mesure contenant chacun une altitude. Cette altitude est calculée à l'aide d'un algorithme d'autocorrélation longitudinale qui se sert de principes stéréoscopiques pour déterminer l'altitude d'un point à l'aide de deux orthophotographies. Habituellement, l'altimétrie est obtenue à l'aide d'un laser LiDAR, ce dernier est combiné avec un récepteur puis envoyé dans les airs à l'aide d'un avion afin de bombarder la surface terrestre. Le récepteur identifie alors les temps de retour ainsi que l'intensité des rayons retournés, on peut alors déduire l'altitude de la mesure et potentiellement identifier la nature du sol bombardé.

Les données obtenues par autocorrélation se comportent plus ou moins de la même manière que les données obtenues par laser LiDAR, à l'exception qu'elles ne possèdent pas de valeur d'intensité. Elles sont compilées dans un fichier binaire (au format LAS) réunissant des millions de points. Ces données doivent être ainsi traitées avec des algorithmes spécialisés capables de lire et de manipuler des fichiers LAS.

2.1.3 Format LAS et classification des points

Le format LAS a été standardisé par « The American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS) » et se situe actuellement à la version 1.4 ; cette standardisation suggère une classification des points au travers de 18 catégories imposées (voir tableau 1).

Tous ces différents codes permettent d'aider la classification des points en discriminant notamment les points issus de bruits ou des installations humaines. Par exemple : une tour de transmission, selon sa structure, pourrait produire des points isolés suffisamment haut pour qu'ils puissent être considérés comme du bruit, ce qui se révélerait être une erreur de classification ; indiquer les tabliers de pont permet également d'avertir les algorithmes que la surface du terrain ne se situe pas à la hauteur du pont, mais bien en dessous. Ainsi, les codes de classification permettent d'affiner et de parfaire les données brutes acquises afin de produire des MNT de meilleure qualité.

2.2 Traitement des données

Les données ne sont généralement pas immédiatement exploitables. Il est souvent nécessaire de les traiter et de les analyser. Toutes les figures qui vont suivre illustrent l'impact des analyses sur la classification LiDAR de la placette 2572000_1252000 située au nord-ouest de Porrentruy (voir figure 2), Cette tuile a l'avantage de comporter une multitude d'environnements différents : pente, forêt, ville, terrain agricole,

TABLE 1 – Codes de classification des données LiDAR. Source : ASPRS [1]

Code de classification	Signification
0	Jamais classifié
1	Non classifié
2	Sol
3	Basse végétation
4	Moyenne végétation
5	Haute végétation
6	Bâtiment
7	Bruit (en-dessous de la surface)
8	Réservé
9	Eau
10	Rail
11	Route
12	Réservé
13	Isolant
14	Conducteur
15	Tour de transmission
16	Connecteur
17	Tablier de pont
18	Bruit (au-dessus de la surface)
19-63	Réservé
64-255	Libre

etc. Les figures sont obtenues avec ArcGIS Pro, le fond de carte est issu de l'orthophotographie 2017 et tous les traitements sont effectués avec ArcGIS Pro et FME.

Note : les logiciels de traitement de fichier LAS travaillent directement sur les données brutes. Ainsi, lorsqu'une classification est appliquée, il n'est plus possible de revenir en arrière.

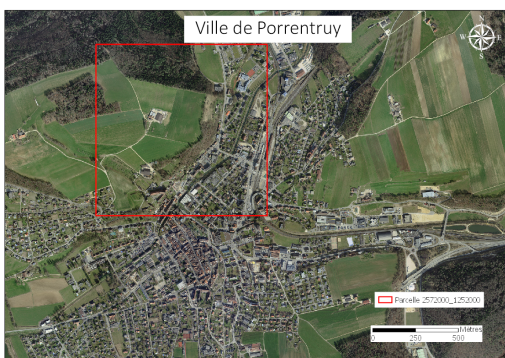


FIGURE 2 – Emplacement de la placette 2572000_1252000. Ville de Porrentruy.



FIGURE 3 – Distribution spatiale des points de mesure.

2.2.1 Complétude des données

Avant toute opération, il peut être intéressant de savoir si la densité des points de mesure est homogène sur l'ensemble du territoire étudié. À première vue, la figure 3 semble présenter des hétérogénéités dans la densité de ses points. On constate vite qu'en forêt, la densité semble moindre. La fonction « LasPointStatsAsRaster » permet d'effectuer des statistiques sur les points de mesure sous la forme d'un raster, on obtiendra alors un raster illustrant la densité des points en fonction du nombre de points et de la définition du maillage. La figure 4 présente le résultat de cette opération sur la tuile pour une résolution de 10 mètres. Si la densité des points est acceptable en plaine ou en ville, on observe que cette dernière chute drastiquement dans les forêts et tout particulièrement dans les forêts en pente. Ce manque d'information posera par la suite des problèmes notoires pour l'identification du sol et nous obligera à renoncer à certains objectifs initiaux, comme le calcul d'un nouveau MNT 2017. Les bandes blanches correspondent à des zones de fortes densités ; il s'agit probablement de zones d'intersection des données de deux trajectoires de vols différentes.

2.2.2 Elimination du bruit

Une première étape consistera à éliminer le bruit qui parasite les données, c'est-à-dire à retirer les points qui semblent aberrants, comme ceux qui se situent en dessous de la surface, ou ceux situés bien trop haut, obtenus à cause d'un oiseau par exemple. La fonction « ClassifyLasNoise » permet de classer les données selon trois méthodes différentes : isolement, position absolue ou position relative.

La première méthode, la plus robuste, permet d'identifier des petits paquets de points isolés du reste des données. Si la méthode est efficace, elle n'en demeure pas moins inapplicable dans ce cas précis. En effet, la distribution inégale des points dans l'espace pousse l'algorithme de traitement à classer comme étant du bruit tous les points un peu trop isolés alors qu'ils pourraient faire partie d'un arbre, or, c'est justement en forêt que les données sont le plus lacunaire. En outre, avec notre configuration matérielle actuelle, cette classification se révèle être définitivement trop longue à exécuter pour qu'il soit raisonnable de l'utiliser dans le cadre de ce travail (plusieurs semaines de calculs en prévision).

La deuxième méthode permet de classer les points selon l'altitude minimale et maximale attendue. Ainsi, tous les points se situant en dessous ou au-dessus de la limite sont respectivement classés dans la catégorie 7 ou 18. Si cette méthode peut se révéler utile pour analyser une faible surface, elle n'en demeure pas moins inefficace dans l'analyse d'un canton entier sujet à de fortes variations altimétriques.

La dernière méthode propose d'analyser la hauteur des points par rapport à une tierce couche. Le MNT 2007, longuement employé et éprouvé, bénéficie d'une grande confiance vis-à-vis de ses mesures. Il est donc employé dans le cadre de cette méthode afin d'identifier des probables points de bruit. La limite inférieure a été fixée à deux mètres et la limite maximale à 4 mètres, ce choix est détaillé ultérieurement. Le

résultat de cette opération est visible à la figure 5, on voit que tous les bâtiments et la forêt sont maintenant classés comme étant du bruit. Il est important de signaler quelles sont les implications de ce choix :

- L'analyse repose sur le niveau de confiance accordée au MNT 2007 ;
- Les transformations dans le sol de plus de deux mètres ne seront pas prises en compte. Si des terrains ont été creusés ou se sont effondrés, ils ne seront donc pas détectés.

2.2.3 Classification du sol

L'étape la plus importante dans la classification des données altimétriques concerne la détection du sol. C'est cette opération qui conditionne l'ensemble de la qualité des analyses suivantes ainsi que celle des produits géomatiques qui en dériveront. Sans une bonne classification, les données peuvent rapidement devenir inexploitable. Cela signifie également que les données brutes doivent être de bonne qualité. Pour que les mesures soient précises, il est nécessaire d'avoir un nombre important de points de mesure sur chaque mètre carré survolé. Les points doivent être nombreux et avoir une distribution homogène et régulière dans l'espace. Or nous avons justement vu que les données manquaient d'homogénéité. L'algorithme sera mis en difficulté dans la mesure où l'identification du sol ne sera pas faite de manière équivalente en tous lieux.

La classification du sol est réalisée avec « ClassifyLasGround », et ce, deux fois. Une première fois avec la méthode standard et la seconde avec la méthode agressive, dans le but d'améliorer les résultats [3]. Une observation attentive du résultat nous a montré que l'hétérogénéité dans la densité des mesures posait des vrais problèmes de classification à l'algorithme, ainsi ce dernier classe régulièrement des points hors-sol comme étant du sol et de nombreux points qui devraient être considérés comme du sol ne sont pas classés par l'algorithme. Ces problèmes ont également été observés avec d'autres logiciels de classification, renforçant par la même occasion l'hypothèse que le problème provient bien de la non-homogénéité des données et non de l'algorithme de classement lui-même. Cela révèle également l'importance d'une première classification du bruit en amont. Afin de contourner le problème, les points situés au-dessus de 4 mètres par rapport au MNT 2007 ont aussi été considérés comme du bruit afin que l'algorithme se concentre uniquement sur un nombre de points limité. La figure 6 illustre le résultat de cette opération. On constate maintenant que parmi les points situés en forêt, peu d'entre eux proviennent directement de mesures provenant du sol. Cela posera des soucis très importants pour la suite, notamment pour le calcul de la hauteur des arbres pour l'extraction du MNH. En effet, si l'algorithme, pour calculer le MNT, ne dispose pas de points en forêt, ce dernier ne pourra pas interpoler correctement les valeurs de hauteur sur toute la carte. À ce stade, on comprend alors qu'il n'est plus envisageable d'obtenir un nouveau MNT 2017 sur l'ensemble du territoire. Une fois que le sol a été identifié, on peut reclasser les points au-dessus de 4 mètres dans la catégorie 1 (points non classés) avec la fonction « ChangeLasClassCodes ». La figure 7 illustre le résultat de la deuxième classification du bruit. Cette fois-ci, la limite supérieure est fixée à

80 mètres afin de détecter le bruit qui se situe au-dessus du sol.

2.2.4 Classification supervisée

La classification des points peut être supervisée à l'aide de couches d'entités. Grâce au cadastre des bâtiments, on peut par exemple identifier dans le nuage de points, et ce, sans procédure algorithmique complexe, tous les bâtiments déjà répertoriés. La pertinence de cette classification dépendra du niveau de précision de la couche utilisée ainsi que de sa concordance temporelle avec l'enregistrement de la donnée altimétrique. Ainsi, l'eau, les rails, les tours de transmissions, toutes les structures anthropogènes peuvent être identifiées pour autant qu'une couche correspondante soit déjà à disposition. La figure 8 illustre le résultat de la fonction « SetLasClassCodesUsingFeatures ».

