

QualiGEO 2018-2020

QUALIGEO

**PROCESSUS D'ÉVALUATION DE LA
QUALITÉ DES GÉODONNÉES : APPLICATION
AU GÉORÉFÉRENTIEL WALLON**

RAPPORT FINAL

**FEVRIER
2020**



TABLE DES MATIÈRES

NOTE PRELIMINAIRE	9
A. RESUME EXECUTIF	10
B. RAPPEL DU CONTEXTE ET PHASAGE DU PROJET	13
PHASE 1 – INVENTAIRES, CRITERES, VALEURS ET METHODES DE MESURE POUR LES GEODONNEES ADRESSES, BATIMENTS ET AXES DE VOIRIE	14
1. INVENTAIRES ET NOMENCLATURES	15
1.1. SYNTHESE DE L'INVENTAIRE DES EXPERIENCES INTERNATIONALES.....	15
1.1.1. <i>Bruxelles (CIRB) - URBIS</i>	16
1.1.2. <i>Flandre (Informatie Vlaanderen) - GRB</i>	17
1.1.3. <i>IGN Belgique - Top10Vector</i>	18
1.1.4. <i>IGN France - RGE</i>	19
1.1.5. <i>Ordnance Survey - OS MasterMap</i>	20
1.1.6. <i>INSPIRE Technical Guidelines</i>	21
1.2. QUALITE DE POSITIONNEMENT DANS LA LITTERATURE SCIENTIFIQUE	21
1.2.1. <i>Entités ponctuelles</i>	22
1.2.2. <i>Entités linéaires</i>	23
1.2.3. <i>Entités polygonales</i>	25
1.3. SYNTHESE DES PROCESSUS EN WALLONIE (SPW).....	25
1.4. TABLEAUX DES SEUILS INTERNATIONAUX POUR LES GEODONNEES ETUDIEES	26
1.4.1. <i>Bâtiments</i>	28
1.4.2. <i>Axes de voirie</i>	30
1.4.3. <i>Points adresse</i>	32
1.5. FIXATION DE SEUILS DES CRITERES DE QUALITE DES GEODONNEES.....	33
1.6. GLOSSAIRE ET NOMENCLATURE	33
1.6.1. <i>Qualité</i>	34
1.6.2. <i>Actualité</i>	34
1.6.3. <i>Généalogie</i>	34
1.6.4. <i>Précision</i>	34
1.6.5. <i>Exactitude</i>	35
1.6.6. <i>Exhaustivité</i>	35
1.6.7. <i>Remarques sur d'autres termes de vocabulaire</i>	35
2. CRITERES.....	36
2.1. CHOIX DES CRITERES D'ÉVALUATION DE QUALITE DES GEODONNEES.....	36
2.2. DETAILS DES CRITERES ET EXEMPLES	38
2.2.1. <i>Cohérence logique</i>	38
2.2.2. <i>Exhaustivité</i>	40
2.2.3. <i>Qualité du positionnement</i>	41
2.2.4. <i>Qualité sémantique</i>	42
2.2.5. <i>Qualité temporelle</i>	44
2.2.6. <i>Généalogie</i>	44
3. VALEURS, METHODES DE MESURE ET INCERTITUDES.....	45
3.1. TABLEAU SYNTHETIQUE	45
3.2. DESCRIPTIONS DETAILLEES	46
3.2.1. <i>Cohérence logique</i>	46
3.2.2. <i>Exhaustivité</i>	48
3.2.3. <i>Qualité du positionnement</i>	48
3.2.4. <i>Qualité sémantique</i>	50
3.2.5. <i>Qualité temporelle</i>	52
3.2.6. <i>Généalogie</i>	52
4. RADARS PLOTS.....	53
4.1. METHODOLOGIE POUR LA COMPREHENSION DES RADARS PLOTS.....	53

4.2.	DESCRIPTIONS DES RADARS PLOTS SELON LES GEODONNEES	54
4.2.1.	Analyse du radar plot « Bâtiments »	54
4.2.2.	Analyse du radar plot « Axes de voirie »	57
4.2.3.	Analyse du radar plot « Points adresse »	61
PHASE 2 – METHODOLOGIES, TESTS, VALIDATIONS ET PERSPECTIVES POUR LES GEODONNEES ADRESSES, BATIMENTS ET AXES DE VOIRIE		64
5.	METHODOLOGIE DE CONTROLE DE QUALITE.....	65
5.1.	METHODOLOGIE DU CONTROLE DE QUALITE – ÉCHANTILLONNAGE.....	65
5.1.1.	Échantillonnage pour les critères de mesure	66
5.1.2.	Échantillonnage pour les critères de conformité/non-conformité.....	72
5.1.3.	Mise à jour de la méthode d'échantillonnage.....	73
5.2.	ACQUISITION ET COMPARATIF	74
5.3.	METHODOLOGIE DU CONTROLE DE QUALITE.....	74
5.3.1.	Cohérence logique.....	74
5.3.2.	Exhaustivité.....	80
5.3.3.	Qualité du positionnement	83
5.3.4.	Qualité sémantique.....	91
5.3.5.	Qualité temporelle	98
5.3.6.	Généalogie.....	99
6.	INDICATIONS LIEES AU TERRAIN	101
6.1.	EXEMPLE DE METHODOLOGIE DE CONTROLE DE L'EXHAUSTIVITE SUR TERRAIN	101
6.1.1.	Bâtiment	102
6.1.2.	Axe de voirie	102
6.1.3.	Point adresse	102
6.2.	EXEMPLE DE METHODOLOGIE DE CONTROLE DE LA QUALITE SEMANTIQUE SUR TERRAIN (CLASSEMENT / EVALUATION DES ATTRIBUTS)	103
6.2.1.	Bâtiment	103
6.2.2.	Axe de voirie	103
6.3.	EXEMPLE DE METHODOLOGIE DE LEVE DE CONTROLE SUR TERRAIN	104
6.3.1.	Liste de matériel	104
6.3.2.	Procédure sur terrain	104
6.4.	METHODE DE LEVE NORME	107
6.4.1.	Les erreurs.....	108
6.4.2.	Conditions favorables	108
6.4.3.	Tour d'horizon et double retournement.....	109
6.4.4.	Complexité du réseau.....	111
6.4.5.	Centrage forcé	115
6.4.6.	Canevas et points de références.....	116
6.4.7.	Résumé de la méthode de levé normée recommandée	117
7.	VALIDATION ET TEST SUR ECHANTILLONS : FICHES PRATIQUES.....	119
8.	CAMPAGNE DE TERRAIN EN COLLABORATION AVEC LE SPW	197
8.1.	ACQUISITION SUR TERRAIN	197
8.2.	RESULTATS DES TRAITEMENTS DE TERRAINS A NAMUR ET A DHUY.....	202
8.2.1.	Cohérence logique.....	202
8.2.2.	Exhaustivité.....	217
8.2.3.	Positionnement	217
8.2.4.	Qualité sémantique.....	224
8.2.5.	Généalogie.....	225
9.	PROCESSUS DE CONTROLE DE QUALITE DANS LES ENVIRONNEMENTS FME ET ARCGIS	226
10.	SCRIPTS DES MESURES DU CRITERE DE POSITIONNEMENT DANS L'ENVIRONNEMENT FME.....	227
10.1.	ALGORITHME DU BUFFER SEUIL	227
10.2.	DISTANCE DE HAUSDORFF	227
10.3.	ARRETE MINISTERIEL FRANÇAIS DU 16 SEPTEMBRE 2003.....	228
11.	PERSPECTIVES D'AMELIORATIONS	229
11.1.	LISTE DES DOCUMENTS A PREVOIR :	229

11.2. ACTIONS A ENTREPRENDRE :	230
12. PROPOSITIONS D'ALTERNATIVES ET SUGGESTION DE SCENARI	231
12.1. EXHAUSTIVITE.....	231
12.1.1. <i>Excédent</i>	231
12.1.2. <i>Omission</i>	234
12.2. COHERENCE LOGIQUE.....	237
12.3. POSITIONNEMENT ABSOLU.....	237
12.4. QUALITE SEMANTIQUE.....	238
12.4.1. <i>Classement des objets</i>	238
12.4.2. <i>Classement / évaluation des attributs</i>	239
12.5. QUALITE TEMPORELLE.....	248
12.5.1. <i>Actualité</i>	248
12.6. GENEALOGIE.....	248
13. OPERATIONNALITE DE LA METHODOLOGIE	249
13.1. SCALABILITY.....	249
13.1.1. <i>Cohérence logique</i>	250
13.1.2. <i>Exhaustivité</i>	250
13.1.3. <i>Positionnement</i>	250
13.1.4. <i>Qualité sémantique</i>	250
13.1.5. <i>Qualité temporelle</i>	251
13.1.6. <i>Généalogie</i>	251
13.2. CONCLUSIONS.....	251
PHASE 3 – NOTES METHODOLOGIQUE ET BIBLIOGRAPHIQUE SYNTHETIQUES POUR LES GEODONNEES ORTHOPHOTOGRAPHIES ET RELIEF (MNS)	252
14. INTRODUCTION A LA TROISIEME PHASE DU PROJET	253
15. SYNTHESE DE L'INVENTAIRE DES EXPERIENCES INTERNATIONALES POUR LES GEODONNEES ORTHOPHOTOGRAPHIES ET RELIEF (MNS)	254
15.1. ORTHOPHOTOGRAPHIES.....	254
15.1.1. <i>CIRB Bruxelles - URBIS</i>	254
15.1.2. <i>Flandre (Informatie Vlaanderen)</i>	255
15.1.3. <i>IGN Belgique</i>	256
15.1.4. <i>IGN France – RGE</i>	256
15.1.5. <i>Ordnance Survey U.K. – OS MasterMap</i>	257
15.1.6. <i>INSPIRE Europe - Technical Guidelines</i>	257
15.1.7. <i>SPW Wallonie</i>	258
15.1.8. <i>Comparaison entre agences cartographiques</i>	259
15.2. MODELE NUMERIQUE DE SURFACE	261
15.2.1. <i>CIRB Bruxelles - URBIS</i>	261
15.2.2. <i>Informatie Vlaanderen Flandre</i>	261
15.2.3. <i>IGN Belgique</i>	262
15.2.4. <i>IGN France</i>	262
15.2.5. <i>Ordnance Survey U.K. – OS MasterMap</i>	263
15.2.6. <i>INSPIRE Europe - Technical Guidelines</i>	263
15.2.7. <i>SPW Wallonie</i>	264
15.2.8. <i>Comparaison entre agences cartographiques</i>	265
16. SYNTHESE DE L'ETUDE MNS ET ORTHOIMAGES DE L'UGEOM EN 2008	267
16.1.1. <i>Introduction</i>	267
16.1.2. <i>Méthodes de contrôle</i>	268
17. NOTES ET RECOMMANDATIONS POUR LES GEODONNEES ORTHOPHOTOGRAPHIES ET RELIEF (MNS)	272
BIBLIOGRAPHIE ET ANNEXES	274
18. BIBLIOGRAPHIE	275
19. ANNEXE 1 PROCESSUS DE CONTROLE DE QUALITE DANS LES ENVIRONNEMENTS FME ET ARCGIS	285

20. ANNEXE 2 SCRIPTS DES MESURES DU CRITERE DE POSITIONNEMENT DANS L'ENVIRONNEMENT FME	299
21. ANNEXE 3 BATIMENTS - ATTRIBUTS SUPPLEMENTAIRES	303
22. ANNEXE 4 BATIMENTS - CODELIST NATURE-FONCTION.....	304
23. ANNEXE 5 AXES DE VOIRIES - ATTRIBUTS SUPPLEMENTAIRES	307
24. ANNEXE 6 AXES DE VOIRIES - CODELIST NATURE-FONCTION	309
25. ANNEXE 7 POINTS ADRESSE - ATTRIBUTS SUPPLEMENTAIRES.....	312

TABLE DES ILLUSTRATIONS

FIGURES

Figure 1 – Éléments relatifs à la détermination de la distance moyenne	23
Figure 2 – Distances de Hausdorff (Dh) et distance de Fréchet (Df) entre deux polygones.....	24
Figure 3 – Schématisation générale des critères et sous-critères	36
Figure 4 – Schématisation des critères et sous-critères pour la géodonnée Axes de voiries.....	37
Figure 5 – Schématisation des critères et sous-critères pour la géodonnée Bâtiments	37
Figure 6 – Schématisation des critères et sous-critères pour la géodonnée Adresses.....	37
Figure 7 – Application en cascade des critères de qualité.....	38
Figure 8 – Exemple d’erreur de cohérence conceptuelle.....	39
Figure 9 – Exemple d’erreur de cohérence de domaine	39
Figure 10 – Exemple d’erreur de cohérence de format	40
Figure 11 – Exemple d’erreur de cohérence topologique.....	40
Figure 12 – Exemple d’excédent.....	41
Figure 13 – Exemple d’omission	41
Figure 14 – Exemple d’erreur de positionnement absolu	42
Figure 15 – Exemple d’erreur de positionnement relatif	42
Figure 16 – Exemple d’erreur de classement des objets.....	43
Figure 17 – Exemple d’erreur de classement des attributs	43
Figure 18 – Vue synthétique des seuils des critères de qualité à 13 sous-critères (Bâtiments)	55
Figure 19 – Vue synthétique des seuils des critères de qualité à 13 sous-critères (Bâtiments)	56
Figure 20 – Vue synthétique des seuils des critères de qualité à 13 sous-critères (Bâtiments)	57
Figure 21 – Vue synthétique des seuils des critères de qualité à 13 sous-critères (Axes de voirie).....	58
Figure 22 – Vue synthétique des seuils des critères de qualité à 13 sous-critères (Axes de voirie).....	59
Figure 23 – Vue synthétique des seuils des critères de qualité à 13 sous-critères (Axes de voirie).....	60
Figure 24 – Vue synthétique des seuils des critères de qualité à 13 sous-critères (Points adresse).....	61
Figure 25 – Vue synthétique des seuils des critères de qualité à 13 sous-critères (Points adresse).....	62
Figure 26 – Vue synthétique des seuils des critères de qualité à 13 sous-critères (Points adresse).....	63
Figure 27 – Maillage de 1km ² sur une partie de la région wallonne (Ugeom).....	67
Figure 28 – Exemple où les polygones 2 et 3 sont sélectionnables dans la maille	68
Figure 29 – Résumé des conditions (Ugeom).....	68
Figure 30 – Échantillonnage à trois degrés (sur la grille, sur les bâtiments puis sur les routes), sélection dans le village d’Horion.....	71
Figure 31 – Exemple de l’oubli d’un coin de bâtiment. L’impact sera plus ou moins grand sur la façade (longueur) et sur l’emprise (aire) selon la forme réelle du bâtiment	84
Figure 32 – Polygones parasites résultants de la superposition deux polygones homologues non-identiques.....	84
Figure 33 – Distance de Hausdorff (adaptée de Vauglin, 1999).....	86
Figure 34 – Buffer de largeur x autour de la ligne de référence, intersecté par la ligne à tester.....	88
Figure 35 – Erreur instrumentale – collimation horizontale (Leica Geosystems, 2014).....	109
Figure 36 – Erreur instrumentale – tourbillonnement (Leica Geosystems, 2014).....	110
Figure 37 – Erreur instrumentale – erreur d’index vertical (Leica Geosystems, 2014).....	110
Figure 38 – Configuration du réseau à 5 points et visées réciproques	112
Figure 39 – Méthode des trois trépieds (Milles & Lagofun, 1999b).....	115
Figure 40 – Justification du centrage forcé (Milles & Lagofun, 1999b).....	116
Figure 41 – Capture d’écran provenant du logiciel FME montrant plusieurs polygones non planaires et possédant un Z moyen différent des polygones environnants.....	140
Figure 42 – Bâtiments du PICC sélectionnés pour le test	155
Figure 43 – Bâtiments de contrôle.....	155
Figure 44 – Extrait de la table attributaire des bâtiments du PICC sélectionnés	155
Figure 45 – Table attributaire avec Sindice, l’indice de surface calculé	156
Figure 46 – Différence sur l’emprise du bâtiment 501 du PICC (en orange) et son homologue de contrôle (en bleu). La surface du polygone issu du PICC est plus large de plus de 37cm autour du polygone de référence. Au final, la superficie du bâtiment du PICC est de 132m ² au lieu des 112m ² du bâtiment de référence.	156
Figure 47 – Bâtiments sélectionnés transformés en polygones fermés.....	157
Figure 48 – Table attributaire avec HDistance, la distance de Hausdorff calculée.....	157
Figure 49 – Différence sur l’emprise du bâtiment 501 du PICC (en orange) et son homologue de contrôle (en bleu). La distance de Hausdorff équivaut à la distance entre les polygones dans un coin du bâtiment.....	158
Figure 50 – Exemple de différence d’emprise pour un bâtiment dérivé construit du PICC (en orange) et issu d’un levé topographique (en bleu).....	159
Figure 51 – Axes de voirie du PICC sélectionnés.....	161
Figure 52 – Extrait de la table attributaire des axes de voirie du PICC sélectionnés	161
Figure 53 – Table attributaire avec l’attribut RatioBuf, la valeur de l’algorithme du buffer	162
Figure 54 – Table attributaire avec HDistance, la distance de Hausdorff calculée.....	162

Figure 55 – Exemple d'écart conséquent entre deux carrefours homologues (PICC en orange, UGeom en vert)	163
Figure 56 – Extraction des sommets des axes du PICC (orange) et de contrôle (vert). On constate qu'à part les extrémités et les carrefours, il est impossible de définir des paires de points homologues.	164
Figure 57 – Sélection des points des extrémités et des intersections pour le PICC (orange) et les données de contrôle (vert).....	164
Figure 58 – Exemple d'un cul de sac avec placette à Horion (Google maps, mai 2019)	165
Figure 59 – Exemple d'un cul de sac avec placette, avec un écart de 1,68 m aux extrémités des axes homologues (PICC et UGeom)	166
Figure 60 – Modèle UML de gestion événementielle d'objets géographiques (Source : P. Hallot & R. Billen, 2013)	189
Figure 61 – Modèle UML de gestion événementielle d'objets géographiques (Source : P. Hallot & R. Billen, 2013)	192
Figure 62 – Modèle UML de gestion événementielle d'objets géographiques (Source : P. Hallot & R. Billen, 2013)	195
Figure 63 – Points de la polygonale référencée au gps (en rouge) et points de la polygonale locale (en bleu) calée sur la station 8007 mesurée au gps.....	200
Figure 64 – Mesure de l'écart entre le point 8000 gps (en rouge) et son homologue local recalé (en bleu) en centimètres.....	200
Figure 65 – Mesure de l'écart entre le point 8003 gps (en rouge) et son homologue local recalé (en bleu) en centimètres.....	201
Figure 66 – Capture d'écran provenant du logiciel ArcGIS montrant la déformation causée par un vertex aberrant.	210
Figure 67 – Capture d'écran provenant du logiciel ArcGIS montrant deux bâtiments se chevauchant.....	211
Figure 68 – Capture d'écran provenant du logiciel FME montrant plusieurs polygones non planaires.	211
Figure 69 – Capture d'écran provenant du logiciel ArcGIS montrant un polygone (bâtiment) possédant une surface très petite (<1m ²).....	212
Figure 70 – Capture d'écran provenant du logiciel ArcGIS montrant un bâtiment possédant une géométrie multi-parties (+ cas de chevauchement entre bâtiments).	213
Figure 71 – Capture d'écran provenant du logiciel ArcGIS montrant un bâtiment totalement inclus dans un autre bâtiment.....	214
Figure 72 – Table attributaire des façades après calcul de la distance de Hausdorff (HDistance exprimées en mètres) sur Namur	218
Figure 73 – Résultats du contrôle de précision (arrêté 16/09/2003) entre le Géoréférentiel et le levé sur les sommets des bâtiments de la zone de Dhuy effectué sous COVADIS	220
Figure 74 – Table attributaire des façades après calcul de la distance de Hausdorff (HDistance) sur Dhuy	221
Figure 75 – Résultats du contrôle de précision (arrêté 16/09/2003) entre le Géoréférentiel et le levé sur les sommets des bâtiments de la zone de Dhuy effectué sous COVADIS	222
Figure 76 – Ecarts de 60 cm sur des bâtiments probablement due à la mesure de la toiture au lieu de l'emprise au sol	223
Figure 77 – Comparaison visuelle du centre du carrefour issu du Géoréférentiel (rouge) et le centre estimé sur base des données du levé (orange)	224
Figure 78 – Représentation de l'enchaînement des étapes dans FME.	285
Figure 79 – Représentation de l'enchaînement des étapes dans FME.	286
Figure 80 – Modèle servant à compléter les conditions du transformer AttributeCreator.	287
Figure 81 – Représentation de l'enchaînement des étapes dans FME.	288
Figure 82 – Représentation de l'enchaînement des étapes dans FME.	290
Figure 83 – Représentation de l'enchaînement des étapes dans FME.	291
Figure 84 – Workbench de l'algorithme du buffer seuil	300
Figure 85 – Workbench de la distance de Hausdorff.....	301
Figure 86 – Workbench de l'Arrêté Ministériel Français du 16/09/2003	302

TABLEAUX

Tableau 1 – Phasage du projet	13
Tableau 2 – Comparaison internationale.....	15
Tableau 3 – Tableau des bâtiments	28
Tableau 4 – Tableau des Axes de voirie.....	30
Tableau 5 – Tableau des points adresse.....	32
Tableau 6 – Tableau des seuils proposés.....	33
Tableau 7 – Synthèse des mesures et indicateurs	45
Tableau 8 – Descriptions des mesures et indicateurs de la cohérence conceptuelle.....	46
Tableau 9 – Descriptions des mesures et indicateurs de la cohérence du domaine.....	47
Tableau 10 – Descriptions des mesures et indicateurs de la cohérence du format.....	47
Tableau 11 – Descriptions des mesures et indicateurs de la cohérence topologique	47
Tableau 12 – Descriptions des mesures et indicateurs de l'excédent	48
Tableau 13 – Descriptions des mesures et indicateurs de l'omission	48
Tableau 14 – Descriptions des mesures et indicateurs du positionnement absolu des Axes de voirie	49
Tableau 15 – Descriptions des mesures et indicateurs du positionnement absolu des Bâtiments	49
Tableau 16 – Descriptions des mesures et indicateurs du positionnement relatif des Axes de voirie	50
Tableau 17 – Descriptions des mesures et indicateurs du positionnement relatifs des Bâtiments	50

Tableau 18 – Descriptions des mesures et indicateurs du classement des objets	50
Tableau 19 – Descriptions des mesures et indicateurs de l'évaluation / classement des attributs qualitatifs.....	51
Tableau 20 – Descriptions des mesures et indicateurs de l'évaluation / classement des attributs quantitatifs.....	52
Tableau 21 – Descriptions des mesures et indicateurs de l'actualité	52
Tableau 22 – Descriptions des mesures et indicateurs de la généalogie	52
Tableau 23 – Valeurs d'échantillonnage selon la taille de population pour des critères de mesure (norme ISO19157:2013).....	70
Tableau 24 – Valeurs d'échantillonnage selon la taille de population pour des critères de conformité/non-conformité (norme ISO19157:2013, Annexe F p.135)	72
Tableau 25 – Exemple de matrice de classement erroné (Source : norme ISO19157:2013).....	92
Tableau 26 – Exemple de matrice de classement erroné (Source : norme ISO19157:2013).....	95
Tableau 27 – Erreurs rencontrées dans différents réseaux prototypes.....	113
Tableau 28 – Table des fiches pratiques	119
Tableau 29 – Organisation des terrains (Critère de positionnement absolu)	198
Tableau 30 – Organisation des terrains (Critères d'observation)	199
Tableau 31 – Temps de contrôle des 3 géodonnées pour une maille	249
Tableau 32 – Comparaison internationale des produits orthophotographiques (NC = non communiqué)	260
Tableau 33 – Recommended minimum data quality results for spatial data theme Elevation (INSPIRE, 2013b). With E : Denominator of the intended scale of mapping ; Vint : Normal contour line vertical interval. ; GSD : Ground sample distance.....	263
Tableau 34 – Comparaison internationale des produits de Modèles Numériques de Surface (NC = non communiqué)	265

NOTE PRELIMINAIRE

Ce rapport final public est issu d'un travail de 18 mois (septembre 2018 – février 2020) de l'Unité de Géomatique de l'Université de Liège en collaboration avec le Service Public de Wallonie dans le cadre de la subvention intitulée « *QualiGEO - Processus d'évaluation de la qualité des géodonnées : application au Géoréférentiel wallon* », et conjointement à l'Action 4 du Plan Opérationnel de la Géomatique Wallonne.

Ce rapport concerne les 7 *Work Packages* regroupés en phases 1 et 2, pour les 3 géodonnées suivantes, à savoir la géodonnée *Adresses*, la géodonnée *Bâtiments* et la géodonnée *Axes de voirie*. Enfin, ce rapport contient une note synthétique comparative bibliographique et méthodologique des nouvelles géodonnées, *Orthophotographies et Relief (MNS)*, analysées en phase 3.

A. RESUME EXECUTIF

Le chapitre B du rapport du projet QualiGEO rappelle brièvement le contexte et le phasage du projet QualiGEO. Le Plan opérationnel géomatique pour la Wallonie (POGW) 2017-2019 dresse les engagements et intentions wallonne en géomatique en 22 actions. L'action 4 du POGW vise à définir le contenu du Géoréférentiel wallon et à assurer la disponibilité des premières géodonnées de référence à la qualité garantie, en cohérence avec les besoins métiers des utilisateurs. Dans cette optique, l'Unité de Géomatique de l'ULiège, en collaboration avec le Comité Technique du Service Public de Wallonie du Géoréférentiel et la Direction de la Géométrie, présente dans ce rapport un processus d'évaluation de la qualité des géodonnées.

Le rapport s'organise en trois phases. La première phase porte sur l'analyse et le choix de critères et de méthodes de mesure nécessaires à la méthodologie de contrôle de la qualité décrite dans la deuxième phase. Ces deux phases concernent trois géodonnées pressenties du Géoréférentiel : *Bâtiments*, *Axes de voirie* et *Points adresse*. A l'issue de la seconde phase, des recommandations sont mises en avant sur base de tests d'opérationnalité. La troisième phase porte sur trois autres données : les limites administratives, les orthophotographies et le Modèle Numérique de Surface. Elle se concentre sur la validation du produit attendu et non sur une méthodologie de contrôle.

Phase 1

Le premier chapitre du présent rapport reprend un inventaire des expériences internationales dans l'étude de la qualité de géodonnées, ainsi que des processus existant en Wallonie. Un glossaire est présenté afin de s'accorder sur la nomenclature utilisée pour le projet.

Pour mesurer de façon qualitative et quantitative la qualité de ces jeux de données, six critères d'évaluation ont été sélectionnés sur base des normes et de la littérature, et présentés dans le deuxième chapitre : la cohérence logique, l'exhaustivité, la qualité du positionnement, la qualité sémantique, la qualité temporelle et la généalogie. Ces critères sont eux-mêmes divisés en plusieurs sous-critères.

Pour le critère de cohérence logique et plus particulièrement pour le sous-critère de cohérence conceptuelle, il est vérifié que chaque objet du jeu de données respecte les règles édictées pour le schéma conceptuel de données. Le sous-critère de la cohérence du domaine permet quant à lui de vérifier que les valeurs d'attributs soient bien comprises dans les valeurs autorisées. Pour le sous-critère de cohérence du format, le respect des formats précisés dans les spécifications-produits est contrôlé. De son côté, le sous-critère de cohérence topologique permet de contrôler tout problème de topologie dans les données, c'est-à-dire la qualité de construction des géométries du jeu de données et le respect ou non des relations topologiques définies dans les

spécifications-produits. Le critère d'exhaustivité et ses sous-critères d'excédent et d'omission vérifient qu'un objet présent dans les données est également présent dans le monde réel et vice versa. Ce critère nécessite une référence récente voir potentiellement un contrôle direct sur le terrain. La qualité du positionnement consiste à quantifier l'écart entre les coordonnées des objets des données et la position de ces mêmes objets dans la réalité. Ce critère requiert l'utilisation d'une référence de précision supérieure ou d'un lever topographique de précision dont la précision peut elle aussi être garantie comme supérieure. L'écart entre les coordonnées est fourni par plusieurs mesures qui sont fonction de la primitive géométrique analysée (point, ligne ou polygone). La méthodologie fait notamment appel à un indice surfacique pour les polygones, à la distance de Hausdorff pour les polygones et à l'Arrêté Ministériel relatif aux levés topographiques Français du 16 septembre 2003 pour les points. La qualité sémantique met en avant les erreurs dans le classement des objets, dans le classement des attributs qualitatifs ou dans l'évaluation des attributs quantitatifs. Des matrices de classement erroné sont notamment utilisées pour définir si certaines valeurs d'objets ou d'attributs qualitatifs sont plus souvent confondues que d'autres. La qualité temporelle consiste à comparer un attribut de datation à une date de référence. Enfin, la généalogie concerne les manquements liés à l'historique et au cycle de vie d'un jeu de données et de ses objets.

Les critères s'appliquent sur l'entièreté des jeux de données ou sur des échantillons de ces jeux selon le critère. Les critères de conformité/non-conformité (l'exhaustivité et la qualité sémantique notamment) s'appliquent sur de larges échantillons, les critères de mesures (la qualité du positionnement) sur des échantillons restreints et les autres critères (la cohérence logique, la qualité temporelle et la généalogie) sur les jeux entiers. Chaque critère fait appel à une référence qui lui est propre et qui définit les valeurs vraies à comparer aux valeurs des géodonnées contrôlées, ou aux spécifications-produits à respecter.

La comparaison des données s'effectue au moyen de mesures, d'indicateurs statistiques et de seuils spécifiques à chaque critère. Ils sont définis dans un troisième chapitre. L'implémentation de ces seuils dans des radar-plots facilite la comparaison des données dans le quatrième chapitre avec les différentes instances cartographiques étudiées. Ces plots permettent notamment d'évaluer le travail effectué et celui qui pourrait être envisagé par la suite.

Phase 2

Le chapitre 5 décrit la méthodologie de contrôle de qualité à appliquer aux géodonnées en trois étapes : l'échantillonnage des données, leurs acquisitions et la méthode de comparaison de ces données par critère. Des indications supplémentaires sont fournies dans le chapitre suivant concernant l'acquisition des données sur le terrain.

Des enquêtes sous forme de fiches pratiques ont été effectués dans le chapitre 7 afin de valider la méthodologie de contrôle de la qualité par critère. Par la suite, des tests de contrôle normés d'échantillons ont été réalisés sur base d'acquisition terrain en collaboration avec les équipes de topographes du SPW. Un post traitement et des tests ont de plus été réalisés sur des logiciels de SIG en bureau. Ces tests, décrits dans les trois chapitres suivants (chapitres 8, 9 et 10), permettent de contrôler l'opérationnalité de la méthode et de fournir une idée des ressources humaines et matérielles nécessaires à l'application d'un contrôle de qualité représentatif du Géoréférentiel.

Dans le chapitre 11, des recommandations au niveau du schéma logique des trois géodonnées pressenties sont proposées pour faciliter la mise en place de la méthodologie testée. Le chapitre suivant (chapitre 12) porte sur les alternatives pouvant être apportées à la méthodologie. Il en ressort dans le chapitre 13 une analyse de l'opérationnalité et de la *scalability* sur base des alternatives conseillées.

Phase 3

La phase trois (chapitres 14 à 17) porte sur la validation du produit attendu pour trois autres géodonnées : les limites administratives, les orthophotographies et le relief (Modèle Numérique de Surface). Cette validation se base sur une confrontation du cahier de charges wallon relatif au marché public de ces couches aux normes d'autres organismes à l'international. Une synthèse de l'étude du contrôle de la qualité du Modèle Numérique de Surface et de l'orthoimage de la Wallonie développée par l'Ugeom en 2008 sur base des vols 2006-2007 est fournie. Elle est complétée par des propositions d'adaptations pour l'appliquer aux nouvelles géodonnées.

B. RAPPEL DU CONTEXTE ET PHASAGE DU PROJET

Le Décret du 22 décembre 2010 relatif à l’infrastructure d’information géographique wallonne (InfraSIG) officialise la mise en place d’un Géoréférentiel wallon. Le Plan opérationnel géomatique pour la Wallonie (POGW) 2017-2019 approuvé par le Gouvernement wallon le 16 février 2017 dresse les engagements et intentions wallonne en géomatique en 22 actions. L’action 4 du POGW vise à définir le contenu du Géoréférentiel wallon et à assurer la disponibilité des premières géodonnées de référence à la qualité garantie, en cohérence avec les besoins métiers des utilisateurs. En étroite concertation avec le Comité Technique (CT-géoref) du Service Public de Wallonie et la Direction de la Géométrie, ce projet proposait d’analyser le workflow du processus d’analyse de qualité existant afin de le rendre conforme aux normes en vigueur, de le consolider et de l’améliorer le cas échéant. Le projet visait non seulement améliorer le workflow du contrôle de qualité mais également à proposer des adaptations du processus d’acquisition pour les géodonnées ne répondant pas aux règles et standards internationaux.

Le phasage du projet (septembre 2018 – février 2020) comptait 7 Work Packages (WP) structurés en 3 grandes phases de travail (Tableau 1). Dans la phase 1 [de septembre à décembre 2018] et dans la phase 2 [de janvier 2019 à mai 2019], l’Ugeom a réalisé une étude sur la mise en place d’au moins un processus complet de validation de la qualité sur trois des données du Géoréférentiel jugées prioritaires (*Bâtiments, Axes de voirie et Points adresse*). La phase 3 (de juin 2019 à février 2020) s’est concentrée sur une comparaison méthodologique concernant les MNS et les *Orthophotographies*.

Tableau 1 – Phasage du projet

Bâtiments, Axes de voirie et Points adresse	Orthophotographies et MNS
<ul style="list-style-type: none"> ■ Phase 1 : <ul style="list-style-type: none"> – WP1 : Nomenclature et état de l’art – WP2 : Critères – WP3 : Valeurs, méthodes de mesure et incertitudes – WP7 : Reporting ■ Phase 2 : <ul style="list-style-type: none"> – WP4 : Méthodologie de contrôle de la qualité – WP5 : Validation – test sur échantillons – WP6 : Perspectives d’améliorations – WP7 : Reporting 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Phase 3 : <ul style="list-style-type: none"> – WP1 : Nomenclature et état de l’art – WP6 : Perspectives d’améliorations – WP7 : Reporting

Ce rapport final est structuré de manière identique afin de conserver les trois phases de travail et les résultats associés.

PHASE 1 – INVENTAIRES, CRITERES, VALEURS ET METHODES DE MESURE POUR LES GEODONNEES ADRESSES, BATIMENTS ET AXES DE VOIRIE

1. INVENTAIRES ET NOMENCLATURES

Cette étape (WP1) est indispensable car elle vise à confirmer, préciser et faciliter l’appréhension des concepts généraux relatifs aux notions de précisions, de qualité et de complétude tant spatiales, temporelles qu’attributaires de données géo-spatiales.

En effet, cette partie précise et synthétise la nomenclature utilisée dans le cadre de ce travail et les critères de qualité retenus. Nous y ajoutons des définitions et des exemples illustrés. Attention toutefois que les exemples fournis pour illustrer les erreurs potentielles des critères et sous-critères sont parfois fictifs et ne reflètent pas la réalité en place au sein du Service Public de Wallonie et dans les données dont il a la charge. Ils servent avant tout à permettre une meilleure visualisation.

1.1. Synthèse de l’inventaire des expériences internationales

L’inventaire de ce qui se fait au niveau des contrôles de la qualité se base principalement sur la norme ISO19157:2013 (ISO19157, 2013 ; Jakobsson & Giversen, 2009). En effet, le contenu de toutes les sources consultées (littérature scientifiques, documentations provenant d’agences cartographiques, ...) renvoie explicitement (INSPIRE, par exemple) ou implicitement vers les concepts présentés dans la norme ISO19157:2013 (ISO19157, 2013) ou dans celles qui l’ont précédée (Devilleers & Jeansoulin, 2005, 2006).

Tableau 2 – Comparaison internationale

Origine / Produit	Echelle de référence	Spécification du produit	Approche de la qualité	Critères utilisés	Seuil	Communication qualité produit
Bruxelles (CIRB) URBIS	1:250	Oui étendue	Contrôle Qualité input	Comparable ISO 19157	Oui	Non
Flandre (IV) GRB	1:250	Oui étendue	CQ input	Comparable ISO 19157	Oui	Non
IGN Belgique Top10Vector	1:10000	Oui étendue	CQ input	ISO 19157	Oui	Non
IGN France RGE	1:2000	Oui étendue	CQ input et output	ISO 19157	Oui	Peu
Ordnance Survey OS MasterMap	1:1250	Oui étendue	CQ tout au long du workflow	ISO 19157 + contrôle propre	Oui	Peu
INSPIRE Technical Guidelines	/	/	CQ Output	ISO19157 (subset)	Aucun	Volonté

L’état de l’art (Tableau 2) nous propose des études internationales et des comparaisons dans lesquelles les lignes de force divergent. Les méthodologies d’évaluation de la qualité au niveau de Bruxelles, de la Flandre, de l’IGN Belgique, de l’IGN France, de l’Ordnance Survey en Angleterre ou encore la norme européenne INSPIRE sont différentes. Les analyses montrent que les tendances sont au contrôle

exhaustif des inputs et moins du produit fini. En effet, il existe une large mise à disposition des spécifications des produits mais la communication de la qualité réelle du produit reste faible. En outre, il semble qu'il existe une grande similitude des critères de qualité utilisés (ISO19157, 2013 ; ISO19101-1, 2014 ; ISO/TC211, 2018 ; ISO191572013/Amd1, 2018), tandis que la norme INSPIRE a un faible impact vu le manque de seuils de qualité imposés.

