

# Mise en forme d'une base de données sur le séisme en Haïti et exploitation de données Lidar post-événement pour caractériser le bâti et évaluer les dommages.

PFE présenté par : **Simon Ertz**  
Société d'accueil : **SERTIT**  
Directeur de PFE : **Bernard Allenbach**  
Correcteurs : **Mathieu Koehl et Tania Landes**



---

## 1. Contexte et objectifs de l'étude

Le 12 janvier 2010 à 16h53 heure locale (21h53 UTC), un séisme de magnitude 7,0 à 7,3 frappe Haïti. Son épicentre est situé approximativement à 25km au sud-ouest de Port-au-Prince, capitale du pays. Le bilan de la catastrophe est très lourd : plus de 200 000 morts, des dizaines de milliers de blessés, près de 2 millions de sans-abris et un pays entier à reconstruire.

Les jours suivants le séisme de nombreuses images satellites, aériennes et d'autres données ont été acquises afin de gérer la phase 'd'intervention d'urgence' qui comporte le secours aux personnes et l'aide aux populations. Ces données ont permis aux organismes de cartographie rapide de produire des cartes de localisation présentant les zones peuplées les plus affectées et les zones de rassemblement.

Suite à un appel à projet de l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) en mars 2010, le projet Kal-Haïti est proposé par quatre partenaires : le Centre National d'Etudes Spatiales (CNES), le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM), le Centre d'Etudes Techniques du Sud-ouest (CETE-SO) et le SERTIT. Ce projet s'inscrit dans la phase de reconstruction et dans celle de l'étude scientifique. Le projet vise à mettre à disposition des chercheurs et des institutionnels chargés de la reconstruction d'Haïti une base de données constituée d'images de télédétection et de nombreuses données *in situ*.

Au-delà de sa participation à la mise en place et à la création de la base de données, le SERTIT a pour rôle d'exploiter les données satellites pour cartographier les dommages, d'évaluer le potentiel de chacun des capteurs ou encore d'établir des critères de vulnérabilité du bâti.

Les objectifs qui me sont fixés pour le projet sont :

- La participation au choix des images et autres données à inclure dans la base, à la réalisation des prétraitements (corrections géométriques et radiométriques), ainsi qu'à la création d'une couche dommages de référence à l'échelle du bâtiment.
- L'exploitation de données LIDAR pour la détection automatique ou semi-automatique de dommages et la caractérisation du bâti (forme des toits, hauteur des bâtiments).

## 2. Choix des images et prétraitements

Les données téléchargées par le SERTIT suite au séisme représentent plus de 69000 fichiers (3,2 Téraoctets). Ces images multi-modales et multi-temporelles sont répertoriées dans un tableau de synthèse qui présente entre autre la plate-forme et le capteur utilisés, la résolution spatiale ou encore le volume pour chacune des couches.

### Images optiques :

Au vu de l'objectif principal qui est d'établir une couche de dommages à l'échelle du bâtiment, le principal critère de sélection a été la résolution spatiale pour les images optiques. D'autres critères ont été pris en compte comme l'absence de couverture nuageuse ou un angle de prise de vue le plus nadiral possible afin d'éviter que certains bâtiments ne soient cachés par d'autres. Une image satellite pré-crise et deux mosaïques de photographies aériennes post-crise ont été retenues.

Image	Résolution spatiale	Bandes spectrales	Nombre de fichiers	Taille finale sur la zone d'étude	Epoque
Quickbird	60cm (Pan) 2,44m	Pan : 450-900nm Bleu : 450-520nm Vert : 520-600nm Rouge : 630-690nm PIR : 760-900nm	1	417,4Mo	pré-crise
WorldBank/ImageCat/RIT (Google)	15cm	(R, V, B)	29	2,6 Go	post-crise
Worldview-1	50cm	Pan : 450-800nm	2	134,4 Mo	post-crise