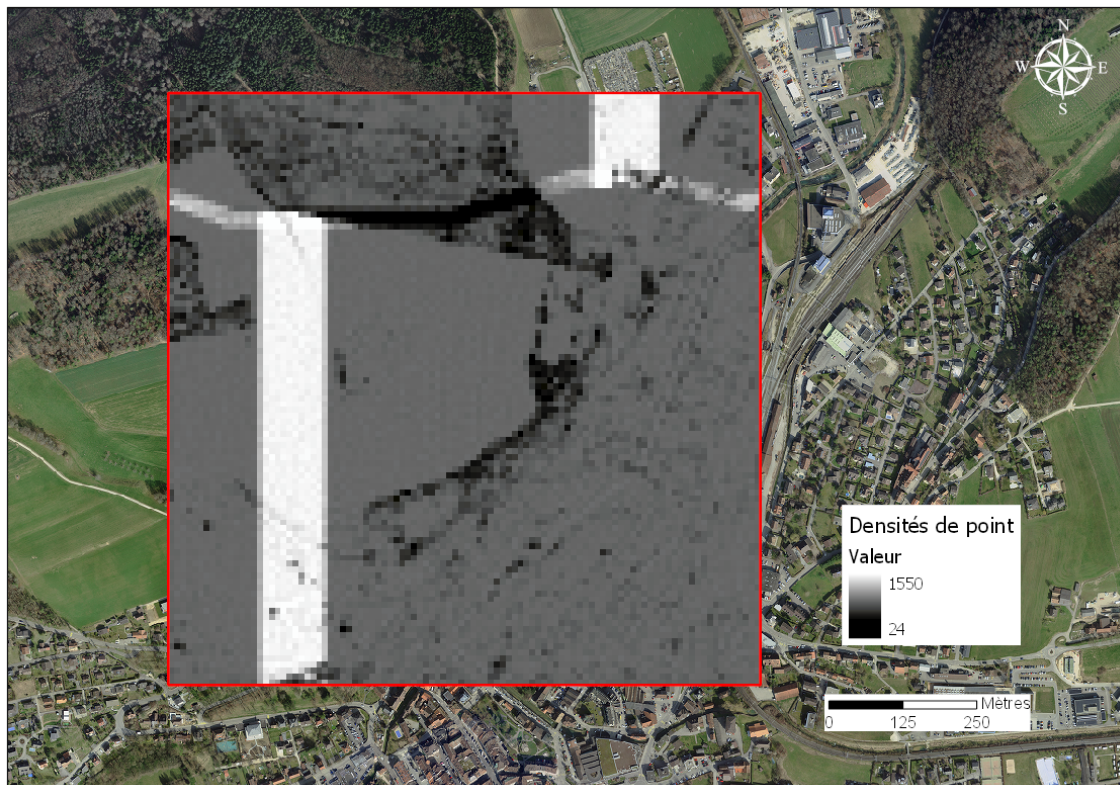


FIGURE 4 – Densités des points de mesure (résolution 10 m²).



FIGURE 5 – Résultat de la première opération de classement du bruit.



FIGURE 6 – Résultat de l'opération de classement du sol.

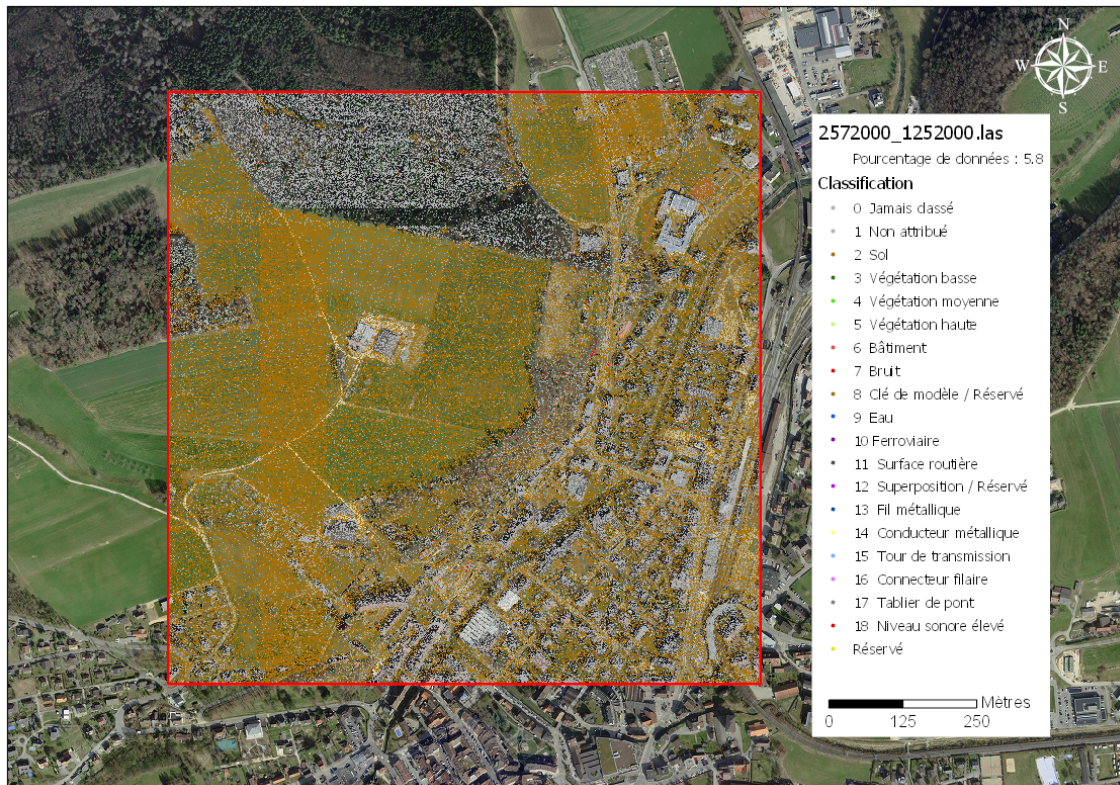


FIGURE 7 – Résultat de la seconde opération de classement du bruit.

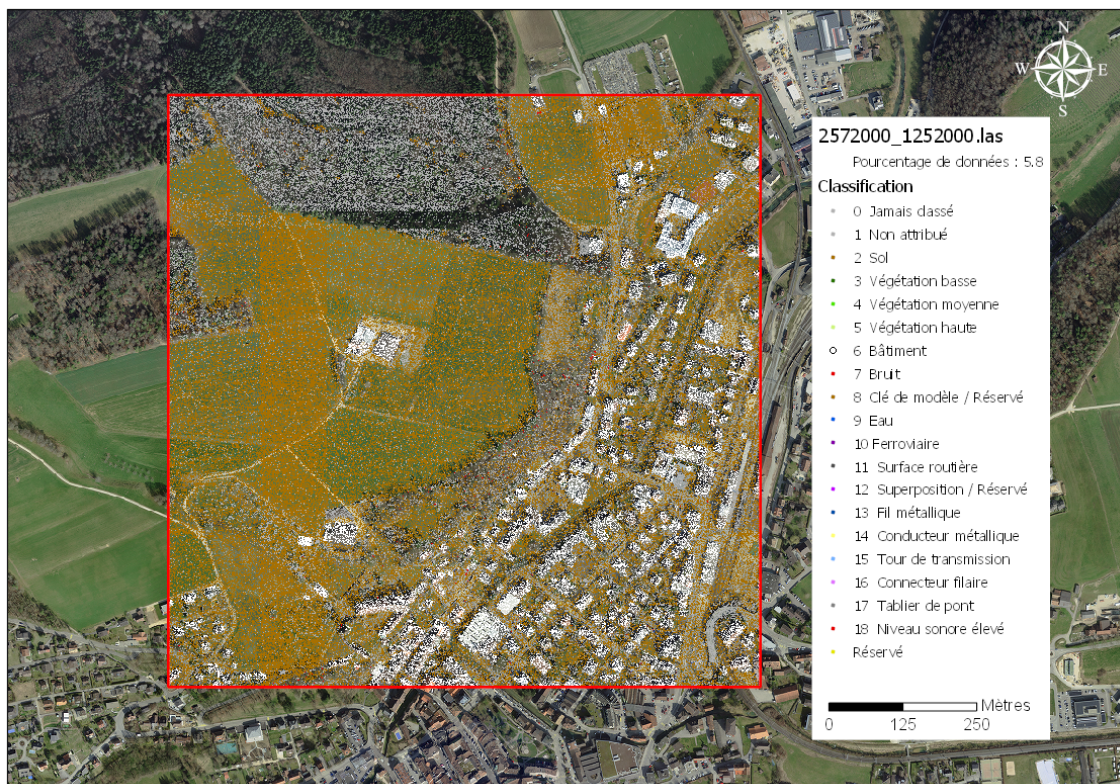


FIGURE 8 – Résultat de l'opération de classement supervisée.

2.2.5 Extraction du MNT

Maintenant que les points sont classés, il est possible d'extraire uniquement ceux provenant du sol avec la fonction « MakeLasDatasetLayer ». Ensuite, la fonction « LasDatasetToRaster » permet de calculer un MNT sous forme de raster. La figure 9 compare le MNT obtenu avec le MNT 2007. La figure 10 reproduit à nouveau cette comparaison, mais cette fois-ci avec le relief ombré (obtenu avec la fonction « Hillshade »). On voit que le nouveau MNT est moins cohérent dans son apparence, et que la trace de certains bâtiments est encore bien visible. La figure 11 correspond à la soustraction du MNT 2017 au MNT 2007. On observe des différences nettes au niveau de la forêt, des bâtiments et des terrains en pente. Ce nouveau MNT n'est pas satisfaisant.