1.1.1. Bruxelles (CIRB) - URBIS

Au niveau de la Région de Bruxelles-Capitale, le projet UrbIS englobe un ensemble de données cartographiques et alphanumériques spécifiques au territoire concerné (CIRB, 2019). Dans ce cadre, les spécifications d'UrbIS sont mises à disposition du public dans plusieurs documents consultables sur Internet (CIRB, 2013 ; CIRB 2015a ; CIRB 2015b ; CIRB 2015c ; GIM 2015 ; CIRB 2016 ; CIRB 2018a ; CIRB 2018b). D'autres documents, internes cette fois, abordent plus en détails les contrôles de qualité effectués (CIRB 2014a, CIRB 2014b).

Il ressort de nos analyses que certains contrôles de qualité sont effectués sur les données en provenance de sous-traitants, avant une intégration dans UrbIS, tandis que d'autres contrôles sont effectués après l'intégration. Les règles à respecter sont consignées dans des documents internes.

Les études montrent aussi que les contrôles sont réalisés sur base de plans d'échantillonnage conformes aux normes ISO. Ces contrôles de qualité reprennent ceux présentés dans la norme ISO19157:2013. Cependant, la nomenclature utilisée n'est pas totalement identique (CIRB, 2013 ; CIRB 2015a ; CIRB 2015b ; CIRB 2015c ; GIM 2015 ; CIRB 2016 ; CIRB 2018a ; CIRB 2018b).

En ce qui concerne le contrôle de l'excès, de l'omission et du classement des attributs, il est effectué sur base des données en provenance des sous-traitants. Une vérification a lieu sur terrain. Les taux calculés sont comparés aux taux/seuils exigés (souvent moins de 5 % de non-conformité mais varie suivant le type d'objet). Les données sont rejetées si le taux calculé est supérieur au seuil. Quant au contrôle de la cohérence logique (conceptuelle, format, domaine et topologique), il est effectué soit de manière automatisée soit de façon visuelle, en fonction de la règle contrôlée. En ce qui concerne le contrôle de la qualité du positionnement absolu et du positionnement relatif des données, il est réalisé mais la procédure n'est pas développée. Il existe différentes « classes de précision » (« meilleur » : 0-1 cm et « moins bonne » : 40-80 cm) auxquelles sont attachées les différents types d'objets. La qualité du positionnement d'un objet doit correspondre à sa classe de précision. En ce qui concerne l'actualité, son contrôle est estimé au travers du calcul d'un délai d'intégration des données. Enfin, la généalogie au niveau des objets existe et est contrôlée, mais l'information au niveau du jeu de données est moins présente (CIRB, 2013 ; CIRB 2015a ; CIRB 2015b ; CIRB 2015c ; GIM 2015 ; CIRB 2016 ; CIRB 2018a ; CIRB 2018b).

Les analyses montrent enfin que la qualité du produit fini n'est pas communiquée car les contrôles sont réalisés sur la donnée en entrée et non pas sur les données produites (CIRB, 2013 ; CIRB 2015a ; CIRB 2015b ; CIRB 2015c ; GIM 2015 ; CIRB 2016 ; CIRB 2018a ; CIRB 2018b).

1.1.2. Flandre (Informatie Vlaanderen) - GRB

Au niveau de la Flandre, le Grootchalig Referentie Bestand (GRB, ou fichier cartographique de référence à large échelle pour la Flandre) est une base de données et d'information géographique et de données de référence commune (Informatie Vlaanderen, IV, 2019).

Les spécifications du GRB sont particulièrement bien documentées et mises à disposition du public. Les informations sur les contrôles de la qualité sont mises à disposition du public et stockées dans une base de données en interne (De Meulenaer & Bulkens, 2015 ; IV, 2018a-h).

La totalité des contrôles de qualité sont effectués sur les données en provenance de sous-traitants. Les règles à respecter et les tolérances admises sont clairement consignées dans des documents mis à disposition des sous-traitants et du public. Les contrôles sont réalisés sur base de plans d'échantillonnage conformes aux normes ISO. Les contrôles sont moins poussés quand le sous-traitant a fait ses preuves en matière de conformité aux spécifications demandées.

Les études montrent que les contrôles de qualité effectués reprennent presque tous ceux présentés dans la norme ISO19157:2013 (ISO19157, 2013 ; IV, 2014 ; IV, 2016a-c ; IV, 2017a-e). Cependant, la qualité du produit fini n'est pas communiquée, les contrôles étant réalisés sur la donnée en entrée.

En ce qui concerne le contrôle de l'excès, de l'omission et du classement des attributs, il est effectué sur les données en provenance des sous-traitants. Une vérification a lieu sur terrain selon un plan d'échantillonnage bien défini. Tout est contrôlé sur base de zones de 50mx50m. Les taux calculés sont comparés aux taux/seuils exigés (2,5% de non-conformité). Les données du sous-traitant sont rejetées si le taux calculé est supérieur au seuil.

Le contrôle de la cohérence logique (conceptuelle, format, domaine, topologique), quant à lui, est effectué de manière automatisée via un programme spécialement développé pour Informatie Vlaanderen (IV, 2019). Certaines vérifications visuelles peuvent également avoir lieu en fonction de la règle contrôlée.

En ce qui concerne le contrôle de la qualité du positionnement absolu des données, il est réalisé selon une procédure explicitée (IV, 2018g-h). Les contrôles s'effectuent par levés topographiques dans des zones de 200mx200m. Il existe différentes « classes de précision » (meilleur : 0,7 cm (points de façade) ; moins bonne : 20cm (axe de voirie)) auxquelles sont attachées les différents types d'objets. La qualité du positionnement d'un objet doit correspondre à sa classe de précision. En parallèle, Informatie Vlaanderen publie un autre tableau de classes de précision pour le GRB en lui-même.

La meilleure classe, les points de façade, a une qualité de positionnement théorique de 5 cm.

Enfin, en ce qui concerne l'actualité des données, elle n'est pas qualifiée. En effet, la fréquence de mise à jour varie en fonction de la zone où se situent les objets : les mises à jour sont plus fréquentes le long des voiries qu'en recul de celles-ci (au-delà de 20m). La généalogie au niveau des objets, quant à elle, existe et est contrôlée. De la documentation expliquant ce mécanisme est disponible. L'information généalogique au niveau du jeu de données est plus dispersée. Il existe une archive des différentes versions des spécifications du produit publiées par le passé.

1.1.3. IGN Belgique - Top10Vector

Les analyses bibliographiques montrent que les spécifications du Top10Vector sont mises à disposition du public dans plusieurs documents (IGN Belgique, 2017c ; 2018 ; 2019). Les informations concernant les contrôles de qualité effectués existent dans des documents internes mais ne sont pas publiées (IGN Belgique, 2017a-b).

La littérature montre que la totalité des contrôles de qualité sont effectués sur les données en provenance de sous-traitants. Les règles à respecter et les tolérances admises sont clairement consignées dans des documents mis à disposition des sous-traitants uniquement. En outre, les contrôles qui seront effectués par l'IGN Belgique y sont également explicités. Les contrôles sont réalisés sur base de plans d'échantillonnage conformes aux normes ISO (IGN Belgique, 2000a-b).

De manière générale, les contrôles de qualité effectués reprennent ceux présentés dans la norme ISO19157:2013. Cependant, la qualité du produit fini n'est pas communiquée, les contrôles étant réalisés sur la donnée en entrée (ISO19157, 2013 ; IGN Belgique, 2017a-b ; IGN Belgique, 2018).

En ce qui concerne les contrôles de l'excès, de l'omission, du classement des attributs et des objets, ils sont effectués sur les données en provenance des sous-traitants. Ces contrôles sont réalisés sur des zones tests de manière visuelle sur base des couples d'images stéréoscopiques. Les taux calculés sont comparés aux taux/seuils exigés (de 0,4% à 2,5 % de non-conformité, varie suivant le type d'objet). Les données du sous-traitant sont rejetées si le taux calculé est supérieur au seuil. Pour le classement des objets ou de leurs attributs qualitatifs, des matrices de confusion et coefficients Kappa sont calculés.

Le contrôle de la cohérence logique (conceptuelle, format, domaine, topologique) est effectué de manière automatisée. Les seuils de non-conformité sont très stricts : 0% ou 0,1% d'erreur admise.

En ce qui concerne le contrôle de la qualité du positionnement absolu des données, il est réalisé par calculs des écarts entre des points des données et leurs correspondants dans un couple d'images stéréoscopiques. L'écart maximum admis est de 0,7m. Maximum 2,5% des points étudiés peuvent être non conformes.

L'actualité, quant à elle, est donnée par planche et par type d'objets pour tout le territoire. Elle est qualifiée comparativement à la date des clichés aériens utilisés.

Enfin, le contrôle de la généalogie au niveau des objets est basique mais la gestion de l'héritage des attributs entre ancienne et nouvelle donnée est précisément codifiée et contrôlée. Les informations généalogiques au niveau du jeu de données sont disponibles dans les spécifications du produit.

1.1.4. IGN France - RGE

L'IGN France a été un des précurseurs dans le domaine du contrôle de la qualité des géodonnées. En effet, dès 1997, l'institut a publié un document formalisant les contrôles de qualité réalisés en interne (David & Fasquel, 1997). L'IGN France faisant partie du comité technique de l'ISO travaillant sur l'information géographique, il n'est pas étonnant de retrouver une grande partie des concepts présentés en 1997 dans la norme ISO19157:2013 et ses prédécesseurs (ISO19157, 2013).

Les spécifications du RGE (Référentiel à Grande Echelle) sont mises à disposition du public dans plusieurs documents (IGN France, 2019c-d). D'autres documents, internes cette fois, abordent plus en détails les contrôles de qualité effectués (IGN France, 2018 ; IGN France, 2019a,b,e).

A l'IGN France, les contrôles de qualité sont effectués depuis 2013 par l'Unité des Contrôles Qualité. Auparavant, ils étaient réalisés par l'équipe de production. Une partie des contrôles de qualité sont réalisés durant la production mais la plupart le sont avant diffusion des données. Les règles à respecter sont consignées dans des documents internes et dans les spécifications du produit. Les contrôles peuvent être réalisés sur base de plans d'échantillonnage. Les contrôles s'effectuent souvent par département.

La littérature montre que les contrôles de qualité effectués reprennent ceux présentés dans la norme ISO19157:2013 (ISO19157, 2013). En outre, les résultats des contrôles qualité font l'objet de rapports internes mais ne sont pas communiqués. Toutefois, quelques chiffres peuvent être trouvés dans les spécifications du produit ainsi que la mention d'un « respect globale des spécifications ».

En ce qui concerne les contrôles de l'excès, de l'omission et du classement des attributs et des objets, ils sont effectués sur les données avant diffusion. Une vérification a lieu sur terrain ou sur orthophotographie. Les taux calculés sont comparés aux taux/seuils exigés (souvent entre 0% et 5 % de non-conformité, varie suivant le type d'objet). Si le taux calculé est supérieur au seuil, les données sont qualifiées de non-conformes et l'information remonte en production.

Le contrôle de la cohérence logique (conceptuelle, format, domaine, topologique) est effectué durant la phase de production.

En ce qui concerne le contrôle de la qualité du positionnement absolu et relatif des données, il est réalisé mais peu d'informations sont diffusées. En effet, pour les axes

de voirie, des mesures GNSS sont réalisées. La qualité du positionnement des objets varie en fonction de la méthode d'acquisition : de 2,5m pour un levé GNSS/topographique à 10m pour une acquisition sur base d'une image satellitaire.

L'actualité théorique des objets est mentionnée dans les spécifications du produit mais aucune estimation de celle-ci n'est donnée.

Enfin, le contrôle de la généalogie au niveau des objets existe. L'information généalogique au niveau du jeu de données est présente mais répartie entre plusieurs documents.

1.1.5. Ordnance Survey - OS MasterMap

L'*Ordnance Survey* (OS) MasterMap est une source de données géographiques très détaillées à l'échelle de la Grande-Bretagne (OS, 2019). Les spécifications de l'OS MasterMap sont mises à disposition du public dans plusieurs documents. D'autres documents publics, devenus internes, abordaient plus en détails les contrôles de qualité effectués. (OS, 2001, 2004, 2008).

La littérature montre que les contrôles de qualité sont réalisés aussi bien sur les données en provenance de sous-traitants que pendant la phase production ou avant la diffusion du produit fini. Les règles à respecter et les tolérances admises sont consignées dans des documents internes. En outre, les contrôles sont réalisés sur base de plans d'échantillonnage conformes aux normes ISO. (OS, 2017a-d ; OS, 2018a-b).

Les contrôles de qualité effectués reprennent ceux présentés dans la norme ISO19157:2013 ainsi que plusieurs contrôles propres. (ISO19157, 2013 ; OS, 2017a-d ; OS, 2018a-b)

En ce qui concerne les contrôles de l'excès, de l'omission, du classement des attributs et des objets, ils sont effectués sur base d'un contrôle terrain. Les taux calculés sont comparés aux taux/seuils exigés (souvent entre 0,5% et 5 % de non-conformité, varie suivant le type d'objet). Si le taux calculé est supérieur au seuil, les données sont qualifiées de non-conformes et l'information remonte à l'étape précédente dans le cycle de production.

Le contrôle de la cohérence logique (conceptuelle, format, domaine, topologique) est effectué de manière automatisée. Les seuils de non-conformité sont très stricts : 0% d'erreur admise. Aucune erreur de ce type ne doit parvenir dans le produit diffusé.

De plus, le contrôle de la qualité du positionnement absolu et relatif des données est réalisé de différentes façons en fonction de la méthode de levé initiale/de la zone étudiée. En effet, la qualité attendue du positionnement est de 1m pour les zones urbaines, 2,4m pour les zones rurales et 8,8m pour les zones montagneuses. L'OS réalise également un contrôle de la fidélité géométrique où la forme des objets du jeu de données est comparée à la forme de ces objets sur le terrain.

Quant à l'actualité, elle est calculée sur base d'une quantité de changements du monde réel ayant été intégrée dans les données par période de mise à jour. Des

niveaux maximums à ne pas dépasser de quantité de changements non intégrés dans les données sont définis.

La généalogie au niveau des objets existe, est contrôlée et fait l'objet de documentations. Les informations généalogiques au niveau du jeu de données sont disponibles dans les spécifications du produit et des documents spécifiques sont publiés lorsque de plus amples informations doivent être communiquées sur les évolutions du produit.

Enfin, les résultats des contrôles de la qualité font l'objet de rapports internes mais ne sont pas communiqués. Quelques rares mentions de résultats peuvent être trouvées dans les spécifications.

1.1.6. INSPIRE Technical Guidelines

La directive INSPIRE (INSPIRE, 2008) a pour objectif d'uniformiser les échanges d'informations géographiques au niveau européen. Pour ce faire, des guides techniques sont publiés pour chacun des thèmes retenus par INSPIRE (INSPIRE, 2013 ; INSPIRE, 2014a-b). Ces guides techniques ne sont pas des spécifications de produit en eux-mêmes. Ils constituent plutôt des modèles dont la plupart des éléments sont optionnels. Chaque agence cartographique nationale en utilisera une plus ou moins grande partie en fonction des données dont elle dispose.

Les différents contrôles qualité proposés pour chaque thème ont pour vocation d'évaluer et de documenter la qualité des jeux de données diffusés. Les contrôles proposés sont explicitement repris de la norme ISO19157:2013 (ISO19157, 2013) et leur nombre varie en fonction du thème. Cependant, aucun seuil de qualité minimum n'est indiqué.

La directive INSPIRE met en place un cadre permettant la communication de la qualité des jeux de données mais ne l'impose aucunement.

1.2. Qualité de positionnement dans la littérature scientifique

La qualité de positionnement est un sujet récurrent dans l'utilisation de données géographiques. C'est d'ailleurs une de ces principales caractéristiques. Au vu de sa complexité, il est nécessaire de réaliser un état de l'art préalable. En effet, de nombreuses mesures et de nombreux indicateurs ont été développés au cours des dernières décennies dans le but de concevoir un indice de la qualité de positionnement. La littérature ne converge pas encore vers des indices particuliers, il a donc été primordial de faire un choix dans l'intérêt du présent projet.

En fonction de la primitive géométrique analysée, différentes mesures ou indicateurs sur les écarts de position sont possibles. Les mesures sur les écarts peuvent aussi être différenciées selon qu'elles se rapportent au positionnement général, au positionnement planimétrique ou au positionnement vertical. Dans notre cas, nous

nous intéresserons plus particulièrement au positionnement planimétrique ou général.

1.2.1. Entités ponctuelles

La qualité du positionnement des entités ponctuelles a été maintes fois étudiée dans la littérature. La norme ISO19157:2013 relative à la qualité des données dans l'information géographique propose de nombreuses mesures et indicateurs classiques portant sur les écarts de position de ces entités. Nous pouvons citer notamment pour les mesures générales :

- la valeur moyenne des incertitudes,
- le biais des positions,
- la valeur moyenne des incertitudes à l'exclusion des valeurs aberrantes,
- le nombre d'incertitudes de position au-dessus d'un seuil donné,
- le taux d'erreurs de position au-dessus d'un seuil donné,
- la matrice de covariance.

Pour les incertitudes liées à la position horizontale ou planimétrique, et ce à deux dimensions, nous retiendrons :

- l'écart-type circulaire (= erreur ponctuelle de Helmert),
- le standard d'exactitude cartographique circulaire (= CMAS),
- l'erreur circulaire avec un seuil de signification de 95%,
- l'erreur quadratique moyenne de la planimétrie, développée notamment par Chudý *et al.* (2013) pour évaluer la qualité de modèles numériques de terrain,
- l'erreur absolue avec un seuil de signification de 90% des données biaisées (OTAN),
- l'ellipse d'incertitude,
- l'ellipse de confiance.

La norme ISO décrit ces mesures pour une exactitude absolue ainsi que pour une exactitude relative. Leur différence se situe au niveau de leurs méthodes d'évaluations. Ainsi, les mesures de qualité permettent de définir l'exactitude relative en exprimant l'erreur verticale relative et l'erreur horizontale relative. *A contrario*, Goodchild (1993), précepteur dans le positionnement de géodonnées, propose également l'utilisation d'ellipses d'incertitude centrées aux points ou l'utilisation de CMAS. Parmi ces mesures, il est difficile de définir laquelle semble la plus apte à résoudre la question de la qualité du positionnement.

Plus récemment, en France, un Arrêté Ministériel daté du 16 septembre 2003 (Ministère français, 2003) porte sur les classes de précision applicables aux catégories de travaux topographiques réalisés par l'Etat et le domaine public. Dans ce document, l'écart en position d'un point donné par rapport à sa position de contrôle est défini par une simple distance euclidienne. Notons qu'il est imposé dans cet Arrêté qu'une mesure de contrôle ne soit considérée comme valable que si la

méthode d'acquisition de cette mesure permet de fournir une précision au moins deux fois supérieure à celle de la mesure à contrôler. Dans un premier temps, l'Arrêté indique de calculer l'écart moyen en position de l'échantillon étudié. La valeur obtenue est ensuite comparée à des classes de précision et à des seuils limites. Cet Arrêté suscite tout notre intérêt car il a été établi dans un cadre d'utilisation publique, qu'il est aisé à utiliser étant donné qu'il est déjà développé et intégré dans certains logiciels, notamment COVADIS, et qu'il constitue une référence notoire en France. En outre, il permet également de mettre l'accent sur les résultats et non plus sur les moyens.

1.2.2. Entités linéaires

L'ajout d'une dimension pour la qualité de positionnement des entités linéaires complique leur estimation en regard des objets ponctuels. Cette qualité peut être décrite par des mesures de distance (Devogele, 1997) telles que la distance moyenne, la distance de Fréchet et la distance de Hausdorff. Ces mesures mathématiques permettent de calculer la séparation entre deux entités géométriques linéaires et, dans le cas de la distance de Hausdorff, également entre deux entités géométriques surfaciques (Lawford, 2006).

Plus précisément, la distance moyenne (Figure 1) consiste à diviser le contour de la surface séparant deux polygones (dans notre cas celle de référence et celle à contrôler) par la longueur de la ligne de référence ou par la moyenne des longueurs des deux polygones (Devogele, 1997).

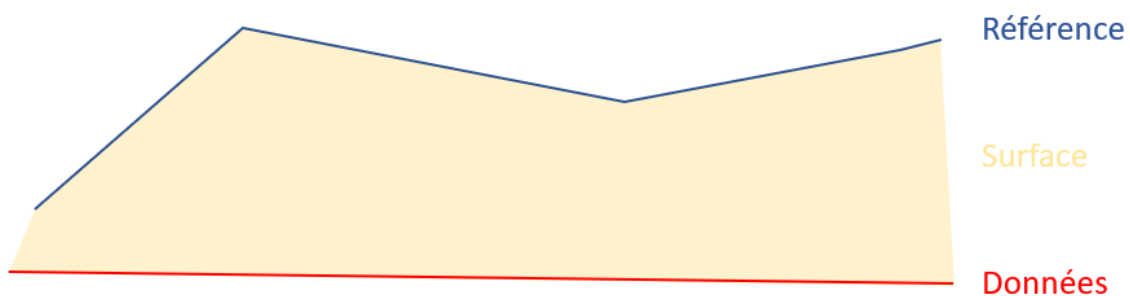


Figure 1 – Éléments relatifs à la détermination de la distance moyenne

Cette distance est cependant sensible aux cas aberrants où les deux lignes homologues auraient des longueurs très différentes, quand bien même leurs extrémités seraient proches. Les distances de Fréchet et de Hausdorff sont moins sensibles aux différences de longueurs. Elles restent toutefois affectées par les écarts aberrants pouvant exister entre les positions des extrémités de polygones homologues.

La distance de Fréchet peut par ailleurs s'illustrer par l'image d'un maître et son chien tenu en laisse. Les deux avancent le long d'un chemin qui leur est propre à chacun, et ils s'arrêtent quand bon leur semble, indépendamment l'un de l'autre.

L'unique restriction est qu'ils ne peuvent pas revenir sur leurs pas (les chemins ont un sens de parcours). La distance de Fréchet entre les deux chemins serait définie par la longueur minimale de la laisse permettant leur progression sur les chemins (Devogele, 1997). Cette mesure détermine des couples de points *a priori* sur base de la correspondance de la forme (angles) des polygones, or les points associés ne sont pas forcément des points homologues.

Enfin, la distance de Hausdorff entre deux lignes est la distance maximale parmi les distances minimales séparant les deux polygones. Elle peut être unidirectionnelle ou bidirectionnelle (Bel Hadj Ali, 2001 ; David et Fasquel, 1997 ; Hangouët, 1995 ; Vauglin, 1999). Contrairement à la distance de Fréchet, elle ne tient pas compte de la forme des polygones et ne réalise donc pas d'appariement de points sur ce principe. Dans le cas de la distance de Hausdorff, cela signifie que les distances minimales sont prises en considérant tous les points le long de la polygone à chaque fois. Elle n'a pas de sens de parcours.

Le suivi des formes des polygones est l'avantage principal de la distance de Fréchet par rapport à la distance de Hausdorff pour déterminer la distance maximale entre deux polygones lorsqu'elles diffèrent fortement par leurs formes. En effet, la distance de Hausdorff aura dans ce cas tendance à sous-estimer l'écart réel entre les deux polygones (Figure 2). Cependant, la complexité du calcul de la distance de Fréchet la rend difficile à mettre en œuvre contrairement au calcul de la distance de Hausdorff.

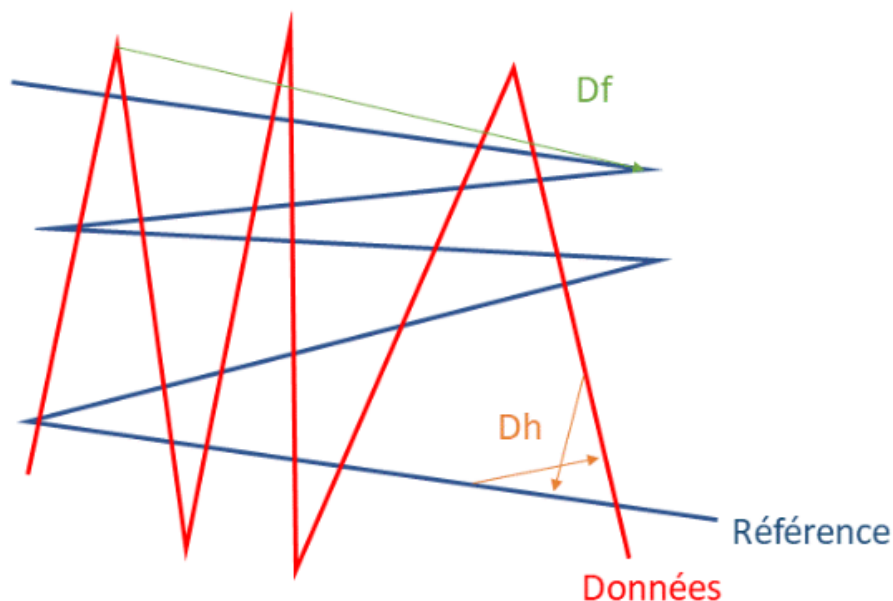


Figure 2 – Distances de Hausdorff (D_h) et distance de Fréchet (D_f) entre deux polygones

L'utilisation de bandes telle que la bande Epsilon de Perkal ou de buffers est également fréquemment adoptée pour appairer les données linéaires ou pour comparer leurs positionnements dans une optique de contrôle de la qualité (Goodchild, 1993 ; Goodchild & Hunter, 1997 ; Gil de la Vega *et al.*, 2016). Par exemple, Goodchild et Hunter (1997) utilisent des buffers de différentes largeurs autour d'une polygone de référence et les intersectent avec la polygone à tester. Ils déterminent ainsi le pourcentage de la polygone à tester comprise dans chaque

buffer de la polyligne de référence. L'utilisation d'une bande Epsilon consiste quant à elle à définir ε , la valeur de la largeur de la bande autour de la polyligne de référence pour laquelle la polyligne étudiée est entièrement comprise dans la bande pour une probabilité donnée (Goodchild, 1993). La bande Epsilon est sensible aux valeurs aberrantes qui sont susceptibles d'augmenter considérablement la valeur d'épsilon, à moins d'adapter le pourcentage de probabilité en conséquence.

Si une valeur de précision est attendue, l'utilisation de buffers pourrait être facilement envisagée comme test préalable pour éliminer les polygones trop distants avant l'utilisation d'un indice plus sensible, tel que la distance de Hausdorff. C'est la méthodologie qui est conseillée dans ce projet.

1.2.3. Entités polygonales

Les entités polygonales sont les plus complexes, et par conséquent celles dont la définition de la qualité de leur positionnement est la plus difficile à mettre en œuvre. Les éléments considérés ici sont surfaciques.

En général, il est proposé de décomposer les polygones en polygones et d'y appliquer les mesures de qualité décrites pour les entités linéaires. Cependant, la qualité de positionnement souhaitée dans ce travail doit porter sur l'emprise totale du polygone et non uniquement sur ses bords, c'est pourquoi les mesures utilisées pour des entités linéaires sont insuffisantes.

On trouve dans la littérature des indices d'aire, de périmètre et de forme (concavité, allongement et compacité) développés pour la problématique de l'appariement de deux jeux de données polygonales. Ces indices pourraient être envisagés comme un premier filtre dans le contrôle de la qualité de positionnement des emprises de bâti (Bel Hadj Ali, 2001). Chrisman & Lester (1991) proposent par exemple une série de tests basés sur l'aire, la compacité et le périmètre de polygones pour distinguer les différences de classification ou de position entre deux cartes thématiques d'occupation du sol. Bel Hadj Ali & Vauglin (1999) ont de leur côté orienté leurs recherches vers une distance surfacique basée uniquement sur les aires pour la mise en correspondance de polygones issus de deux bases de données différentes. Cet indice est simple à calculer et suffisant pour servir de filtre préalable à d'autres mesures plus poussées.

1.3. Synthèse des processus en Wallonie (SPW)

Le présent travail a pour objectif de proposer un processus d'évaluation de la qualité des géodonnées pressenties pour intégrer le futur Géoréférentiel de la Wallonie. En commun accord avec le SPW, le cas de trois géodonnées jugées comme prioritaires est traité dans ce travail. Il s'agit des *Bâtiments*, des *Axes de voirie* et des *Adresses*. Les données n'existant pas encore au format « Géoréférentiel », l'analyse s'est donc portée sur les données se trouvant actuellement dans le PICC, le Projet Informatique

de Cartographie Continue de la Wallonie. Les couches prises en considération sont CONSTR_BATIEMPRISE, VOIRIE_AXE et ADRESS_POINT.

Les spécifications du PICC sont mises à disposition du public dans plusieurs documents (MET, 2002 ; SPW, 2018 ; SPW, 2019a ; SPW, 2019b ; Waltopo, 2017). D'autres documents, internes cette fois, abordent plus en détails les contrôles de qualité effectués (Rapport d'analyse de la solution transitoire des couches prioritaires dans le Géoréférentiel – DGEO,2018b –, Cahier spécial des charges des levés de mise à jour pour le Géoréférentiel de la Wallonie (partie PICC) – DGEO, 2018a –, etc.). Afin de parfaire nos connaissances sur les procédés de production et de contrôle actuellement mis en place, une fiche de questions par géodonnée a été produite par l'Ugeom et complétée par le SPW. Une visite-business des locaux ayant le même objectif a également été réalisée. Il a pu être constaté que de multiples travaux sont en cours afin d'améliorer encore les spécifications du PICC et les contrôles effectués.

Des contrôles de qualité peuvent être réalisés aussi bien sur les données en provenance de sous-traitants que pendant la phase production ou avant la diffusion du produit fini. Les règles à respecter et les tolérances admises sont consignées dans des documents internes. Les contrôles peuvent faire l'objet d'une procédure d'échantillonnage.

Les contrôles de qualité effectués sont similaires à une partie des contrôles présentés dans la norme ISO19157:2013 :

- Différents contrôles visuels et de format sont réalisés de manière systématique sur tous les levés reçus. Les orthophotographies les plus récentes peuvent être utilisées. De plus, certains levés peuvent subir un contrôle qualité plus approfondi : les omissions, la cohérence des attributs et la qualité du positionnement sont vérifiées sur terrain alors que des tests de cohérence logique sont réalisés grâce à différents logiciels. Les données ayant réussi ces contrôles sont intégrées dans le PICC.
- Après intégration, différents contrôles visuels sont réalisés par un autre cartographe. Les orthophotographies les plus récentes peuvent être utilisées.
- Avant la diffusion des données, différents tests de cohérence logique (conceptuelle, format, domaine, topologique) sont effectués de manière automatisée.

Les résultats des contrôles qualité font l'objet de rapports internes mais ne sont pas communiqués.

1.4. Tableaux des seuils internationaux pour les géodonnées étudiées

Les tableaux suivants (Tableau 3, Tableau 4 et Tableau 5) reprennent les seuils internationaux. Ces seuils présents dans les tableaux ont été trouvés dans la documentation émanant des différentes agences cartographiques étudiées et concernent les données d'acquisition.

La légende des tableaux est la suivante : « / » signifie que le test n'est pas effectué ou qu'il n'y a pas d'information, et « ? » signifie que le test est effectué mais qu'il n'y a pas de seuil mentionné.

Les acronymes suivants sont :

- « MAJ » signifie mise à jour.
- « MET » (MET, 2002). Le fond de plan cartographique à grande échelle de la région wallonne. ART_PICC_06_2002_b.pdf, MET.
http://metawal.wallonie.be/geonetwork/srv/api/records/b795de68-726c-4bdf-a62a-a42686aa5b6f/attachments/ART_PICC_06_2002_b.pdf
- « Cch » (DGEO, 2018a). Cahier spécial des charges n° S1.08.01-17C45. Marché public de service. Procédure d'appel d'offres ouvert : levés de mise à jour pour le Géoréférentiel de la Wallonie (partie PICC). DGEO.
- « Waltopo » (Waltopo, 2017). Le dictionnaire topographique wallon V2.0.
<http://geoportail.wallonie.be/Waltopo> (DDC – Mai 2019).

1.4.1. Bâtiments

Tableau 3 – Tableau des bâtiments

Origine / Produit	Exhaustivité		Cohérence logique		Qualité du positionnement		Qualité sémantique		Qualité temporelle (Actualité)	Généalogie
	Acquisition	Diffusion	Acquisition	Diffusion	Acquisition	Diffusion	Acquisition	Diffusion		
Wallonie	Omission (MET & Cch) : 0%	/	?	?	Absolu (MET) : 25cm (RMSE) Absolu (Cch) : 10cm (RMSE) Absolu (Wal topo) : 10cm-30cm Relatif (MET) : 38cm (RMSE)	? Absolu (MET) : 25cm (RMSE) ? Relatif (MET) : 38cm (RMSE)	Objet (MET) : 5% Objet (Cch) : ? Attribut (texte) (MET) : 5% Attribut (texte) (Cch) : 2%	/	MAJ en continu MAJ cyclique : Max 1 à 2 ans après modif	Objet : Non Jeu de données : Non
Bruxelles (CIRB) URBIS	Complétude (omission + excès) : 3% (façade avant et arrière)	/	?	/	Absolu : 5cm-10cm (façade avant) 10cm-20cm (façade arrière)	/	Fait mais pas de seuils	/	MAJ en continu MAJ cyclique : annuelle	Objet : Présent Jeu de données : Présent
Flandre (IV) GRB	Complétude : 2,5%	/	?	/	Absolu : 4,4cm (façade levé topo)	Absolu : 5cm (façade levé topo) 15cm (façade pas levé topo)	2,5%	/	MAJ en continu MAJ cyclique : Max 6 à 9 mois après modif (zone le long des voiries) Max 3 ans (zone arrière)	Objet : Présent Jeu de données : Présent
IGN Belgique Top10Vector	Exhaustivité : 0,4% (bâtiments > 50m ²)	/	0% (0,1% pour la cohérence topologique)	/	Absolu : < 2,5% à +70cm (écart maximal)	/	Attribut : 1,5%	/	MAJ cyclique : 3 à 5 ans L'actualité est donnée par	Objet : Présent Jeu de données :

	4% (bâtiments < 50m ²) 0,4%-4% (autres constructions)								planche et par type d'objets	Présent
IGN France RGE	/	Exhaustivité (omission + excès) : 5%	?	/	/	Absolu : dépend de la source : Classe la plus stricte : 2,5m (levé GPS et photogrammétrie)	/	<1%	MAJ cyclique : 3 à 4 ans (+MAJ ponctuelle)	Objet : Présent Jeu de données : Présent
Ordnance Survey OS MasterMap	?	?	?	0%	?	Absolu : 1m (1:1250) 2,4m (1:2500) 8,8m (1:10000) (niveau de confiance de 99%) Relatif : 1,1m (1:1250) 2,5m (1:2500) 10,1m (1:10000) (niveau de confiance de 99%)	?	?	MAJ en continu (zone urbaine et rurale) : Max 6 mois après modif MAJ cyclique (zone rurale et montagneuse) : 5 ou 10 ans Des seuils maximaux à ne pas dépasser de « quantité de changements » non intégrés dans les données sont définis.	Objet : Présent Jeu de données : Présent
INSPIRE Technical Guidelines	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

1.4.2. Axes de voirie

Tableau 4 – Tableau des Axes de voirie

Origine / Produit	Exhaustivité		Cohérence logique		Qualité du positionnement		Qualité sémantique		Qualité temporelle (Actualité)	Généalogie
	Acquisition	Diffusion	Acquisition	Diffusion	Acquisition	Diffusion	Acquisition	Diffusion		
Wallonie	Omission (MET & Cch) : 0%	/	?	?	Absolu (MET) : 25cm (RMSE) Absolu (Cch) : 10cm (RMSE) Absolu (Wal topo) : 10cm-30cm Relatif (MET) : 38cm (RMSE)	? Absolu (MET) : 25cm (RMSE) ? Relatif (MET) : 38cm (RMSE)	Objet (MET) : 5% Objet (Cch) : ? Attribut (texte) (MET) : 5% Attribut (texte) (Cch) : 2%	/	MAJ en continu MAJ cyclique : ?	Objet : Non Jeu de données : Non
Bruxelles (CIRB) URBIS	Complétude (omission + excès) : 2%	/	?	/	Absolu : / (axe) 5cm-10cm (bord chaussée)	/	?	/	MAJ en continu MAJ cyclique : annuelle	Objet : Présent Jeu de données : Présent
Flandre (IV) GRB	Complétude : 2,5%	/	?	/	Absolu : 5,1cm (bord de chaussée) 28,6cm (route)	Absolu : 10cm (bord de chaussée) 20cm (route)	2,5%	/	MAJ en continu MAJ cyclique : Max 6 à 9 mois après modif	Objet : Présent Jeu de données : Présent
IGN Belgique Top10Vector	Exhaustivité : 0,4% (autoroutes, nationales et brunnell) 2,5% (autres routes)	/	0% (0,1% pour la cohérence topologique)	/	Absolu : < 2,5% à +70cm (écart maximal)	/	Attribut : 1,5%	/	MAJ cyclique : 3 à 5 ans L'actualité est donnée par planche et par type d'objets	Objet : Présent Jeu de données : Présent
IGN France RGE	/	Exhaustivité (omission + excès) : 2%	?	/	/	Absolu : dépend de la source : Classe la plus stricte : 2,5m (levé GPS et	/	<1%	MAJ cyclique : 6 mois (autoroutes, nationales, départementales)	Objet : Présent Jeu de données : Présent

						photogrammétr rie)			1 an (routes nommées) 3 à 4 ans (autres routes)	
Ordnance Survey OS MasterMap	?	?	?	0%	?	Absolu : 1m (1:1250) 2,4m (1:2500) 8,8m (1:10000) (niveau de confiance de 99%) Relatif : 1,1m (1:1250) 2,5m (1:2500) 10,1m (1:10000) (niveau de confiance de 99%)	?	0,5% - 5 %	MAJ en continu (zone urbaine et rurale) : Max 6 mois après modif MAJ cyclique (zone rurale et montagneuse) : 5 ou 10 ans Des seuils maximaux à ne pas dépasser de « quantité de changements » non intégrés dans les données sont définis.	Objet : Présent Jeu de données : Présent
INSPIRE Technical Guidelines	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

1.4.3. Points adresse

Tableau 5 – Tableau des points adresse

Origine / Produit	Exhaustivité		Cohérence logique		Qualité du positionnement		Qualité sémantique		Qualité temporelle (Actualité)	Généalogie
	Acquisition	Diffusion	Acquisition	Diffusion	Acquisition	Diffusion	Acquisition	Diffusion		
Wallonie	/	/	?	Fait mais pas de seuils	/	/	/	/	MAJ en continu	Objet : Non Jeu de données : Non
Bruxelles (CIRB) URBIS	/	/	?	/	/	/	?	/	MAJ en continu : ?	Objet : Présent Jeu de données : Présent
Flandre (IV) GRB	/	/	?	/	/	/	/	/	MAJ en continu	Objet : Présent Jeu de données : Présent
IGN Belgique Top10Vector	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
IGN France RGE	/	/	/	/	/	?	/	?	MAJ cyclique : 2 ans	Objet : Présent Jeu de données : Présent
Ordnance Survey OS MasterMap	/	/	?	0%	?	Absolu : Dans <i>Bâtiment</i> et < 2,5m du centre Dans <i>Bâtiment</i> et > 2,5m du centre	/	/	MAJ en continu	Objet : Présent Jeu de données : Présent
INSPIRE Technical Guidelines	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

1.5. Fixation de seuils des critères de qualité des géodonnées

Différentes valeurs-seuils pour les indicateurs de qualité sont proposées en [Tableau 6](#). Les justifications sont reprises dans les analyses des radars plots (Section 4.2).