Figure 1 : tableau des caractéristiques des images optiques retenues

Dans un premier temps les mosaïques des images Google et Worldview-1 sont réalisées. Ensuite l'image Quickbird est fusionnée, c'est-à-dire que les informations contenues dans les bandes verte, bleue, rouge et PIR sont recalculées afin d'obtenir une image multispectrale à la résolution de l'image panchromatique. Les images sont projetées dans le système de référence planimétrique et recalées géométriquement entre-elles en se servant de la mosaïque Google comme référence géométrique. Un algorithme de déformation élastique (*rubbersheeting*), qui a l'avantage de bien prendre en compte les déformations locales, est utilisé pour le recalage.

### Données LIDAR :

Les données LIDAR à notre disposition sont principalement des données rasters, sous forme de modèle numérique de terrain (MNT) ou de surface (MNS). Le MNS est le modèle numérique tridimensionnel obtenu à partir des points de premier écho, qui inclut le sursol, et le MNT celui représentant une portion de terrain au niveau du sol. Le MNT est obtenu à partir de traitements du nuage de points bruts duquel ont été retirés les points du sursol (végétation, bâtiments, etc.).

Fournisseur	Système d'acquisition	Système de référence planimétrique	Système de référence altimétrique	Modèle numérique	Pas des modèles numériques
Worldbank	Leica ALS60	WGS84_UTM 18N	hauteur au-dessus du géoïde EGM96 (mètres)	MNS	10m
				MNS	1m
				MNT	10m
				MNT	1m
US Southcom (USS)	Alirt	WGS84_UTM 18N	hauteur au-dessus de l'ellipsoïde GRS80 (mètres)	MNS	1m
				MNS	30cm

Figure 2 : modèles numériques disponibles

Pour l'étude et notamment l'obtention de la hauteur des bâtiments, un modèle numérique d'élévation (MNE) qui correspond à la différence entre le MNS et le MNT est calculé. Un changement de repère altimétrique du MNT Worldbank à 1 m. est réalisé à l'aide d'*ERDAS Imagine* pour bénéficier du pas des données USS (30cm) dans le MNE. Le MNT est généré par interpolation des altitudes entre les points du sol, ainsi dans les zones bâties le terrain n'est pas plat sous les bâtiments, ce qui n'est pas conforme à la réalité et qui conduit à des modifications de la forme du toit lors du calcul du MNE. La solution choisie est d'utiliser une valeur moyenne du MNT sous chaque bâtiment en se servant de la digitalisation.

*Imagine* permet de générer l'image des pentes et celles de leur direction à partir du MNS Worldbank.

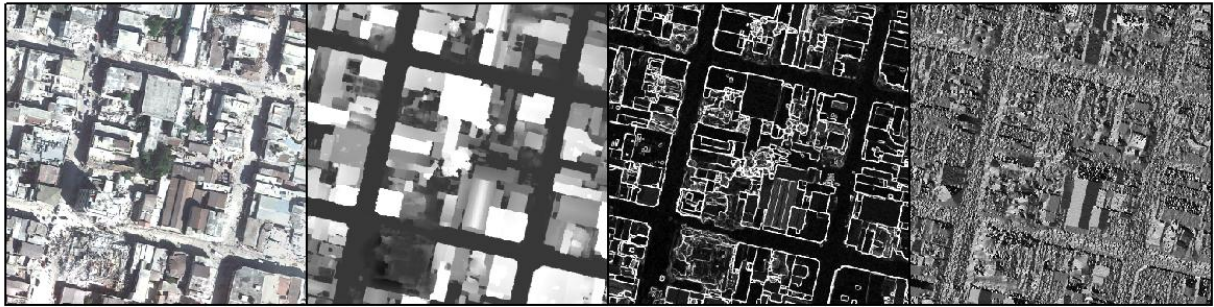


Figure 3 : de gauche à droite; l'image Google, le MNE, la carte des pentes et celles des directions

### 3. Etablissement de la couche dommages de référence

L'objectif est d'avoir un niveau d'endommagement par bâtiment, il est donc nécessaire de les digitaliser. Dans certaines études les bâtiments sont identifiés ponctuellement mais dans notre cas c'est l'empreinte au sol qui est digitalisée ce qui permet d'obtenir des informations sur la géométrie et la radiométrie pour chaque polygone (statistiques sur les comptes numériques, texture).