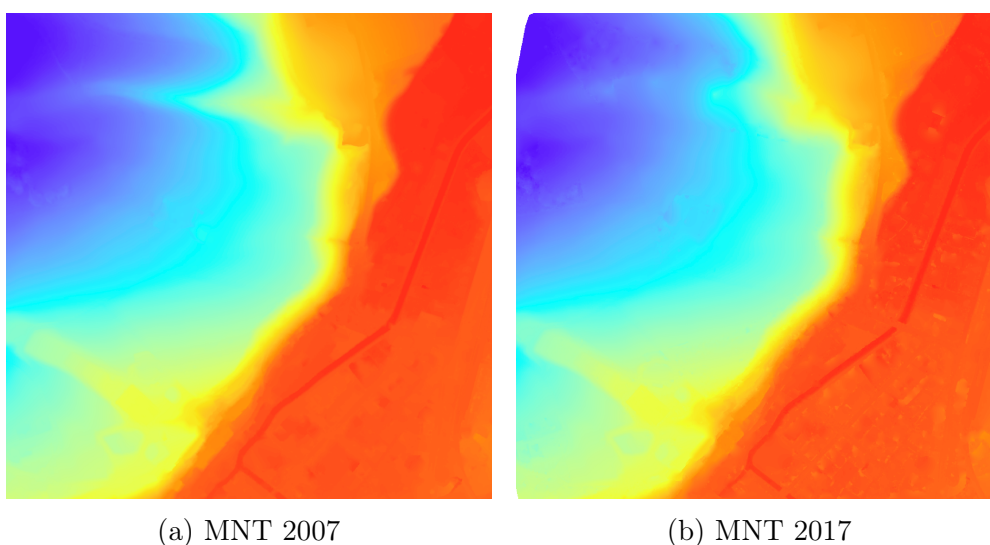


FIGURE 9 – Comparaison entre le MNT 2007 et le MNT 2017.

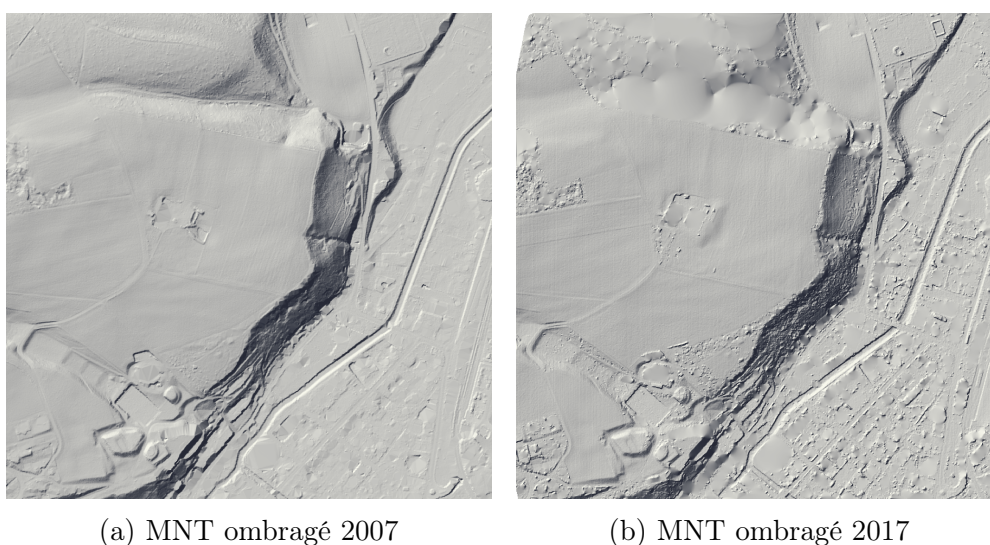


FIGURE 10 – Comparaison entre le MNT ombragé de 2007 et le MNT ombragé de 2017.

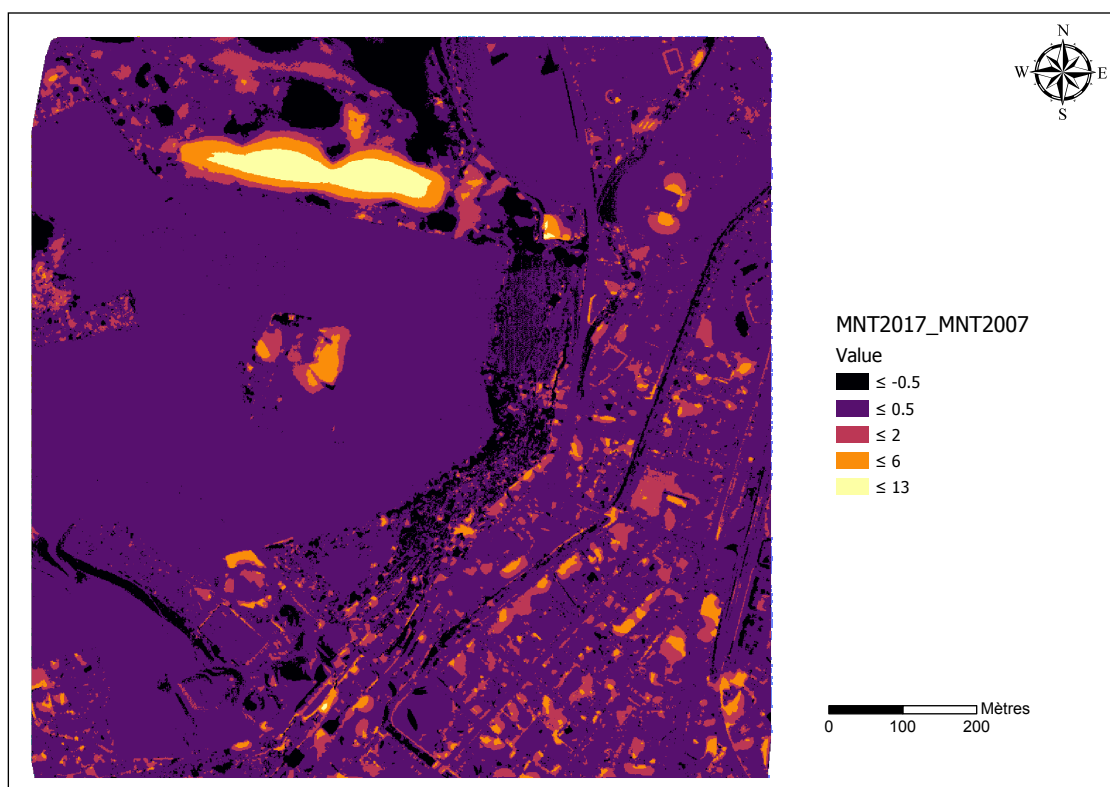


FIGURE 11 – Soustraction du MNT 2017 au MNT 2007.

2.3 Traitement des tuiles

Afin d'automatiser le traitement des 979 tuiles fournies par swisstopo, des scripts python et FME ont été écrits pour améliorer les performances. Tous les scripts liés à ce chapitre sont disponibles dans les annexes numériques. Dans le but d'améliorer la lisibilité, un script a été écrit pour chaque étape de traitement, ce dernier écrit un fichier de contrôle (log) afin de s'assurer que toutes les opérations se soient bien déroulées. La figure 12 schématise l'ensemble des opérations effectuées sur les tuiles LAS.

L'annexe numérique A regroupe tous les scripts utilisés pour le traitement des données LAS :

ConvertLasToShapefile.py Représente la distribution des fichiers LAS dans un fichier shapefile ;

ExtractTiles.py Découpe le MNT 2007 correspondant pour chaque tuile shapefile précédemment générée ;

ClassifyLasNoise1.py Classe les points pour identifier le bruit en dessous de la surface du MNT 2007 ;

ClassifyLasGround.py Classe les points pour identifier le sol ;

ClassifyLasNoise2.py Classe les points pour identifier le bruit au-dessus de la surface du MNT 2007 ;

GetForest.fmw Procédure FME pour récupérer les points 2 mètres au-dessus de la surface du MNT et qui ne sont pas des bâtiments ;

VectorizeForest.py Rasterise et vectorise les points précédemment extraits.

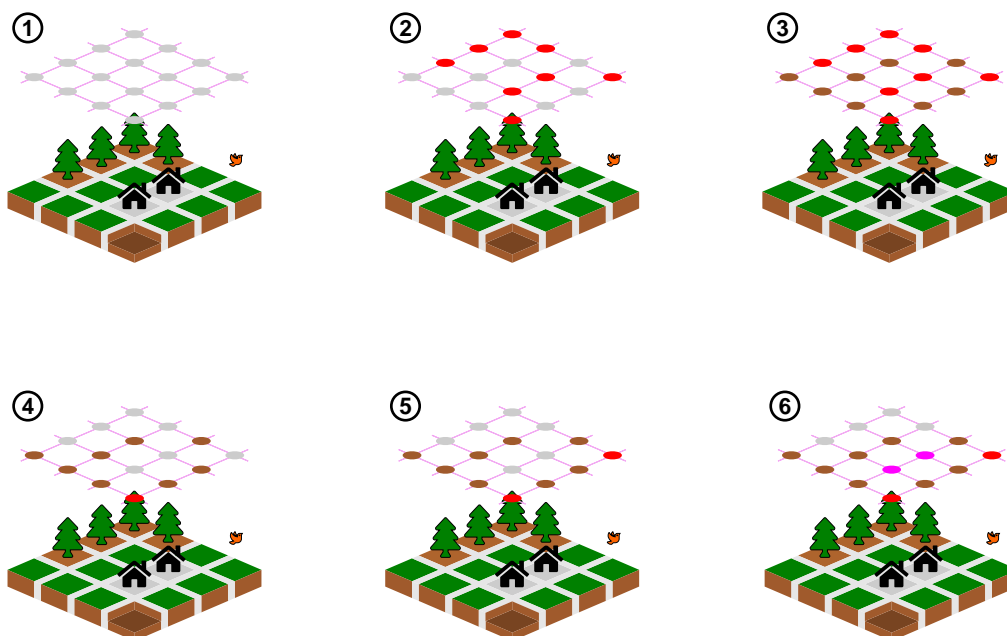


FIGURE 12 – Synthèse des opérations de traitement LAS : 1) Données brutes ; 2) Premier classement du bruit ; 3) Classement du sol ; 4) Second classement du bruit ; 5) Réattribution des points classés en « bruit supérieur » en « non classé » ; 6) Classement supervisée des bâtiments.

2.4 Calcul du taux de boisement dans les pâturages boisés

Le paysage du canton du Jura, et plus particulièrement celui du district des Franches-Montagnes, est caractérisé par un environnement semi-naturel appelé « pâturage boisé ». L'ordonnance sur les forêts (OFo) en donne, à l'article 2, la définition suivante « Les pâturages boisés sont des surfaces sur lesquelles alternent, en forme de mosaïque, des peuplements boisés et des pâturages sans couvert et qui servent aussi bien à la production animale qu'à l'économie forestière. » [4].