Tableau 6 – Tableau des seuils proposés

Critères principaux & Sous-critères	Seuil SPW proposé			
	Unité de base	Bâtiments	Axes de voirie	Points adresse
Exhaustivité - Acquisition				
<i>Excédent - Acquisition</i>	%	1	0,5	2
<i>Omission - Acquisition</i>	%	1	0,5	2
Cohérence logique - Acquisition				
<i>Cohérence conceptuelle (objet/attribut) - Acquisition</i>	%	0,1	0,1	0,1
<i>Cohérence du domaine - Acquisition</i>	%	0,1	0,1	0,1
<i>Cohérence du format (objet/attribut) - Acquisition</i>	%	0,1	0,1	0,1
<i>Cohérence topologique - Acquisition</i>	booléen	YES	YES	YES
Positionnement - Acquisition				
<i>Positionnement Absolu (écarts aux sommets) - Acquisition</i>	cm	10	30	NA
<i>Positionnement Relatif (écarts aux sommets) - Acquisition</i>	cm	20	30	NA
Qualité sémantique - Acquisition				
<i>Classement des objets - Acquisition</i>	%	2	1	2
<i>Classement des attributs - Acquisition</i>	%	2	2	2
Qualité temporelle (actualité)				
<i>Qualité temporelle (actualité) (MAJ cyclique)</i>	an	2	2	0,5
Généalogie				
<i>Généalogie (objet)</i>	booléen	YES	YES	YES
<i>Généalogie (jeu de données)</i>	booléen	YES	YES	YES

1.6. Glossaire et nomenclature

La nomenclature des termes spécifiquement liés à la qualité veut enrichir, parfois corriger et souvent consolider le glossaire général existant. La démarche engagée se veut cohérente et, par conséquent, se focalise sur l'utilisation des définitions issues de la famille des normes ISO relatives à l'information géographique (en particulier la norme ISO19157, 2013). Ainsi, les termes de vocabulaire et leur définition listés ci-dessous sont le plus souvent en adéquation avec cette démarche de qualité et le contexte des géodonnées belges et wallonnes. Ce sont ces termes et les définitions associées qui sont utilisés dans ce projet.

Cette nomenclature se base sur une étude plus large des normes et des bonnes pratiques. Lors de ce travail de recueil et de structure de la nomenclature, nous avons observé une très grande disparité des définitions proposées chez différents

organismes : CNIG (1994), David & Fasquel (1997), Shi *et al.* (2002), Longley *et al.* (2005), Devillers & Jeansoulin (2005, 2006), INSPIRE (2008), Ordnance Survey (2008), Devillers *et al.* (2010), JCGM (2012), ISO19157 (2013), ISO19101 (2014), Östman (2015), IWSDMQ (2015), Cerema (2017), IWIUGD (2017), IWSDQ (2018), DGEO (2018b), Eurogeographics (2019, 2013), ISO (2019), ULaval (2019).

Les termes de qualité discutés et validés lors des différents comités techniques du Géoréférentiel au sein du SPW sont : actualité, généalogie, précision, exactitude et exhaustivité.

1.6.1. Qualité

La **qualité** est définie comme l'aptitude d'un élément à remplir sa fonction. Selon l'utilisation, il existe différents critères pour évaluer cette qualité (ISO19157, 2013).

1.6.2. Actualité

L'**actualité** est définie comme le décalage entre une série de données ou une donnée et le terrain nominal à une date T (David & Fasquel, 1997). Le **terrain nominal** est l'image de l'univers, à une date donnée, à travers le filtre défini par la spécification de produit (David & Fasquel, 1997).

1.6.3. Généalogie

La **généalogie** est définie comme l'historique d'une série de données et son cycle de vie, depuis sa collecte et son acquisition jusqu'à sa forme actuelle, en passant par sa compilation et sa dérivation (INSPIRE, 2008).

1.6.4. Précision

La **précision** est définie comme l'étroitesse de l'accord entre une mesure ou une estimation et l'espérance de cette mesure ou de cette estimation (David & Fasquel, 1997). La notion de précision peut être utilisée dans des contextes autres que des traitements quantitatifs et de ce fait peut être incluse dans un glossaire en spécifiant son cadre d'utilisation.

La précision dépend uniquement de la distribution des erreurs aléatoires et n'a aucune relation avec la valeur nominale. La précision est chiffrée par un écart-type. (David & Fasquel, 1997).

Il faut néanmoins considérer que **précision** et **exactitude** sont souvent synonymes dans le langage courant. Pourtant, en statistiques et dans tout processus de mesure, il

convient de les distinguer. En effet, précision et exactitude ne sont identiques qu'en l'absence de biais. (David & Fasquel, 1997).

1.6.5. Exactitude

L'**exactitude** est définie par l'étroitesse de l'accord entre une mesure ou une estimation d'une grandeur et la valeur nominale de cette grandeur (David & Fasquel, 1997). La **valeur nominale** est la valeur qui sert de référence pour une comparaison et qui résulte, soit d'une valeur théorique ou établie, fondée sur des principes scientifiques (valeur vraie), soit d'une valeur expérimentale adoptée comme vraie (David & Fasquel, 1997).

1.6.6. Exhaustivité

L'**exhaustivité** est définie comme la présence et l'absence d'entités, de leurs attributs et de leurs relations. Elle se compose de deux éléments de qualité de données: (i) l'excédent, c'est-à-dire les données excédentaires présentes dans un jeu de données; (ii) l'omission, c'est-à-dire les données absentes d'un jeu de données. Elle peut se référer à l'entité ou aux attributs de celle-ci (ISO19157, 2013). L'exhaustivité est synonyme de complétude

1.6.7. Remarques sur d'autres termes de vocabulaire

La justesse et la fidélité ont été supprimées de la nomenclature. Ce sont des termes non utilisés dans leur sens métrologique dans le domaine de la qualité de l'information géographique.

2. CRITERES

Cette étape (WP2) vise à sélectionner les critères permettant de mesurer de façon qualitative et quantitative la qualité des jeux de données à valider. Nous proposons de définir les critères sur lesquels porteront l'analyse, au regard de l'expérience internationale et la réglementation européenne. Le choix de ces critères se fera prioritairement pour les trois premières géodonnées de base choisies pour constituer le Géoréférentiel fonctionnel (*Axes de voirie, Bâtiments, Adresses*). Cependant, une réflexion portera également sur l'extension de celles-ci à diverses thématiques.

2.1. Choix des critères d'évaluation de qualité des géodonnées

Les critères d'évaluation de la qualité des géodonnées retenus sont au nombre de six : la cohérence logique, l'exhaustivité, la qualité du positionnement, la qualité sémantique, la qualité temporelle et la généalogie. Onze sous-critères différents sont listés afin de compléter les critères de base. Un critère supplémentaire peut être intégré au schéma de référence de contrôle de la qualité des géodonnées : le critère de la spécification métier. Cependant, celui-ci n'est pas inclus directement dans le schéma global mais il est considéré comme une application particulière supplémentaire qui nécessitera une attention toute aussi particulière.

La figure ci-dessous ([Figure 3](#)) schématise les critères et sous-critères retenus.

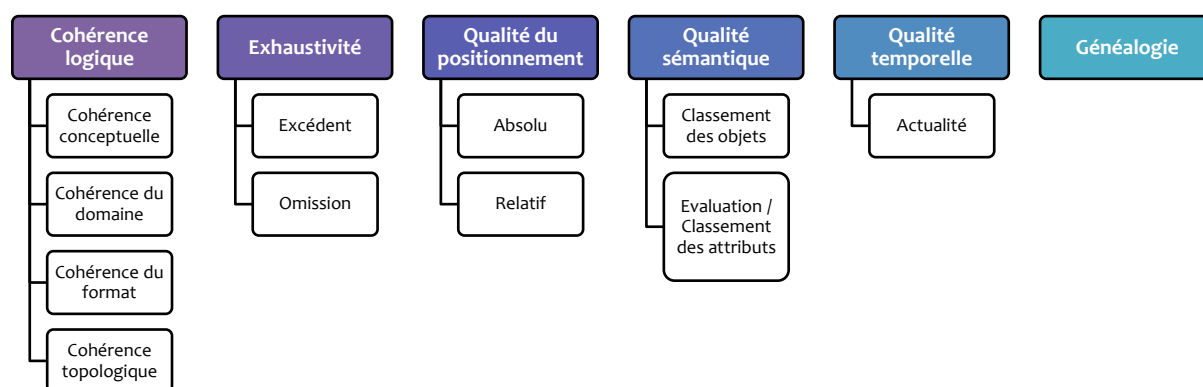


Figure 3 – Schématisation générale des critères et sous-critères

La base de travail se rattache à la norme ISO19157 (2013). Les résultats de notre étude montrent une convergence des sources (INSPIRE, 2008 ; David & Fasquel, 1997 ; OS, 2008) et un consensus autour de ces critères.

Le schéma global ([Figure 3](#)) se décline en trois versions selon la géodonnée concernée, à savoir les géodonnées *Bâtiments, Axes de voirie* et *Points adresse*. Tous les critères et sous-critères ne sont donc pas utilisés pour chaque type de géodonnées et d'autres peuvent être rajoutés (Ex : orthophotographies). Ces critères seront réévalués pour les autres géodonnées à traiter dans la prochaine phase du projet.

Dans le cadre des trois géodonnées citées ci-dessus, certains critères ont été ajoutés par rapport à la norme INSPIRE (2008) : ces critères sont identifiés par un astérisque (*) dans les schémas ci-dessous (Figure 4, Figure 5, Figure 6).

La figure ci-dessous (Figure 4) schématise les critères et sous-critères retenus pour la géodonnée *Axes de voiries*.

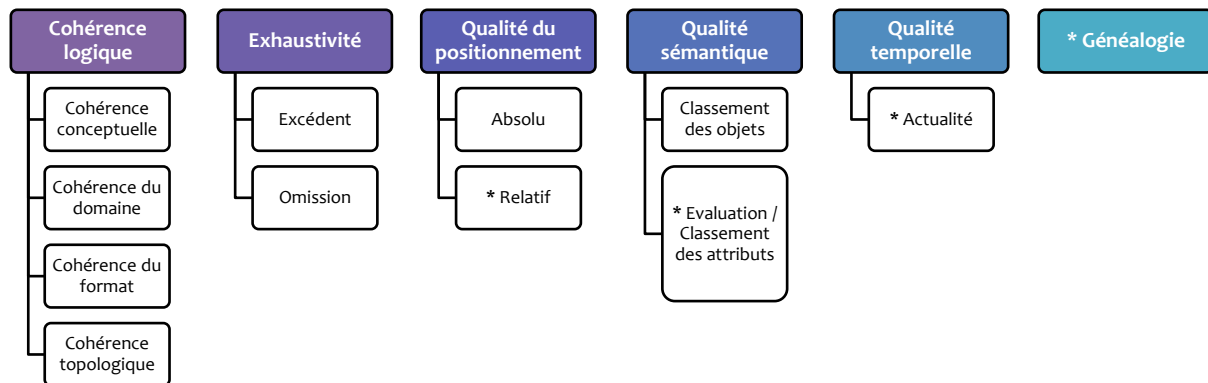


Figure 4 – Schématisation des critères et sous-critères pour la géodonnée *Axes de voiries*

La figure ci-dessous (Figure 5) schématise les critères et sous-critères retenus pour la géodonnée *Bâtiments*.

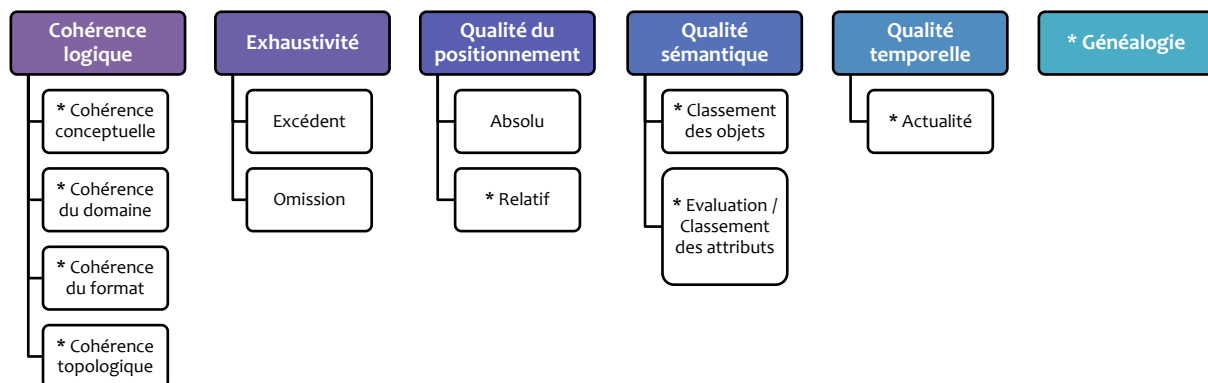


Figure 5 – Schématisation des critères et sous-critères pour la géodonnée *Bâtiments*

La figure ci-dessous (Figure 6) schématise les critères et sous-critères retenus pour la géodonnée *Adresses*.

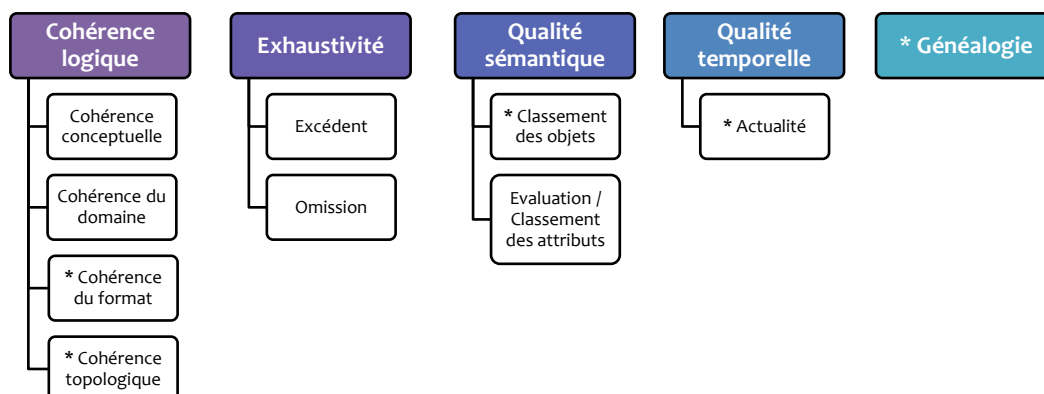


Figure 6 – Schématisation des critères et sous-critères pour la géodonnée *Adresses*

Vu les façons de procéder, il n'est pas nécessaire d'effectuer un contrôle de qualité du positionnement absolu et relatif pour la géodonnée *Adresses*. Pour la qualité sémantique et son Evaluation/Classement des attributs de la géodonnée *Adresse*, des documents complémentaires sont indispensables si l'on souhaite évaluer cette qualité.

Les critères sont appliqués sur les données dans un ordre bien précis. Le travail est effectué en cascade ([Figure 7](#)), c'est-à-dire que si une donnée ne passe pas le test d'un critère, elle est exclue des tests des critères suivants.

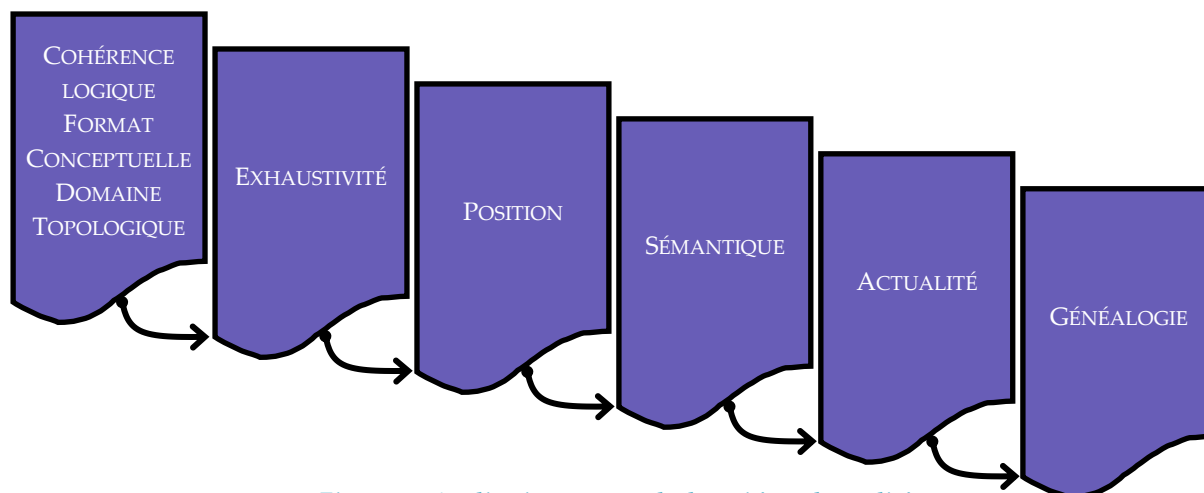


Figure 7 – Application en cascade des critères de qualité

La cohérence logique, et plus particulièrement la cohérence du format, est analysée en premier. Elle définit si les données sont lisibles et par conséquent utilisables pour les tests suivants (norme ISO19157 :2013). Ensuite vient l'exhaustivité pour vérifier l'existence des entités, puis le critère de positionnement, le critère de sémantique, le critère d'actualité et enfin le critère de généalogie.

Puisque les données erratiques sont exclues, le nombre d'éléments dans l'échantillonnage pour un test peut évoluer en fonction des résultats des tests précédents. Un ajustement de l'échantillonnage sur base des tableaux de la norme ISO19157 (2013) ([Tableau 23](#) et [Tableau 24](#)) sera nécessaire si le nombre d'entités a diminué au point que la population pour les critères suivants ne réponde plus aux conditions initiales.

2.2. Détails des critères et exemples

2.2.1. Cohérence logique

2.2.1.1. Cohérence conceptuelle

Toutes différences par rapport au Modèle Conceptuel de Données (MCD) représentent une erreur de cohérence conceptuelle.

Les trois exemples ci-dessous sont considérés comme erreur de cohérence conceptuelle :

- Dans la condition spécifique du MCD où les bâtiments de moins de 15m² au sol ne sont pas représentés : Présence dans les données de bâtiments de moins de 15m².
- Dans la condition spécifique du MCD où les voiries privées ne sont pas représentées : Présence dans les données de voiries privées.
- L'absence ou la présence en excès de certains champs attributaires de la table des *Points Adresse*.



Figure 8 – Exemple d'erreur de cohérence conceptuelle

2.2.1.2. Cohérence du domaine

Toutes valeurs d'attribut en dehors de la plage ou de la liste de valeurs prévues représentent une erreur de cohérence du domaine.

Les quatre exemples ci-dessous sont considérés comme erreur de cohérence du domaine :

- Un bâtiment ayant comme nature la valeur « Ecole secondaire » (alors que la valeur attendue et présente dans la liste des possibilités est « Scolaire secondaire »).
- Une voirie ayant une date de modification antérieure à sa date de levé.
- Une voirie ayant une date de levé n'existant pas (Exemple : 29 février 2019)
- Un point adresse où le nom de la commune est mal orthographié.



Figure 9 – Exemple d'erreur de cohérence de domaine

2.2.1.3. Cohérence du format

Toute différence par rapport au format attendu représente une erreur de cohérence de format.

Les trois exemples ci-dessous sont considérés comme erreur de cohérence du format :

- Le format d'encodage du texte des champs attributaire d'un bâtiment n'est pas en UTF-8.
- Le champ attributaire « date de levé » d'une voirie est rempli en commençant par l'année.
- La présence de caractères non numériques dans le champ attributaire « code postal » d'un point adresse.

LE FORMAT DU CHAMP
ATTRIBUTAIRE N'EST
PAS CORRECT



Figure 10 – Exemple d'erreur de cohérence de format

2.2.1.4. Cohérence topologique

Tout problème de topologie représente une erreur de cohérence topologique.

Les trois exemples ci-dessous sont considérés comme erreur de cohérence topologique :

- Un bâtiment qui n'est pas représenté par un polygone fermé.
- Une voirie A qui n'a pas de nœud au croisement avec la voirie B.
- Un point adresse positionné en dehors du bâtiment situé à cette adresse.

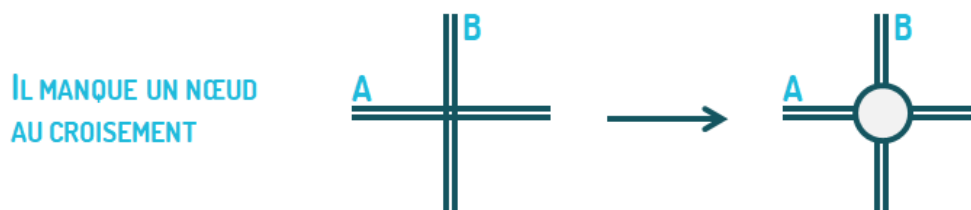


Figure 11 – Exemple d'erreur de cohérence topologique

2.2.2. Exhaustivité

2.2.2.1. Excédent

Un objet présent dans les données alors qu'il n'existe pas (ou plus) sur le terrain nominal représente une erreur par excédent.

Les trois exemples ci-dessous sont considérés comme erreur par excédent :

- Un bâtiment démoli dans la réalité mais toujours présent dans les données.
- Une voirie supprimée dans la réalité mais toujours présente dans les données.
- Un numéro de police supprimé dans la réalité mais toujours présent dans les données (n°42 devenu 42/A ; 42/B ; etc.).

L'exemple pris de la [Figure 12](#) où un élément était précédemment considéré comme voirie mais a vu son utilisation et donc sa nature évoluer vers une entité « parking ».



Figure 12 – Exemple d'excédent

2.2.2.2. Omission

Un objet absent dans les données alors qu'il existe dans le terrain nominal représente une erreur par omission.

Les trois exemples ci-dessous sont considérés comme erreur par omission :

- Un bâtiment nouvellement construit dans la réalité mais absent dans les données.
- Une nouvelle voirie construite dans la réalité mais absente dans les données.
- Un nouveau numéro de police dans la réalité mais absent dans les données (42/A ; 42/B ; etc remplaçant le n°42).



Figure 13 – Exemple d'omission

2.2.3. Qualité du positionnement

2.2.3.1. Absolu

Tout écart entre les coordonnées d'un objet dans les données et les coordonnées de ce même objet dans le terrain nominal pour un référentiel commun est une erreur de positionnement absolu.



Figure 14 – Exemple d'erreur de positionnement absolu

2.2.3.2. Relatif

Tout non-respect des règles édictées dans les spécifications produit quant à l'orientation et/ou la situation des objets d'une même géodonnée est une erreur de positionnement relatif.

Les trois exemples ci-dessous sont considérés comme erreur de positionnement relatif :

- Un manquement à la juxtaposition d'une annexe avec un corps de logis.
- Tout écart au parallélisme édicté de deux axes de voirie rapide de sens opposé.
- Un point adresse n'étant pas situé au centroïde d'un bâtiment.



Figure 15 – Exemple d'erreur de positionnement relatif

2.2.4. Qualité sémantique

2.2.4.1. Classement des objets

Tout objet inclus dans une classe ne lui correspondant pas sémantiquement représente une erreur de classement des objets.

Les trois exemples ci-dessous sont considérés comme erreur de classement des objets :

- La présence d'un équipement surfacique dans la classe des bâtiments.
- La présence d'un élément linéaire de voirie dans la classe des axes de voirie.

- La présence d'un centre d'équipement ponctuel dans la classe des points adresse.

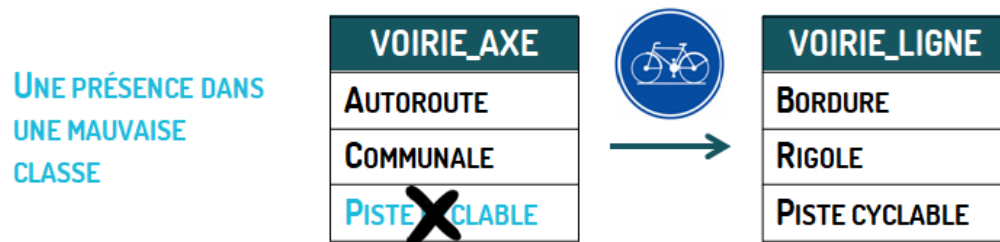


Figure 16 – Exemple d'erreur de classement des objets

2.2.4.2. Evaluation / Classement des attributs

Tout objet possédant une valeur d'attribut qualitatif ne lui correspondant pas sémantiquement représente une erreur de classement des attributs qualitatifs.

Les trois exemples ci-dessous sont considérés comme erreur de classement des attributs :

- Un bâtiment ayant comme nature la valeur « Hôpital » (alors que la valeur attendue est « Prison »).
- Une voirie ayant comme nature la valeur « Autoroute » (alors que la valeur attendue est « Nationale »).
- Un point adresse ayant comme commune la valeur « Liège » (alors que la valeur attendue est « Ans »).



Figure 17 – Exemple d'erreur de classement des attributs

Tout écart entre la valeur d'un attribut quantitatif (y compris temporel) d'un objet dans les données et la valeur de ce même attribut quantitatif du même objet dans le terrain nominal est une erreur d'évaluation des attributs.

L'exemple ci-dessous est considéré comme erreur d'évaluation des attributs :

- Une date de levé d'un bâtiment correspondant à la date du début de la campagne de levé.

2.2.5. Qualité temporelle

2.2.5.1. Actualité

Les deux exemples ci-dessous sont considérés comme un défaut d'actualité :

- Tout objet possédant une valeur d'attribut de datation « Z » antérieur de « X » années ou plus par rapport à une date « T ».
- Toute série de données (ou subset spatial de cette série [Exemple : commune]) possédant un taux trop important d'objets dont la valeur de l'attribut de datation « Z » est antérieur de « X » années ou plus par rapport à une date « T ».

2.2.6. Généalogie

Note : Evaluer la qualité de la généalogie d'une série de données / d'une donnée ne peut pas se faire grâce à une mesure. Seul l'absence / la présence d'une série d'information peut être contrôlée.

Les trois exemples ci-dessous sont considérés comme un défaut de généalogie :

- L'absence d'information concernant la/les source(s) qui a/ont permis la création d'un objet/ d'une série de données.
- L'absence d'information concernant le lien entre un objet et la/les objet(s) antérieur(s) duquel/desquels il découle (après modification).
- L'absence d'information concernant la/les raison(s) de la modification.

3. VALEURS, METHODES DE MESURE ET INCERTITUDES

Cette étape (WP3) a pour objectif de proposer des méthodes et des processus de mesure et la façon dont ils seront évalués statistiquement. Elle définit les valeurs numériques qui sont appliquées à chaque critère défini préalablement. Différentes remarques appuient la justification du choix des mesures de positionnement.

3.1. Tableau synthétique

Ce tableau (Tableau 7) liste les mesures et indicateurs qui sont détaillés à la suite.

Tableau 7 – Synthèse des mesures et indicateurs

CRITERES	MESURES ET / OU INDICATEURS
Cohérence logique	
<i>Cohérence conceptuelle</i>	Conformité au schéma conceptuel Nombre d'éléments non conformes à une règle du schéma conceptuel Taux de conformité par rapport à une règle du schéma conceptuel
<i>Cohérence du domaine</i>	Conformité au domaine de valeurs Nombre d'éléments non-conformes au domaine de valeurs Taux de conformité au domaine de valeurs
<i>Cohérence du format</i>	Conflit de structure physique Nombre de conflits de structure physique Taux de conflits de structure physique
<i>Cohérence topologique</i>	Nombre de problèmes de construction des géométries Nombre de non-conformités à une relation topologique issue des spécifications
Exhaustivité	
<i>Excédent</i>	Élément en excès Nombre d'éléments en excès Taux d'éléments en excès
<i>Omission</i>	Élément manquant Nombre d'éléments manquants Taux d'éléments manquants
Qualité du positionnement	
<i>Absolu</i>	Valeur moyenne des incertitudes de position Distance de Hausdorff Taux d'erreurs de position au-dessus d'un seuil Positionnement dans un buffer seuil Rapport de longueur d'axe en-dehors d'un buffer seuil Superposition des surfaces homologues Taux de non-correspondance de superposition de surface selon un seuil donné
<i>Relatif</i>	Erreur horizontale relative Taux d'erreurs horizontales relatives au-dessus d'un seuil
Qualité sémantique	
<i>Classement des objets</i>	Nombre d'éléments classés de manière incorrecte Taux de bon classement

	Matrice de classement erroné (MCM) Matrice relative de classement erroné (RMCM) Coefficient Kappa
<i>Evaluation / Classement des attributs : attributs qualitatifs</i>	Nombre de valeurs d'attribut incorrectes Taux de valeurs d'attributs corrects Matrice de classement erroné (MCM) Matrice relative de classement erroné (RMCM) Coefficient Kappa
<i>Evaluation / Classement des attributs : attributs quantitatifs</i>	Nombre de valeurs d'attribut incorrectes Taux de valeurs d'attributs corrects
Qualité temporelle	
<i>Actualité</i>	Nombre d'éléments n'étant plus d'actualité Taux d'actualité
Généalogie	Présence / Absence des informations généalogiques

3.2. Descriptions détaillées

3.2.1. Cohérence logique

De façon générique, nous considérons que la non-conformité est le complémentaire de la conformité. Nous conservons ce qui est positif.

3.2.1.1. Cohérence conceptuelle

Tableau 8 – Descriptions des mesures et indicateurs de la cohérence conceptuelle

Mesure	Définition	Valeur
Conformité au schéma conceptuel	Indication qu'un élément se conforme à une règle du schéma conceptuel	Booléen <i>True = l'élément se conforme à une règle du schéma conceptuel</i> <i>False = l'élément ne se conforme pas</i>
Nombre d'éléments non conformes à une règle du schéma conceptuel	Comptage de tous les éléments du jeu de données qui ne se conforment pas à une règle du schéma conceptuel	Nombre entier
Indicateur	Définition	Valeur
Taux de conformité par rapport à une règle du schéma conceptuel	Nombre d'éléments du jeu de données qui sont conformes à une règle du schéma conceptuel par rapport au nombre total d'éléments du jeu de données	Nombre réel (%)

3.2.1.2. Cohérence du domaine

Tableau 9 – Descriptions des mesures et indicateurs de la cohérence du domaine

Mesure	Définition	Valeur
Conformité au domaine de valeurs	Pour un attribut, indication qu'un élément est conforme au domaine de valeurs	Booléen <i>True = un élément est conforme à son domaine de valeurs</i> <i>False = un élément n'est pas conforme</i>
Nombre d'éléments non-conformes au domaine de valeurs	Pour un attribut, comptage de tous les éléments du jeu de données qui ne sont pas conformes au domaine de valeurs	Nombre entier
Indicateur	Définition	Valeur
Taux de conformité au domaine de valeurs	Pour un attribut, nombre d'éléments du jeu de données qui sont conformes au domaine de valeurs par rapport au nombre total d'éléments du jeu de données	Nombre réel (%)

3.2.1.3. Cohérence du format

Notons ici que le mot « conflit » est utilisé dans la norme ISO (ISO19157, 2013).

Tableau 10 – Descriptions des mesures et indicateurs de la cohérence du format

Mesure	Définition	Valeur
Conflit de structure physique	Indication que le stockage d'un élément entre en conflit avec la structure physique du jeu de données	Booléen <i>True = un conflit de structure physique</i> <i>False = un accord</i>
Nombre de conflits de structure physique	Comptage de tous les éléments du jeu de données dont le stockage entre en conflit avec la structure physique du jeu de données	Nombre entier
Indicateur	Définition	Valeur
Taux de conflits de structure physique	Nombre d'éléments du jeu de données dont le stockage entre en conflit avec la structure physique du jeu de données rapport au nombre total d'éléments du jeu de données	Nombre réel (%)

3.2.1.4. Cohérence topologique

Tableau 11 – Descriptions des mesures et indicateurs de la cohérence topologique

Mesure	Définition	Valeur
Nombre de problèmes de construction des géométries	Comptage des différents problèmes de construction des géométries du jeu de données.	Nombre entier
Nombre de non-conformités à une relation topologique issue des spécifications	Comptage des non-conformités aux relations topologiques issues des spécifications du produit.	Nombre entier

3.2.2. Exhaustivité

3.2.2.1. Excédent

Tableau 12 – Descriptions des mesures et indicateurs de l'excédent

Mesure	Définition	Valeur
Élément en excès	Indication qu'un élément figure à tort dans les données	Booléen <i>True = l'élément est de trop</i> <i>False = l'élément n'est pas de trop</i>
Nombre d'éléments en excès	Nombre d'éléments d'un jeu de données ou d'un échantillon qui n'auraient pas dû y figurer	Nombre entier
Indicateur	Définition	Valeur
Taux d'éléments en excès	Nombre d'éléments en excès dans le jeu de données ou dans l'échantillon par rapport au nombre total d'éléments qui auraient dû être présents	Nombre réel (%)

3.2.2.2. Omission

Tableau 13 – Descriptions des mesures et indicateurs de l'omission

Mesure	Définition	Valeur
Élément manquant	Indication qu'un élément spécifique est absent des données	Booléen <i>True = l'absence d'un élément</i> <i>False = la présence de l'élément</i>
Nombre d'éléments manquants	Nombre d'éléments qui auraient dû figurer dans le jeu de données ou dans l'échantillon et qui en sont absents	Nombre entier
Indicateur	Définition	Valeur
Taux d'éléments manquants	Nombre d'éléments manquants dans le jeu de données ou dans l'échantillon par rapport au nombre total d'éléments qui auraient dû y être présents	Nombre réel (%)

3.2.3. Qualité du positionnement

Nous utilisons pour base l'arrêté du 16 septembre 2003 « portant sur les classes de précision applicables aux catégories de travaux topographiques réalisés par l'État, les collectivités locales et leurs établissements publics, ou exécutés pour leur compte » (Ministère français, 2003). Cet arrêté précise les mesures à mettre en place pour les contrôles des levés topographiques, les seuils définissant les écarts hors tolérance et quelques principes généraux sur les méthodes de contrôle.

De manière à pouvoir fournir des points de contrôles robustes, nous utilisons différents projets à notre disposition, dont une étude réalisée en 2016 présentant le développement d'un prototype de prédiction de la précision d'un réseau géodésique.

Nous n'utiliserons qu'une seule échelle de travail pour tout. Nous ne tiendrons pas compte du facteur d'acuité visuelle et nous ne ferons pas de distinction de précision selon l'échelle utilisée.