La détection de dommages est ensuite réalisée par photo-interprétation. En adaptant les classes de dégâts définies dans l'EMS98 (European Macroseismic Scale of 1998), 3 classes sont utilisées : "pas de dégâts visibles", "dégâts visibles", "bâtiment effondré". La photo-interprétation est considérée comme une méthode fiable de détection de dommages, même si elle sous-estime généralement les dégâts (les fissures au niveau des façades et certains types d'effondrement ne sont pas discernables en vue de dessus), et est subjective. En faisant faire la classification des dommages par deux opérateurs différents sur un échantillon de 940 bâtiments le pourcentage de similitudes est de 73,5% toutes classes confondues. En distinguant les bâtiments effondrés des autres ce pourcentage passe à 96%.

### 4. Exploitation des données LIDAR

Les données LIDAR sont intéressantes par l'information 3D qu'elles apportent. La 3D est rarement employée au SERTIT, d'une part parce que les relevés LIDAR sont peu fréquents et surtout chers, et d'autre part car il ne dispose pas des outils de photogrammétrie permettant de créer des modèles numériques à partir de couples d'images stéréoscopiques.

Les modèles numériques à notre disposition sont utilisés pour la détection de dommages, la détermination de la forme du toit et de la hauteur des bâtiments. L'objet d'intérêt étant le bâtiment, une approche orientée-objet sous *eCognition* est privilégiée. L'approche orientée objet se décompose en trois phases principales : la segmentation qui permet de définir les différentes régions qui seront classifiées, la recherche des paramètres discriminants, et la classification.

#### La segmentation :

La segmentation est généralement considérée comme critique et délicate, mais ce problème est résolu en utilisant la digitalisation réalisée précédemment qui permet d'obtenir facilement un objet par bâtiment.

Cependant, la digitalisation étant longue à mettre en œuvre, une méthode pour l'extraction automatique des bâtiments à partir des outils de segmentation d'*Imagine* et d'*eCognition* est aussi proposée et évaluée par rapport à la couche digitalisée.

#### La recherche de paramètre :

Pour la recherche de paramètres, l'analyse visuelle des images optiques est réalisée sur une zone échantillon pour déterminer le type de toit et la classe de dégât. Ensuite les classes sont définies dans *eCognition* et les échantillons sont sélectionnés. L'éditeur d'échantillons (*sample editor*) permet de choisir les paramètres qui discriminent au mieux les classes, c'est-à-dire ceux qui présentent un faible recouvrement entre les classes.

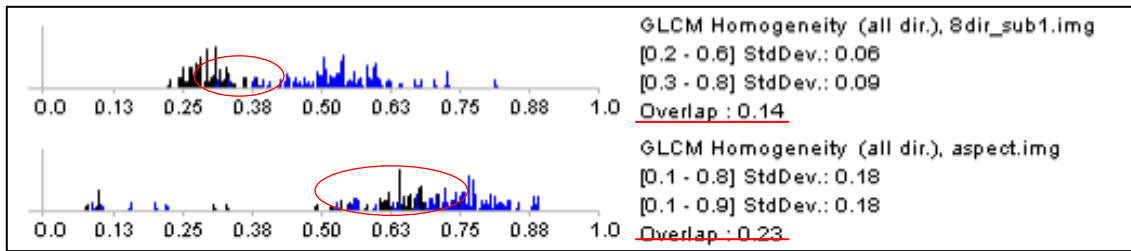


Figure 4 : en noir la population des toits plats, en bleu les pentus. Le facteur du haut est plus discriminant que celui du bas car il y a moins de recouvrement entre les deux classes sur le graphe

### La classification :

Pour chaque paramètre il faut définir des seuils séparant les classes ou alors des lois de probabilité d'appartenance à une classe. Pour établir ces lois les paramètres sont exportés dans *Excel* et le pourcentage de bâtiment appartenant à chaque classe est représenté par intervalle de valeur.