Connaître les taux de boisement des parcelles aide les ingénieurs forestiers à estimer correctement le volume de bois sur pied ainsi qu'à évaluer les prévisions liées aux taux d'accroissement. En outre, cette information est essentielle pour le service de l'économie rurale qui procède aux paiements directs, soit les compensations financières reversées aux exploitants proportionnellement aux surfaces de pâturages exploitables. En effet, afin de préserver les pâturages boisés, la conservation de ces derniers est rémunérée afin de couvrir les manques à gagner des exploitants. De plus,

les pâturages boisés sont considérés comme une composante unique du paysage jurassien et représentent ainsi un intérêt touristique (et donc économique) non-négligeable qu'il convient de protéger [5].

2.4.1 Données

Ici, nous avons tenté d'évaluer le taux de boisement à deux reprises. Une première fois avec les données de 2007 et une seconde fois avec les nouvelles données altimétriques de 2017, et ce, sur deux découpages différents : un découpage par commune et un découpage global. Jusqu'alors, ce taux était calculé par les collaborateurs du service des forêts en fonction de leurs besoins. Désormais, l'indicateur sera calculé sur l'ensemble du canton du Jura.

Pour calculer ces taux de boisement, nous avons à notre disposition les données suivantes :

- • Nature forestière indicative - Cette géodonnée délimite les territoires considérés comme de la forêt ou du pâturage boisé par le service des forêts de l'ENV (voir figure 18). Elle classe à titre indicatif les surfaces forestières comme suit :
 - Forêt fermée - forêts dans lesquels le bétail ne peut pas passer ;
 - Forêt parcourue - forêts dans lesquels le bétail peut éventuellement passer ;
 - Pâturage très boisé - taux de boisement entre 70 % et 100 % ;
 - Pâturage boisé - taux de boisement entre 20 % et 70 % ;
 - Pâturage peu boisé - taux de boisement entre 1 % et 20 %.

Ce sont ces polygones qui serviront de limites pour le calcul des taux de boisement.

- Découpage des communes du canton du Jura - Il y a actuellement 55 communes sur le territoire jurassien. Ces polygones serviront à découper la NFI pour les calculs des taux de boisement en fonction des communes.
- MNH 2007 - Ce MNH est un produit géomatique issu de la campagne de relevé de 2007 (quelques tuiles consultables à l'annexe numérique B).
- Surfaces boisées 2017 - Il s'agit du raster calculé avec le MNH 2007 et les données altimétriques 2017 (quelques tuiles consultables à l'annexe numérique C). Cette opération est détaillée ultérieurement.

2.4.2 Surfaces boisées 2007

Dans un premier temps, afin de faciliter la méthode en termes de ressources informatiques et calculatoires, nous allons découper le MNH 2007 avec une grille au kilomètre. Pour une raison mal comprise, il n'a pas été possible de reprendre le découpage des données altimétriques de swisstopo, car un chevauchement entre les tuiles pouvait être constaté, complexifiant ainsi les opérations de calcul. Un nouveau découpage de 1141 tuiles sépare correctement le MNH 2007.

Maintenant, nous allons utiliser FME pour mettre au point une procédure capable de réaliser le calcul de la surface boisée 2007 (voir figure 13 et annexe numérique D). Ce dernier peut être réalisé de deux façons : un rapport de surface entre deux vecteurs ou un rapport de surface entre un raster et un vecteur. C'est la seconde option qui a été retenue, car les temps de calcul se retrouvent alors considérablement réduits.

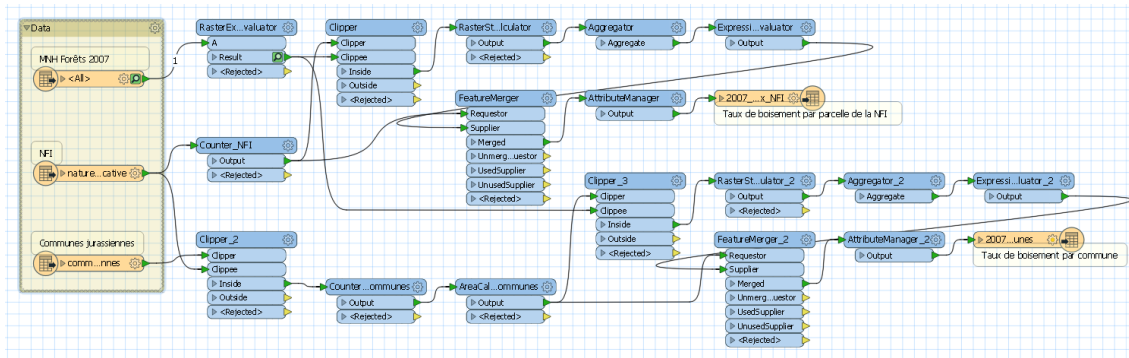


FIGURE 13 – Procédure FME pour calculer les taux de boisements de la NFI avec le MNH 2007.

Du côté de la forêt, on commence par effectuer un test logique sur le MNH 2007. Est considéré comme de la forêt tout pixel représentant une hauteur supérieure à 2 mètres. La valeur de 1 est alors attribuée à tous les pixels satisfaisant cette condition et la valeur de 0 est affectée aux autres pixels. On peut maintenant procéder au calcul des taux de boisement. L'outil « Clipper » permet de couper les rasters de la forêt de façon à ne conserver que les pixels à l'intérieur des polygones de la NFI et de joindre les attributs des deux entités. Avec « RasterStatisticsCalculator », on peut calculer la somme du nombre de pixels présents dans chaque parcelle, la définition du MNH étant d'un mètre, cette somme représentera directement l'aire boisée. « Aggregator » permet alors de dissoudre les polygones ayant en commun la même parcelle de la NFI en les regroupant grâce à un compteur commun. Enfin, « FeatureMerger » permet de faire une jointure spatiale entre la NFI et les rasters afin de lier les taux de boisement calculés aux parcelles correspondantes.

Pour le calcul des taux de boisement par commune, le principe reste le même, à la seule différence que la NFI est découpée au préalable avec le découpage des communes à l'aide d'un « Clipper » supplémentaire.

2.4.3 Détails des « transformers »

RasterExpressionEvaluator permet de réaliser un test logique sur un raster puis de récupérer les cellules concluantes ou rejetées. Ici, cette opération normalise le MNH 2007 en donnant la valeur de 1 à tous les pixels ayant une valeur supérieure ou égale à 2, et 0 aux autres. Placer ce « transformer » en premier permet d'alléger l'ordinateur pour le calcul des opérations suivantes.

Counter permet de compter les enregistrements dans une BD spatiale. Ici, ce compteur joue le rôle d'identifiant commun pour les polygones de la NFI et les rasters

de la forêt (FME est capable de créer des groupes spatiaux au sein d'un même raster) ; il permet par la suite de faire une jointure spatiale entre les deux.

Clipper permet de découper les géométries d'une entité en fonction d'une autre (voir figure 14). Ici, c'est le découpage administratif des communes qui joue le rôle d'emporte-pièce sur la NFI, et la NFI joue le rôle d'emporte-pièce sur le MNH 2007. En outre, il permet de fusionner les attributs de l'emporte-pièce avec ceux de la géodonnée découpée. Cette fonctionnalité va nous permettre d'attribuer un numéro unique (donné par « Counter ») à chaque groupe spatial du raster.

RasterStatisticsCalculator permet de calculer des statistiques de bases (min, max, moyenne, etc.) au sein de groupes spatiaux d'un raster. Ici, c'est le calcul de la somme qui nous intéresse, car cela correspond directement à la valeur de la surface boisée de chaque parcelle.

Aggregator permet d'agréger des entités soit sous un unique élément, soit selon un ou plusieurs critères relationnels (voir figure 15). Dans notre cas, on a agrégé les pixels de forêt selon l'identifiant transmis par le « Counter ». Ainsi, tous les pixels se situant à l'intérieur de la même parcelle de la NFI sont agrégés dans le même groupe spatial.

ExpressionEvaluator permet de créer un nouvel attribut et de calculer le contenu du champ. Ici, c'est le rapport de la surface boisée (obtenue avec le « RasterStatisticsCalculator ») par rapport à la surface des parcelles de la NFI (transmise par le « Clipper ») qui est calculé, cela nous donne alors le taux de boisement pour chaque parcelle.

FeatureMerger permet de faire une jointure spatiale. Ici, elle est réalisée sur l'identifiant de parcelle (toujours donné par « Counter ») afin de lier les groupes spatiaux du raster avec les polygones de la NFI. Cela nous permet de récupérer les taux de boisement sous la forme d'un fichier vecteur.

AttributeManager permet de manipuler la structure de la table. Ici, on élimine les attributs superflus, le compteur par exemple.

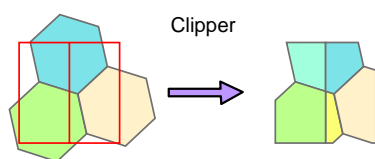


FIGURE 14 – Principe du clipper.

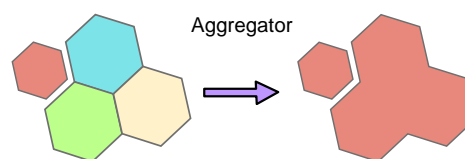


FIGURE 15 – Principe de l'aggregator.

2.4.4 Surfaces boisées 2017

Une fois les points de mesure des données altimétriques classés, il est nécessaire d'extraire les points représentant la forêt afin de produire le raster des surfaces boisées. La figure 16 illustre la procédure FME mise en place à cet effet. Cette procédure est consultable à l'annexe numérique E.

« PointCloudOnRasterComponentSetter » permet de récupérer les valeurs d'un raster en les associant aux points qui les superposent. De cette manière, on va pouvoir accoler à chaque point la valeur du MNH 2007 se situant juste dessous. « PointCloudFilter » permet alors d'effectuer un test logique sur les points de mesure. Ici, nous allons tester les points afin de ne conserver que ceux qui se situent au-dessus de 2 mètres du sol. « PointCloudSplitter » permet de manipuler le nuage de points en fonction de son code de classification. Avec le « Tester » nous allons pouvoir discriminer les arbres des bâtiments en conservant les points avec un code de classe inférieur à 6. Enfin, « PointCloudCombiner » permet de recombinaison les points de chaque classe dans le même nuage.