3.2.3.1. Absolu

a. Géodonnée Adresse

Aucun contrôle de positionnement absolu n'est effectué.

b. Géodonnée Axes de voirie

Tableau 14 – Descriptions des mesures et indicateurs du positionnement absolu des Axes de voirie

Mesure	Définition	Valeur
Ecart en position selon l'arrêté français du 16/09/2003 (Ministère français, 2003)	Moyenne des incertitudes de position (=distance entre une position mesurée et ce que l'on considère comme étant la valeur vraie). Les entités sont ponctuelles et les variables (x,y)	Nombre réel
Distance de Hausdorff	Distance maximale des écarts minimums entre l'entité étudiée et son homologue de référence. Les entités sont polylignes et les variables (x,y)	Nombre réel
Indicateur	Définition	Valeur
Taux d'erreurs en position au-dessus d'un seuil	Nombre d'incertitudes de position au-dessus d'un seuil pour un ensemble de positions par rapport au nombre total de positions mesurées. Les entités sont ponctuelles et les variables (x,y)	Nombre réel ou %
Indice de superposition des surfaces homologues	Correspondance de surface entre un polygone étudié et un polygone de référence selon un seuil donné. Les entités sont polygones et les variables (x,y)	Boolean
Taux de non-correspondance de superposition de surface selon un seuil donné	Nombre de non-correspondances selon un seuil entre les polygones étudiés et les polygones de référence par rapport au nombre total de polygones mesurés. Les entités sont polygones et les variables (x,y)	Nombre réel ou %

c. Géodonnée Bâtiments

Tableau 15 – Descriptions des mesures et indicateurs du positionnement absolu des Bâtiments

Mesure	Définition	Valeur
Ecart en position selon l'arrêté français du 16/09/2003 (Ministère français, 2003)	Moyenne des incertitudes de position (=distance entre une position mesurée et ce que l'on considère comme étant la valeur vraie). Les entités sont ponctuelles et les variables (x,y)	Nombre réel
Distance de Hausdorff	Distance maximale des écarts minimums entre l'entité étudiée et son homologue de référence. Les entités sont polylignes et les variables (x,y)	Nombre réel
Indicateur	Définition	Valeur
Taux d'erreurs en position au-dessus d'un seuil	Nombre d'incertitudes de position au-dessus d'un seuil pour un ensemble de positions par rapport au nombre total de positions mesurées. Les entités sont ponctuelles et les variables (x,y)	Nombre réel ou %
Indice de superposition des surfaces homologues	Correspondance de surface entre un polygone étudié et un polygone de référence selon un seuil donné. Les	Boolean

entités sont polygones et les variables (x,y)		
Taux de non-correspondance de superposition de surface selon un seuil donné	Nombre de non-correspondances selon un seuil entre les polygones étudiés et les polygones de référence par rapport au nombre total de polygones mesurés. Les entités sont polygones et les variables (x,y)	Nombre réel ou %

3.2.3.2. Relatif

a. Géodonnée Adresse

Aucun contrôle de positionnement relatif n'est effectué.

b. Géodonnée Axes de voirie

Tableau 16 – Descriptions des mesures et indicateurs du positionnement relatif des Axes de voirie

Mesure	Définition	Valeur
Erreur horizontale relative	Evaluation de l'erreur aléatoire d'une entité dans la position horizontale par rapport à une autre dans le même jeu de donnée. Les entités sont les points et les variables (x,y).	Nombre réel
Indicateur	Définition	Valeur
Taux d'erreurs horizontales relatives au-dessus d'un seuil	Nombre d'incertitudes de position horizontale au-dessus d'un seuil pour un ensemble de positions donné par rapport au nombre total de positions mesurées. Les entités sont les points et les variables (x,y).	Nombre réel (ou %)

c. Géodonnée Bâtiments

Tableau 17 – Descriptions des mesures et indicateurs du positionnement relatifs des Bâtiments

Mesure	Définition	Valeur
Erreur horizontale relative	Evaluation de l'erreur aléatoire d'une entité dans la position horizontale par rapport à une autre dans le même jeu de donnée. Les entités sont les points et les variables (x,y).	Nombre réel
Indicateur	Définition	Valeur
Taux d'erreurs horizontales relatives au-dessus d'un seuil	Nombre d'incertitudes de position horizontale au-dessus d'un seuil pour un ensemble de positions donné par rapport au nombre total de positions mesurées. Les entités sont les points et les variables (x,y).	Nombre réel (ou %)

3.2.4. Qualité sémantique

3.2.4.1. Classement des objets

Tableau 18 – Descriptions des mesures et indicateurs du classement des objets

Mesure	Définition	Valeur
Nombre d'éléments classés de manière incorrecte	Nombre d'éléments possédant une classe erronée	Nombre entier
Indicateur	Définition	Valeur

Taux de bon classement	Nombre d'éléments correctement classés par rapport au nombre total d'éléments	Nombre réel (%)
Matrice de classement erroné (MCM)	Matrice indiquant le nombre d'éléments de la classe i classés sous la classe j .	Nombres entiers
Matrice relative de classement erroné (RMCM)	Matrice indiquant le nombre d'éléments de la classe i classés sous la classe j , divisé par le nombre d'éléments de la classe i , exprimé en %. La différence avec la MCM réside dans l'utilisation de taux d'erreurs plutôt que de dénombrement d'erreurs	Nombres réels (%)
Indice	Définition	Valeur
Coefficient Kappa	Coefficient κ destiné à mesurer le degré d'accord d'affectation aux classes en supprimant les classements erronés. La formule permet de réduire l'analyse d'une matrice de classement erroné à un seul chiffre sans pondération de gravité entre les erreurs de classement. Sa valeur est comprise entre -1 (tous les classements sont erronés) et 1 (classement parfait).	Nombre réel

3.2.4.2. Evaluation / Classement des attributs qualitatifs

Tableau 19 – Descriptions des mesures et indicateurs de l'évaluation / classement des attributs qualitatifs

Mesure	Définition	Valeur
Nombre de valeurs d'attribut incorrectes	Pour un attribut, nombre d'éléments possédant une valeur d'attribut erronée	Nombre entier
Indicateur	Définition	Valeur
Taux de valeurs d'attributs corrects	Pour un attribut, nombre d'éléments possédant une valeur d'attribut correcte par rapport au nombre total d'éléments	Nombre réel (%)
Matrice de classement erroné (MCM)	Matrice indiquant, pour un attribut donné, le nombre d'élément possédant une valeur d'attribut i à la place d'une valeur d'attribut j . C'est une matrice quadratique comportant autant de lignes et de colonnes que de valeurs d'attribut contrôlées. Les éléments de la diagonale contiennent le nombre d'éléments possédant une valeur d'attribut correcte, et les éléments extérieurs à la diagonale contiennent le nombre d'erreurs de classement	Nombres entiers
Matrice relative de classement erroné (RMCM)	Matrice indiquant, pour un attribut donné, le nombre d'éléments possédant une valeur d'attribut i à la place d'une valeur d'attribut j , divisé par le nombre d'éléments possédant une valeur d'attribut i , exprimé en %. La différence avec la MCM réside dans l'utilisation de taux d'erreurs plutôt que de dénombrement d'erreurs	Nombres réels (%)
Indice	Définition	Valeur
Coefficient Kappa	Coefficient κ destiné à mesurer le degré d'accord d'affectation aux valeurs d'attribut en supprimant les classements erronés. La formule permet de réduire l'analyse d'une matrice de classement erroné à un seul	Nombre réel

chiffre sans pondération de gravité entre les erreurs de classement. Sa valeur est comprise entre -1 (tous les classements sont erronés) et 1 (classement parfait).

3.2.4.3. Evaluation / Classement des attributs quantitatifs

Tableau 20 – Descriptions des mesures et indicateurs de l'évaluation / classement des attributs quantitatifs

Mesure	Définition	Valeur
Nombre de valeurs d'attribut incorrectes	Pour un attribut, nombre d'éléments possédant une valeur d'attribut erronée	Nombre entier
Indicateur	Définition	Valeur
Taux de valeurs d'attributs corrects	Pour un attribut, nombre d'éléments possédant une valeur d'attribut correcte par rapport au nombre total d'éléments	Nombre réel (%)

3.2.5. Qualité temporelle

3.2.5.1. Actualité

L'actualité se qualifie au moyen d'un indicateur booléen de conformité : une donnée (ou un jeu de données) est conforme ou ne l'est pas. La conformité de l'actualité se définit par rapport à un temps T. Une donnée est conforme pour l'actualité si l'objet a été défini comme actuel par rapport à ce temps T et que la durée de conformité est toujours en cours. Ainsi ce critère peut être défini pour chaque entité indépendamment comme agrégé pour un jeu de données.

Pour ce faire, il est nécessaire qu'un champs attributaire (dans l'exemple pris d'une base de données relationnelles) transcrive cette notion d'actualité au temps T.

Tableau 21 – Descriptions des mesures et indicateurs de l'actualité

Mesure	Définition	Valeur
Nombre d'éléments n'étant plus d'actualité	Pour l'attribut de datation considéré, nombre d'éléments possédant une valeur dont l'écart à la date de référence est supérieur au seuil fixé	Nombre entier
Indicateur	Définition	Valeur
Taux d'actualité	Nombre d'éléments d'actualité par rapport au nombre total d'éléments du jeu de données	Nombre réel (%)

3.2.6. Généalogie

Tableau 22 – Descriptions des mesures et indicateurs de la généalogie

Mesure	Définition	Valeur
Présence / Absence des informations généalogiques	Vérification de l'existence des informations généalogiques au niveau du jeu de données et des éléments	/

4. RADARS PLOTS

Une mise en perspectives des différents seuils a été réalisée sous un autre format afin d'optimiser les objectifs de contrôle. Différents radars plots ont été créés sur base des tableaux des seuils ci-dessus ([Tableau 3](#), [Tableau 4](#) et [Tableau 5](#)). Pour chacune des trois géodonnées (*Bâtiments*, *Axes de voirie* et *Points adresse*), trois radars plots reprenant les critères et sous-critères sont proposés aux figures suivantes ([Figure 18](#) à [Figure 26](#)).

Le premier type de radar plot confronte les seuils toutes agences cartographiques confondues et les seuils « SPW actuels ». Le but de ce graphique est de comparer les seuils visés actuellement par le SPW et inscrits dans la documentation par rapport aux meilleurs seuils visés actuellement, toutes agences cartographiques confondues, et inscrits dans leur documentation.

Le deuxième type de radar plot confronte les seuils toutes agences cartographiques confondues et les seuils « SPW proposés ». Le but de ce graphique est de comparer les nouveaux seuils visés, proposés par l'Ugeom pour le SPW, par rapport aux meilleurs seuils visés actuellement, toutes agences cartographiques confondues, et inscrits dans leur documentation.


Le troisième type de radar plot confronte les seuils « SPW actuels » et les seuils « SPW proposés ». Le but de ce graphique est de se rendre compte des progrès à réaliser en comparant les nouveaux seuils visés, proposés par l'Ugeom pour le SPW, aux seuils visés actuellement par le SPW et inscrits dans la documentation.



Il faut noter d'une part que les seuils présents dans cette section sont des **seuils visés** et non des seuils atteints et, d'autre part, que les valeurs présentes dans ces graphiques correspondent aux **seuils en « acquisition »**.

4.1. Méthodologie pour la compréhension des radars plots

La périphérie du radar plot correspond au résultat le plus strict tandis que le centre du radar plot correspond au résultat le moins strict.

Sur le radar plot, différentes lignes peuvent apparaître. Ces lignes présentent les seuils d'acquisition théoriques des critères (les valeurs à atteindre) et non les valeurs calculées sur les données.

 *Meilleur seuil toutes agences cartographiques confondues* : il s'agit, pour chaque critère, du seuil le plus strict (le meilleur) parmi les différentes agences cartographiques étudiées (inclus le SPW).

-  *Seuil SPW actuel* : il s'agit des seuils présents dans la documentation du SPW.
-  *Seuil SPW proposé* : il s'agit des seuils théoriques que nous proposons au SPW de viser et qu'il est réaliste d'atteindre.

Quand plusieurs seuils existent, le plus strict est sélectionné. Par contre, quand le sous-critère exact n'a pas de seuil, rien n'est affiché. L'absence d'information pour certains critères signifie, dans la majorité des cas, qu'aucun seuil n'a été trouvé dans la documentation. Deux raisons peuvent expliquer cela : soit le seuil n'est pas communiqué, soit le contrôle n'est pas effectué. Pour plus de détails, nous renvoyons vers les tableaux listant les différents seuils ([Tableau 3](#), [Tableau 4](#), [Tableau 5](#) et [Tableau 6](#)).

4.2. Descriptions des radars plots selon les géodonnées

4.2.1. Analyse du radar plot « Bâtiments »

4.2.1.1. *Meilleur seuil toutes agences cartographiques confondues VS Seuil SPW actuel (Figure 18)*

Il n'y a pas d'information disponible pour l'excédent, ni au SPW, ni dans les autres agences cartographiques (AC), à l'inverse de l'omission qui possède un seuil très strict de 0%. Ce seuil est retrouvé uniquement au SPW. En ce qui concerne la cohérence logique, le SPW ne dispose pas de seuils alors que l'IGN Belgique fixe le seuil d'erreur maximal à 0%. Le seuil le plus strict du positionnement absolu est retrouvé à l'IV avec 4,4 cm. Le SPW fixe ce dernier à 10 cm. Un seuil pour le positionnement relatif est presque uniquement spécifié au SPW avec 38 cm. Aucune information n'est disponible pour le classement des objets, aussi bien du côté des AC que du SPW. Le classement des attributs regroupe quantité de seuils différents, le plus strict parmi les AC étant 1,5% (IGN Belgique). Au SPW, le seuil le plus strict est de 2%. Au niveau de l'actualité, les mises à jour cycliques les plus fréquentes ont lieu tous les 6 mois dans la majorité des AC. Les mises à jour cycliques sont programmées par le SPW tous les 2 ans. Enfin, le SPW est l'AC possédant le moins d'informations disponibles concernant la mise en œuvre de contrôles spécifiques à la généalogie.

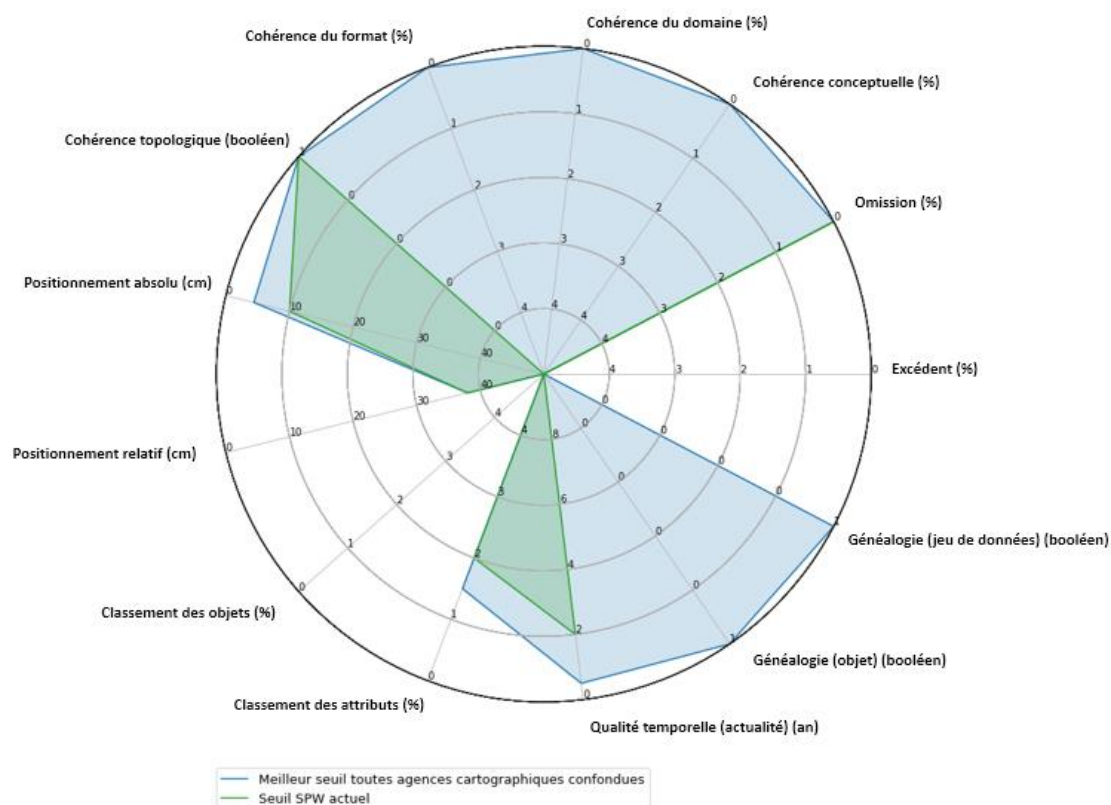
Bâtiments : vue synthétique des seuils des critères de qualité


Figure 18 – Vue synthétique des seuils des critères de qualité à 13 sous-critères (Bâtiments)

4.2.1.2. Meilleur seuil toutes agences cartographiques confondues VS Seuil SPW proposé (Figure 19)

Les seuils d'acquisition proposés se veulent réalistes, car choisis au regard des seuils employés par les autres AC, mais aussi ambitieux car souvent un peu plus stricts que les valeurs actuellement visées par le SPW. Pour ce qui est de l'exhaustivité, un seuil de 1% a été retenu car le seuil visé actuellement par le SPW nous semble inatteignable en pratique. Les autres AC sont un peu moins strictes. Les seuils proposés pour la cohérence logique sont fixés à 0,1% car il est facile de réaliser plusieurs fois ces contrôles au cours du processus de production. Un nombre infime d'erreurs pourraient toutefois atteindre la version de diffusion. Ce seuil permettrait donc à cette version de réussir le test malgré ces erreurs. Le seuil de qualité du positionnement absolu visé actuellement par le SPW nous semble satisfaisant au regard de ce qui est fait dans les autres AC.

Il existe une grande variété d'attributs possibles, chacun pouvant posséder son propre seuil. Néanmoins, il nous semble que 2% d'erreur maximum (dans la moyenne des autres AC) est un objectif réaliste. Le seuil pour le classement des objets a été aligné sur celui du classement des attributs. Bien qu'inférieur aux autres AC, le rythme des mises à jour cycliques visé par le SPW nous semble maintenable. Pour la

généalogie, il est conseillé au SPW de s'aligner sur les autres AC en prenant davantage en compte le contrôle de ce critère de qualité.

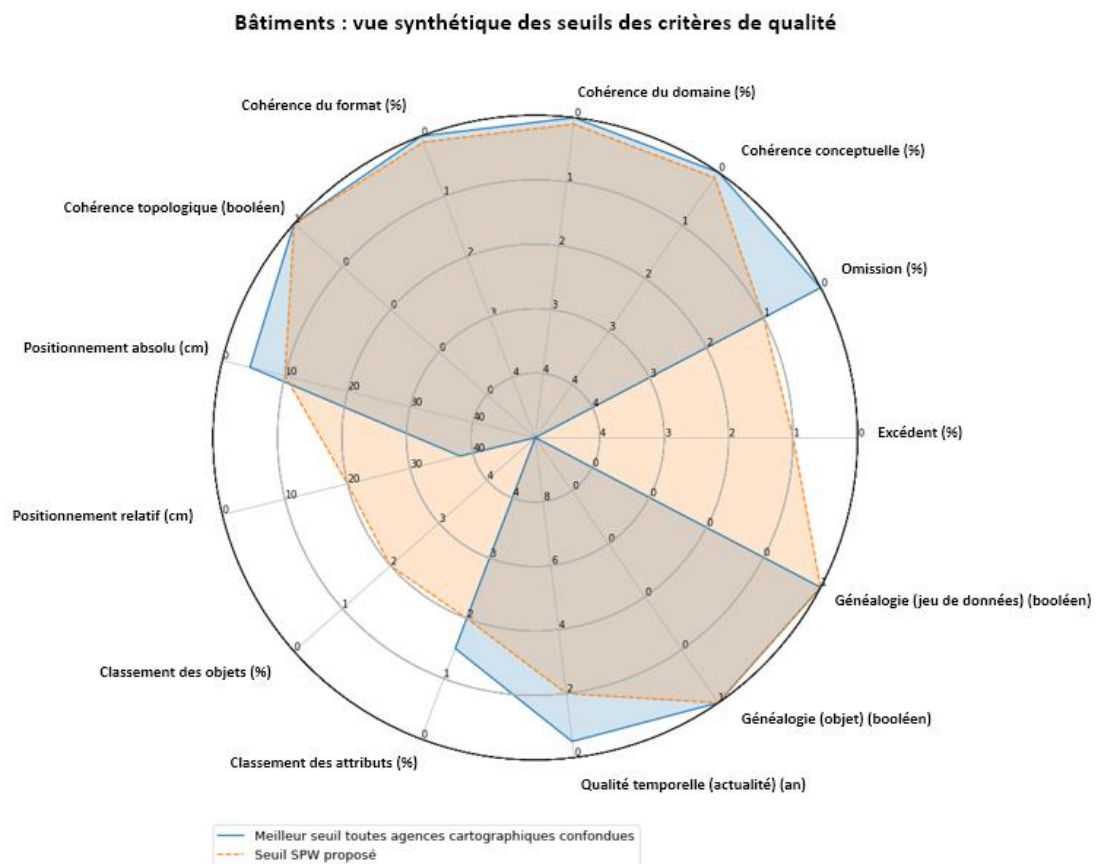


Figure 19 – Vue synthétique des seuils des critères de qualité à 13 sous-critères (Bâtiments)

4.2.1.3. Seuil SPW actuel VS Seuil SPW proposé (Figure 20)

Les seuils proposés se veulent réalistes, car choisis au regard des seuils employés par les autres AC, mais aussi ambitieux car souvent un peu plus stricts que les valeurs actuellement visées par le SPW. Pour ce qui est de l'exhaustivité, un seuil de 1% a été retenu car le seuil visé actuellement par le SPW nous semble inatteignable en pratique. Les seuils proposés pour la cohérence logique sont fixés à 0,1% car il est facile de réaliser plusieurs fois ces contrôles au cours du processus de production. Un nombre infime d'erreurs pourrait toutefois atteindre la version de diffusion. Ce seuil permettrait donc à cette version de réussir le test malgré ces erreurs. Actuellement, la majorité de ces contrôles sont déjà réalisés mais il n'existe aucun seuil permettant de qualifier l'évolution de la qualité des données au cours du processus de production. Aucune modification n'est proposée au seuil de qualité de positionnement absolu visé actuellement par le SPW. Le seuil de la qualité de positionnement relatif est fortement abaissé à 20 cm afin de rester cohérent avec le seuil de positionnement absolu. Il existe une grande variété d'attributs possibles, chacun pouvant posséder son propre seuil. Néanmoins il nous semble que le seuil de 2% d'erreur maximum actuellement visé est réaliste. Le seuil pour le classement des objets a été aligné sur

celui du classement des attributs. Le rythme des mises à jour cycliques visé par le SPW nous semble tout à fait maintenable et est donc conservé. Pour la généalogie, il est conseillé au SPW de prendre davantage en compte le contrôle de ce critère de qualité.

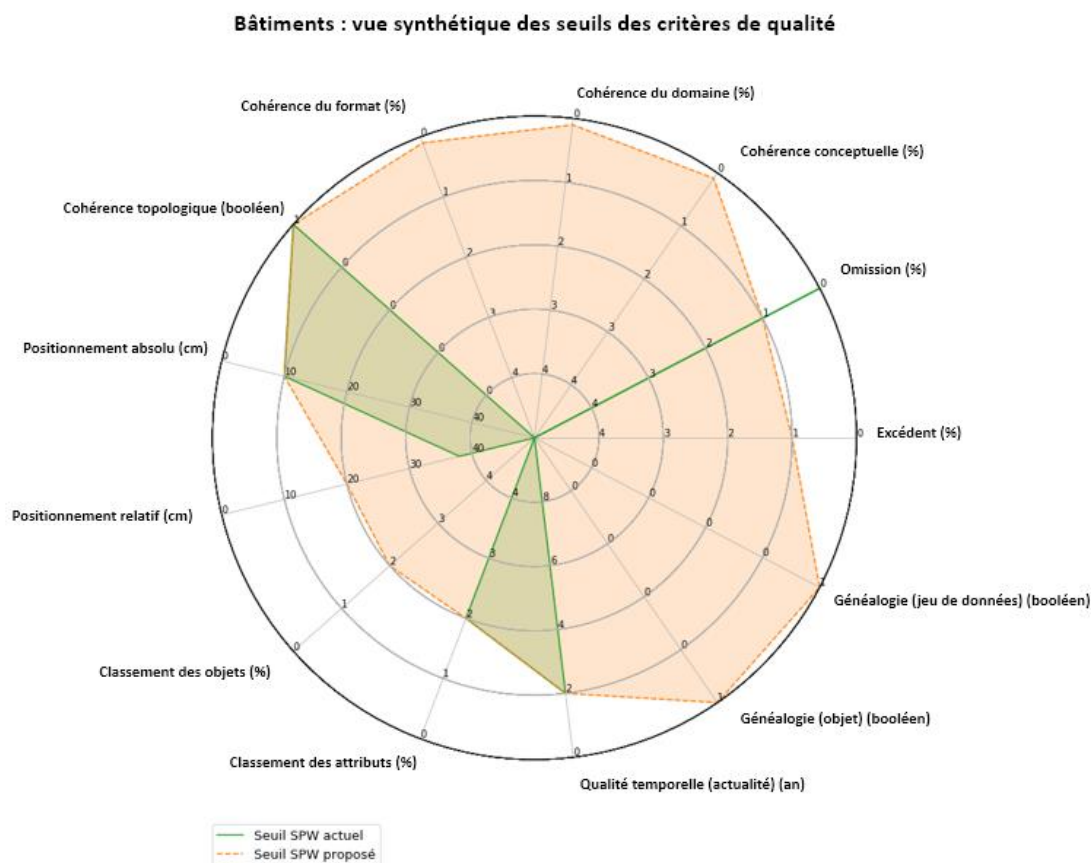


Figure 20 – Vue synthétique des seuils des critères de qualité à 13 sous-critères (Bâtiments)

4.2.2. Analyse du radar plot « Axes de voirie »

4.2.2.1. Meilleur seuil toutes agences cartographiques confondues VS Seuil SPW actuel (Figure 21)

Il n'y a pas d'information disponible pour l'excédent aussi bien au SPW que chez les autres agences cartographiques (AC), à l'inverse de l'omission qui possède un seuil très strict de 0%. Ce seuil est retrouvé uniquement au SPW. En ce qui concerne la cohérence logique, le SPW ne dispose pas de seuils alors que l'IGN Belgique fixe le seuil d'erreur maximum à 0%. Le seuil le plus strict du positionnement absolu est retrouvé à l'IV avec 5,1 cm, le SPW le fixe à 10 cm. Un seuil pour le positionnement relatif est presque uniquement spécifié au SPW avec 38 cm. Aucune information n'est disponible pour le classement des objets, aussi bien du côté des AC que du SPW. Le classement des attributs regroupe quantité de seuils différents, le plus stricts parmi les AC étant 1,5% (IGN Belgique). Au SPW, le seuil le plus strict est de 2%. Au niveau

de l'actualité, les mises à jour cycliques les plus fréquentes ont lieu tous les 6 mois dans la majorité des AC. Il n'existe pas d'information quant aux mises à jour cycliques au SPW. Enfin, le SPW est l'AC possédant le moins d'informations disponibles concernant la mise en œuvre de contrôles spécifiques à la généalogie.

Axes de voirie : vue synthétique des seuils des critères de qualité

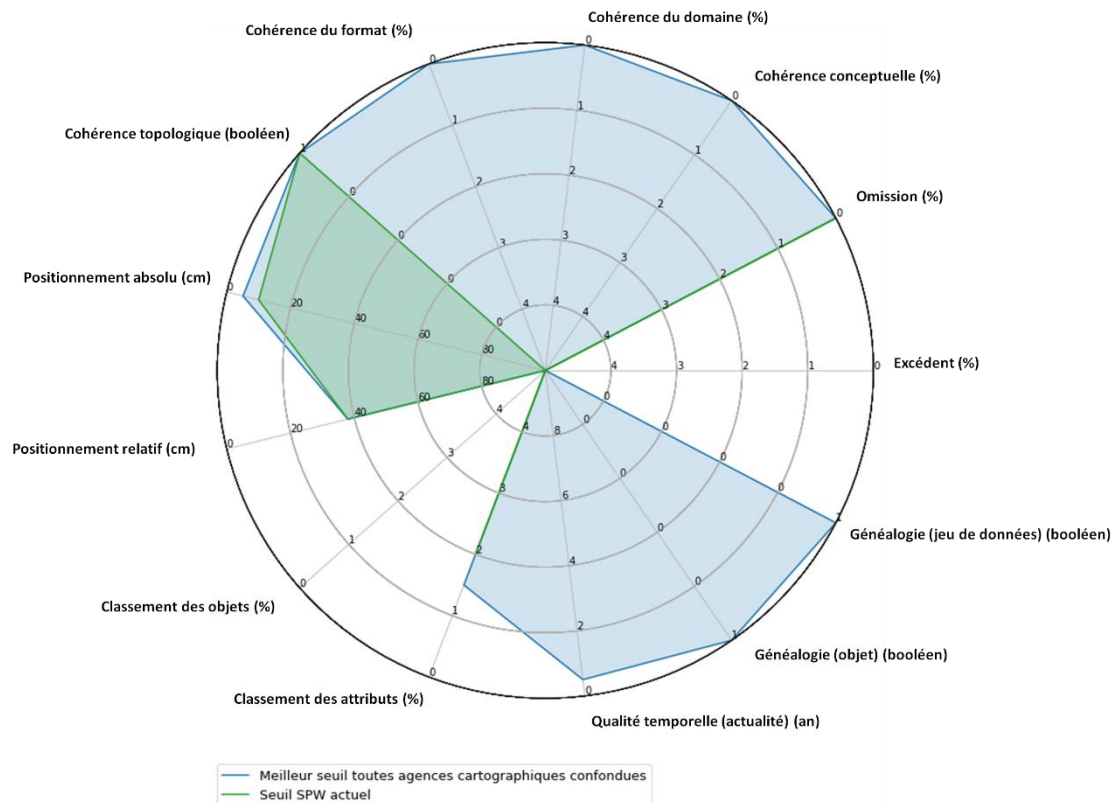


Figure 21 – Vue synthétique des seuils des critères de qualité à 13 sous-critères (Axes de voirie)

4.2.2.2. Meilleur seuil toutes agences cartographiques confondues VS Seuil SPW proposé (Figure 22)

Les seuils proposés se veulent réalistes, car choisis au regard des seuils employés par les autres AC, mais aussi ambitieux car souvent un peu plus stricts que les valeurs actuellement visées par le SPW. Pour ce qui est de l'exhaustivité, un seuil de 0,5% a été retenu car il existe moins de voiries à recenser que de bâtiments. Les autres AC sont moins strictes. Les seuils proposés pour la cohérence logique sont fixés à 0,1% car il est facile de réaliser plusieurs fois ces contrôles au cours du processus de production. Un nombre infime d'erreurs pourrait toutefois atteindre la version de diffusion. Ce seuil permettrait donc à cette version de réussir le test malgré ces erreurs. Le seuil de qualité de positionnement absolu visé actuellement par le SPW est plus strict que la moyenne des AC. En effet, l'axe central d'une voirie est un objet non tangible, sujet à interprétation. Il n'est donc pas opportun de placer un seuil trop strict. C'est la raison pour laquelle nous proposons la valeur de 30 cm. Cette valeur est également proposée pour le seuil du positionnement relatif. Il existe une grande

variété d'attributs possibles, chacun pouvant posséder son propre seuil. Néanmoins il nous semble que 2% d'erreur maximum est un objectif réaliste et est dans la moyenne des autres AC. Le seuil pour le classement des objets (1%) est lui plus stricte car il nous semble plus difficile de confondre la position de l'axe de la voirie avec d'autres éléments linéaires. Bien qu'inférieur aux autres AC, le rythme des mises à jour cycliques visés par le SPW pour les bâtiments nous semble tout à fait maintenable pour les axes de voiries. Pour la généalogie, il est conseillé au SPW de s'aligner sur les autres AC en prenant davantage en compte le contrôle de ce critère de qualité.

Axes de voirie : vue synthétique des seuils des critères de qualité

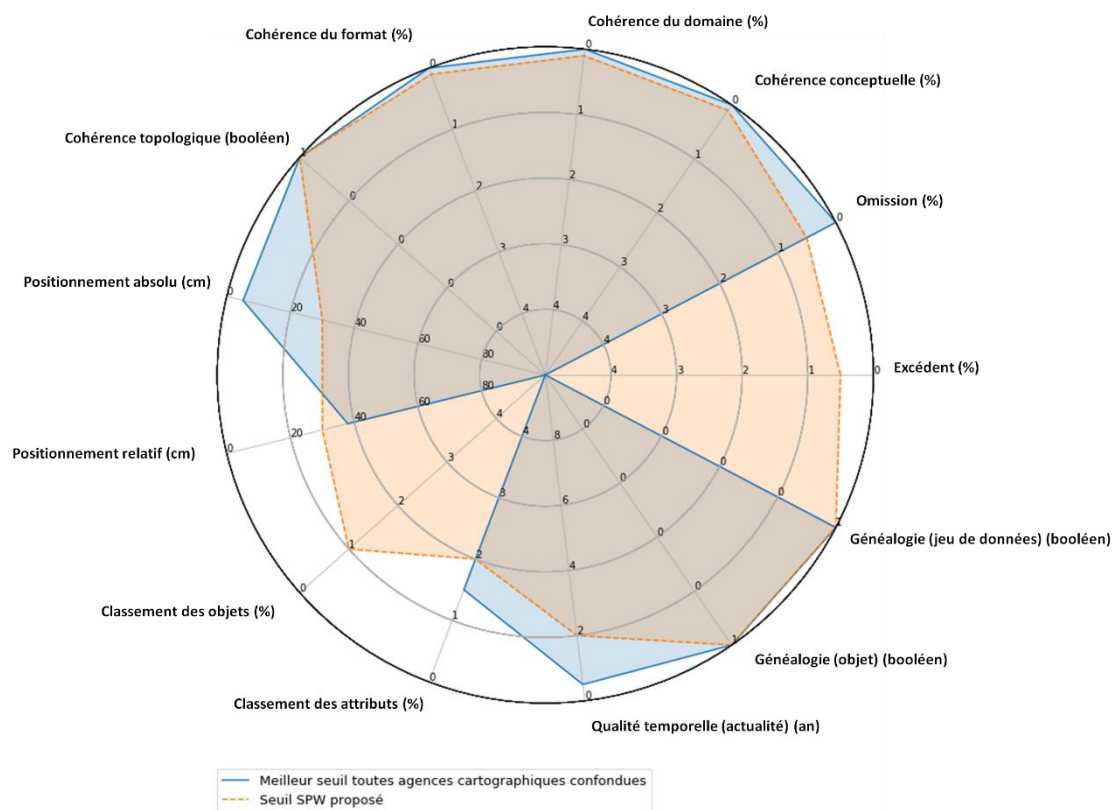


Figure 22 – Vue synthétique des seuils des critères de qualité à 13 sous-critères (Axes de voirie)

4.2.2.3. Seuil SPW actuel VS Seuil SPW proposé (Figure 23)

Les seuils proposés se veulent réalistes, car choisis au regard des seuils employés par les autres AC, mais aussi ambitieux car souvent un peu plus stricts que les valeurs actuellement visées par le SPW. Pour ce qui est de l'exhaustivité, un seuil de 0,5% a été retenu car il existe moins de voiries à recenser que de bâtiments. Cela est moins strict que les 0% actuellement défini pour l'omission car cette valeur nous semble difficilement atteignable en pratique. Les seuils proposés pour la cohérence logique sont fixés à 0,1% car il est facile de réaliser plusieurs fois ces contrôles au cours du processus de production. Un nombre infime d'erreurs pourraient toutefois atteindre

la version de diffusion. Ce seuil permettrait donc à cette version de réussir le test malgré ces erreurs. Actuellement, la majorité de ces contrôles sont déjà réalisés mais il n'existe aucun seuil permettant de qualifier l'évolution de la qualité des données au cours du processus de production. Le seuil de qualité de positionnement absolu visé actuellement par le SPW nous semble fort strict par rapport à la moyenne des AC. En effet, l'axe central d'une voirie est un objet non tangible, sujet à interprétation. Il n'est donc pas opportun de placer un seuil trop strict. C'est la raison pour laquelle nous proposons la valeur de 30 cm. Cette valeur est également proposée pour le seuil du positionnement relatif, ce qui représente une légère diminution de la tolérance en place. Il existe une grande variété d'attributs possibles, chacun pouvant posséder son propre seuil. Néanmoins il nous semble que 2% d'erreur maximum, tel que visé actuellement par le SPW, est un objectif réaliste. Le seuil pour le classement des objets (1%) est lui plus stricte car il nous semble plus difficile de confondre la position de l'axe de la voirie avec d'autres éléments linéaires. Aucun seuil ne semble être défini à l'heure actuelle, le rythme des mises à jour cycliques visés par le SPW pour les *Bâtiments* nous semble tout à fait maintenable pour les axes de voiries. Pour la généalogie, il est conseillé au SPW de prendre davantage en compte le contrôle de ce critère de qualité.