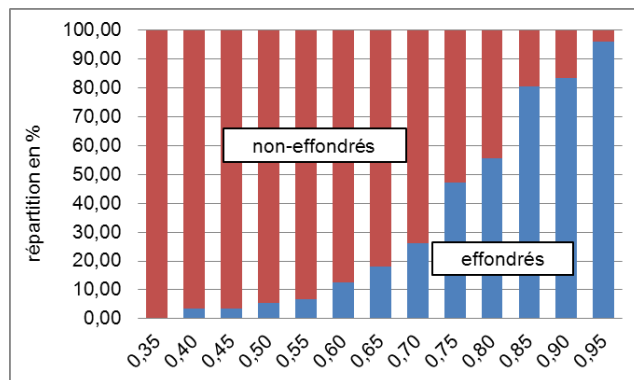
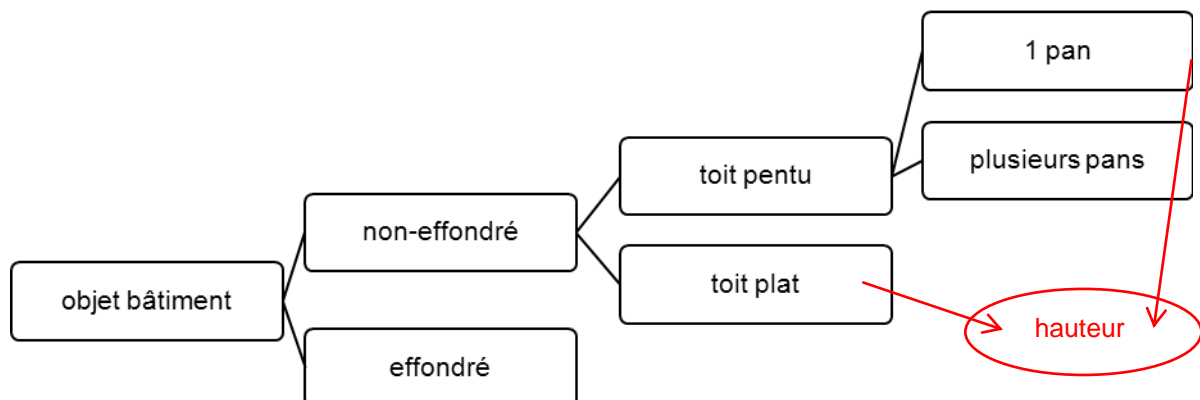


Figure 5 : répartition entre bâtiments effondrés et non effondrés par intervalle de valeur d'entropie des pentes

La recherche de paramètres et l'établissement des règles de classification sont répétés à chaque étape du processus suivant :



### Utilisation des nuages de points :

Pour les données LIDAR Worldbank, les nuages de points (format standard \*.las) sont aussi fournis. Une version d'essai de l'extension *LP360* d'*ArcGIS* permettant leur visualisation et leur manipulation a été mise à ma disposition. Ainsi j'ai pu tester l'apport de ce type de données par rapport aux modèles numériques tant pour les classifications que pour l'extraction du bâti au travers des fonctionnalités de *LP360*.

## 5. Conclusion

Cette étude montre toute l'importance de disposer d'une couche de référence du bâti tant pour la reconstruction que pour la recherche méthodologique. En effet cette couche sert de segmentation pour la mise en place de méthodes et/ou de vérité terrain pour leur validation. Elle démontre aussi l'apport des données LIDAR qui fournissent un grand nombre d'informations (élevations, valeurs de pentes, direction de pentes), très utiles pour la détection de dommages et la caractérisation du bâti.