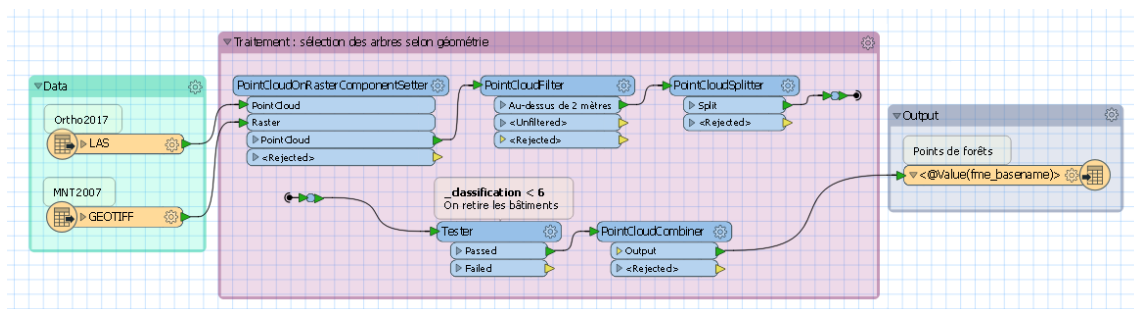


FIGURE 16 – Procédure FME pour récupérer les points de forêts.

Avec le script « VectorizeForest.py » disponible dans l'annexe numérique A, on convertit ensuite les nuages de points en raster en prenant une résolution grossière de 3 mètres. Comme nous l'avons vu précédemment, les feuillus et les arbres en pente sont moins facilement scannés par l'algorithme. Ainsi, en prenant une forte résolution, on cherche à recouvrir les lacunes de la forêt. Du côté de la procédure FME calculant les taux de boisement (voir figure 17), la majeure partie des opérations demeure inchangée. Toutefois, le « RasterExpressionEvaluator » teste maintenant un raster représentant la forêt en fonction de sa densité de points. Il est donc nécessaire de changer l'expression et de conserver toutes les cellules avec une valeur supérieure ou égale à 1. Avec une résolution de 3 mètres, chaque cellule a maintenant une superficie de 9 m². Il est donc nécessaire de multiplier par 9 le résultat obtenu par « ExpressionEvaluator », afin d'obtenir la surface adéquate.

2.4.5 Résultats

Les résultats des calculs pour les taux de boisements 2007 et 2017 sont respectivement disponibles aux annexes F et G. Quelques tuiles MNH 2007 sont disponibles à l'annexe numérique B, les tuiles de l'annexe numérique H correspondent aux forêts qui en ont été extraites, au format vecteur. L'annexe numérique C contient quelques tuiles des rasters de forêt 2017 et l'annexe numérique I contient l'équivalent au format vecteur.

Les figures 19 et 20 illustrent l'apparence des surfaces boisées calculées. Par rapport à l'orthophotographie, on voit que la surface boisée 2007 ne recouvre pas aussi bien les forêts que la surface boisée 2017. On voit également que les données

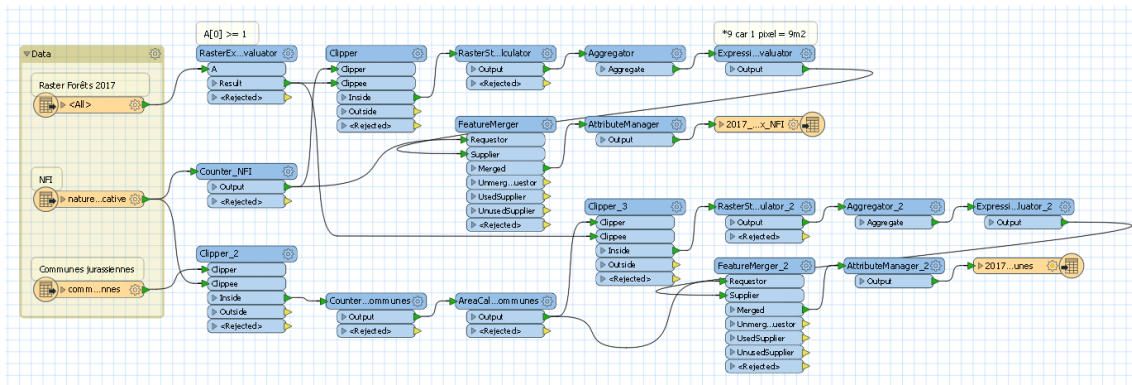


FIGURE 17 – Procédure FME pour calculer les taux de boisements de la NFI avec la surface boisée 2017.

LiDAR 2007 n'ont pas bénéficié d'une classification supervisée. En effet, ici les arbres n'ont pas été discriminés des bâtiments puisque ces derniers figurent dans le fichier vecteur. Les résultats de la surface boisée 2017 détournent mieux les forêts, malgré le fait que les arbres en pente ne soient que peu recouverts. Ils sont à mettre en perspective avec les résultats obtenus à la figure 21, dont la résolution pour construire le raster était de 1 mètre. Il est cependant possible que la surface des arbres soit alors surestimée en ville.

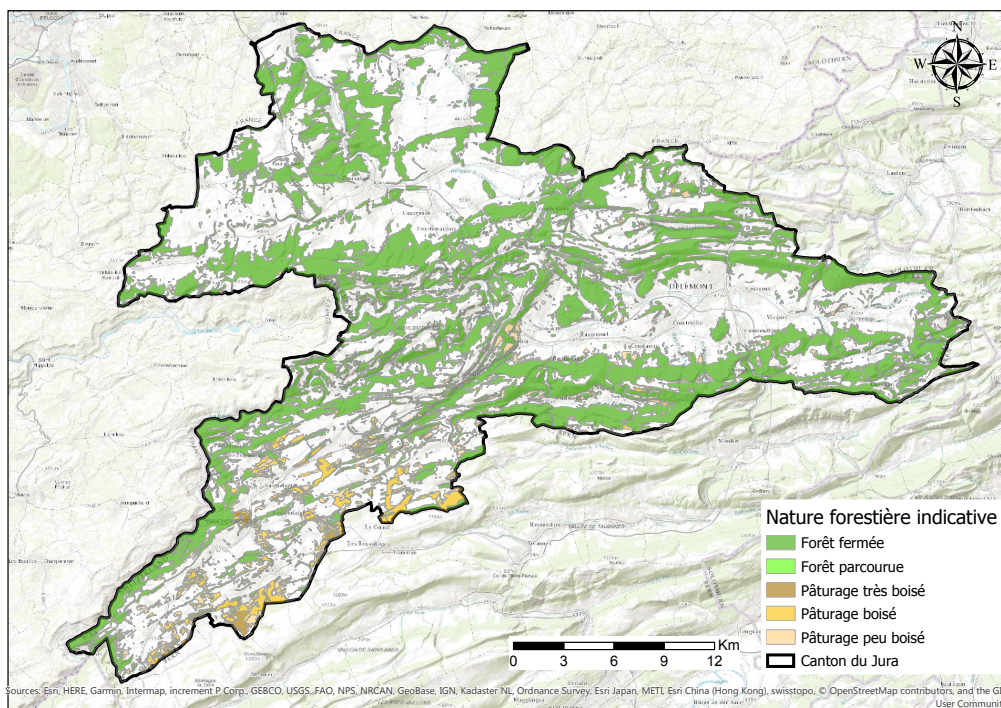


FIGURE 18 – Nature et distribution de la nature forestière indicative.

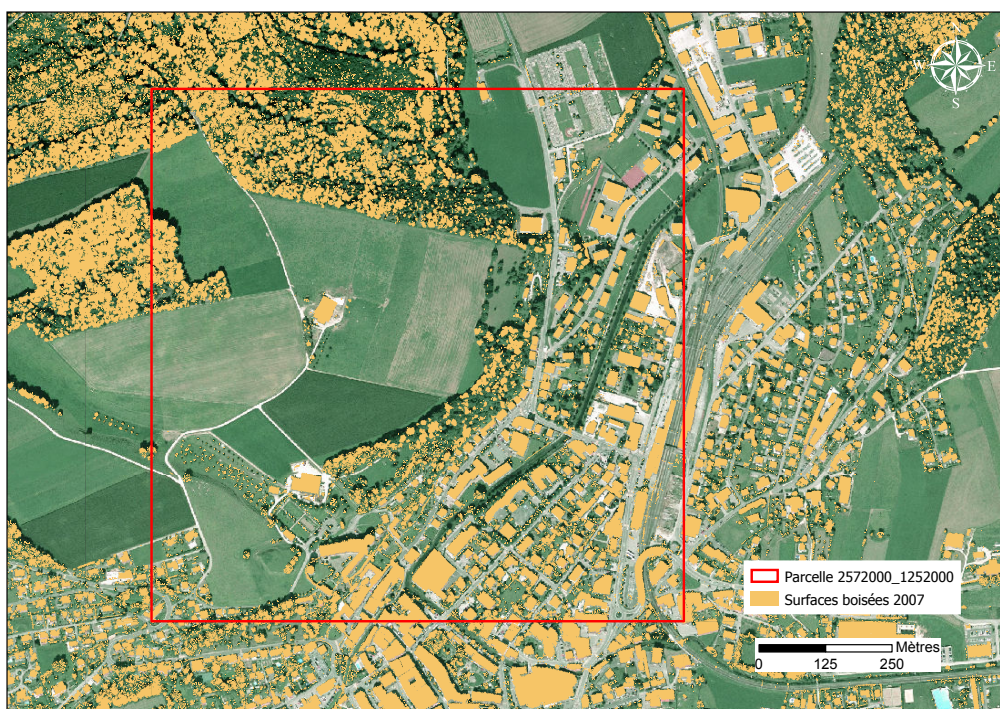


FIGURE 19 – Couche vecteur des surfaces boisées 2007. Fond de carte : orthophotographie 2004.