Axes de voirie : vue synthétique des seuils des critères de qualité

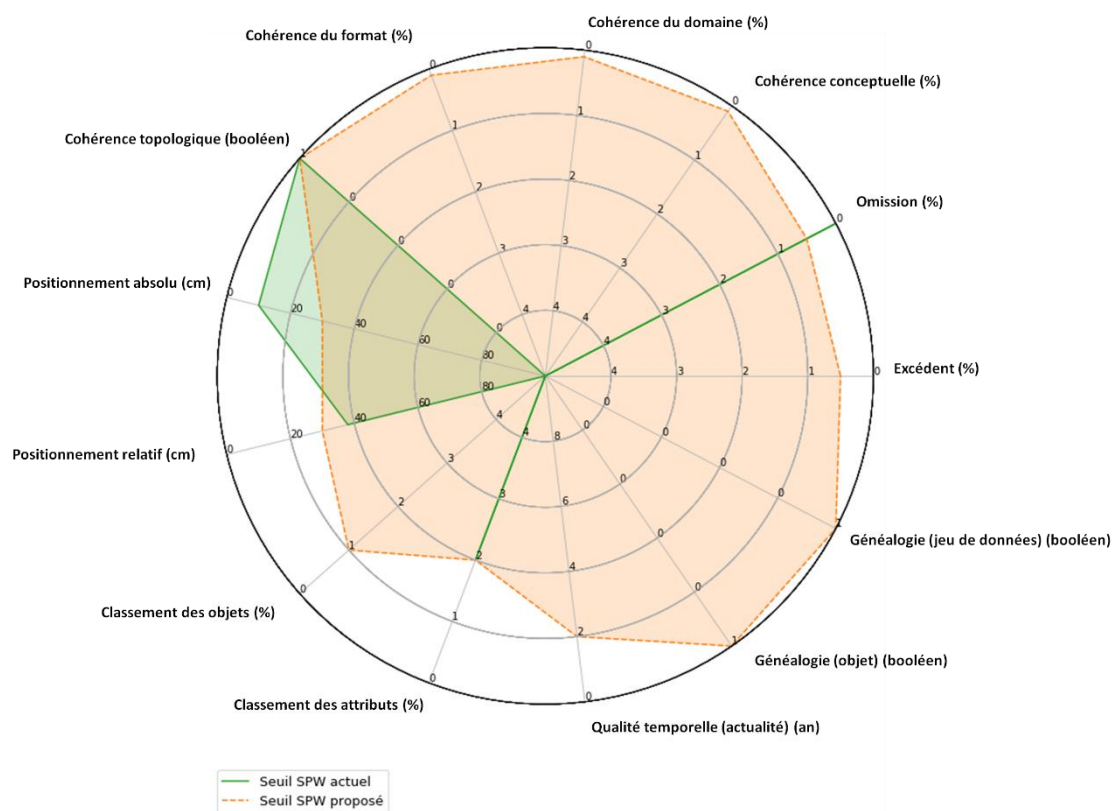


Figure 23 – Vue synthétique des seuils des critères de qualité à 13 sous-critères (Axes de voirie)

4.2.3. Analyse du radar plot « Points adresse »

4.2.3.1. Meilleur seuil toutes agences cartographiques confondues VS Seuil SPW actuel (Figure 24)

Le SPW ne dispose actuellement d'aucun seuil visé pour le contrôle de la qualité des points adresse. Les autres AC ne performant pas mieux pour autant, à l'exception des critères d'actualité (2 ans, IGN France) et de généalogie (présence de contrôles).

Points adresse : vue synthétique des seuils des critères de qualité

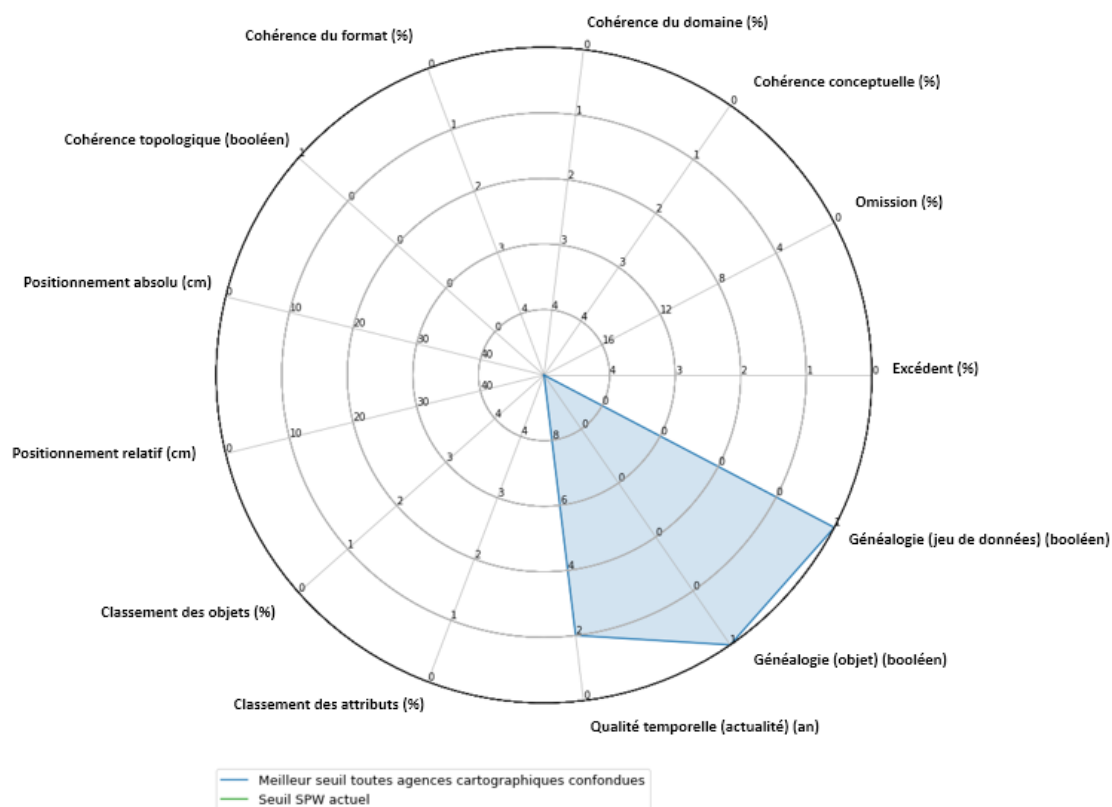


Figure 24 – Vue synthétique des seuils des critères de qualité à 13 sous-critères (Points adresse)

4.2.3.2. Meilleur seuil toutes agences cartographiques confondues VS Seuil SPW proposé (Figure 25)

Les seuils proposés se veulent réalistes, car choisis au regard des seuils employés par les autres AC, mais aussi ambitieux car souvent un peu plus stricts que les valeurs actuellement visées par le SPW. Pour ce qui est de l'exhaustivité, un seuil de 2% a été retenu car les adresses peuvent parfois changer rapidement ou être moins facilement repérables que les bâtiments ou les voiries. Les seuils proposés pour la cohérence logique sont fixés à 0,1% car il est facile de réaliser plusieurs fois ces contrôles au cours du processus de production. Un nombre infime d'erreurs pourraient toutefois atteindre la version de diffusion. Ce seuil permettrait donc à cette version de réussir

le test malgré ces erreurs. Aucun seuil n'est proposé pour la qualité du positionnement absolu et relatif car ces contrôles ne sont pas exécutés pour les points adresse. Il existe une grande variété d'attributs possibles, chacun pouvant posséder son propre seuil. Néanmoins il nous semble que 2% d'erreur maximum est un objectif réaliste. Le seuil pour le classement des objets a été aligné sur celui du classement des attributs. En ce qui concerne l'actualité, nous pensons qu'il est réaliste d'augmenter le rythme des mises à jour cycliques (6 mois), ce qui représente une amélioration significative par rapport à ce qu'il se fait à l'IGN France. Pour la généalogie, il est conseillé au SPW de s'aligner sur les autres AC en prenant davantage en compte le contrôle de ce critère de qualité.

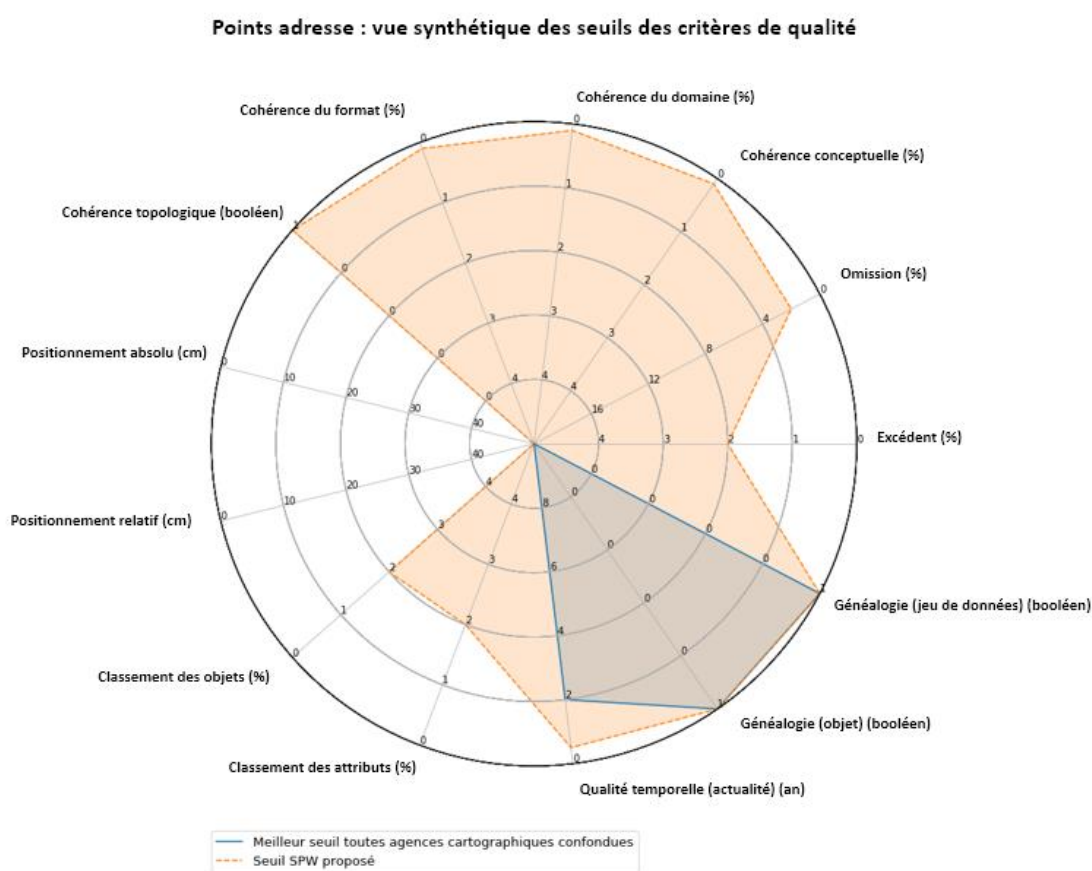


Figure 25 – Vue synthétique des seuils des critères de qualité à 13 sous-critères (Points adresse)

4.2.3.3. Seuil SPW actuel VS Seuil SPW proposé (Figure 26)

Le SPW ne disposant actuellement d'aucun seuil visé pour le contrôle de la qualité des points adresse, la définition même d'un seuil représente en soit une amélioration. Les valeurs pour ces seuils ont par conséquent été définies en s'inspirant de ce qui a été proposé pour les autres couches et des quelques critères contrôlés par les autres AC pour les points adresse.

Points adresse : vue synthétique des seuils des critères de qualité

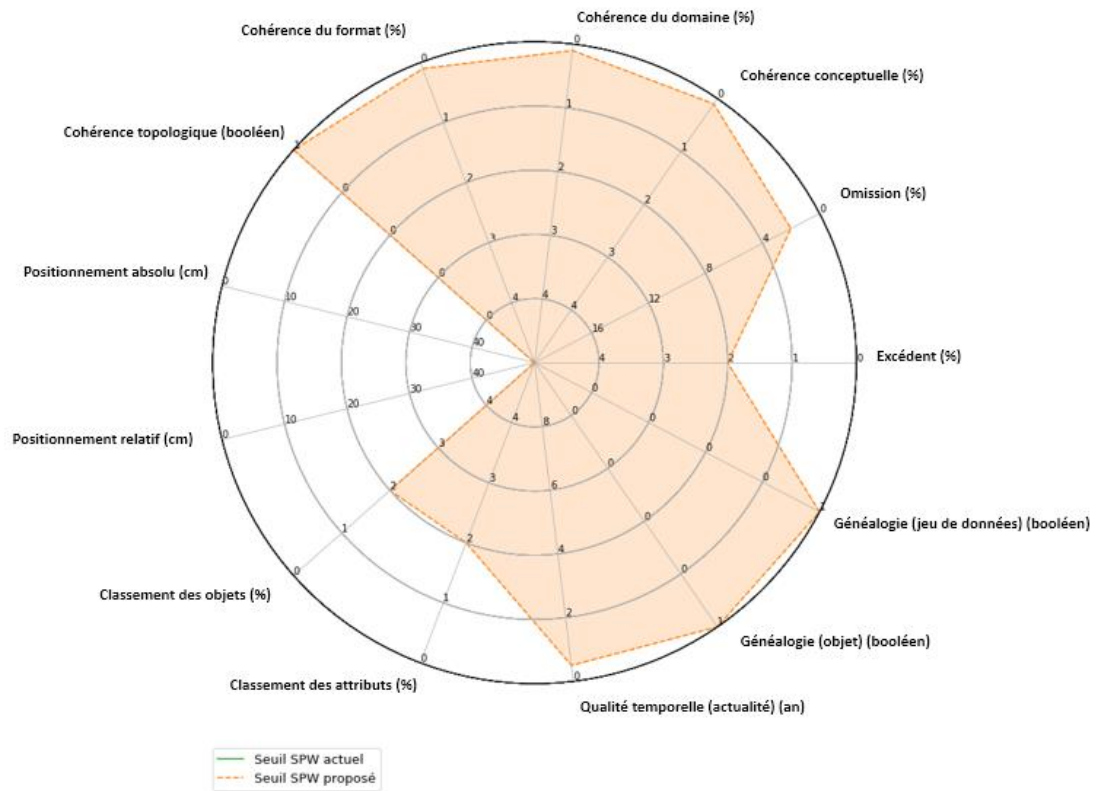


Figure 26 – Vue synthétique des seuils des critères de qualité à 13 sous-critères (Points adresse)

PHASE 2 – METHODOLOGIES, TESTS, VALIDATIONS ET PERSPECTIVES POUR LES GEODONNEES ADRESSES, BATIMENTS ET AXES DE VOIRIE

5. METHODOLOGIE DE CONTROLE DE QUALITE

Cette étape se concentre sur la méthodologie de contrôle de la qualité (WP4). Elle consiste à développer les méthodologies d'acquisition, d'échantillonnage, de comparatif et de calcul des valeurs de qualité des classes prioritaires sélectionnées. Cette étape se base sur la littérature internationale, les normes européennes mais aussi sur une analyse de la méthodologie actuelle de validation de la qualité des données pressenties du Géoréférentiel.

5.1. Méthodologie du contrôle de qualité – Échantillonnage

Il est vain de vouloir étudier exhaustivement la qualité de tous les objets géographiques attendus dans le Géoréférentiel. Cette tâche reviendrait à reproduire un jeu de données de contrôle équivalent en quantité. Les principes de validation de grands jeux de données requièrent un échantillonnage statistique représentatif de la population totale.

La représentativité de l'échantillon à considérer est fonction, par exemple, de sa taille, de son mode de constitution. Il est ainsi possible d'effectuer un sondage aléatoire simple sur les entités de la population ADRESS_POINT, CONSTR_BATIEMPRISE ou VOIRIE_AXE.

La disparité spatiale des données de ces trois couches nécessite une technique d'échantillonnage à plusieurs niveaux. Cela signifie que les éléments sélectionnés ne seront pas choisis aléatoirement sur l'ensemble du territoire mais, dans un premier temps, au travers d'une grille de découpage préalablement définie. Cette technique permet de ne pas devoir se déplacer sur l'ensemble du territoire pour vérifier des objets uniques mais elle ne serait pas suffisamment efficace dans une perspective à long terme. Pour cette raison, l'échantillonnage s'effectuera à plusieurs niveaux d'échelle : (i) une grille globale de découpage de la Wallonie ; (ii) échantillonnage sur les bâtiments compris dans les mailles sélectionnées au point (i) ; (iii) échantillonnage semi-aléatoire sur les axes de voirie et les points adresse permettant une utilisation efficace des ressources dans les mailles sélectionnées au point (i).

Dans la mesure du possible, tous les critères seront testés sur un même échantillon de données. Cependant, les critères de mesures demandent un échantillon plus petit que les critères de conformité/non-conformité. Notons qu'aucun critère de mesure ne s'applique aux entités de la couche ADRESS_POINT, cette couche est uniquement concernée par les critères de conformité/non-conformité.

On distingue trois types de critères selon qu'ils s'appliquent sur l'entièreté ou sur une partie de la population :

- Les critères appliqués sur tout le jeu de données. Ces critères sont par exemple la cohérence logique, l'actualité et la généalogie. L'automatisation des processus permet de les exécuter sur toute la population.
- Les critères de mesure. Il s'agit des critères de positionnement. Ils nécessitent les trois niveaux d'échantillonnage car l'obtention des mesures de contrôle n'est pas automatisable.
- Les critères de conformité/non-conformité. On peut citer les critères d'exhaustivité et de qualité sémantique. Semi-automatisables, ils sont évalués sur base d'un échantillonnage de la grille globale.

5.1.1. Échantillonnage pour les critères de mesure

5.1.1.1. 1er degré : découpage de la Région Wallonne

L'emprise de la Wallonie étant importante (16844 km²), il est nécessaire de considérer un échantillonnage basé sur une répartition spatiale. La norme ISO19157:2013 propose deux méthodologies à cet effet :

- Sélection des surfaces de mêmes dimensions aléatoirement dans la zone d'étude,
- Sélection des mailles dans un modèle de grille régulière découpant la zone d'étude.

Nous proposons dans le cas présent de travailler selon la seconde possibilité pour correspondre aux principes de découpages déjà en vigueur au sein du service de géométrie. En effet, l'utilisation d'une grille a déjà été envisagée dans les travaux de la DIG afin de répondre aux directives de la convention INSPIRE (INSPIRE, 2014c, p.17) qui fait appel à l'utilisation d'un *grid* hiérarchique de 1m, 10m, 100m, 1km, 10km et 100km. Nous définissons comme unité d'échantillonnage des mailles de 1km de côté (Figure 27). Cette dimension de maille a été choisie afin de rendre l'échantillonnage sur terrain pragmatique, tout en permettant une homogénéité de la qualité des géodonnées.

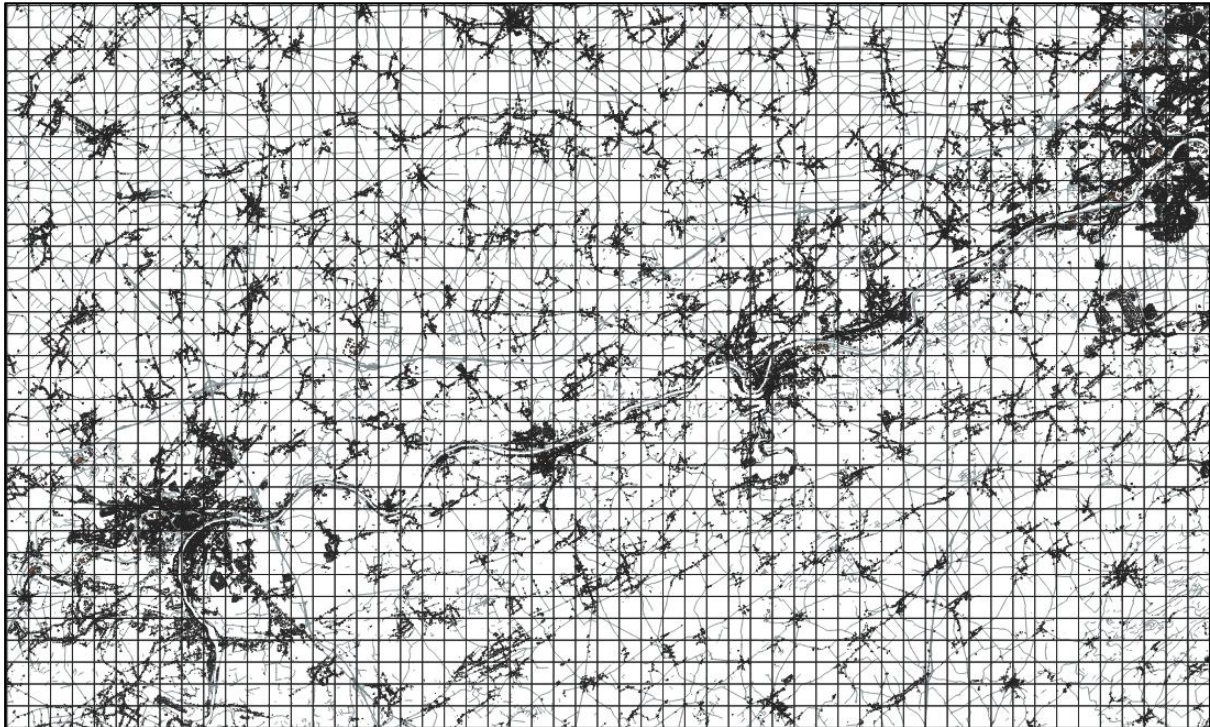


Figure 27 – Maillage de 1km² sur une partie de la région wallonne (Ugeom)

Dès lors où une grille à maille constante est utilisée, la norme ISO19157 (2013) préconise une définition des règles d'inclusion ou d'exclusion des mailles.

Dans le cas de cette étude, nous proposons de considérer les mailles recouvertes par strictement plus de 50% de surface du territoire wallon. Il est cependant envisageable de réduire cette condition dans le cas où la densité du bâti au km² serait considérée comme suffisante.

L'intérêt de cette règle est d'assurer que chaque maille soit représentative de la donnée et puisse être prise en compte lors du sondage. Selon les plus récentes études de l'IWEPS¹ et de Statbel², la RW a une densité de population de 215,2 habitants au km² et pour une composition moyenne de 2,3 personnes/ménage. Dans ce découpage, il est nécessaire d'obtenir un certain nombre de bâtiments à sonder dans chaque maille ; condition minimale pour assurer la pertinence du déplacement sur le terrain. En prenant une maille de 1km² et une couverture d'au moins 50% par la RW, et tenant compte de la densité de cette dernière, la condition sera remplie. Pour en être certain, elle sera néanmoins vérifiée : au moins 20 entités de la couche BATIEMPRISE devront être présentes dans la maille, dans le cas contraire, celle-ci sera rejetée pour l'échantillonnage.

¹ <https://www.iweps.be/indicateur-statistique/densite-de-population/>

² <https://statbel.fgov.be/en/themes/population/structure-population>

Des règles d'inclusion pour les éléments partiellement présents dans une entité d'échantillonnage doivent également être précisées. Par exemple, qu'en est-il lorsqu'un bâtiment est à cheval entre deux mailles ? Nous imposerons la condition qu'un bâtiment est pris en compte uniquement si sa surface est au moins à 50% dans la maille sélectionnée. Notons que, pour évaluer la qualité d'un bâtiment généré dans le Géoréférentiel, il faudra considérer tous les éléments ponctuels et linéaires qui ont permis la construction dudit bâtiment (Figure 28).

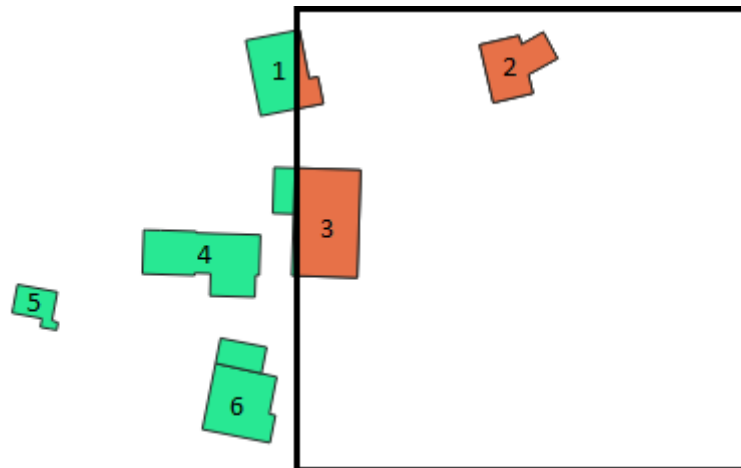


Figure 28 – Exemple où les polygones 2 et 3 sont sélectionnables dans la maille

Résumé des conditions (Figure 29) :

- Couverture de 50% de la maille par la RW (condition OVERLAP).
- Au moins 20 entités CONSTR_BATIEMPRISE dans la maille (condition sur le NOMBRE).
- Seules les entités dont plus de 50% de leur surface sont dans la maille seront prises en compte (condition OVERLAP).

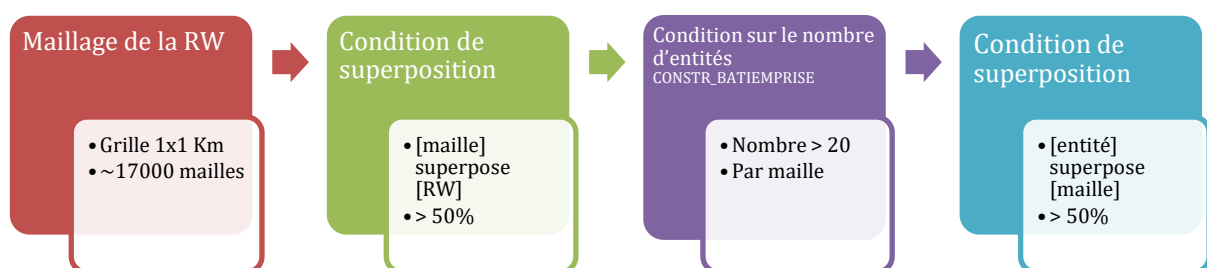


Figure 29 – Résumé des conditions (Ugeom)

Une fois les mailles ne respectant pas l'une de ces conditions rejetées, la population de mailles restantes doit être échantillonnée. Il est important de sélectionner un nombre suffisant de mailles afin que l'échantillon soit représentatif de la population. Le sondage se fait de manière aléatoire simple : numérotation de chaque maille de la grille répondant aux critères, et génération de nombres aléatoires pour sélectionner les mailles dans les limites de leur nombre.

Ces conditions ont été définies pour des questions opérationnelles, mais elles peuvent être négligées si nous souhaitons éviter de créer des zones de no man's land où les données ne seraient jamais contrôlées. Pour les processus (semi) automatisé qui peuvent éventuellement être contrôlés sur base de documents de référence ou sur des orthophotographies récentes, cela ne devrait pas modifier les résultats de façon considérable. Mais pour les critères faisant appel à des mesures comme le positionnement, les outputs obtenus sur orthophotographies risquent de différer significativement des outputs mesurés sur le terrain.

Il sera nécessaire d'assurer la répartition spatiale des mailles sélectionnées aléatoirement de façon à garantir une bonne hétérogénéité spatiale. Cela permettra de réduire l'influence des facteurs tels que la technique employée ou le prestataire responsable du levé qui sont souvent dépendants de la situation de la zone de levé. De même, nous proposons de surveiller que les zones couvertes soient différentes en termes de densité de bâti (zones rurales et urbaines) dans le cas où les données seraient levées plus rigoureusement dans les régions urbaines que dans les régions rurales.

Pour pallier ces facteurs spatiaux qui peuvent affecter la qualité des données géographiques, la norme ISO19157:2013 (ISO19157, 2013) sollicite l'utilisation de lots. Nous ne disposons pas d'information quant à la répartition des prestataires et des ressources matérielles employées, il n'est par conséquent pas possible d'en faire des lots. Par contre, la détermination de deux lots de données basée sur la densité de bâti (un lot urbain et un lot rural) et la sélection d'un nombre égal d'entités dans chacun de ces deux lots favoriseraient une homogénéité en termes de qualité. Pour concevoir ces lots, il est recommandé de s'arrêter sur leur définition. La CAP Ruralité (2019) utilise la superficie de non-bâti comme paramètre de leur propre définition. La superficie de non-bâti concerne tout ce qui est surfaces agricoles, boisées, landes, fagnes, marais, terres vaines et vagues, rochers, plages ou dunes. Une maille sera considérée comme rurale si 80% ou plus de sa surface est composée de non-bâti. Sur base de cette mesure, chaque maille de la grille peut dès lors être intégrée dans l'un des deux lots.

5.1.1.2. 2ème degré : sélection de bâtiments

Pour les critères de qualité où une méthode d'évaluation des éléments conformes/non-conformes ne peut pas s'appliquer, un deuxième degré d'échantillonnage est nécessaire. Pour ces critères, un échantillonnage des entités représentées dans la couche est réalisé à la suite de l'échantillonnage spatial.

La deuxième étape de l'échantillonnage s'effectue sur les entités de la géodonnée CONSTR_BATIEMPRISE, correspondant aux polygones fermés de bâti. Ne seront considérés que les entités qui se trouvent dans les mailles sélectionnées lors du 1^{er} degré. Dans chaque maille sélectionnée, un sondage aléatoire simple sera réalisé

pour sélectionner les bâtiments qui seront pris comme échantillon afin d'arriver au nombre total d'entités constituant l'échantillon de la population. Sélectionner un nombre égal d'entités dans le lot à caractère rural et dans le lot à caractère urbain garantit une homogénéité de la qualité.

La norme ISO19157 (2013) présente une évaluation pour un contrôle de qualité au moyen d'un écart-type sur les variables mesurables qui suivent une loi normale. Cette évaluation se base sur la loi de Fisher et est applicable en topographie conformément aux hypothèses d'indépendance des mesures successives.

Tableau 23 – Valeurs d'échantillonnage selon la taille de population pour des critères de mesure (norme ISO19157:2013)

Taille de la population (N)		Taille de l'échantillon (n)	\sqrt{F}
De	à		
26	50	5	1,54
51	90	7	1,45
91	150	10	1,37
151	280	15	1,30
281	400	20	1,26
401	500	25	1,23
501	1 200	35	1,20
1 201	3 200	50	1,16
3 201	10 000	75	1,13
10 001	35 000	100	1,12
35 001	150 000	150	1,09
150 001	500 000	200	1,08
	>500 000	200	1,08

Pour la couche CONSTR_BATIEMPRISE qui comprend une population 3.780.012 objets (mars 2019), il faudra un échantillon comprenant au minimum 200 entités.

5.1.1.3. 3ème degré : sélection des axes de voirie

Enfin, pour les éléments de voirie, un échantillonnage semi-aléatoire sera défini afin d'optimiser les missions terrain, comme proposé dans la norme ISO19157 (2013).

En effet, suite au sondage aléatoire simple sur les entités de BATIEMPRISE, un canevas d'éléments à mesurer et par conséquent un ordre de mesures sur le terrain pourra être défini. Pour ne pas complexifier d'avantage les travaux de levés topographiques, la collecte des entités de la couche VOIRIE_AXE se fera à proximité des entités de CONSTR_BATIEMPRISE sélectionnées. (Figure 30).

Le Tableau 23 informe que 200 bâtiments doivent être pris comme échantillon pour être représentatifs de la population totale. En moyenne, il faudra mesurer 4 à 6 points par bâtiments pour pouvoir en dessiner une esquisse de l'emprise. A cela, devront s'ajouter les points de bordure de voirie qui permettront de calculer les 200 axes de voirie (4 points bordure au minimum pour définir 1 axe central). Ce sont donc plus de 2000 points qui devront être mesurés.

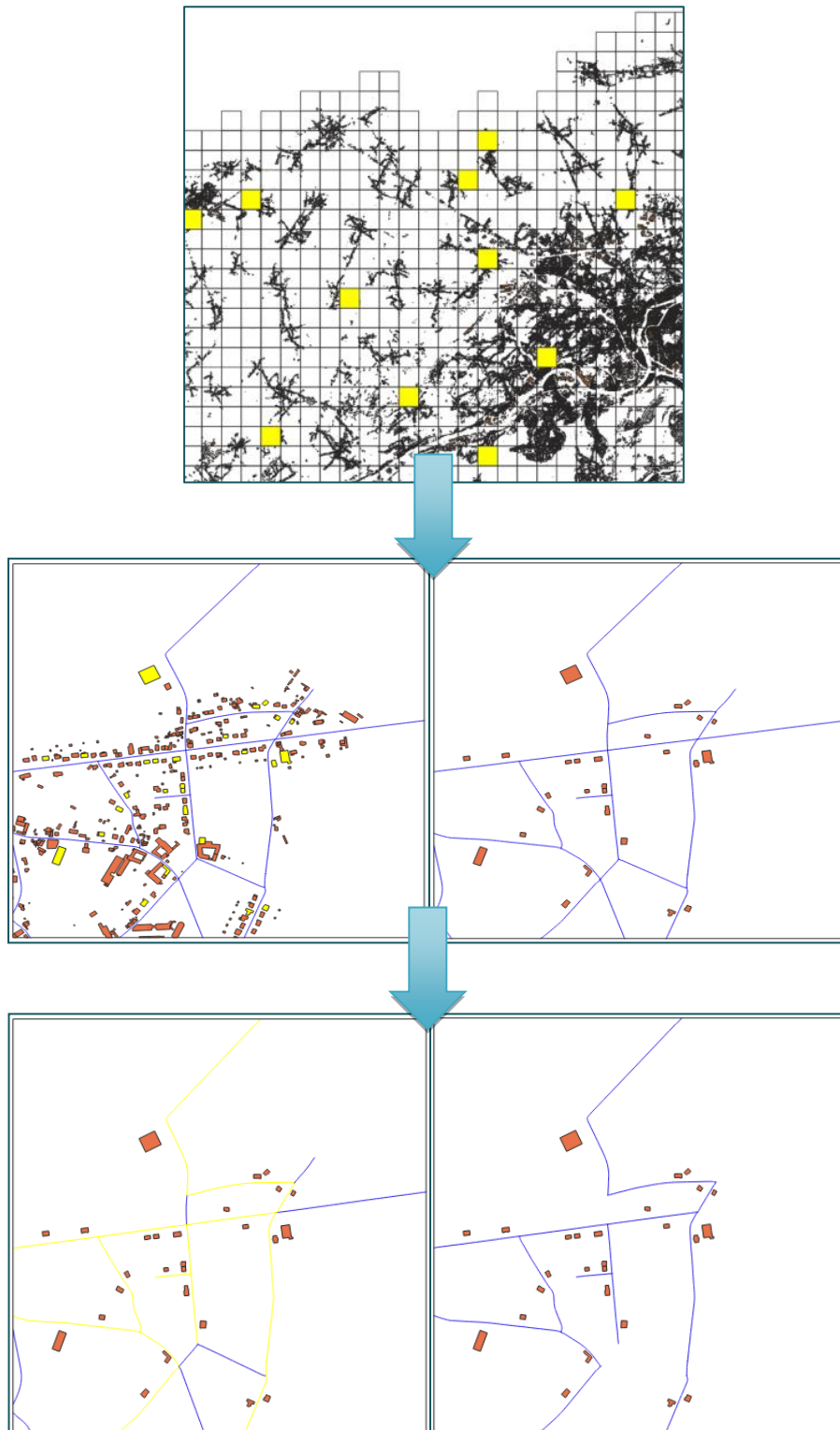


Figure 30 – Échantillonnage à trois degrés (sur la grille, sur les bâtiments puis sur les routes), sélection dans le village d'Horion.

5.1.2. Échantillonnage pour les critères de conformité/non-conformité

5.1.2.1. Découpage de la Région Wallonne

Les principes sont identiques à l'échantillonnage au 1^{er} degré défini pour les critères de mesure, cependant des mailles supplémentaires seront ajoutées si besoin pour atteindre le nombre d'individus à contrôler. Les entités de la couche ADRESS_POINT seront également sondées.

Pour le critère d'exhaustivité, par exemple, que cela soit pour les bâtiments, pour les axes routiers ou pour les points adresse, on pourra déterminer le taux de présence ou d'absence de ceux-ci dans le Géoréférentiel par rapport à la vérité du terrain par comptage des entités dans les mailles définies. Pour que l'échantillon soit représentatif, il faudra toutefois étudier un certain nombre d'individus.

Pour ces méthodes d'évaluation de conformité/non-conformité, la norme ISO19157:2013 fournit les valeurs reprises dans le tableau ci-après (Tableau 24) basé sur les lois hypergéométriques. Celui-ci reprend les lignes directrices relatives à la taille de l'échantillon et au niveau de rejet associé pour un intervalle de confiance de 95%. Par exemple, pour les 3.780.012 objets de la couche CONSTR_BATIEMPRISE, il sera nécessaire de considérer un échantillon de 1250 individus.

Tableau 24 – Valeurs d'échantillonnage selon la taille de population pour des critères de conformité/non-conformité (norme ISO19157:2013, Annexe F p.135)

Niveau de confiance = 95%			p ₀ = LAQ (limite d'acceptation de la qualité)					
Taille de la population (N)	Taille de l'échantillon (n)		0,5%	1,0%	2,0%	3,0%	4,0%	5,0%
De	à		Limite de rejet					
1	8	Toutes	1	1	1	1	1	1
9	50	8	1	1	1	2	2	2
51	90	13	1	1	2	2	2	3
91	150	20	1	2	2	3	3	4
151	280	32	1	2	3	3	4	4
281	400	50	2	3	3	4	5	6
401	500	60	2	3	4	5	6	7
501	1 200	80	3	3	5	6	7	8
1 201	3 200	125	3	4	6	8	10	11
3 201	10 000	200	4	6	8	11	14	16
10 001	13 000	315	5	7	12	16	20	23
13 001	15 000	500	6	10	16	23	28	34
15 001	50 000	800	9	14	24	33	42	51
	>50 000	1250	12	20	34	49	63	76

Si à la suite d'une vérification sur orthographes le nombre de mailles sélectionnées s'avère insuffisant pour atteindre la taille de l'échantillon, d'autres mailles seront ajoutées à la sélection.

EN PRATIQUE

La mise en place de la démarche de qualité et sa faisabilité seront démontrées sur un échantillon restreint dans le cadre de la subvention QualiGEO. Le but n'est pas ici d'effectuer directement la qualité des couches concernées mais de fournir les bases d'une solution de vérification pour un ensemble plus complet.

5.1.3. Mise à jour de la méthode d'échantillonnage

Des constatations découlant de la préparation des tests de contrôle sur terrain nécessitent d'adapter la méthode d'échantillonnage en conséquence.

La taille de maille d'échantillonnage de 1 km² proposée initialement par l'Ugeom a été remplacée par les dimensions 2x2 km préconisées par la DGEO afin de correspondre aux mailles orthophotographiques. Lors de la préparation de tests de terrain, il s'est avéré que ces dimensions ne peuvent pas s'appliquer aux zones urbaines au vu de leur densité de bâti. D'une part, le critère d'exhaustivité demande de se référer à la maille entière pour obtenir les taux d'éléments en excès ou en omission en comptant tous les éléments effectivement présents dans la maille sur terrain et sur le document de référence faisant office de données de contrôle. Compter tous les éléments dans une zone urbaine de 4 km² demande un temps considérable. Par ailleurs, ces zones sont suffisamment denses pour que le nombre d'éléments échantillonnés nécessaires pour assurer la représentativité de la région Wallonne soit atteint en une seule maille. Ce qui n'est assurément pas significatif à l'échelle de la Région Wallonne, mais ce cas n'est pas précisé dans la norme INSPIRE. Enfin, le critère de positionnement absolu nécessitant un échantillonnage dans la maille par rapport au nombre d'éléments qu'elle contient, une large maille entraîne des éléments à contrôler plus disparates et donc un contrôle plus long.

Suite à ces constats, il a donc été convenu de prendre pour les zones rurales - où la densité faible de bâti permet l'application des critères tels quels - des mailles de 4 km² dont les limites correspondent aux orthophotographies, et de diviser ces mailles en 16 pour travailler sur des mailles de 500 m de côté en zone urbaine, soit d'une superficie de 0,25 km². De plus, même si le nombre d'éléments à contrôler pour obtenir un échantillon caractéristique du nombre d'éléments présents en région Wallonne est atteint après une seule maille, il est imposé de contrôler au moins 10 mailles différentes réparties et échantillonnées dans toute la région pour assurer la bonne représentativité de la donnée. *A contrario*, si le nombre d'éléments contrôlés n'atteint pas la taille d'échantillon minimum à l'issue du contrôle de 10 mailles, il faudra sélectionner des mailles supplémentaires. On s'assurera toujours que les mailles sélectionnées sont de différentes densités de bâti afin de représenter tout aussi bien les zones rurales qu'urbaines.

Enfin, les bâtiments ayant, dans le Géoréférentiel, une nature "Annexe" ainsi que les voiries ayant une nature de "Chemin ou sentier" n'étant pas systématiquement visibles depuis la voie publique, ceux-ci ne seront pas pris en compte dans la population à contrôler pour les critères d'observation et de mesure qui s'évaluent sur le terrain.

5.2. Acquisition et comparatif

La référence utilisée pour contrôler la qualité des données est différente en fonction du critère spécifié. Les critères de mesure, tels que les positionnements absolu et relatif, font appel à des données de contrôle issues directement de l'acquisition sur le terrain. Ces données représentent le terrain nominal et sont appelées données vraies. Pour assurer la pertinence des mesures de contrôle, il est convenu que celle-ci doivent être obtenues avec une précision deux fois supérieure à celle attendue pour la donner à contrôler. Cette convenance résulte de l'arrêté ministériel français du 16/09/2003 (Ministère français, 2003). Pour les critères de conformité/non-conformité, la référence peut être le terrain ou un document de référence choisi pour son actualité et son authenticité. Sa dernière mise à jour doit en effet être postérieure à celle des données du Géoréférentiel à contrôler, et la fiabilité des informations qu'elle apporte n'a pas besoin d'être vérifiée au vu de son caractère notoire.

5.3. Méthodologie du contrôle de qualité

Cette tâche précise le développement d'une méthode d'acquisition de données statistiquement représentatives et non biaisées. Elle précise aussi le développement des opérateurs de calculs des indicateurs en fonction des tâches précédentes. La tâche veille aussi à étudier une optimisation du calcul afin de rendre celui-ci le plus opérationnel possible en phase de production.

5.3.1. Cohérence logique

5.3.1.1. Cohérence conceptuelle

a. Définition

Toutes différences par rapport au Modèle Conceptuel de Données (MCD) représentent une erreur de cohérence conceptuelle.

b. Échantillonnage

L'échantillonnage n'est pas ici nécessaire car les contrôles peuvent être réalisés de manière automatisée sur l'ensemble du jeu de données.

c. Méthode de mesure

Il s'agit ici de vérifier le respect d'une série de règles et de contraintes édictées dans le schéma conceptuel du jeu de données et/ou dans les spécifications du produit. Aucune donnée de référence n'est ici nécessaire, à l'inverse du schéma conceptuel et des spécifications du produit qui sont essentiels au bon déroulement du contrôle de la qualité de la cohérence conceptuelle. Ces règles et contraintes peuvent être classées en deux groupes en fonction du niveau de contrôle auquel elles se rapportent.

- Eléments du schéma conceptuel et des spécifications du produit vérifiables au niveau du jeu de données :
 - Présence de toutes les classes
 - Nom des classes
 - Présence de tous les attributs pour chaque classe
 - Nom des attributs
 - Ordre des attributs dans chaque classe
 - Présence de toutes les relations entre les classes
 - Nom des relations
 - Type des relations
 - Cardinalités des relations

Au niveau du jeu de données, la mesure de la qualité s'effectue par un recensement des non-conformités aux règles du schéma conceptuel.

- Eléments du schéma conceptuel et des spécifications du produit vérifiables au niveau des objets/de leurs attributs :
 - Unicité de la valeur de l'identifiant unique au sens de la table
 - Présence d'une valeur pour les attributs obligatoires
 - Contraintes spécifiques définies par le producteur du jeu de données

Au niveau des objets/de leurs attributs, la mesure de la qualité s'effectue de manière indépendante pour chaque règle et contrainte. Pour chacun des objets du jeu de données, il faut vérifier que la règle et/ou la contrainte contrôlée soit respectée. La mesure de base à réaliser ici est donc un simple comptage des objets du jeu de données non-conformes à la règle et/ou à la contrainte contrôlée. Connaissant la taille du jeu de données, on peut directement obtenir le nombre d'objets étant conformes. Le calcul du taux de conformité par rapport à la règle ou la contrainte contrôlée t_{conc} se fait alors grâce à la formule :

$$t_{conc} = \frac{n_{conf}}{n_{tot}}$$

Où n_{conf} est le nombre d'éléments conformes.

n_{tot} est le nombre total d'éléments du jeu de données.

Plus ce taux est élevé, meilleure en est la qualité/la conformité par rapport à la règle contrôlée. Ce taux ayant été calculé en prenant en compte toute la population, il peut

être directement comparé au seuil fixé spécifiant le taux minimum admissible de conformité pour la règle contrôlée.

Une fois tous les taux de conformité calculés, il est possible d'agréger les résultats obtenus afin de donner une idée globale du taux de conformité par rapport aux règles et contraintes du schéma conceptuel. Le choix de la méthode d'agrégation est laissé à la discrétion du contrôleur.

5.3.1.2. Cohérence du domaine

a. Définition

Toutes valeurs d'attribut en dehors de la plage ou de la liste de valeurs prévues représentent une erreur de cohérence du domaine.

b. Échantillonnage

L'échantillonnage n'est pas ici nécessaire car les contrôles peuvent être réalisés de manière automatisée sur l'ensemble du jeu de données.

c. Méthode de mesure

Il s'agit ici de vérifier que les valeurs prises par les différents attributs du jeu de données respectent bien les intervalles logiques et/ou les listes de valeurs prévus dans les spécifications du produit. Ces intervalles et listes sont propres à chaque attribut. Aucune donnée de référence n'est ici nécessaire, à l'inverse des spécifications du produit qui sont essentielles au bon déroulement du contrôle de la qualité de la cohérence du domaine. La mesure de la qualité s'effectue de manière indépendante pour chaque attribut. Il va de soi que les attributs ne possédant pas de domaine de valeurs ne sont pas concernés.

Pour chacun des objets du jeu de données, il faut vérifier que la valeur de l'attribut appartienne bien au domaine des valeurs possibles de cet attribut. La mesure de base à réaliser ici est donc un simple comptage des objets du jeu de données possédant une valeur d'attribut non-conforme à son domaine de valeur. Connaissant la taille du jeu de données, on peut directement obtenir le nombre d'objets possédant une valeur conforme pour cet attribut. Le calcul du taux de conformité au domaine de valeurs de l'attribut t_{dom} se fait alors grâce à la formule :

$$t_{dom} = \frac{n_{conf}}{n_{tot}}$$

Où n_{conf} est le nombre d'éléments conformes.

n_{tot} est le nombre total d'éléments du jeu de données.

Plus ce taux est élevé, meilleure en est la qualité/la conformité au domaine de valeurs pour l'attribut. Ce taux ayant été calculé en prenant en compte toute la population, il peut être directement comparé au seuil fixé spécifiant le taux minimum admissible de conformité au domaine de valeurs pour l'attribut concerné.

Une fois tous les taux de conformité calculés, il est possible d'agrèger les résultats obtenus afin de donner une idée globale du taux de conformité au domaine de valeurs pour l'ensemble du jeu de données. Le choix de la méthode d'agrégation est laissé à la discrétion du contrôleur.

5.3.1.3. *Cohérence du format*

a. Définition

Toute différence par rapport au format attendu représente une erreur de cohérence de format.

b. Échantillonnage

L'échantillonnage n'est pas ici nécessaire car les contrôles peuvent être réalisés de manière automatisée sur l'ensemble du jeu de données.

c. Méthode de mesure

Il s'agit ici de vérifier la structure physique du jeu de données et le respect d'une série de règles de format stipulées dans les spécifications du produit. Aucune donnée de référence n'est ici nécessaire, à l'inverse des spécifications du produit qui sont essentielles au bon déroulement du contrôle de la qualité de la cohérence du format. Ces vérifications peuvent être classées en deux groupes en fonction du niveau de contrôle auquel elles se rapportent.

- Éléments des spécifications du produit vérifiables au niveau du jeu de données :
 - Présence de tous les fichiers du jeu de données
 - Nom du/des fichier(s) du jeu de données
 - Format du/des fichier(s) du jeu de données
 - Intégrité/lisibilité du/des fichier(s) du jeu de données
 - Système de coordonnées du jeu de données

Au niveau du jeu de données, la mesure de la qualité s'effectue par un recensement des conflits de structure physique.

- Éléments des spécifications du produit vérifiables au niveau des objets/de leurs attributs :
 - Format de l'identifiant unique
 - Format des attributs de datation
 - Type de données des valeurs d'attributs
 - Longueur des chaînes de caractères des valeurs d'attributs
 - Type de géométrie des objets
 - Format d'encodage des caractères
 - Règles de format spécifiques définies par le producteur du jeu de données

Au niveau des objets/de leurs attributs, la mesure de la qualité s'effectue de manière indépendante pour chaque règle de format. Pour chacun des objets du jeu de données, il faut vérifier que la règle de format contrôlée soit respectée. La mesure de base à réaliser ici est donc un simple comptage des objets du jeu de données non-conformes à la règle contrôlée. Ces objets sont dits en conflit avec la structure physique du jeu de données. Le calcul du taux de conflits de structure physique t_{form} pour la règle contrôlée se fait alors grâce à la formule :

$$t_{form} = \frac{n_{conf}}{n_{tot}}$$

Où n_{conf} est le nombre d'éléments en conflit.

n_{tot} est le nombre total d'éléments du jeu de données.

Plus ce taux est bas, meilleure en est la qualité/la conformité par rapport à la règle de format contrôlée. Ce taux ayant été calculé en prenant en compte toute la population, il peut être directement comparé au seuil fixé spécifiant le taux maximum admissible de conflits de structure physique pour la règle contrôlée.

Une fois tous les taux de conflits de structure physique calculés, il est possible d'agréger les résultats obtenus afin de donner une idée globale du taux de conflits de structure physique pour toutes les règles de format présentes dans les spécifications du produit. Le choix de la méthode d'agrégation est laissé à la discrétion du contrôleur.

5.3.1.4. Cohérence topologique

a. Définition

Tout problème de topologie représente une erreur de cohérence topologique.

b. Échantillonnage

L'échantillonnage n'est pas ici nécessaire car les contrôles peuvent être réalisés de manière automatisée sur l'ensemble du jeu de données.

c. Méthode de mesure

Il s'agit ici de vérifier la qualité de construction des géométries du jeu de données et le respect des relations topologiques énumérées dans les spécifications du produit. Aucune donnée de référence n'est ici nécessaire, à l'inverse des spécifications du produit qui sont essentielles au bon déroulement du contrôle de la qualité de la cohérence topologique.

Ces vérifications peuvent être classées en deux groupes en fonction de leur nature :

- Vérifications de la qualité de construction des géométries du jeu de données :

De nombreux problèmes de construction des géométries peuvent être rencontrés. Une liste non-exhaustive est donnée ci-dessous :

- Polygones non-fermés (X,Y et Z)
- Polygones non planaires
- Polygones formant une boucle
- Auto-intersections
- Doublons géométriques au niveau des objets
- Doublons géométriques au niveau des vertex (seuil de tolérance possible)
- Vertex inutiles
- Vertex aberrants (ajoutant un « pic » à la géométrie d'un polygone) (seuil de tolérance possible)
- Connexions manquantes en raison de polygones trop courtes (undershoot) (seuil de tolérance possible)
- Connexions manquantes en raison de polygones trop longues (overshoot) (seuil de tolérance possible)
- Trous dans les polygones
- Géométries nulles (surface ou longueur nulle)
- Polygones avec surface très petite
- Polygones avec longueur très petite
- Géométries corrompues
- Géométries composites
- Géométries multi-parties
- Polygones orphelines (non connectées)
- Présence de géométries en Z=0
- Variations de Z trop grandes entre deux vertex consécutifs d'un objet (seuil de tolérance possible)
- Mélange de coordonnées 2D et 3D pour un objet
- Géométries séparées par une distance très petite (mais non nulle) (seuil de tolérance possible)

La mesure de la qualité s'effectue par un recensement des différents problèmes de construction des géométries du jeu de données.

- Vérifications du respect des relations topologiques issues des spécifications du produit :
 - Présence des objets à l'intérieur du territoire wallon
 - Règles de chevauchement des objets du jeu de données
 - Règles de chevauchement des objets entre jeu de données
 - Règles d'intersections des objets du jeu de données
 - Règles d'intersections des objets entre jeu de données
 - Relations topologiques spécifiques définies par le producteur du jeu de données

La mesure de la qualité s'effectue par un recensement des non-conformités aux relations topologiques issues des spécifications du produit.

5.3.2. Exhaustivité

5.3.2.1. Excédent

a. Définition

Un objet présent dans les données alors qu'il n'existe pas (ou plus) sur le terrain nominal représente une erreur par excédent.

b. Échantillonnage

Une attention supplémentaire doit être portée lors de l'échantillonnage pour le contrôle de l'exhaustivité (excédent et omission). En effet, l'exhaustivité ayant un lien fort avec l'actualité des données, il est important que l'âge moyen des données présentes dans les mailles sélectionnées ne s'éloigne pas significativement de l'âge moyen de l'ensemble des données. Si cela n'était pas le cas, la mesure de l'exhaustivité (et en particulier celle de l'omission) en serait biaisée.

Par ailleurs, dans le cas du contrôle de l'exhaustivité, la totalité des éléments du jeu de données inclus dans chacune des mailles sélectionnées doit être pris en compte.

Le nombre de mailles sélectionnées dépend donc du nombre d'éléments présents dans celles-ci et de la taille minimum de l'échantillon à constituer en fonction de la taille de la population (le nombre total d'éléments dans le jeu de données), comme spécifié dans le [Tableau 24](#).

c. Méthode de mesure

Pour chacune des mailles sélectionnées, il faut comparer les éléments présents dans le jeu de données (échantillon) avec les éléments présents dans la référence. La mesure de base à réaliser ici consiste en un simple comptage des éléments du jeu de données qui ne sont pas/plus présents dans la référence. Le calcul du taux d'éléments en excès $t_{excès}$ (de l'échantillon) se fait alors grâce à la formule :

$$t_{excès} = \frac{n_{excès}}{n_{tot} - n_{excès} + n_{omission}}$$

Où n_{tot} est le nombre d'éléments de l'échantillon

$n_{excès}$ est le nombre d'éléments en excès

$n_{omission}$ est le nombre d'éléments manquants

Il est à noter que le nombre d'éléments manquants doit être connu pour calculer ce taux, ce qui n'est normalement pas un problème car le contrôle de l'excès et de l'omission se réalise très facilement en parallèle.

Plus ce taux est faible, meilleure en est la qualité, supposée, du jeu de données. En effet, ce taux ayant été obtenu sur base d'un échantillon, il ne peut pas être directement comparé au seuil fixé spécifiant le taux maximum admissible d'éléments en excès.

Afin de s'assurer que le résultat obtenu (taux calculé $>$ ou $<$ seuil fixé) n'est pas le fruit du hasard, un test d'hypothèse unilatéral doit être réalisé. Par soucis d'efficacité, la norme ISO19157:2013 propose un tableau précalculé (Tableau 24) permettant d'accepter ou non le résultat obtenu (à un niveau de signification de 95% ou, en d'autres termes, $\alpha = 0,05$) en s'affranchissant ainsi du calcul de la statistique du test ou de la p-value.

Dans ce tableau, p_0 (également appelé LAQ, limite d'acceptation de qualité) indique la proportion maximum acceptée d'éléments non-conformes dans le jeu de données. Cette proportion correspond donc dans notre cas au seuil fixé spécifiant le taux maximum admissible d'éléments en excès.

Pour tout une série de couples « taille d'échantillon - LAQ », une valeur de limite de rejet a été calculée (Tableau 24). Cette valeur correspond au nombre d'éléments non-conformes à partir duquel le résultat obtenu est rejeté. Dans cette section, cette valeur correspond à un nombre d'éléments en excès.

La taille de l'échantillon et la LAQ étant connue, il suffit de comparer la valeur de la limite de rejet correspondante avec le nombre d'éléments en excès calculé dans l'échantillon afin de déterminer si le résultat obtenu est accepté ou rejeté. En d'autres termes, si le nombre d'éléments en excès est inférieur à la valeur de la limite de rejet, il y a 95% de chance que le jeu de donnée respecte le seuil de qualité fixé.

5.3.2.2. *Omission*

a. Définition

Un objet absent dans les données alors qu'il existe dans le terrain nominal représente une erreur par omission.

b. Échantillonnage

Une attention supplémentaire doit être portée lors de l'échantillonnage pour le contrôle de l'exhaustivité (excédent et omission). En effet, l'exhaustivité ayant un lien fort avec l'actualité des données, il est important que l'âge moyen des données présentes dans les mailles sélectionnées ne s'éloigne pas significativement de l'âge moyen de l'ensemble des données. Si cela n'était pas le cas, la mesure de l'exhaustivité (et en particulier celle de l'omission) en serait biaisée.

Par ailleurs, dans le cas du contrôle de l'exhaustivité, la totalité des éléments du jeu de données inclus dans chacune des mailles sélectionnées doit être pris en compte.

Le nombre de mailles sélectionnées dépend donc du nombre d'éléments présents dans celles-ci et de la taille minimum de l'échantillon à constituer en fonction de la

taille de la population (le nombre total d'éléments dans le jeu de données), comme spécifié dans le tableau (Tableau 24), issu de la norme ISO19157:2013.

c. Méthode de mesure

Pour chacune des mailles sélectionnées, il faut comparer les éléments présents dans le jeu de données (échantillon) avec les éléments présents dans la référence. La mesure de base à réaliser ici consiste en un simple comptage des éléments de la référence qui ne sont pas présents dans le jeu de données. Le calcul du taux d'éléments manquants $t_{omission}$ (de l'échantillon) se fait alors grâce à la formule :

$$t_{omission} = \frac{n_{omission}}{n_{tot} - n_{excès} + n_{omission}}$$

Où n_{tot} est le nombre d'éléments de l'échantillon

$n_{excès}$ est le nombre d'éléments en excès

$n_{omission}$ est le nombre d'éléments manquants

Il est à noter que le nombre d'éléments en excès doit être connu pour calculer ce taux, ce qui n'est normalement pas un problème car le contrôle de l'excès et de l'omission se réalise très facilement en parallèle.

Plus ce taux est faible, meilleure en est la qualité, supposée, du jeu de données. En effet, ce taux ayant été obtenu sur base d'un échantillon, il ne peut pas être directement comparé au seuil fixé spécifiant le taux maximum admissible d'éléments manquants.

Afin de s'assurer que le résultat obtenu (taux calculé > ou < seuil fixé) n'est pas le fruit du hasard, un test d'hypothèse unilatéral doit être réalisé. Par soucis d'efficacité, la norme ISO19157:2013 propose un tableau précalculé (Tableau 24) permettant d'accepter ou non le résultat obtenu (à un niveau de signification de 95% ou, en d'autres termes, $\alpha = 0,05$) en s'affranchissant ainsi du calcul de la statistique du test ou de la p-value.

Dans ce tableau, p_0 (également appelé LAQ, limite d'acceptation de qualité) indique la proportion maximum acceptée d'éléments non-conformes dans le jeu de données. Cette proportion correspond donc dans notre cas au seuil fixé spécifiant le taux maximum admissible d'éléments manquants.

Pour tout une série de couples « taille d'échantillon - LAQ », une valeur de limite de rejet a été calculée et figure dans le tableau. Cette valeur correspond au nombre d'éléments non-conformes à partir duquel le résultat obtenu est rejeté. Dans cette section, cette valeur correspond à un nombre d'éléments manquants.

La taille de l'échantillon et la LAQ étant connue, il suffit de comparer la valeur de la limite de rejet correspondante avec le nombre d'éléments manquants calculé dans

l'échantillon afin de déterminer si le résultat obtenu est accepté ou rejeté. En d'autres termes, si le nombre d'éléments manquants est inférieur à la valeur de la limite de rejet, il y a 95% de chance que le jeu de donnée respecte le seuil de qualité fixé.

5.3.3. Qualité du positionnement

La mesure de la qualité du positionnement des entités d'une géodonnée est définie de façon absolue et relative. Ces positionnements relatif et absolu se définissent au moyen de leurs critères d'exactitude respectifs qui transcrivent et quantifient l'erreur sur ces positionnements. Ainsi, on distingue l'erreur de positionnement absolu de l'erreur de positionnement relatif (voir section 2.2.3). Le positionnement est considéré dans ce travail selon son aspect bidimensionnel (x,y) . L'altitude des entités, en d'autres termes la coordonnée selon l'axe z , n'est pas reprise dans les tests. Ces derniers peuvent être adaptés pour en tenir compte si toutefois l'altitude représentait un intérêt dans le futur.

5.3.3.1. Absolu

a. Définitions

Tout écart entre les coordonnées d'un objet dans les données et les coordonnées de ce même objet dans le terrain nominal pour un référentiel commun est une erreur de positionnement absolu. On peut citer à titre d'exemple l'écart entre la position d'un coin de bâtiment dans le futur Géoréférentiel et son homologue mesuré sur le terrain.

b. Échantillonnage

Un échantillonnage à trois degrés est établi car il s'agit d'un critère de mesure (Tableau 23).

c. Méthode de mesure pour le critère qualité de positionnement absolu d'entités polygonales

La détermination de la qualité de positionnement de polygones est complexe car il s'agit d'entités polygonales, c'est-à-dire constituées de polygones fermés et des surfaces leur étant intérieures. Si, lors de l'étude du positionnement sur les sommets des polygones, il serait facile d'en mesurer la qualité à l'aide d'une méthodologie proche de celle de l'arrêté ministériel français du 16 septembre 2003 (Ministère français, 2003), cette qualité ne serait toutefois pas suffisamment représentative de l'emprise même du polygone. Les bords et la surface intérieure sont également sujets à des erreurs, dues aux interpolations entre les entités ponctuelles lors de la construction du polygone (Figure 31).

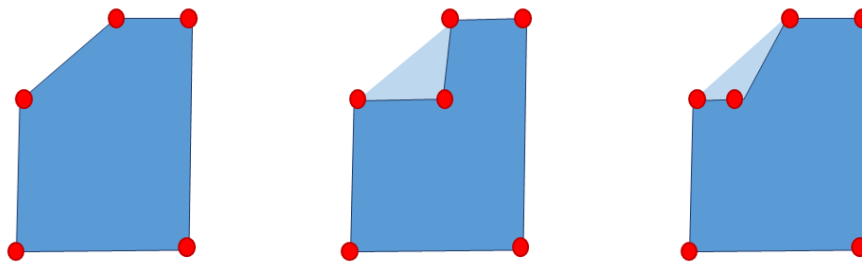


Figure 31 – Exemple de l’oubli d’un coin de bâtiment. L’impact sera plus ou moins grand sur la façade (longueur) et sur l’emprise (aire) selon la forme réelle du bâtiment.

La qualité de positionnement devrait donc être déterminée sur les trois primitives géométriques, et par conséquent avec 3 mesures : l’indice de surface pour les polygones, la distance de Hausdorff pour les polygones et la mesure d’écart en position de l’arrêté de 2003 pour les points. Les mesures sont appliquées en cascade de la plus grossière à la plus précise, c’est-à-dire de la primitive la plus complexe à la plus simple. De cette façon, des seuils-types de rejet peuvent être précisés afin d’éliminer au fur et à mesure les entités jugées trop différentes des données vraies.

i. *Superposition des surfaces : Indice de distance surfacique*

Un premier indice de superposition des surfaces est déterminé pour définir la différence entre un polygone de référence et son homologue du Géoréférentiel. Ainsi, pour analyser la dissemblance de deux polygones, les aires superposées sont prises en compte, c’est-à-dire leur surface commune, et des polygones parasites, c’est-à-dire des surfaces en excès ou en omission du polygone à contrôler par rapport au polygone de référence. En effet, l’un des polygones pourrait par exemple être plus grand que l’autre, créant ainsi un polygone parasite en plus du polygone superposé (Figure 32).



Figure 32 – Polygones parasites résultants de la superposition deux polygones homologues non-identiques.

Sur base de ce constat, la littérature s’accorde sur l’utilisation de l’indice de distance surfacique de (Bel Hadj Ali & Vauglin, 1999). Celui-ci fournit une indication de la distance entre deux surfaces. Soit deux polygones homologues A et B, la distance surfacique ds est définie par le rapport de surfaces suivant :

$$ds(A, B) = \frac{S(A \Delta B)}{S(A \cup B)}$$

Où : $S(A\Delta B) = A \cup B - A \cap B$

Les valeurs spécifiques de l'indice, comprises entre 0 et 1, obtenues sont :

$ds = 1 \rightarrow S(A\Delta B) = S(A \cup B) \rightarrow S(A \cap B) = 0$; ce qui signifie que les polygones A et B n'ont aucun point en commun.

$ds = 0 \rightarrow S(A\Delta B) = 0 \rightarrow S(A \cup B) = S(A \cap B)$; ce qui signifie que les polygones A et B se superposent parfaitement.

Un seuil peut être déterminé sur l'indice pour utiliser l'algorithme comme filtre. Par exemple, tous les polygones dont l'indice de distance surfacique est supérieur au dixième seront rejetés pour les tests suivants car ils sont considérés comme trop discordants par rapport aux polygones de contrôle. Cela permet également de vérifier l'appariement des données du Géoréférentiel aux données de contrôle puisque des polygones ne se superposant pas auront un indice $ds = 1$ et seront écartés. Un pourcentage de rejet R , correspondant à la proportion de d'entités (ici des polygones) rejetés n_R par rapport au nombre total d'entités analysées n_T , fait état des résultats pour le seuil choisi :

$$R = \frac{n_R}{n_T} * 100$$

ii. *Mesures d'écart des contours : Distance de Hausdorff*

Le calcul de la distance de Hausdorff est appliqué sur des entités polygonales qui n'ont pas été rejetées pour définir l'écart de leurs bords par rapport à ceux de référence. L'algorithme s'applique sur des entités linéaires, il faut donc transformer les polygones en polygones.

La distance de Hausdorff n'est pas la plus robuste des mesures présentes dans la littérature mais sa simplicité promeut son utilisation dans des travaux publiés comme l'étude de la qualité des données d'OpenStreetMap (Billon *et al.* 2012). De nombreuses adaptations tentent de palier à ce défaut (Gil de la Vega *et al.*, 2016) mais ne sont pragmatiquement pas réalisables. Le principal défaut de cette méthode est sa sensibilité aux valeurs aberrantes. Cependant, l'utilisation d'un seuil lors de l'application l'indice de distance surfacique sur les polygones a permis de filtrer et d'éliminer au préalable les bâtiments qui s'écartent trop de la réalité à cause de valeurs aberrantes. A titre d'exemple, deux lignes parfaitement parallèles et très proches mais dont les extrémités sont fortement éloignées auront une distance calculée très importante, à cause de ces extrémités.

Cette distance est bidirectionnelle : elle est calculée de la ligne de référence A vers la ligne homologue à contrôler B, et de la ligne à contrôler B vers la ligne de référence A. Pour chaque cas, la distance maximale (d_{AB} ou d_{BA}) des écarts minimums séparant les deux lignes est déterminée (Bel Hadj Ali, 2001 ; David et Fasquel, 1997 ; Hangouët, 1995 ; Vauglin, 1999). Comme suit :

$$d_{AB} = \sup_{M_a \in A} \left(\inf_{M_b \in B} |M_a - M_b| \right)$$

$$d_{BA} = \sup_{M_b \in B} \left(\inf_{M_a \in A} |M_a - M_b| \right)$$

Avec M_a et M_b des points appartenant respectivement aux lignes A et B, et $|M_a - M_b|$ la distance euclidienne entre ces points.

La distance de Hausdorff d_H entre les deux lignes est égal à la valeur maximale de ces distances d_{AB} et d_{BA} (Figure 33).

$$d_H = \max(d_{AB}, d_{BA})$$

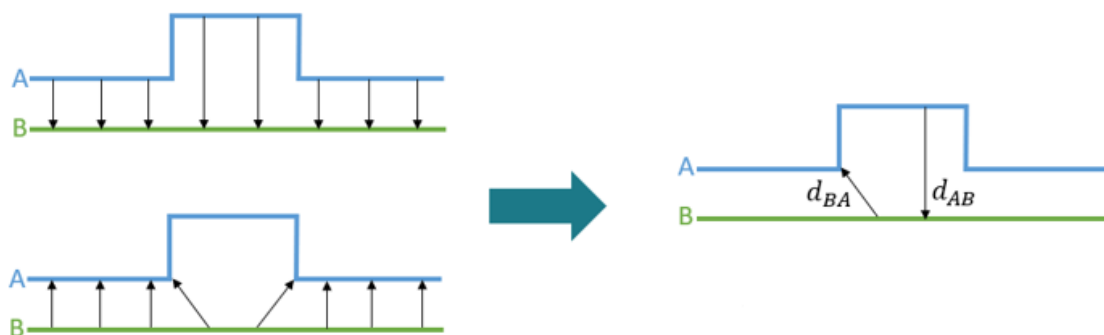


Figure 33 – Distance de Hausdorff (adaptée de Vauglin, 1999)

Un seuil peut être mis en place à la suite de cet algorithme, toujours dans le but d'éliminer les polygones homologues trop différents. Ainsi, une distance seuil-type au-delà de laquelle l'écart entre les contours homologues est considéré comme trop important éliminerait les éléments à contrôler de mauvaise qualité. Le résultat obtenu est à nouveau quantifié par un pourcentage de rejet sur base de ce seuil, correspondant à la proportion d'éléments (ici des polygones) rejetés n_R par rapport au nombre total analysés n_T :

$$R = \frac{n_R}{n_T} * 100$$

iii. Mesures d'écart aux sommets : Arrêté ministériel du 16/09/2003

Pour les bâtiments qui n'ont pas été rejetés, l'étude de la qualité des points constituant les polygones d'emprise est menée selon l'arrêté ministériel français du 16 septembre 2003 (Ministère français, 2003). Son authenticité dans le domaine public en France et sa robustesse en font un algorithme de mesure d'écarts appréciable dans le cadre de notre étude.

Les points mesurés sur le terrain ou construits sur base du levé sont appariés avec leurs homologues à contrôler dans les limites de leur exhaustivité respective. Pour ce

faire, on réalise une transformation de la géométrie des entités de BATIEMPRISE en points au niveau des sommets. Il est dès lors possible de comparer les points du Géoréférentiel et les points contrôle selon les mesures des écarts en position décrits dans l'arrêté du 16 septembre 2003. Le contrôle passe par trois étapes :

- 1) Pour une classe de précision déterminée P , l'écart moyen en position E_{moypos} des N éléments mesurés doit être inférieur à la valeur :

$$E_{moypos} = \frac{1}{N} \left(\sum_{i=1}^N E_{pos\ i} \right) < P * \left(1 + \frac{1}{2 * C^2} \right)$$

Où C est un coefficient de sécurité (minimum 2) garantissant la validité du levé de contrôle et $E_{pos\ i}$ l'écart entre l'élément à mesurer et son homologue ponctuel dans le levé de contrôle. Les résultats fournissent des valeurs d'imprécision sur les points, c'est-à-dire sur les coins des bâtiments dans le cas présent.

- 2) Premier seuil limite pour une limite de rejet de N' :

$$T_1 = P * k * \left(1 + \frac{1}{2 * C^2} \right)$$

Où k transcrit la simplification probabiliste fonction du nombre de coordonnées (2.42 en planimétrie) et N' , le nombre d'éléments pouvant dépasser ce seuil, est donné par la formule suivante :

$$N'_{ceil} = (0,01 * N) + (0,232 * \sqrt{N})$$

- 3) Deuxième seuil limite, qui ne peut en aucun cas être dépassé :

$$T_2 = 1,5 * T_1$$

La première étape fournit comme résultat une valeur d'écart en position moyen. Les deux autres étapes permettent de déterminer le nombre d'entités dépassant les seuils limites. Si ce nombre dépasse la quantité autorisée par l'arrêté, on peut le quantifier par un pourcentage R correspondant au nombre d'entités n_R dépassant le seuil par rapport au nombre totale d'entités n_T étudiées dans le test.

$$R = \frac{n_R}{n_T} * 100$$

Il est possible d'effectuer le test pour des précisions différentes, et de répertorier les différents résultats dans un tableau afin de constater à partir de quel seuil de précision les trois étapes sont validées pour le jeu de données étudié.

Notons que l'arrêté prévoit une utilisation également sur les coordonnées altimétriques, directement via les coordonnées 3D ou indirectement en 2D + 1D. La méthode indirecte est la plus indiquée, étant donné que la variable z n'a pas toujours la même précision de mesure que les deux autres. Il faut dès lors appliquer les trois étapes précédemment citées sur la variable z , en adaptant la classe de précision P

ainsi que le coefficient k qui, pour la généralisation à une dimension, prend la valeur 3,23.

d. Méthode de mesure pour le critère qualité de positionnement absolu d'entités linéaires

Comme pour les polygones, la qualité de positionnement des entités linéaires sera déterminée selon 3 indices; un indice de superposition d'une polyligne dans un buffer seuil de contrôle, la distance dite de Hausdorff entre les polygones homologues et la mesure des d'écart en position de l'arrêté de 2003 pour les points homologues.

i. Algorithme du buffer seuil

Toujours dans le cadre de la qualification des entités linéaires, les polygones de contrôle sont comparées à leurs homologues à contrôler grâce à l'utilisation d'un buffer. Un buffer est construit autour de l'axe de référence, et la proportion de la longueur de l'axe à contrôler qui appartient à ce buffer est calculée. L'indicateur utilise l'intersection de la polyligne à contrôler avec la bande définie par le buffer seuil de largeur x autour de la polyligne de contrôle (Goodchild & Hunter, 1997) (Figure 34).

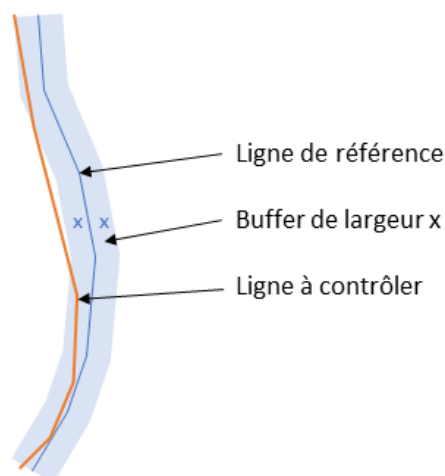


Figure 34 – Buffer de largeur x autour de la ligne de référence, intersecté par la ligne à tester

(figure adaptée de Goodchild & Hunter, 1997)

On définit l'indice de buffer seuil db :

$$db = \frac{l(P \cap B_x)}{l(P)}$$

Avec $l(P \cap B_x)$ la longueur de l'intersection de la polyligne P à contrôler avec le buffer seuil B de largeur, et $l(P)$ la longueur totale de la polyligne.