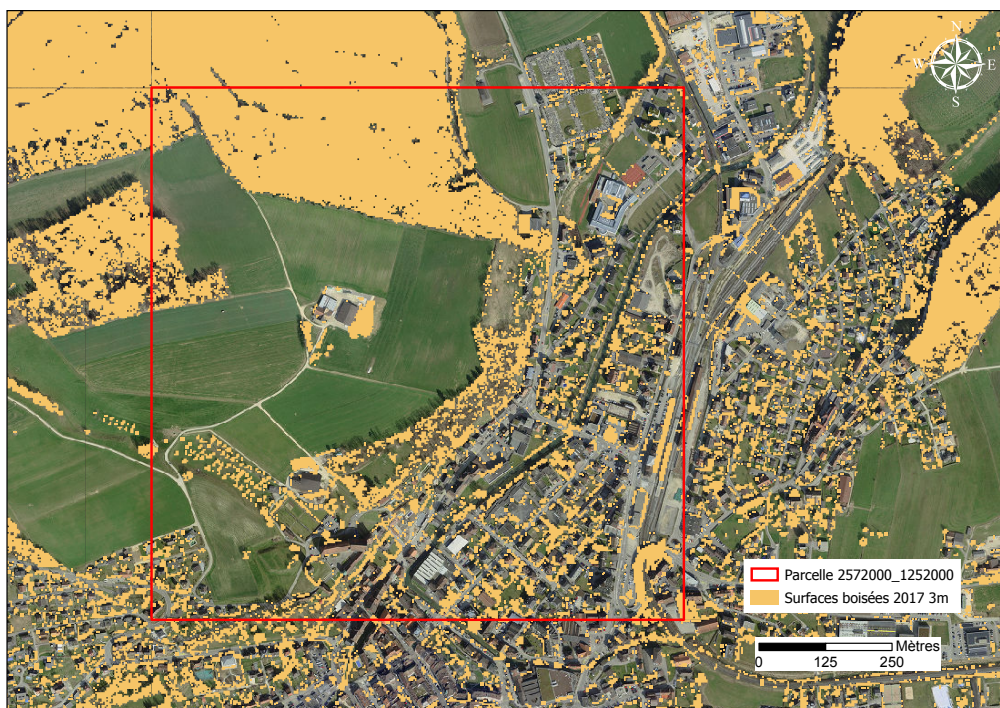


FIGURE 20 – Couche vecteur des surfaces boisées 2017. Résolution 3 m. Fond de carte : orthophotographie 2017.

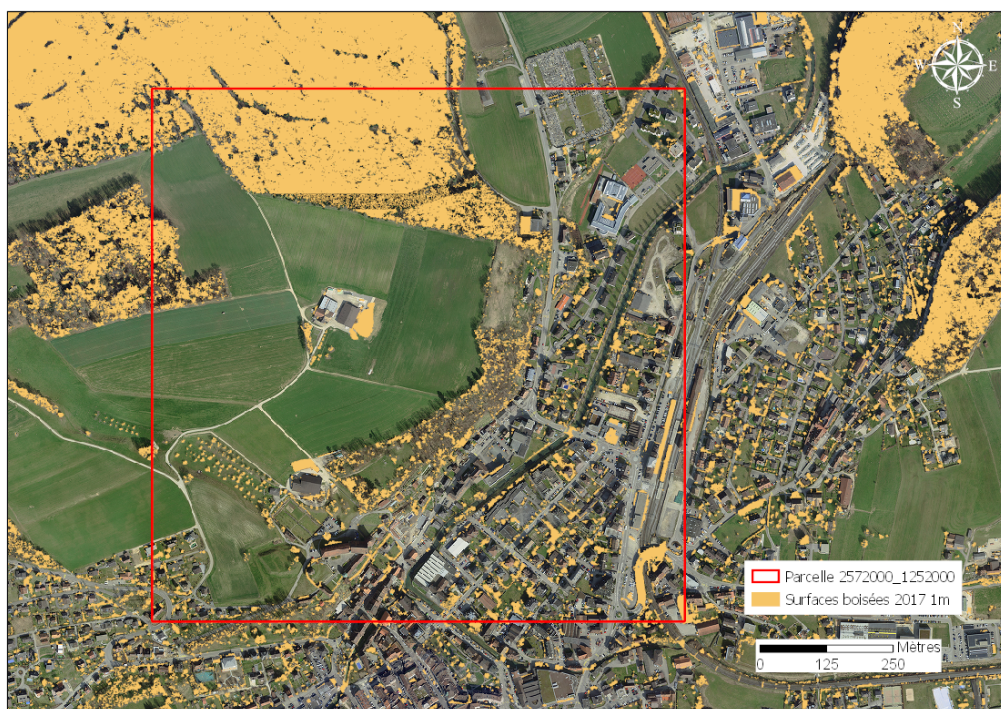


FIGURE 21 – Couche vecteur des surfaces boisées 2017. Résolution 1 m. Fond de carte : orthophotographie 2017.

3 QField pour la Surveillance environnementale

3.1 Introduction

Le service de la surveillance environnementale de l'ENV procède régulièrement à l'écriture de rapport d'activités afin de constater des faits concernant la protection de l'environnement du territoire jurassien. Les gardes et opérateurs sont amenés à se rendre sur le terrain afin d'effectuer diverses missions de surveillance et de recueillir des informations spécifiques à leurs sujets.

La méthode actuelle consiste à prendre des notes et des photographies sur place, puis à documenter le tout informatiquement une fois l'opérateur retourné à son bureau. Ainsi, l'opération n'est pas totalement efficace dans la mesure où le recueil des données est effectué deux fois. L'objectif ici est de chercher à améliorer ce processus de collecte de données en explorant et en exploitant les possibilités offertes par l'application QField.

3.1.1 Présentation de l'application

QField est une application Android open source et gratuite capable de gérer et de manipuler des géodonnées sous de nombreux formats. Son code source est disponible sur github et est maintenu par OpenGIS, une entreprise suisse. L'application permet à son utilisateur de visualiser ou de modifier des géodonnées directement sur la tablette (QField utilise le même moteur graphique que QGIS). Il est néanmoins nécessaire de paramétrer l'intégralité d'un projet QGIS à l'avance sur un ordinateur, car il ne sera alors plus possible de le modifier une fois déployé sur la tablette.

L'application donne la possibilité de modifier les fichiers vecteurs. L'utilisateur peut alors soit créer des nouveaux figurés (immédiatement géoréférencés dans la projection déclarée) en renseignant également tous les champs associés, soit modifier des figurés déjà existants. Dans notre cas, il s'agira de créer des points qui indiqueront les lieux où les rapports d'activité ont été écrits, mais il est également possible de tracer des lignes ou des polygones (délimitation d'une parcelle agricole par exemple). Il ne reste ensuite plus qu'à synchroniser les fichiers de l'appareil avec ceux de l'ordinateur.

3.1.2 Besoins

L'opérateur doit être capable de se servir de la tablette et de réaliser des rapports d'activités sans entraves ou limitations dans le cadre de ses fonctions. Ainsi la mise en place d'une telle méthode de travail doit pouvoir répondre aux différents besoins de l'équipe de la SE, notamment en leur assurant de pouvoir :

- Accéder rapidement à de nombreuses géodonnées raster et vecteurs ayant un lien avec leurs missions : orthophotographies, cartes nationales, cadastres, cartes des dangers, etc. ;
- Prendre des photographies directement géoréférencées ;
- Utiliser l'application de manière simple et pratique ;

- Utiliser la tablette sur le terrain à tout moment et ne pas être limité par la durée de vie de sa batterie ou par sa fragilité.

3.2 Mise en place

3.2.1 Installation

La tablette utilisée pour ce travail est une Galaxy Tab Active 2 (SM-T395) et Android est à sa version 8.1.0. L'application QField peut être facilement installée directement depuis le Google Play. La figure 22 nous indique que l'application sera peut-être instable sur ce modèle de tablette, la pratique nous montrera que ce sera effectivement le cas.

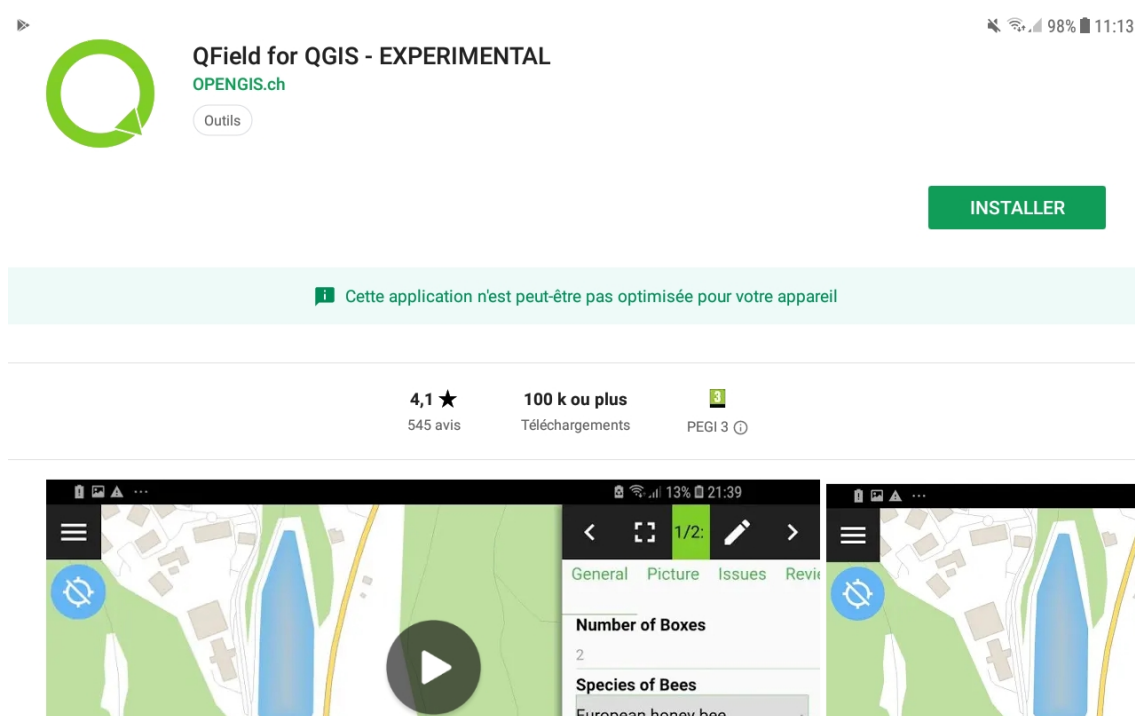


FIGURE 22 – Page de l'application QField sur le Google Play.

Une fois l'application installée, il ne reste plus qu'à charger un projet QGIS sur la tablette, puis à le retrouver via son chemin d'accès. Tout le reste du travail doit être intégralement effectué sur le logiciel QGIS en vue d'un export sur la tablette, car l'application peut uniquement éditer les fichiers de vecteurs.

La tablette ne disposant que d'une mémoire interne de 16 Go, elle a été boostée avec une carte mémoire externe de 128 Go afin de ne pas être limitée en taille par les géodonnées. Si le travail est effectué sur une carte SD externe, QField recommande de placer le projet dans l'arborescence suivante :
`/Android/data/ch.opengis.qfield/files/ [6]`.

Le résultat de tous les travaux décrits ci-dessous est consultable via le projet QGIS de l'annexe numérique [J](#).

3.2.2 Création du projet

On commence par créer un nouveau projet vierge sur QGIS, puis par choisir le système de projection avec lequel on souhaite travailler ; en Suisse, on utilise généralement CH1905+ / LV95 (EPSG : 2056), c'est ce système qui sera utilisé pour notre projet.