La définition d'un seuil de rejet permet de filtrer et donc de vérifier l'appariement des données du Géoréférentiel aux données de contrôle par proximité. Ce seuil est nécessaire pour l'algorithme de Hausdorff qui suit, étant donné que ce dernier est sensible aux valeurs aberrantes. Il est possible de définir plusieurs largeurs de buffer

et plusieurs seuils et d'analyser la distribution des résultats obtenus (Goodchild & Hunter, 1997). Cela permet de définir la largeur du buffer pour atteindre un seuil significatif dans le cas où nous n'avons aucune idée a priori de la précision des données, ou d'évaluer la proportion de données valides pour des différentes largeurs.

Le résultat obtenu est à nouveau quantifié par un pourcentage de rejet sur base de ce seuil, correspondant au nombre d'entités (ici des polygones) rejetées n_R par rapport au nombre total de d'entités analysées n_T :

$$R = \frac{n_R}{n_T} * 100$$

ii. *Mesures d'écart sur les axes : Distance de Hausdorff*

Pour quantifier l'écart sur les polygones, l'algorithme de Hausdorff est appliqué sur les entités linéaires (conservées après l'utilisation du buffer seuil) par rapport aux entités linéaires de référence. Le buffer seuil a permis d'éliminer les valeurs aberrantes susceptibles d'influencer les résultats de l'algorithme de Hausdorff. La distance de Hausdorff est également sensible aux écarts aux extrémités des polygones (Hangouët, 1995).

iii. *Mesures d'écart des intersections : Arrêté ministériel du 16/09/2003*

Ensuite, pour les entités linéaires qui n'ont pas été rejetées suite aux tests précédents, l'étude de la qualité des points est menée selon l'arrêté français du 16 septembre 2003 (Ministère français, 2003). Le contrôle passe par les trois étapes précédemment décrites dans le chapitre sur l'arrêté ministériel appliqué aux sommets des polygones.

e. Méthode de mesure pour le critère qualité de positionnement absolu d'entités ponctuelles

Pour les entités ponctuelles, seules les mesures de l'arrêté ministériel du 16/09/2003 sont appliquées.

i. *Mesures d'écart des points : Arrêté ministériel du 16/09/2003*

Comme pour les géodonnées polygonales et linéaires qui ont été détaillées en points remarquables, le contrôle du positionnement des géodonnées ponctuelles passe par les trois mesures citées : l'écart moyen en position entre les données à contrôler et les données vraies, et les deux seuils limites.

5.3.3.2. Relatif

a. Définitions

Tout non-respect des règles édictées dans les spécifications produit quant à l'orientation et/ou situation des objets d'une même géodonnée est une erreur de positionnement relatif. Il s'agit par exemple d'une distance différente entre une

succession d'éclairages publics, de la juxtaposition d'une annexe avec un corps de logis, ...

b. Échantillonnage

Un échantillonnage à trois degrés est établi car il s'agit d'un critère de mesure (Tableau 23).

c. Méthode de mesure

i. Critère qualité de positionnement relatif d'entités polygonales

L'erreur relative de positionnement horizontal est déterminée à partir de points remarquables (sommets des polygones pour les entités polygonales). Les distances séparant des paires de points remarquables sont comparées aux distances correspondantes pour la comparaison d'objets de même nature.

Par exemple, la différence de longueur ou angulaire fournit un écart relatif pour la situation ou l'orientation respectivement. Prenons la distance d_{AB} entre deux points A et B , et la distance prescrite $d_{A'B'}$. L'écart relatif entre ces distances est :

$$E_{rel} = |d_{AB} - d_{A'B'}|$$

Il est possible de compléter ces résultats par un taux d'erreur horizontale relative T_{err} au-dessus d'un certain seuil, défini comme le nombre d'incertitudes de position horizontale n_{inc} au-dessus du seuil par rapport au nombre total de positions mesurées n_{tot} .

$$T_{err} = \frac{n_{inc}}{n_{tot}} * 100$$

Si l'aspect tridimensionnel des données doit être pris en compte, on calculera l'erreur verticale relative comme l'erreur aléatoire d'une entité du relief à une autre dans le même jeu de données par rapport à un référentiel commun. De même, un taux d'erreurs fournira un indicateur d'incertitudes au-dessus d'un seuil choisi.

ii. Critère qualité de positionnement relatif d'entités linéaires

La méthodologie est la même que pour les polygones.

iii. Critère qualité de positionnement relatif d'entités ponctuelles

La méthodologie est la même que pour les entités polygonales ou linéaires, à l'exception que les points remarquables sont les géodonnées ponctuelles elles-mêmes.

5.3.4. Qualité sémantique

5.3.4.1. Classement des objets

a. Définition

Tout objet inclus dans une classe ne lui correspondant pas sémantiquement représente une erreur de classement des objets.

b. Échantillonnage

L'échantillonnage pour le contrôle du classement des objets s'effectue selon la procédure présentée précédemment (Tableau 24). Il est toutefois important d'insister sur le fait que la population dans laquelle seront tirés les objets de l'échantillon est constituée des différents jeux de données où une erreur de classement est susceptible de se produire.

c. Méthode de mesure

Pour chacun des objets sélectionnés, il faut comparer la classe provenant du jeu de données (échantillon) avec la classe correcte de la référence. La mesure de base à réaliser ici consiste en un simple comptage des objets du jeu de données possédant une classe erronée. Connaissant la taille de l'échantillon, on peut directement obtenir le nombre d'objets correctement classés. Le calcul du taux de bon classement t_{obj} (de l'échantillon) se fait alors grâce à la formule :

$$t_{obj} = \frac{n_{corr}}{n_{tot}}$$

Où n_{corr} est le nombre d'éléments correctement classés.

n_{tot} est le nombre total d'éléments de l'échantillon.

Plus ce taux est élevé, meilleure en est la qualité, supposée, du jeu de données. En effet, ce taux ayant été obtenu sur base d'un échantillon, il ne peut pas être directement comparé au seuil fixé spécifiant le taux minimum admissible d'objets correctement classés.

Afin de s'assurer que le résultat obtenu (taux calculé > ou < seuil fixé) n'est pas le fruit du hasard, un test d'hypothèse unilatéral doit être réalisé. Par soucis d'efficacité, la norme ISO19157:2013 propose un tableau précalculé (Tableau 24) permettant d'accepter ou non le résultat obtenu (à un niveau de signification de 95% ou, en d'autres termes, $\alpha = 0,05$) en s'affranchissant ainsi du calcul statistique du test ou de la p-value.

Dans ce tableau, p_0 (également appelé LAQ, limite d'acceptation de qualité) indique la proportion maximum acceptée d'éléments non-conformes dans le jeu de données. Cette proportion correspond dans notre cas non pas au seuil fixé spécifiant le taux minimum admissible d'objets correctement classés mais bien au taux maximum

admissible d'objets classés de manière erronée. Ceci ne change en rien les calculs précédemment réalisés car seule la façon d'exprimer les choses change.

Pour toute une série de couples « taille d'échantillon - LAQ », une valeur de limite de rejet a été calculée et figure dans le [Tableau 24](#). Cette valeur correspond au nombre d'éléments non-conformes à partir duquel le résultat obtenu est rejeté. Dans cette section, cette valeur correspond à un nombre d'objets classés de manière erronée.

La taille de l'échantillon et la LAQ étant connue, il suffit de comparer la valeur de la limite de rejet correspondante avec le nombre d'objets classés de manière erronée dans l'échantillon afin de déterminer si le résultat obtenu est accepté ou rejeté. En d'autres termes, si le nombre d'objets classés de manière erronée est inférieur à la valeur de la limite de rejet, il y a 95% de chance que le jeu de donnée respecte le seuil de qualité fixé.

Si le nombre de classe (jeu de données) où une erreur de classement est susceptible de se produire est limité, il est possible de construire une matrice de classement erroné (également appelée « matrice de confusion ») ([Tableau 25](#)).

Tableau 25 – Exemple de matrice de classement erroné (Source : norme ISO19157:2013)

Référence	Jeu de données					Somme
	Chemin	Route	Arbre	Bâti indu	Maison	
Chemin	4	2	0	0	0	6
Route	0	5	0	0	0	5
Arbre	0	0	23	0	0	23
Bâti indu	0	0	0	2	1	3
Maison	0	0	0	0	9	9
Somme	4	7	23	2	10	46

La matrice comporte autant de lignes et de colonnes que de classes (jeu de données) à contrôler. Elle indique dans chaque cellule le nombre d'objets de la classe i de la référence classé sous la classe j de l'échantillon (ici noté « jeu de données »). Les cellules de la diagonale principale contiennent le nombre d'objets correctement classés pour chaque classe, et les cellules extérieures à cette diagonale contiennent le nombre d'erreurs de classement. Cette matrice permet donc de déceler si certaines classes d'objets sont plus souvent confondues que d'autres. Le taux de bon classement peut être calculé directement sur base de cette matrice en sommant les cellules de la diagonale et en divisant par le nombre d'objets de l'échantillon.

La qualité du classement peut-être également évaluée via le calcul du coefficient Kappa κ . Il permet de mesurer le degré d'accord d'affectation aux classes en supprimant les classements erronés. La formule du coefficient Kappa se base sur les comptages effectués pour la matrice de classement erroné et s'écrit :

$$\kappa = \frac{N \sum_{i=1}^Y MCM(i, i) - \sum_{i=1}^Y \left(\sum_{j=1}^Y MCM(i, j) \sum_{j=1}^Y MCM(j, i) \right)}{N^2 - \sum_{i=1}^Y \left(\sum_{j=1}^Y MCM(i, j) \sum_{j=1}^Y MCM(j, i) \right)}$$

Où γ est le nombre de classes (jeu de données)

N est le nombre d'objets de l'échantillon

$MCM(i, j)$ représente le nombre d'objets de la classe i classé comme appartenant à la classe j

La valeur du coefficient Kappa peut varier de -1 à 1. Une valeur de -1 signifie que tous les classements sont erronés ; une valeur de 0 indique que le classement est aléatoire ; une valeur de 1 signifie un classement parfait. Par conséquent, au plus le coefficient Kappa est proche de 1, au plus la qualité du classement est élevée.

Enfin, il est possible de représenter les erreurs de classement grâce à une matrice relative de classement erroné, où le comptage des erreurs est remplacé un taux. Ce taux, pour la cellule t_{ij} , se calculant comme suit :

$$t_{ij} = \frac{MCM(i, j)}{\sum_{i=1}^{\gamma} MCM(i, j)}$$

Où γ est le nombre de classes (jeu de données)

$MCM(i, j)$ représente le nombre d'objets de la classe i classé comme appartenant à la classe j .

5.3.4.2. *Evaluation / Classement des attributs : le cas des attributs qualitatifs*

a. Définition

Tout objet possédant une valeur d'attribut qualitatif ne lui correspondant pas sémantiquement représente une erreur de classement des attributs qualitatifs.

b. Échantillonnage

L'échantillonnage pour le contrôle du classement des attributs s'effectue selon la procédure présentée précédemment (Tableau 24). Il est important de noter que contrairement au contrôle du classement des objets, l'échantillonnage sera ici réalisé par jeu de données.

c. Méthode de mesure

Pour chacun des objets sélectionnés, il faut comparer la valeur de l'attribut provenant du jeu de données échantillonné avec la valeur correcte de l'attribut de la référence. La mesure de base à réaliser ici consiste en un simple comptage des objets du jeu de données possédant une valeur erronée pour l'attribut en question. Connaissant la taille de l'échantillon, on peut directement obtenir le nombre d'objets possédant une valeur correcte pour l'attribut. Le calcul du taux de valeurs d'attribut correctes $t_{attQual}$ (de l'échantillon) se fait alors grâce à la formule :

$$t_{attQual} = \frac{n_{corr}}{n_{tot}}$$

Où n_{corr} est le nombre d'éléments possédant une valeur d'attribut correcte
 n_{tot} est le nombre total d'éléments de l'échantillon

Ces calculs sont à réaliser pour chacun des attributs qualitatifs dont on veut contrôler la qualité. En d'autres termes, un taux de valeurs d'attribut correctes peut être calculé indépendamment pour chaque attribut qualitatif. Plus ce taux est élevé, meilleure en est la qualité, supposée, du classement des attributs du jeu de données. En effet, ce taux ayant été obtenu sur base d'un échantillon, il ne peut pas être directement comparé au seuil fixé spécifiant le taux minimum admissible d'objets possédant une valeur correcte pour l'attribut en question.

Afin de s'assurer que le résultat obtenu (taux calculé $>$ ou $<$ seuil fixé) n'est pas le fruit du hasard, un test d'hypothèse unilatéral doit être réalisé. Par soucis d'efficacité, la norme ISO19157:2013 propose un tableau précalculé ([Tableau 24](#)) permettant d'accepter ou non le résultat obtenu (à un niveau de signification de 95% ou, en d'autres termes, $\alpha = 0,05$) en s'affranchissant ainsi du calcul statistique du test ou de la p-value.

Dans ce [Tableau 24](#), p_0 (également appelé LAQ, limite d'acceptation de qualité) indique la proportion maximum acceptée d'éléments non-conformes dans le jeu de données. Cette proportion correspond dans notre cas non pas au seuil fixé spécifiant le taux minimum admissible d'objets possédant une valeur correcte pour l'attribut étudié mais bien au taux maximum admissible d'objets possédant une valeur erronée pour cet attribut. Ceci ne change en rien les calculs précédemment réalisés car seule la façon d'exprimer les choses change.

Pour toute une série de couples « taille d'échantillon - LAQ », une valeur de limite de rejet a été calculée et figure dans le [Tableau 24](#). Cette valeur correspond au nombre d'éléments non-conformes à partir duquel le résultat obtenu est rejeté. Dans cette section, cette valeur correspond à un nombre d'objets possédant une valeur erronée pour l'attribut en question.

La taille de l'échantillon et la LAQ étant connue, il suffit de comparer la valeur de la limite de rejet correspondante avec le nombre d'objets possédant une valeur erronée pour l'attribut en question dans l'échantillon afin de déterminer si le résultat obtenu est accepté ou rejeté. En d'autres termes, si le nombre d'objets possédant une valeur erronée pour l'attribut étudié est inférieur à la valeur de la limite de rejet, il y a 95% de chance que le jeu de donnée respecte le seuil de qualité fixé. Ce test doit être réalisé indépendamment pour chacun des attributs qualitatifs dont on veut contrôler la qualité.

Si le nombre de valeurs d'attribut que peut prendre l'attribut étudié est limité, il est possible de construire une matrice de classement erroné (également appelée « matrice de confusion ») ([Tableau 26](#)).

Tableau 26 – Exemple de matrice de classement erroné (Source : norme ISO19157:2013)

Référence	Jeu de données					Somme
	Chemin	Route	Arbre	Bâti indu	Maison	
Chemin	4	2	0	0	0	6
Route	0	5	0	0	0	5
Arbre	0	0	23	0	0	23
Bâti indu	0	0	0	2	1	3
Maison	0	0	0	0	9	9
Somme	4	7	23	2	10	46

La matrice comporte autant de lignes et de colonnes que de valeurs d'attribut possibles pour l'attribut en question. Elle indique dans chaque cellule le nombre d'objets possédant une valeur d'attribut i dans la référence mais possédant une valeur d'attribut j dans l'échantillon (ici noté « jeu de données »). Les cellules de la diagonale contiennent le nombre d'objets possédant une valeur correcte pour l'attribut étudié, et les cellules extérieures à la diagonale contiennent le nombre d'objets possédant une valeur erronée pour cet attribut. Cette matrice permet donc de déceler si certaines valeurs d'attributs sont plus souvent confondues que d'autres. Le taux de valeurs d'attribut correctes pour l'attribut étudié peut être calculé directement sur base de cette matrice en sommant les cellules de la diagonale et en divisant par le nombre d'objets de l'échantillon.

La qualité du classement peut-être également évaluée via le calcul du coefficient Kappa κ . Il permet de mesurer le degré d'accord d'affectation aux valeurs d'attribut en supprimant les classements erronés. La formule du coefficient Kappa κ se base sur les comptages effectués pour la matrice de classement erroné et s'écrit :

$$\kappa = \frac{N \sum_{i=1}^{\gamma} MCM(i, i) - \sum_{i=1}^{\gamma} \left(\sum_{j=1}^{\gamma} MCM(i, j) \sum_{j=1}^{\gamma} MCM(j, i) \right)}{N^2 - \sum_{i=1}^{\gamma} \left(\sum_{j=1}^{\gamma} MCM(i, j) \sum_{j=1}^{\gamma} MCM(j, i) \right)}$$

Où γ est le nombre de valeurs d'attribut de l'attribut étudié

N est le nombre d'objets de l'échantillon

$MCM(i, j)$ représente le nombre d'objets possédant une valeur d'attribut i dans la référence mais possédant une valeur d'attribut j dans l'échantillon

La valeur du coefficient Kappa peut varier de -1 à 1. Une valeur de -1 signifie que tous les classements sont erronés ; une valeur de 0 indique que le classement est aléatoire ; une valeur de 1 signifie un classement parfait. Par conséquent, au plus le coefficient Kappa est proche de 1, au plus la qualité du classement est élevée.

Enfin, il est possible de représenter les erreurs de classement grâce à une matrice relative de classement erroné, où le comptage des erreurs est remplacé par un taux. Ce taux, pour la cellule t_{ij} , se calculant comme suit :

$$t_{ij} = \frac{MCM(i, j)}{\sum_{i=1}^{\gamma} MCM(i, j)}$$

Où γ est le nombre de valeurs d'attribut de l'attribut étudié

$MCM(i, j)$ représente le nombre d'objets possédant une valeur d'attribut i dans la référence mais possédant une valeur d'attribut j dans l'échantillon

d. Agrégation des taux de valeurs d'attribut correctes

Après calcul du taux de valeurs d'attribut correctes de chacun des attributs d'un jeu de données, il peut se poser la question de la communication de ces résultats. Mentionner un taux par attribut permet d'avoir une idée très détaillée de la qualité du jeu de données mais cela demandera un certain temps d'analyse de la part du lecteur. Agréger ces taux fera perdre de l'information mais sera aussi plus facilement et rapidement compréhensible par le lecteur. Reste à définir la méthode d'agrégation : moyenne arithmétique, moyenne géométrique, proportion de taux de valeurs d'attribut correctes supérieurs au seuil fixé, avec ou sans pondération éventuelle, ... Le choix est ici laissé ouvert.

5.3.4.3. *Evaluation / Classement des attributs : le cas des attributs quantitatifs*

a. Définition

Tout objet possédant une valeur d'attribut quantitatif dont l'écart à la valeur du terrain nominal est plus grand qu'un certain seuil est une erreur d'évaluation des attributs.

b. Échantillonnage

L'échantillonnage pour le contrôle de l'évaluation des attributs s'effectue selon la procédure présentée précédemment (Tableau 24). De manière identique au contrôle du classement des attributs, l'échantillonnage sera réalisé par jeu de données.

c. Méthode de mesure

Pour chacun des objets sélectionnés, il faut comparer la valeur de l'attribut provenant du jeu de données (échantillon) avec la valeur correcte de cet attribut dans la référence. La mesure de base à réaliser ici consiste en un simple comptage des objets du jeu de données possédant, pour l'attribut étudié, une valeur dont l'écart à la valeur correcte de la référence est plus grand qu'un certain seuil. Ce seuil est à déterminer, pour chaque attribut quantitatif, dans les spécifications du produit. Dans la suite de ce chapitre, ces objets seront appelés « les objets possédant une valeur d'attribut erronée ». Connaissant la taille de l'échantillon, on peut directement obtenir le nombre d'objets possédant, pour l'attribut, une valeur dont l'écart à la valeur correcte de la référence est plus petit que ce même seuil. Dans la suite de ce chapitre, ces objets seront appelés « les objets possédant une valeur d'attribut

correcte ». Le calcul du taux de valeurs d'attribut correctes $t_{attQuant}$ (de l'échantillon) pour l'attribut étudié se fait alors grâce à la formule :

$$t_{attQuant} = \frac{n_{corr}}{n_{tot}}$$

Où n_{corr} est le nombre d'éléments possédant une valeur d'attribut correcte
 n_{tot} est le nombre total d'éléments de l'échantillon

Ces calculs sont à réaliser pour chacun des attributs quantitatifs dont on veut contrôler la qualité. En d'autres termes, un taux de valeurs d'attribut correctes peut être calculé indépendamment pour chaque attribut quantitatif. Plus ce taux est élevé, meilleure en est la qualité, supposée, de l'évaluation des attributs du jeu de données. En effet, ce taux ayant été obtenu sur base d'un échantillon, il ne peut pas être directement comparé au seuil fixé spécifiant le taux minimum admissible d'objets possédant une valeur correcte pour l'attribut étudié.

Afin de s'assurer que le résultat obtenu (taux calculé $>$ ou $<$ seuil fixé) n'est pas le fruit du hasard, un test d'hypothèse unilatéral doit être réalisé. Par soucis d'efficacité, la norme ISO19157:2013 propose un tableau précalculé ([Tableau 24](#)) permettant d'accepter ou non le résultat obtenu (à un niveau de signification de 95% ou, en d'autres termes, $\alpha = 0,05$) en s'affranchissant ainsi du calcul de la statistique du test ou de la p-value.

Dans ce tableau, p_0 (également appelé LAQ, limite d'acceptation de qualité) indique la proportion maximum acceptée d'éléments non-conformes dans le jeu de données. Cette proportion correspond dans notre cas non pas au seuil fixé spécifiant le taux minimum admissible d'objets possédant une valeur correcte pour l'attribut étudié mais bien au taux maximum admissible d'objets possédant une valeur erronée pour cet attribut. Ceci ne change en rien les calculs précédemment réalisés car seule la façon d'exprimer les choses change.

Pour tout une série de couples « taille d'échantillon - LAQ », une valeur de limite de rejet a été calculée et figure dans le tableau. Cette valeur correspond au nombre d'éléments non-conformes à partir duquel le résultat obtenu est rejeté. Dans cette section, cette valeur correspond à un nombre d'objets possédant une valeur erronée pour l'attribut en question.

La taille de l'échantillon et la LAQ étant connue, il suffit de comparer la valeur de la limite de rejet correspondante avec le nombre d'objets possédant une valeur erronée pour l'attribut dans l'échantillon afin de déterminer si le résultat obtenu est accepté ou rejeté. En d'autres termes, si le nombre d'objets possédant une valeur erronée pour l'attribut étudié est inférieur à la valeur de la limite de rejet, il y a 95% de chance que l'attribut étudié du jeu de donnée respecte le seuil de qualité fixé. Ce test doit être réalisé indépendamment pour chacun des attributs quantitatifs dont on veut contrôler la qualité.

d. Agrégation des taux de valeurs d'attribut correctes

Après calcul du taux de valeurs d'attribut correctes de chacun des attributs d'un jeu de données, il peut se poser la question de la communication de ces résultats. Mentionner un taux par attribut permet d'avoir une idée très détaillée de la qualité du jeu de données mais cela demandera un certain temps d'analyse de la part du lecteur. Agréger ces taux fera perdre de l'information mais sera aussi plus facilement et rapidement compréhensible par le lecteur. Reste à définir la méthode d'agrégation : moyenne arithmétique, moyenne géométrique, proportion de taux de valeurs d'attribut correctes supérieurs au seuil fixé, avec ou sans pondération éventuelle, ... Le choix est ici laissé ouvert.

5.3.5. Qualité temporelle

5.3.5.1. Actualité

a. Définition

Tout objet caractérisé par une date supérieure à un certain seuil pourrait représenter une erreur d'actualité.

b. Echantillonnage

L'échantillonnage n'est pas ici nécessaire car les calculs peuvent être réalisés de manière automatisée sur l'ensemble du jeu de données.

c. Méthode de mesure

Pour chacun des objets du jeu de donnée, il faut comparer la valeur de l'attribut de datation avec une date de référence, celle-ci pouvant être différente de la date du calcul. La mesure de base à réaliser ici consiste en un simple comptage des objets du jeu de données possédant, pour l'attribut de datation, une valeur dont l'écart à la date de référence est plus grand que le seuil fixé. Ce seuil est à déterminer, pour chaque jeu de données, dans leur spécification du produit. Ces objets seront appelés « les objets n'étant plus d'actualité ». Connaissant la taille du jeu de données, on peut directement obtenir le nombre d'objets possédant, pour l'attribut de datation, une valeur dont l'écart à la date de référence est plus petit que ce même seuil. Dans la suite de ce chapitre, ces objets seront appelés « les objets d'actualité ». Le calcul du taux d'actualité du jeu de données t_{act} , sur base de l'attribut de datation, se fait alors grâce à la formule :

$$t_{act} = \frac{n_{act}}{n_{tot}}$$

Où n_{act} est le nombre d'éléments d'actualité

n_{tot} est le nombre total d'éléments du jeu de données

Ces calculs sont à réaliser pour chacun des jeux de données dont on veut contrôler l'actualité. En d'autres termes, un taux d'actualité peut être calculé indépendamment

pour chaque jeu de données. Plus ce taux est élevé, meilleure en est la qualité/l'actualité du jeu de données. Ce taux ayant été calculé en prenant en compte toute la population, il peut être directement comparé au seuil fixé spécifiant le taux d'actualité minimum admissible du jeu de donnée contrôlé.

Le calcul du taux d'actualité peut aussi être réalisé sur un subset spatial du jeu de données, par exemple sur une commune. Ne seront alors pris en compte pour le calcul du taux d'actualité que les objets du jeu de données situés à l'intérieur de la zone concernée. Il est également envisageable d'agrèger plusieurs taux d'actualité relatifs à différents jeux de données, en particulier si ces taux ont été calculé par subset spatial, afin de donner une idée globale de l'actualité. Le choix de la méthode d'agrégation est laissé à la discrétion du contrôleur.

Grâce à l'attribut de datation, il est évidemment possible de calculer l'âge moyen des objets du jeu de données/du subset spatial. Enfin, l'actualité d'un jeu de données peut être estimée qualitativement au travers du contrôle du critère d'exhaustivité. En effet, si les taux d'éléments manquants et en excès sont faibles, il est probable que l'actualité du jeu de données soit bonne.

5.3.6. Généalogie

a. Définition

Toute absence d'informations relatives à l'historique et au cycle de vie d'un jeu de données et de ses objets représente une erreur de généalogie.

b. Echantillonnage

L'échantillonnage n'est pas ici nécessaire car les contrôles peuvent être réalisés de manière automatisée sur l'ensemble du jeu de données.

c. Méthode de mesure

Pour chacun des objets du jeu de donnée, il faut vérifier que les attributs donnant des informations relatives à l'historique et au cycle de vie soient complétés. Ces contrôles sont similaires à ceux effectués pour le critère de cohérence conceptuelle.

Ces attributs permettent de reconstituer l'histoire des objets et d'identifier, le cas échéant, la raison et/ou l'origine d'un problème ou d'une incohérence.

Le nombre d'attributs relatifs à la généalogie dépend de ce qui est prévu dans les spécifications du produit. La liste suivante propose néanmoins une série d'informations qu'il serait intéressant de connaître pour chaque objet :

- Identifiant unique
- Version de l'objet
- Date de levé
- Technique de levé
- Source

- Date de création de l'objet
- Date de dernière mise à jour
- Type de la dernière modification
- Raison de la dernière modification
- Identifiant(s) de(s) l'objet(s) fondateur(s)
- Historique des mises à jour précédentes (URI renvoyant vers un fichier contenant les informations sur les différentes mises à jour de l'objet)

Par ailleurs, il est également important de documenter l'historique et les modifications apportées aux jeux de données dans leur ensemble. Ceci sera réalisé au moyen de métadonnées ou de documents annexés aux spécifications du produit. La liste suivante propose une série d'informations qu'il serait intéressant de connaître pour chaque jeu de données :

- Sources : informations sur le(s) jeu(x) de donnée source(s) dont l'organisme responsable
- Méthodes de production : description des méthodes permettant de créer les données d'origine et des méthodes de mise à jour des données
- Historique du jeu de données : information sur les différentes modifications ayant affecté l'ensemble du jeu de données

La présence de ces informations peut être vérifiée de manière automatisée, de façon similaire aux contrôles des attributs relatifs à la généalogie.

6. INDICATIONS LIEES AU TERRAIN

La qualité des données présentes dans le Géoréférentiel est évaluée suivant différents critères. Certains de ces critères ont une composante de mesure et doivent donc être contrôlés par une campagne de mesures sur terrain. C'est le rôle des équipes de topographie.

D'autres encore ne sont pas issus de mesures mais ont des caractéristiques directement contrôlables sur terrain elles-aussi. C'est notamment le cas de la nature d'un bâtiment : sommes-nous face à une école, une prison, une habitation, ... ? Dans le cadre de ces contrôles, nous nous intéresserons aux *Bâtiments*, aux *Axes de voirie* et aux points indiquant les *Adresses*.

Ci-dessous, vous trouverez la description des tâches à réaliser sur les zones précédemment sélectionnées suivant une procédure d'échantillonnage. Ces vérifications peuvent être faites de plusieurs façons :

- via un fond de plan imprimé.
- via une application GIS sur une tablette embarquée.

Dans tous les cas de figure, il est capital de disposer de toutes les informations et de tout le matériel nécessaire à la réalisation des contrôles, en particulier la liste des valeurs possibles pour chaque attribut étudié.

Il est important de noter qu'en fonction de l'organisation des équipes de terrain, les contrôles ci-dessous peuvent être réalisés simultanément ou non.

Un carnet des problèmes rencontrés sur terrain est tenu lors de la réalisation des contrôles. Chaque situation problématique doit y figurer (situation où l'on ne sait pas réaliser le contrôle. Exemple : la maison existe sur le terrain mais le numéro n'a pas été trouvé). En d'autres termes, les éléments problématiques doivent être « ignorés » des contrôles mais notifiés dans le carnet des problèmes.

6.1. Exemple de méthodologie de contrôle de l'exhaustivité sur terrain

L'exhaustivité est évaluée en repérant les différences entre la donnée de contrôle (le terrain par exemple) et la donnée à contrôler (le Géoréférentiel). Par exemple, si un bâtiment existe dans la réalité lors du contrôle mais n'existe pas dans la donnée à contrôler, on est alors dans le cas d'une omission. Dans le cas contraire, si un bâtiment n'existe pas sur le terrain mais qu'il est présent dans la donnée à vérifier, on parle alors d'excédent.

L'omission et l'excédent sont en quelques sortes complémentaires et représentent chacun une erreur d'exhaustivité.

Dans le cas du contrôle de l'exhaustivité, tous les éléments (*Bâtiments, Axes de voirie* ou *Points adresse*) dans la zone étudiée doivent être vérifiés.

6.1.1. Bâtiment

Peu importe le support, il est important de signaler si un bâtiment existe dans la réalité (le terrain) mais pas sur le support de contrôle (le fond de plan imprimé ou la couche visible sur la tablette). Ce cas de figure constitue une omission. Ce bâtiment absent devra alors être dessiné de façon approximative tout en respectant au mieux sa forme et sa position. Sa position et sa forme réelle seront déterminées lors d'un levé topographique futur. Si un bâtiment est présent sur le support et présent dans la réalité, le bâtiment du support est coché. Cela correspond à une situation en règle. Dans le dernier cas où un bâtiment n'existe pas dans réalité mais bien sur le support, il faudra barrer ou supprimer le bâtiment du support. Ce cas de figure constitue un excédent.

Ce contrôle est réalisé uniquement sur les bâtiments principaux étant donné que les bâtiments ayant la nature d'« Annexe » dans le Géoréférentiel ne sont pas systématiquement visibles depuis la voie publique.

6.1.2. Axe de voirie

Pour cette phase d'évaluation, seules les voiries pouvant faire transiter des automobiles seront vérifiées. Cela exclu donc les sentiers et les chemins.

De nouvelles voiries peuvent avoir été créées depuis la dernière campagne de levé. Il est important de signaler la présence d'une nouvelle route en la dessinant sur le support si elle n'y est pas présente. Ce cas de figure constitue une omission. La position exacte de l'axe de cette voirie sera déterminée lors d'un levé topographique futur. Si une voirie est présente sur le support ainsi que dans la réalité, la voirie du support est cochée. Cela correspond à une situation en règle. Dans le cas où une route n'existerait plus sur terrain mais bien sur le support, il faudra alors barrer ou supprimer l'ancienne route du support. Ce cas de figure constitue un excédent.

6.1.3. Point adresse

Il faut signaler tous les nouveaux numéros de police rencontrés sur terrain qui sont absents du support de contrôle. Ce cas de figure constitue une omission. Une marque sera effectuée sur le support indiquant la position de la nouvelle adresse. Si un point adresse d'un bâtiment correspond au numéro de police effectivement rencontré sur le terrain, le point adresse du support est coché. Cela correspond à une situation en règle. Dans le dernier cas où un point adresse existe sur le support mais qu'aucune

adresse n’y correspond sur le terrain, il faudra barrer ou supprimer le point adresse du support. Ce cas de figure constitue un excédent.

Pour réaliser ce test, il faut disposer d’une carte des points adresse avec le numéro de police affiché.

6.2. Exemple de méthodologie de contrôle de la qualité sémantique sur terrain (Classement / évaluation des attributs)

Dans le cas du contrôle de la qualité sémantique, seuls les éléments sélectionnés préalablement lors d’un échantillonnage dans la zone étudiée sont vérifiés.

6.2.1. Bâtiment

Il est intéressant de déterminer l’utilisation des bâtiments existants : est-ce une maison d’habitation, une école, une prison, ... ? De plus, il n’est pas rare qu’un bâtiment change de nature au fil du temps (exemple : une maison d’habitation qui devient un commerce). C’est pourquoi il est important de déterminer si cette information est correcte.

Pour contrôler la qualité sémantique de cet attribut actuellement nommé « `NATUR_DESC` » dans la couche *Bâtiment* du Géoréférentiel, il est impératif de disposer de la liste des natures pouvant être utilisées.

En pratique, il faut comparer la nature affectée au bâtiment dans le Géoréférentiel avec la situation rencontrée pour ce même bâtiment sur le terrain. Si la nature du support et celle du terrain correspondent, il ne faut rien faire. Si, par contre, la nature présente sur le support diffère de celle sur le terrain, il faut soit éditer le bâtiment dans le support tablette, soit signaler la correction adéquate sur le support papier. De nombreux écriteaux ou informations sur le terrain peuvent judicieusement aider à déterminer la nature correcte des bâtiments. Pour rappel, celle-ci doit faire partie de la liste des natures pouvant être utilisées.

6.2.2. Axe de voirie

L’attribut « `SENS_BK` » dans la couche voirie du Géoréférentiel permet d’indiquer, pour les voiries gérées par la Région, le sens de circulation par rapport au bornage kilométrique. Les valeurs pouvant être prises par cet attribut sont C « croissant », D « décroissant » ou CD « croissant et décroissant ».

En pratique, il faut comparer la valeur de l’attribut pour une voirie avec la situation rencontrée sur le terrain. Pour déterminer la valeur sur terrain, il faut d’abord déterminer le sens des bornes kilométriques puis celui de la circulation routière. Le

sens des bornes kilométriques est déterminé en observant en bordure de voirie au moins deux panneaux indiquant le kilométrage. Ceux-ci sont souvent implantés tous les 100m. Ensuite, sur base du trafic et des panneaux de circulation, il est possible de déterminer le sens de circulation des véhicules. De ces deux informations en est déduite la valeur correcte pour l'attribut «SENS_BK». Si la valeur de l'attribut du support et celle du terrain correspondent, il ne faut rien faire. Si, par contre, la valeur de l'attribut présente sur le support diffère de celle sur le terrain, il faut soit éditer la voirie dans le support tablette, soit signaler la correction adéquate sur le support papier.

Pour la réalisation de ce test, il faut disposer de la valeur de l'attribut «SENS_BK» de toutes les voiries de l'échantillon.

6.3. Exemple de méthodologie de levé de contrôle sur terrain

Cette fiche décrit brièvement une procédure technique permettant le levé des façades de bâtiments et des bords de route dans l'optique de contrôler le positionnement des géodonnées du Géoréférentiel. La liste de matériel et la procédure peuvent être adaptées selon les ressources et les expériences des prestataires.

6.3.1. Liste de matériel

Le matériel listé ci-dessous constitue le minimum qui doit être emmené sur terrain :

- 1 station totale
- 2 trépieds
- 2 embases avec plomb optique
- 1 prisme standard + tétine
- 1 récepteur GNSS (avec adaptateur éventuel pour embase)
- 1 mètre ruban (ou système fourni avec certains appareils)
- Clous d'arpentage (une quinzaine par cheminement)
- Marteau
- Carnet de terrain + crayon
- 1 canne à prisme
- 1 nivelle

6.3.2. Procédure sur terrain

Note liminaire 1 : la procédure proposée ci-dessous est la meilleure solution compte tenu des contraintes de la mission (en particulier la longueur du cheminement) et n'est donc pas la meilleure façon de procéder à un lever dans l'absolu (cheminement

fermé). Bien sûr, si cela est possible sur terrain, il ne faut pas rater l'opportunité de fermer le cheminement.