Il faut ensuite choisir le format de la BD spatiale que l'on souhaite utiliser. QField recommande de travailler avec geopackage. Outre le fait que ce « nouveau » format a l'avantage d'être libre et non-propritaire, il est surtout capable de stocker des vecteurs et des rasters, cette caractéristique lui conférant une grande polyvalence dans son utilisation [7].

Le modèle de données à respecter a déjà été créé par la SE et est consultable à l'annexe numérique [K](#). Il s'agit maintenant de créer un nouveau geopackage, ici appelé « surveillance_environnementale », puis de créer une nouvelle table que nous appellerons « rapports_activites » et de construire ses attributs avec leurs paramètres et contraintes selon le modèle de données en question. La BD peut être paramétrée sous QGIS avec le plugin « BD Manager » (voir figure [23](#)). Le résultat est consultable à l'annexe numérique [L](#).

Il est ensuite possible de configurer dans les propriétés de la couche le comportement des champs de saisie de QGIS lors de l'ajout d'une nouvelle entrée. De nombreux paramètres sont compatibles avec QField alors que d'autres ne le sont pas. Il est par exemple possible de déclarer des expressions pour contraindre les entrées des champs ou encore d'imposer une valeur par défaut.

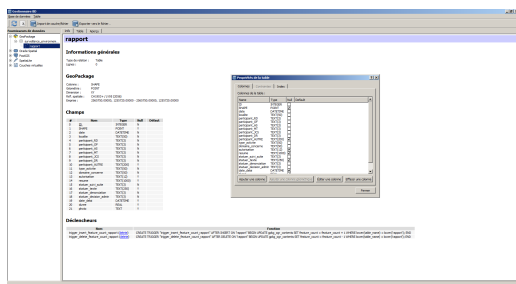


FIGURE 23 – Paramétrisation des attributs de la BD.

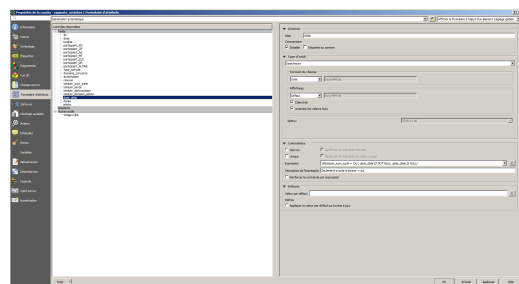


FIGURE 24 – Configuration des propriétés des champs.

3.2.3 Configuration des attributs

Les attributs de la BD spatiale peuvent être configurés de manière plus complexe dans les propriétés de la couche, sous l'onglet « Formulaires d'attributs ». Ces modifications seront alors propres au fichier de couche du geopackage et non au

geopackage lui-même.

Quelques exemples de paramétrages possibles dans le cadre de ce projet :

- L'attribut « ID » est rendu inédictable afin d'éviter une mauvaise manipulation lors de la saisie d'une nouvelle entrée ;
- L'attribut « date » est rempli par défaut, et ce, automatiquement avec la date du jour ;
- L'attribut « localite » est contraint par une liste de communes possibles, ici, celles du canton du Jura ;
- Si l'attribut « statuer_suivi_suite » est renseigné, alors il n'est plus possible d'indiquer une date pour l'attribut « date_delai » (voir figure 24) ;
- L'attribut « photo » est paramétré pour recevoir une pièce jointe, cette fonctionnalité est interprétée par QField comme un champ qui permet d'insérer une photographie prise avec la tablette.

3.2.4 Thèmes et symbologie

Une fois la couche créée, la majeure partie du travail est terminé. Il ne reste plus qu'à choisir les géodonnées que l'on souhaite mettre à sa propre disposition. Malheureusement, QField ne donne pas la possibilité à ses utilisateurs d'afficher ou de masquer les entités de son choix. Il est obligatoire de paramétrer au préalable les couches que l'on souhaite afficher ; QGIS offre une fonctionnalité qui permet de créer des thèmes. Un thème correspond à une configuration d'affichage des couches que l'on peut activer en choisissant le thème de son choix parmi une liste. Il est ainsi possible de créer autant de thèmes que l'on souhaite. Néanmoins, la procédure peut être fastidieuse si le nombre de thèmes requis pour le travail est important. À ce moment, il est peut-être nécessaire de proposer une nomenclature précise à l'aide d'un suffixe pour améliorer la visibilité, car les thèmes sont affichés dans l'ordre alphabétique.

La symbologie configurée sur QGIS est entièrement retranscrite sur QField. Dans le cadre de ce projet, la symbologie des rapports d'activités cherche à discriminer les dossiers clôturés des dossiers qu'il faut continuer à suivre. Ici une croix verte est attribuée aux dossiers ne nécessitant plus de suivi de la part de l'ENV, alors qu'un rond vert sert à indiquer si le dossier est à suivre et un triangle vert si le dossier est à suivre et que le délai de traitement renseigné a été dépassé (voir figure 25).

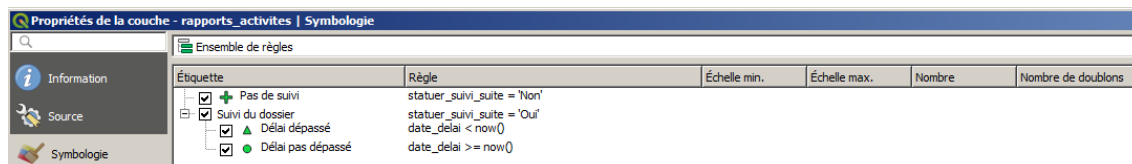


FIGURE 25 – Configuration de la symbologie.

3.2.5 Import des fichiers rasters

Le format de fichier raster le plus répandu est le fichier tif. Bien qu'il soit pris en charge par QField, il a le désavantage d'être très gourmand en mémoire interne, rendant son utilisation peu adaptée sur une tablette. De plus, QField ne prenant pas encore en charge les images compressées, il est donc nécessaire de changer de format.

QField propose de travailler avec des fichiers au format geopackage. Les fichiers sous ce format peuvent se comporter comme des conteneurs : on peut alors stocker plusieurs rasters sous le même fichier rendant les manipulations de géodonnées plus aisées. L'expérience des autres utilisateurs a montré que les fichiers au format MBTiles étaient également très satisfaisants. Des boucles FME ont donc été mises en place afin de transformer les orthophotographies dans les formats ci-dessus. Au même titre que pour les ordinateurs, il est très important de ne pas oublier de créer les pyramides pour chaque raster sous peine de ralentir drastiquement les performances de QField. Les autres rasters qui regroupaient une information pour tout le territoire sous un même fichier ont été transformés directement avec le convertisseur de QGIS (*clic droit sur une couche > Exporter > Sauvegarder les entités sous...*).

Il est important de noter qu'il est possible de spécifier dans les options du projet QGIS quelles géodonnées seront disponibles à l'édition et lesquelles ne seront destinées qu'à la consultation. Ces dernières seront alors protégées de toutes opérations indésirables de la part des opérateurs rendant la lisibilité du projet sur la tablette meilleure.

3.3 Mise en œuvre

Sur le terrain, l'utilisation de QField a été simplifiée à son maximum. Une fois un projet QGIS chargé, QField dispose de deux modes. Un mode « navigation » (voir figure 26), qui permet d'explorer les géodonnées disponibles sur la carte et de consulter les champs des entités sélectionnées, et un mode « dessin » (voir figure 27), qui autorise l'utilisateur à créer, modifier ou supprimer des entités dans la BD spatiale de son choix. Il est également possible d'utiliser le GPS interne de la tablette pour géolocaliser automatiquement une nouvelle entrée.

À des fins didactiques, une présentation Powerpoint a été mise sur pied afin d'expliquer le fonctionnement et l'utilisation de QField à l'équipe de la SE. Cette dernière est disponible à l'annexe numérique M.

3.4 Retour d'expérience

La modeste expérience accumulée lors de la création de ce projet nous a permis de constater les problèmes notoires suivants :

- QGIS peut s'interrompre lorsqu'un raster est converti au format geopackage et que la construction des pyramides est cochée.

Les pyramides peuvent être construites après la conversion dans Raster > Divers > Construire des aperçus (pyramides) ;

- Sur cette configuration, QField est instable. Il est fréquemment nécessaire de redémarrer l'application. Version de QField : 0.11.10 ;
- Si une date est renseignée dans un champ déclaré comme facultatif, il n'est alors plus possible de la retirer avec la tablette ;
- Les champs textes sont mal gérés. QField ne produit pas de retour à la ligne automatique lorsque l'utilisateur dépasse la largeur du formulaire de saisie. Ce problème peut se révéler majeur si l'opérateur doit ajouter un long texte et qu'il souhaite le modifier, voire simplement le consulter ;
- Lorsque l'utilisateur souhaite remplir un champ texte, QField impose au clavier une écriture en majuscules.

Le problème peut être en partie résolu en désactivant l'option « Majuscules automatiques » du clavier Samsung ;

- Le clavier natif de Samsung ne donne pas la possibilité de saisir une virgule dans les champs numériques, seulement un point. Le problème persiste même si le séparateur décimal est configuré sur l'ordinateur comme étant un point. *Le problème provient du clavier Samsung qui ne prend pas correctement en charge les paramètres régionaux. Ce dernier peut tout de même être contourné en installant un clavier numérique tiers. Néanmoins la confidentialité des données entrées peut alors être menacée ; c'est particulièrement le cas avec le clavier GBoard qui envoie toutes les saisies aux serveurs de Google. Le problème peut également être contourné en utilisant un clavier physique. Ici, nous avons préféré créer un second champ, un champ pour les heures et un second pour les minutes.*

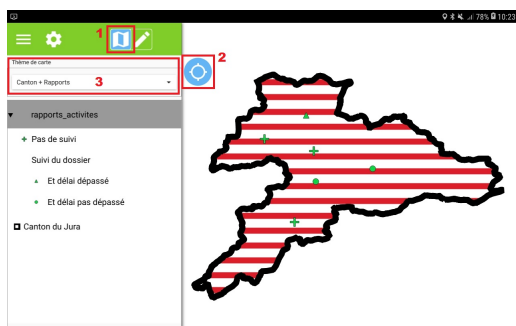


FIGURE 26 – Mode navigation - 1. bouton mode navigation ; 2. activation de la géolocalisation de l'utilisateur sur l'application ; 3. sélection des thèmes de carte.

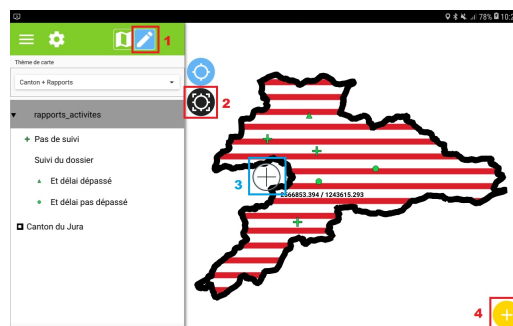


FIGURE 27 – Mode dessin - 1. bouton mode dessin ; 2. centrer le marqueur sur la position géolocalisée ; 3. marqueur pour créer une entité ; 4. créer une nouvelle entrée.

4 Mise en conformité du cadastre des ouvrages

Le 21 février 2017, l'OFEV publiait le modèle de données pour les ouvrages de protection contre les dangers naturels. Il s'agit d'un document rédigé à l'intention des cantons afin de les aider dans la mise en œuvre d'une base de données géospatiale regroupant diverses informations sur leurs ouvrages de protection. La Confédération cherche ainsi à collecter des informations sur l'intégralité du territoire helvétique à propos du nombre, du type et de l'état de ses infrastructures de protection. Cette géodonnée est par contre indisponible au grand public sur le géoportail de la Confédération.

Contrairement à d'autres cantons, la République et Canton du Jura dispose déjà d'une telle BD, mais cette dernière n'est pas compatible avec le modèle de données spécifié par la Confédération, car elle contient également des entrées et attributs destinés à documenter les ouvrages d'équipement du SIN.

L'objectif de ce travail a été de rendre compatible cette BD en identifiant les attributs à conserver et les champs à mettre en conformité.

4.1 Modèles de données

Le modèle de données spécifié par la Confédération est disponible à l'annexe numérique [N](#). Le modèle de données spécifié par le SIT pour les géodonnées du SIN est disponible à l'annexe numérique [O](#). Ce dernier document a subi des modifications afin d'être en accord avec les exigences de la Confédération.

4.2 Opérations

Pour des questions techniques et pratiques, la BD cantonale, qui décrit les équipements routiers et les ouvrages de protections, a été dupliquée en deux fichiers : un premier fichier exploité par l'ENV et un second fichier exploité par le SIN. Ces deux BD sont respectivement disponibles aux annexes numériques [P](#) et [Q](#). Pour mettre en conformité ces BD, il a fallu ainsi modifier les paramètres d'attributs dans Access.

Comme ces BD ont été remplies par les différentes entreprises mandatées pour la construction de ces mêmes ouvrages de protection et qu'elles sont passées régulièrement de main en main au sein des offices cantonaux, cela a inévitablement occasionné des hétérogénéités dans la saisie des valeurs de champ, rendant la BD inconsistante.

Ainsi, nous avons effectué au sein des deux BD spatiales :

- Une mise en conformité des attributs (noms et contraintes) selon les exigences de la Confédération et le modèle de données du SIT ;
- Une correction et une mise à jour des domaines sur Access et ArcGIS pour tous les attributs concernés (selon les listes détaillées dans l'annexe numérique [O](#)) ;

- Un nettoyage des entrées inutiles ou redondantes ;
- Une mise à jour des champs invalides (erreurs ou oublis de saisie).

Toutes les entrées n'ont malgré tout pas pu être mises à jour tant le nombre d'enregistrements avec des champs obligatoires pour la Confédération était important. L'annexe numérique **R** récapitule l'ensemble des champs invalides à compléter avant un export satisfaisant de la BD vers la structure requise.

5 Conclusion et discussion

Altimétrie

L'analyse de ces données altimétriques s'est révélée plus ardue que prévu. La non-complétude des données a empêché les algorithmes d'analyse de fonctionner correctement, ce qui a remis en cause la réussite des objectifs initialement fixés. Toutefois, il a tout de même été possible de produire une estimation raisonnable de la surface boisée dans le Jura et calculer les taux de boisement des parcelles de la NFI pour tout le Jura. Par son caractère de projet pilote, il a été difficile de trouver du soutien technique et méthodologique de la part de la Confédération ou de cantons plus expérimentés dans la gestion des géodonnées, en effet le traitement de données issues d'orthophotographies autocorrélées demeure très rare.

Il est difficile de savoir s'il est possible d'en faire davantage avec ces données tant les algorithmes ont du mal à les traiter correctement. Mais il est peut-être envisageable de réaliser un MNT pour les terrains hors forêts. Il serait aussi intéressant d'essayer de résoudre les problèmes de bords que les algorithmes de classement rencontrent avec les tuiles.

QField

L'installation et la mise en œuvre de cette nouvelle méthode de travail se sont heurtées à plusieurs problèmes de nature différente. Du point de vue de l'ergonomie, on constate qu'il n'est pas spécialement évident de saisir des données textes avec une tablette tout en étant debout, et qu'au contraire, il n'est pas non plus aisé de le faire assis avec un clavier sur les cuisses. Du côté de la technique, le fonctionnement instable de l'application, la limitation en mémoire de la tablette, les nombreux problèmes liés à la création de nouvelles entrées et l'impossibilité de prendre en charge les images compressées mettent en péril une utilisation efficace de cette solution.

Dans l'ensemble, l'application fonctionne pourtant très bien et les possibilités offertes par QField restent très intéressantes pour toute personne manipulant régulièrement des géodonnées. Néanmoins, il semblerait qu'elle convienne davantage aux travaux se focalisant sur des échelles plus modestes : projet spécifique limité dans le temps, commune, petites parcelles, etc. À l'échelle du canton et, avec les besoins importants en géodonnées de la SE, la mise en œuvre de la méthode semble plus compromise. Il est probable que les prochaines mises à jour de l'application résoudront tous les problèmes soulevés dans ce travail, mais ces derniers sont, dans l'état actuel des choses, trop importants pour pouvoir être éludés. Une fonctionnalité qui serait très intéressante à implémenter serait la possibilité de faire appel à des géoservices afin de pouvoir accéder plus facilement aux géodonnées.

Cadastre des ouvrages

Cette mise en conformité a permis de mettre en évidence toutes les entrées er-

ronées et incomplètes de la base de données du cadastre des ouvrages de la RCJU. Nous avons pu constater que les attributs et leurs paramètres n'étaient pas homogènes entre les différents fichiers et qu'il a fallu également mettre à jour les domaines avec ArcGIS et Access afin d'éviter que de nouvelles entrées soient enregistrées de manière erronée.

Les BD sont des objets délicats à manipuler et qui n'ont pas vocation à être modifiés a posteriori. Ainsi, il est important de bien préparer la construction et la paramétrisation de la BD et de ses tables afin d'éviter au maximum toute opération ultérieure. La BD n'a donc pas pu être entièrement corrigée, car cela aurait nécessité un temps trop important. En effet, pour corriger correctement les entrées, il aurait fallu retrouver les informations concernées dans les dossiers de chaque ouvrage. Cela met en exergue l'importance qui doit être accordée à l'étape du remplissage de la BD ; le modèle de données est alors là pour imposer un cadre de saisie strict qui aide à structurer correctement les entrées et à donner de la consistance à la BD.

Conclusion personnelle du stage

En définitive, j'ai pris beaucoup de plaisir à effectuer ce stage, ce dernier était excitant et enrichissant tant les outils et technologies qui ont été mobilisées étaient nombreuses ainsi qu'inédites pour moi. J'ai pu réaliser un travail de géomatique concret, en partant de la donnée brute jusqu'à l'obtention du produit final (vecteur de la forêt 2017 par exemple). Le suivi de toutes ces étapes m'a montré que la géomatique revêt un caractère transversal avec de nombreux domaines et que cette discipline peut apporter des solutions intéressantes et innovantes à des problèmes variés.

Toutefois, l'absence de documentation, d'expertise sur les sujets abordés et de support technique a compliqué le bon déroulement du travail. Il y a eu beaucoup de frustrations également vis-à-vis des limitations techniques et matérielles, dues principalement à l'infrastructure du réseau, qui sont présentes pour des raisons évidentes de sécurité, mais qui freinent malheureusement les tâches de manière considérable.

Ce stage m'a permis également de découvrir le fonctionnement d'une administration cantonale, de mieux comprendre ses rouages et mécaniques, son rôle, et ses missions publiques.

Dans l'ensemble, je suis ravi de cette belle expérience professionnelle et des nouvelles compétences que j'ai acquises, qui ne manqueront pas d'étoffer mon profil d'hydrogéologue. Je remercie à nouveau Monsieur Crausaz et la RCJU pour cette belle opportunité qui m'a été offerte.

Références

- [1] ASPRS. LAS Specification Version 1.4 - R13, 2013.
- [2] Swisstopo. SWISSIMAGE[®]2017 swisstopo (5704000630); Données cartographiques : CP25[®]2011 Swisstopo (5704000640); MNT/MNS Laser du Canton du Jura, édition 2001-2008.
- [3] ESRI. Classer le sol LAS - Aide, 2018. <https://desktop.arcgis.com/fr/arcmap/latest/tools/3d-analyst-toolbox/classify-las-ground.htm>.
- [4] Conseil Fédéral. Ordonnance sur les forêts (OFo), 921.01, 2018.
- [5] République et Canton du Jura. Pâturages boisés, 2018. <https://www.jura.ch/paturages-boises>.
- [6] OPENGIS. Qfield documentation 0.10, 2018. <http://www.qfield.org/docs/>.
- [7] Open Geospatial Consortium. OGC GeoPackage, 2018. <https://www.geopackage.org/>.

Annexes numériques

Altimétrie

- A Scripts pour le traitement des tuiles LAS
- B Modèle numérique de terrain 2007 de la région de Porrentruy
- C Rasters forêt 2017 de la région de Porrentruy
- D Procédure FME pour calculer les taux de boisement 2007
- E Procédure FME pour calculer les taux de boisement 2017
- F Résultats des taux de boisement 2007
- G Résultats des taux de boisement 2017
- H Vecteurs forêt 2007 de la région de Porrentruy
- I Rasters forêt 2017 de la région de Porrentruy

QField

- J Projet QGIS pour la surveillance environnementale en vue de l'export sur QField
- K Modèle de données pour l'élaboration du geopackage
- L Fichier geopackage pour les rapports d'activités
- M Présentation Powerpoint sur le fonctionnement de QField

Cadastre des Ouvrages

- N Modèle de données pour les ouvrages de protection contre les dangers naturels
- O Structuration des géodonnées « cadastre des ouvrages »
- P BD du Cadastre des ouvrages
- Q BD du Cadastre des ouvrages du SIN
- R Corrections à apporter