Note liminaire 2 : les opérateurs doivent être au courant des possibilités de réglage de leurs instruments et être conscients de l'impact provoqué par une modification de ceux-ci. Nous attirons tout particulièrement l'attention sur les réglages des différentes compensations pouvant être réalisées automatiquement par les stations totales. Dans la suite, nous considérerons que ces réglages sont connus et ont été choisis de manière adéquate en fonction de la mission et des conditions rencontrées sur terrain.

- a) Une fois la zone d'étude choisie et les éléments à lever désignés, il est bon d'établir sur une carte le cheminement à effectuer. De préférence, les zones de début et de fin de cheminement seront localisées à des endroits propices à la mesure de points via récepteurs GNSS. Le matériel listé ci-dessus doit au minimum être emmené sur terrain. Le carnet de terrain sera utilisé au fur et à mesure pour dessiner un croquis du cheminement effectivement réalisé et des points levés.
- b) S'il n'y a pas d'anciens points connus (clous GNSS ou repères IGN) pouvant servir de référence, il faut planter minimum 3 clous d'arpentage en rayonnant autour du futur premier point de stationnement (non matérialisé ; calcul par relèvement *a posteriori*). L'écart angulaire entre ces clous doit idéalement approximer 130 gons (à adapter en fonction du nombre de clous). Idéalement, la ligne de base entre les points GPS doit être supérieure à 50m. Ceci afin de garantir que cette référence angulaire soit suffisante.
- c) Un premier clou nouvellement implanté est levé à l'aide du récepteur GNSS. Il est positionné à la verticale du clou sur un trépied grâce à une embase avec plomb optique. La hauteur du récepteur GNSS est mesurée au mètre ruban (ou si possible grâce au système fourni avec certains appareils). La durée d'observation doit être de minimum 1 minute (60 epochs).
- d) Une première mise en station (1) est effectuée sur un point libre (non matérialisé). L'instrument est positionné verticalement grâce à la nivelle électronique interne. Les paramètres requis par la station totale dans la présente situation sont encodés (coordonnées fictives locales X, Y, Z du point stationné, hauteur fictive de l'instrument).
- e) Le récepteur GNSS situé sur le premier clou nouvellement implanté est retiré et remplacé par un prisme standard, sans déplacer le système « trépied – embase ». La hauteur du prisme standard est mesurée au mètre ruban (ou si possible grâce au système fourni avec certains appareils).
- f) Ce prisme est levé par la station totale en effectuant un double retournement.
- g) Le trépied avec le prisme est ensuite déplacé sur le deuxième clou nouvellement implanté. Les étapes c), e) et f) sont ensuite répétées. Idem pour le troisième clou.

- h) Le trépied et le prisme ayant servis à lever les 3 clous nouvellement implantés sont ensuite positionnés verticalement à l'endroit où aura lieu la station (2) (point libre, non matérialisé).
- i) Le prisme situé en (2) est ensuite levé par la station totale (1) en effectuant un double retournement. C'est la visée avant.
- j) Un levé par rayonnement peut enfin être réalisé depuis la station (1). Les bâtiments et les routes sont mesurés comme décrit dans la convention Waltopo, c'est-à-dire à l'aide d'un prisme sur une canne nivelée. Ce sont les bords de route et non l'axe central qui seront mesurés. Si les façades ne sont pas accessibles par canne, elles seront pointées au laser. Pour le levé, le double retournement n'est pas nécessaire.
- k) Nous conseillons vivement de réaliser de temps en temps un tour d'horizon (mesure angulaire vers un point fixe) afin de vérifier que la station n'a pas bougé. Dans le cas présent, le prisme situé en (2) peut être utilisé à cet effet (ou le clocher d'une église par exemple). Si une différence est constatée, le cheminement doit être recommencé depuis le début.
- l) Une fois tous les points levés depuis la station (1), on intervertit la position de la station totale et du prisme par centrage forcé (les trépieds et les embases restent intouchés). En d'autres termes, le prisme se situe désormais en (1) et la station totale en (2). La verticalité de l'appareil en (2) est, le cas échéant, améliorée grâce à la nivelle électronique interne, celle-ci étant plus sensible que la nivelle située sur l'embase. La verticalité du prisme en (1) n'est pas modifiée, même si la bulle de la nivelle n'est pas parfaitement centrée, car cette embase a été préalablement réglée grâce à la nivelle interne de la station totale.
- m) Le prisme situé en (1) est ensuite levé par la station totale (2) en effectuant un double retournement. C'est la visée arrière.
- n) Le trépied et le prisme situés en (1) sont ensuite positionnés verticalement à l'endroit où aura lieu la station (3) (point libre, non matérialisé).
- o) Les étapes i) à n) sont répétées autant de fois que nécessite le cheminement planifié.
- p) Lorsque la station totale vient d'arriver sur le dernier point à stationner et que la visée arrière vient d'être effectuée, le trépied et le prisme situés sur l'avant-dernière station sont positionnés à la verticale d'un premier clou pré-existant ou nouvellement implanté dans la zone où se termine le cheminement.
- q) Les étapes c), e) et f) sont réalisées pour ce premier clou. En résumé, ce clou est levé par la station totale par double retournement et est également levé à l'aide du récepteur GNSS, ce dernier prenant la place du prisme sur l'embase. Ne pas oublier de mesurer la hauteur des instruments. Cette procédure est répétée pour le deuxième et le troisième clou nouvellement implantés dans la zone où se termine le cheminement.

- r) Le dernier levé par rayonnement peut enfin être réalisé depuis la dernière station comme décrit en j) et k).

Il est possible d'augmenter la « sécurité » de réalisation du cheminement en implantant un clou à chaque station et en y positionnant, à la verticale et en centrage forcé, station totale et prisme (sur trépied avec embase). En effet, dans la procédure décrite ci-dessus, si la station venait à bouger, il serait obligatoire de recommencer le cheminement depuis le début. Si cette sécurité est prise (implanter un clou à chaque station), il faut dès lors, à chaque mise en station et à chaque déplacement de prisme, en mesurer la hauteur, de préférence avec le système fourni avec certains appareils. En procédant de la sorte, il est possible de repartir de l'endroit où la station a bougé (mouvement constaté par tour d'horizon par exemple) en effectuant une nouvelle mise en station.

Par ailleurs, si un, voire deux systèmes, « prisme - embase - trépied » supplémentaires sont disponibles, la robustesse du cheminement pourra être augmentée en effectuant des inter-visées entre les différentes stations (trépieds).

6.4. Méthode de levé normé

Ce sous-chapitre met en avant différentes procédures fournissant une méthode de levé précise pour le contrôle de qualité du positionnement de géodonnées sur base d'un lever topographique classique.

Les méthodes et les moyens de lever dépendent de différents facteurs, à savoir (Milles & Lagofun, 1999a) :

- la finalité du plan (graphique, numérique...);
- l'objet du plan (alignement, propriété...);
- la précision voulue;
- la nature du terrain;
- le matériel disponible;
- le cahier de charges, les prix du marché et les délais fixés.

Pour le contrôle des données du Géoréférentiel, il s'agit d'effectuer un levé de précision destiné à un affichage numérique. Pour atteindre la précision souhaitée, c'est-à-dire une précision au moins deux fois supérieure à la précision attendue des géodonnées à vérifier, différents facteurs doivent être pris en compte. En effet, même si cette notion de précision deux fois supérieure issue de l'Arrêté Ministériel Français du 16/09/2003 induit de mettre l'accent sur les résultats et non sur la méthodologie, il est important de fournir des pistes permettant d'atteindre ces résultats. Deux types de précision peuvent être distinguées : la précision interne qui est définie par un contrôle ponctuel à l'aide de stations indépendantes (stations libres) pour chaque point, et la précision totale qui comprend des erreurs dues au rattachement au réseau

global. Ces dernières erreurs dépendent de la méthode de rattachement et des erreurs propres au système général servant de base, en d'autres termes, des points GPS ou des points remarquables de l'IGN utilisés. Diminuer ces erreurs permet d'augmenter la précision des résultats finaux.

Les procédures suivantes sont avant tout des suggestions ayant pour objectif de garantir une précision suffisante des données de contrôle. L'absence d'instruction officielle quant à la précision des levés topographiques de contrôle en Belgique explique l'utilisation de l'Arrêté Ministériel Français. En Belgique, la convention Waltopo entre le SPW et leurs partenaires fournit toutefois quelques recommandations quant à la méthode de levé.

« Le dictionnaire topographique Waltopo permet une uniformisation des levés et mesures topographiques en Wallonie, au bénéfice de l'ensemble des opérateurs. Il offre également un modèle d'échange de données » (Geoportail de Wallonie).

Notons que la précision des résultats deux fois supérieure peut être atteinte assez facilement dans notre cas, étant donné que les mesures à contrôler sont de l'ordre d'une dizaine centimètres. Une précision centimétrique sera dès lors suffisante.

6.4.1. Les erreurs

Dans un premier temps, rappelons les différentes sources d'erreurs techniques susceptibles d'entacher les mesures :

- les erreurs dues à la mise en station (accidentelles -utilisateur-, systématiques -appareil- ou grossières) ;
- les erreurs sur les points d'appui du système général (référentiel) ;
- les erreurs longitudinales dues au distancemètre (Instruments de Mesure Electronique des Longueurs) ;
- les erreurs angulaires dues au théodolite ;
- les erreurs dues aux accessoires.

6.4.2. Conditions favorables

Pour limiter les erreurs accidentelles et grossières, les levés topographiques se feront dans des conditions favorables. La météo peut être un facteur de report d'une journée passée sur le terrain : les précipitations peuvent perturber les mesures lasers, le vent peut décentrer les trépieds, le manque de luminosité peut rendre les visées impossibles ... De plus, les sols stables sont à privilégier afin d'éviter un déplacement vertical des pieds du trépied. On évitera également de se déplacer autour de celui-ci quand cela n'est pas nécessaire. Le prestataire doit faire preuve de rigueur et s'assurer à tout moment qu'aucun élément externe n'interfère dans ses mesures.

6.4.3. Tour d'horizon et double retournement

Des méthodologies spécifiques de mesure permettent de diminuer ou d'annuler certaines erreurs systématiques qui entachent la précision interne du lever.

- Le tour d'horizon : il s'agit d'observer deux fois le point de référence d'une même station, une fois avant l'observation successive des autres points de mesure, et une fois après, en fermant le tour. On peut ainsi assurer un contrôle dit de fermeture.

C'est surtout sur les points inconnus intermédiaires du réseau qu'il est envisagé de viser une référence lointaine pour effectuer un tour d'horizon. En visant cette référence au début et à la fin de la séquence de mesure en une même station, on peut contrôler les lectures en ce point intermédiaire (Milles & Lagofun, 1999b). On écarte ainsi l'éventualité d'erreurs liées au déplacement accidentel de l'appareil.

- Le double retournement : il consiste à réaliser un demi-tour simultané de la lunette et de l'alidade c'est-à-dire à pointer un objet dans les deux positions, gauche et droite, du cercle vertical (Aftopo, 2019). En plus de diminuer le risque d'erreur de lecture en doublant les lectures, le principe de double retournement supprime les erreurs systématiques de collimation horizontale (Figure 35) et de tourillonnement (Figure 36) et permet de déterminer et corriger l'index de limbe vertical (Figure 37) (Aftopo, 2019).

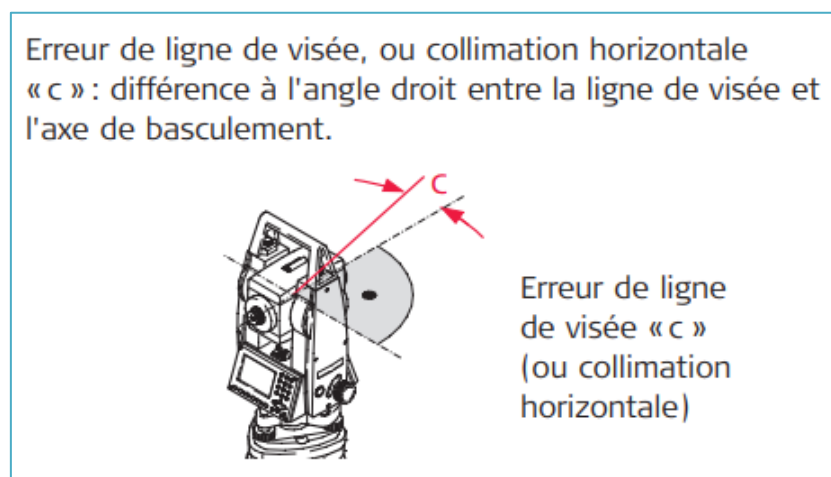
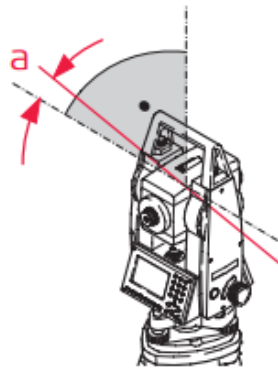


Figure 35 – Erreur instrumentale – collimation horizontale (Leica Geosystems, 2014)

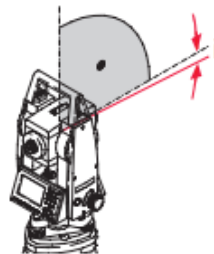
Erreur d'inclinaison d'axe, ou tourillonnement « a » :
différence à l'angle droit entre l'axe de basculement et
l'axe principal.



Erreur d'inclinaison
d'axe « a »
(ou tourillonnement)

Figure 36 – Erreur instrumentale – tourillonnement (Leica Geosystems, 2014)

Erreur d'index vertical, ou collimation verticale « i » :
angle entre la direction du zénith et la direction du zéro
du cercle vertical, c'est à dire que la lecture du cercle
vertical lors d'une visée strictement à l'horizontale,
n'est pas à 100gr (90°), mais à 100gr + i (90° + i).



Erreur d'index vertical
(index V), ou collima-
tion verticale « i »

Figure 37 – Erreur instrumentale – erreur d'index vertical (Leica Geosystems, 2014)

Dans les stations totales modernes, il est possible de déterminer ces 3 erreurs systématiques liées à l'instrumentation et de les enregistrer pour qu'elles soient automatiquement prises en compte lors des mesures d'angles suivantes. Cela évite de devoir réaliser un double retournement à chaque mesure. Certaines stations totales modernes mesurent automatiquement ces erreurs à chaque mise en station, rendant le double retournement superflu sauf pour un contrôle supplémentaire. Il est donc important de bien connaître le fonctionnement de sa station totale.

Les autres erreurs systématiques ne peuvent pas être corrigées par des manipulations directes. Les erreurs accidentelles dues à la limite de précision de la station, aux conditions atmosphériques... sont également récurrentes. Pour les éviter, il faut être le plus précautionneux possible sur le terrain : éviter de trop se déplacer autour des trépieds, ne pas effectuer de mesures si la météo est défavorable, etc.

6.4.4. Complexité du réseau

Pour augmenter la précision des résultats, il est préférable de choisir un type de réseau spécifique. De ce fait, les cheminements ouverts sur une seule référence connue sont à proscrire. Effectivement, la redondance des mesures faisant défaut, le nombre de degrés de liberté n'est pas suffisant pour maîtriser et diminuer la précision de ces mesures. On favorisera un cheminement tendu, c'est-à-dire un cheminement entre deux points de référence de coordonnées connues, ou un cheminement fermé, c'est-à-dire formant une boucle et se refermant sur la même référence. Ce dernier cas est toutefois rarement réalisé sur le terrain, bien qu'il soit le plus robuste, car sa mise en œuvre est également plus complexe. Elle impose de terminer le cheminement sur le point de départ. L'erreur de fermeture angulaire sur la référence pourra servir de correction par compensation pour les mesures intermédiaires (à condition qu'elle soit dans la tolérance). On mesurera tous les points de repères accessibles au cours de la campagne de terrain pour multiplier les références et donc répartir au mieux les erreurs angulaires. Les erreurs planimétriques pourront dans un second temps faire l'objet d'une compensation en vérifiant aisément que les coordonnées du point de départ sont bien les mêmes lors du retour sur ce dernier dans le cas d'une boucle, ou que les coordonnées du dernier point sont identiques aux coordonnées de référence homologues.

Des recherches réalisées par l'Unité de Géomatique de l'ULiège mettent en avant les résultats rencontrés lors de la propagation de variance par moindres carrés dans différentes configurations de réseaux prototypes. Notons que les erreurs de mise en station, de rattachement au système général et les erreurs dues aux accessoires ne sont pas incluses dans la propagation de variance car elles sont décomposables séparément dans un système longitudinal et angulaire. Les réseaux prototypes présentent tous la particularité que les lignes de visées de référence sont plus longues que les autres visées du système, conformément aux règles de bonne pratique de

topographie. En général, les visées de référence sont supérieures à 50m. Les réseaux 1 à 7, excepté le 2, auront des points de mêmes coordonnées et les visées auront été effectuées avec une même station totale permettant une comparaison des résultats.

L'appareil utilisé disposait des caractéristiques suivantes :

- précision angulaire selon la norme *DIN18723* : 0.003 gons ;
- précision longitudinale selon la norme *ISO 17123-4* : 2 mm + 2 ppm.

Les différents prototypes analysés sont les suivants :

1. Deux visées successives dont une référence.
2. Plusieurs visées successives dont une référence.
3. Triangle avec référence interne.
4. Triangle avec référence externe.
5. Réseau simple à 5 points.
6. Réseau dense à 5 points.
7. Réseau à 5 points et visées réciproques (Figure 38).

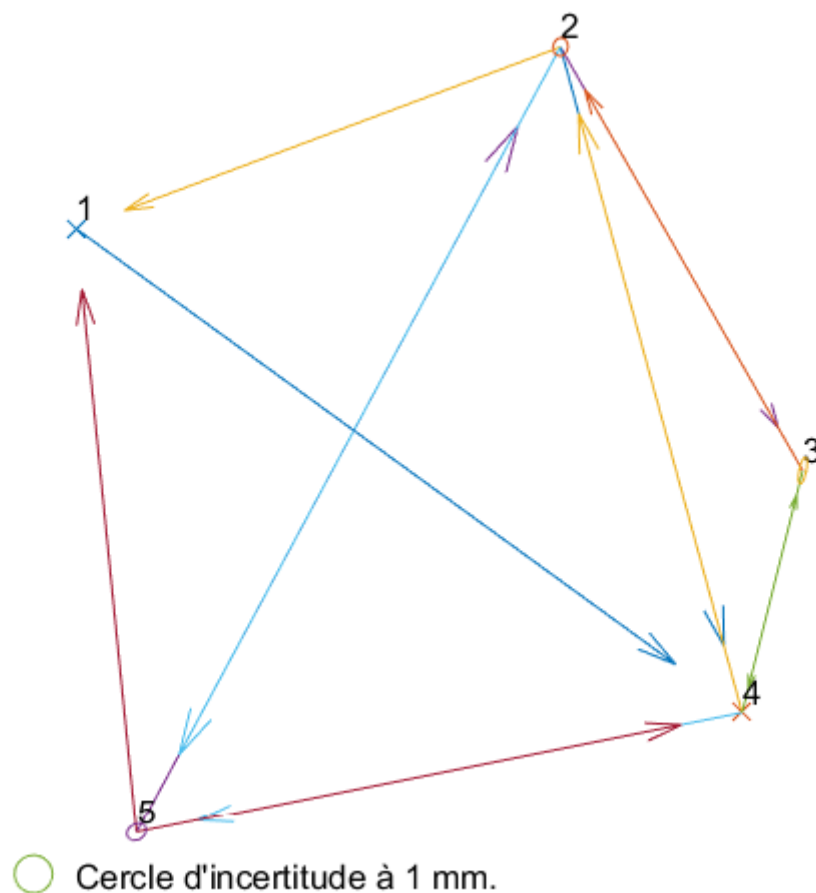


Figure 38 – Configuration du réseau à 5 points et visées réciproques

Les résultats sont repris dans un tableau ([Tableau 27](#)) synthétisant la configuration de ces réseaux, les ellipses d'incertitude obtenues, les erreurs d'incertitude maximales et les erreurs d'incertitude sur chaque point pouvant être comparé entre réseaux.

Tableau 27 – Erreurs rencontrées dans différents réseaux prototypes

Prototype	Configuration	Ellipse d'incertitude	Erreur maximale	Erreurs [en abscisse σ_x ; en ordonnée σ_y ; en surface]
1. Deux visées successives dont une référence	3 points dont 2 points de contrôle reliés entre eux par une visée de contrôle	Composante longitudinale prédominante	1.76 mm	Pt 3 [1.10 mm ; 1.76 mm ; 3.38 mm ²]
2. Plusieurs visées successives dont une référence	6 points dont 2 points de contrôle reliés entre eux par une visée de contrôle	Composante longitudinale prédominante	3.08 mm	/
3. Triangle avec référence interne	3 points dont 2 de contrôle, tous reliés entre eux	Composante longitudinale prédominante comme en 1 mais dimensions réduites grâce à la compensation	0.86 mm	Pt 3 [0.76 mm ; 0.86 mm ; 1.55 mm ²]
4. Triangle avec référence externe	4 points dont 2 de contrôle (1 externe et 1 interne au triangle)	Composante longitudinale prédominante mais orientée vers le point de contrôle car la visée a plus de poids	1.43 mm	Pt 2 [1.17 mm ; 0.63 mm ; 2.09 mm ²] Pt 3 [1.43 mm ; 0.87 mm ; 3.60 mm ²]
5. Réseau simple à 5 points	5 points dont 2 de contrôle, 2 avec des visées sur les 2 de contrôle et 1 avec une visée sur 1 seul de contrôle. Le nombre de visées est de 7.	Circulaire pour les 2 points avec 2 visées de contrôle (compensation des erreurs longitudinales), longitudinale orientée vers le point de contrôle pour le point avec une seule visée	1.00 mm	Pt 2 [0.59 mm ; 0.56 mm ; 1.03 mm ²] Pt 3 [0.33 mm ; 1.00 mm ; 0.86 mm ²] Pt 5 [0.63 mm ; 0.65 mm ; 1.29 mm ²]
6. Réseau dense à 5 points	5 points dont 2 de contrôle, avec 2 visées réciproques 1 visée simple supplémentaires. Le nombre de visées est de 10.	Dimensions réduites	0.79 mm	Pt 2 [0.42 mm ; 0.50 mm ; 0.67 mm ²] Pt 3 [0.29 mm ; 0.79 mm ; 0.65 mm ²] Pt 5 [0.56 mm ; 0.61 mm ; 1.07 mm ²]

7. Réseau à 5 points et visées réciproques	5 points et 12 visées	Dimensions réduites	0.71 mm	Pt 2 [0.40 mm ; 0.48 mm ; 0.60 mm ²] Pt 3 [0.24 mm ; 0.71 mm ; 0.43 mm ²] Pt 5 [0.51 mm ; 0.45 mm ; 0.70 mm ²]
--	-----------------------	---------------------	---------	--

Les valeurs obtenues dépendent de la configuration du réseau (distances et angles) et de l'appareil utilisé, c'est pourquoi l'interprétation des résultats est relative mais aisément transposable à d'autres machines et d'autres configurations.

On constate entre les cas 4 et 5 que les surfaces d'incertitudes en position sur les points 2 et 3 sont réduites.

Entre les cas 5 et 6, la précision est augmentée en chaque point d'environ 33 à 36%. La seule différence entre les deux réseaux est le nombre de visées. En augmentant le nombre de visées, la précision augmente elle aussi. A titre d'exemple, la précision sur une mesure d'un angle par station totale (combinant erreurs de pointés et erreurs de lecture) est fournie par l'équation suivante :

$$\sigma_{\alpha pr} = \frac{2 \cdot \sigma_{DIN}}{\sqrt{n}}$$

Avec n le nombre de mesure de l'angle (deux pointés) et σ_{DIN} la précision de l'instrument.

Pour la précision angulaire de l'instrument utilisé dans cette étude (*DIN18723 : 3 mgons*), nous obtenons en mgons :

$$\sigma_{DIN} = 1,5$$

Par conséquent, en doublant la mesure (avec un double retournement par exemple), la précision sur l'angle passe de 3 mgons à :

$$\sigma_{\alpha pr} = \frac{2 \cdot 1,5}{\sqrt{2}} = 2,12$$

Dans le cas 7 où il y a 12 visées, le nombre d'équations d'observation est de 24 contre 14 pour le cas 5 et 20 pour le cas 6. L'accroissement de la précision entre les cas 5 et 7 est de l'ordre de 84 à 85% mais cela nécessite d'effectuer près de deux fois plus de travail sur le terrain.

Nous constatons également qu'en augmentant la complexité du réseau, la précision augmente globalement, mais son augmentation a tendance à ralentir au fur et à mesure de la complexification réseau. Nous pouvons dès lors imaginer que les erreurs se stabilisent à partir d'un réseau à n points et m visées, mais dans tous les cas

elles ne pourront pas devenir nulles. En effet, l'erreur ne peut pas être dissociée de la mesure. Il y aura toujours une erreur par rapport à la valeur réelle sur terrain. Les résultats ci-dessus montrent qu'il est possible de diminuer l'incertitude sur des mesures de points en complexifiant le réseau. Ces résultats montrent aussi qu'à partir d'une certaine complexité de réseau, il n'est plus nécessaire d'effectuer du travail supplémentaire sur le terrain car la précision n'augmentera plus significativement. L'idéal est d'obtenir exactement la précision souhaitée dans le cahier de charge, et donc de ne pas se donner un surplus de travail avec des visées supplémentaires.

6.4.5. Centrage forcé

Les erreurs de centrage sur les points de station ne sont pas corrigées par le double retournement. Elles approximent les 4 mm pour une mise en station conventionnelle avec un trépied ordinaire. Elles peuvent être réduites au minimum par la méthode des trois trépieds, décrite par Milles & Lagofun (1999b) comme suit :

- 1) « Le théodolite est en station i (Figure 39), les voyants [prismes] aux sommets $i-1$ et $i+1$ sont placés dans des embases à centrage forcé ; on mesure l'angle au sommet i » ;
- 2) « Le voyant $i-1$ vient dans l'embase du théodolite en i , le trépied et son embase en $i-1$ sont mis en station au sommet $i+2$ et le voyant $i+1$ y est placé » ;
- 3) « Le théodolite va dans l'embase $i+1$, on mesure l'angle au sommet $i+1$, etc. Les erreurs de centrage sont ainsi réduites au minimum. »

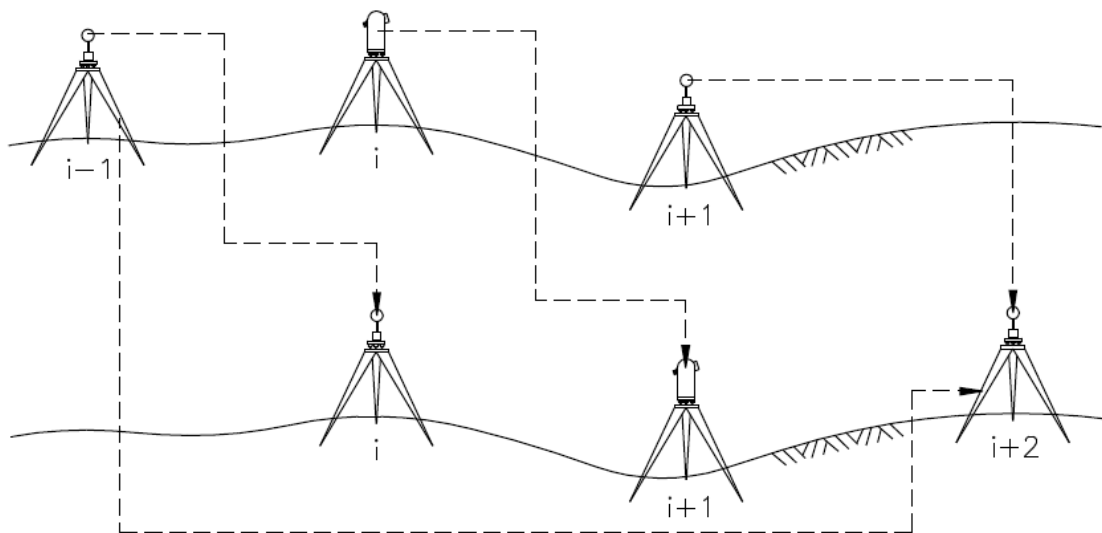


Figure 39 – Méthode des trois trépieds (Milles & Lagofun, 1999b)

Les embases à centrage forcé ont un niveau à bulle intégré, permettant de mettre de niveau les voyants. Cependant, le système de mise à niveau interne du théodolite est généralement plus précis, c'est donc ce dernier qui est utilisé lorsque le théodolite est placé sur une embase. Lors du placement du théodolite sur le trépied et son embase

déjà en place en $i+1$, seul le niveau est corrigé, les pieds du trépied ne doivent pas bouger ni horizontalement ni verticalement. *A contrario*, lorsque l'on place le voyant en i sur le trépied et son embase réglés précédemment par le système du théodolite, il ne faut pas effectuer de nouvelle mise à niveau mais conserver celle, plus précise, du théodolite.

Malgré son nom, la méthode est réalisable avec deux trépieds ; le premier en i soutient le théodolite et le second, soutenant un voyant, est utilisé successivement pour la visée arrière en $i-1$ puis pour la visée avant en $i+1$.

A titre d'exemple, pour obtenir une précision de centrage c de 3 mm, le centrage doit être réalisé avec une précision de $3/\sqrt{2}$ mm (Milles & Lagofun, 1999b). Ce qui correspond approximativement à 2 mm en considérant que les écarts de centrages du théodolite c_1 et du voyant c_2 donnent $c = \sqrt{c_1^2 + c_2^2}$. Cette précision à 3 mm représente une erreur de 1 mgon sur l'angle avec un écart-type de 0,4 mgon pour une visée de 500 m (Milles & Lagofun, 1999b) (Figure 40).

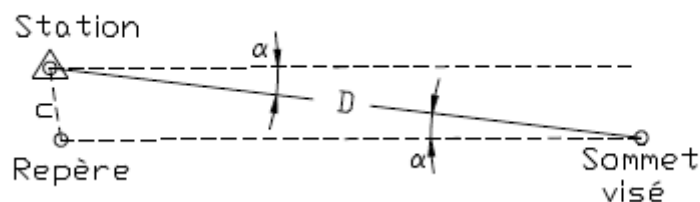


Figure 40 – Justification du centrage forcé (Milles & Lagofun, 1999b)

6.4.6. Canevas et points de références

Au moins 6 points anciens dont les coordonnées tridimensionnelles sont connues dans un système général de rattachement sont utilisés comme référence d'un cheminement fermé tendu, 3 si c'est un cheminement en boucle qui est réalisé. Le cheminement peut ainsi s'effectuer directement dans le système général. S'il n'est pas possible de relier le réseau à des points anciens, il faudra matérialiser de nouveaux points à l'aide de clous d'arpentage. Les coordonnées de ces points de référence devront par la suite être mesurés dans le système général. Il est possible d'effectuer le cheminement dans un système local dans un premier temps, puis de transformer les coordonnées des points visés sur base des points de référence mesurés dans le système général.

Les mesures de positionnement par satellites sont généralement sollicitées pour obtenir les coordonnées légales des nouveaux points de référence. Des précautions sont à prendre afin de ne pas introduire de trop grosses incertitudes dans le rattachement au système.

Dans un premier temps, il faut s'assurer que les conditions environnementales soient propices aux mesures satellitaires :

- les mesures se prendront dans des endroits dégagés (éloignés des couverts végétaux et des bâtiments à plusieurs étages) afin d'être visibles par un plus grand nombre de satellites. La géométrie de la constellation des satellites affecte également la précision sur les mesures. Le paramètre de dilution de la précision (PDOP) décrivant cette géométrie doit être inférieur à 2 pour envisager des résultats en-deçà du centimètre. Un PDOP de 5 peut déjà fournir des résultats centimétriques acceptables selon la précision souhaitée ;
- les conditions atmosphériques seront vérifiées en temps réel. Par exemple, un nombre de contenu électronique total (TEC) trop important dans l'ionosphère peut perturber les signaux de mesures.

Le temps de mesure doit être adapté pour atteindre la précision choisie. Un temps plus long donnera une meilleure précision. Des mesures sur trépied (et non sur canne) de 10 min dans des conditions environnementales favorables peuvent fournir des mesures de l'ordre de quelques millimètres.

6.4.7. Résumé de la méthode de levé normée recommandée

L'ensemble des procédures citées ci-dessus permet d'obtenir des valeurs de haute précision à partir d'un levé topographique. Pour résumer, ces procédures sont :

- les levés sont réalisés dans des conditions favorables et par des professionnels ;
- il est conseillé d'effectuer un double retournement pour s'affranchir d'erreurs liées à la lecture ou à l'appareil lorsque ce dernier ne le fait pas automatiquement ;
- il est préférable de réaliser des cheminements en boucle ou, si ce n'est pas possible, des cheminements fermés tendus ;
- pour une boucle, 3 points de référence sont nécessaires pour garantir un rattachement au système choisi. Pour un cheminement fermé tendu, 6 points devront être connus ;
- si les coordonnées de ces points ne sont pas connues *a priori*, elles seront mesurées à l'aide d'une technologie de positionnement par satellite dans des conditions environnementales adéquates ;
- les visées de référence devront être plus longues que les visées internes du réseau et d'au moins 50 m ;
- les visées réciproques avant et arrière effectuées à l'aide d'un système de centrage forcé augmenteront la précision des points du réseau. Des visées réciproques vers d'autres points du réseau ne sont pas nécessaires en l'absence de centrage forcé, car ces visées risquent d'induire des erreurs supplémentaires ;

- s'il y a d'autres points de référence légale à proximité, il est intéressant de les intégrer au réseau pour vérification ;
- si le trépied en station est susceptible d'avoir bougé au cours des mesures, un tour d'horizon permettra de connaître l'erreur due au déplacement.

Si elles sont toutes respectées, une précision inférieure au centimètre est atteignable avec les stations totales classiques actuelles. Dans le cas du contrôle de la qualité du Géoréférentiel, une précision de quelques centimètres est demandée. Les prestataires peuvent adapter leur méthodologie à leur gré sur base de ces recommandations afin de répondre à cette demande.

7. VALIDATION ET TEST SUR ECHANTILLONS : FICHES PRATIQUES

La validation (WP5) a pour objectif de tester la méthodologie développée précédemment (WP4) sur un jeu de données représentatif de l'ensemble du territoire. Cette phase est donc opérationnelle dans l'application des développements méthodologiques à l'échantillon collecté.

Les trois jeux de données contrôlés proviennent de la version diffusable du PICC du 10/01/2019. La zone contrôlée est une maille de 1 km de côté englobant la majeure partie du village d'Horion-Hozémont (Grâce-Hollogne). Elle a été sélectionnée suivant la méthodologie d'échantillonnage présentée précédemment.

Cette section se présente selon une succession de fiches pratiques reprenant un critère/sous-critère dans le cadre d'une géodonnée pressenties du Géoréférentiel (Tableau 28).

Tableau 28 – Table des fiches pratiques

Critère	Sous-critère	Géodonnée	Page
Cohérence logique	<i>Cohérence conceptuelle</i>	BATIMENTS	121
		AXES DE VOIRIE	122
		POINTS ADRESSE	123
	<i>Cohérence du domaine</i>	BATIMENTS	125
		AXES DE VOIRIE	127
		POINTS ADRESSE	130
	<i>Cohérence du format</i>	BATIMENTS	133
		AXES DE VOIRIE	135
		POINTS ADRESSE	137
	<i>Cohérence topologique</i>	BATIMENTS	140
		AXES DE VOIRIE	143
		POINTS ADRESSE	146
Exhaustivité	<i>Excédent</i>	BATIMENTS	148
		AXES DE VOIRIE	149
		POINTS ADRESSE	150
	<i>Omission</i>	BATIMENTS	151
		AXES DE VOIRIE	152
		POINTS ADRESSE	153
Qualité du positionnement	<i>Absolu</i>	BATIMENTS	154
		AXES DE VOIRIE	160
		POINTS ADRESSE	167
	<i>Relatif</i>	BATIMENTS	168
		AXES DE VOIRIE	169
		POINTS ADRESSE	170
Qualité sémantique	<i>Classement des objets</i>	BATIMENTS	171
		AXES DE VOIRIE	172
		POINTS ADRESSE	173
	<i>Evaluation / Classement des attributs qualitatifs</i>	BATIMENTS	174
		AXES DE VOIRIE	176
		POINTS ADRESSE	181
	<i>Evaluation / Classement des attributs quantitatifs</i>	BATIMENTS	182
		AXES DE VOIRIE	183
		POINTS ADRESSE	184
Actualité		BATIMENTS	185
		AXES DE VOIRIE	186

	POINTS ADRESSE	187
Généalogie	BATIMENTS	188
	AXES DE VOIRIE	191
	POINTS ADRESSE	194

COHERENCE LOGIQUE - COHERENCE CONCEPTUELLE

BATIMENTS

Le contrôle de la cohérence conceptuelle a été réalisé sur l'entièreté des données de la zone test. Pour ce faire, le logiciel FME a été utilisé. Les spécifications du produit et son modèle conceptuel de données sont indispensables pour ce contrôle.

Expériences internationales

Toutes les autres agences cartographiques consultées réalisent le contrôle de la cohérence conceptuelle de leur jeu de données.

Eléments du schéma conceptuel et des spécifications du produit vérifiables au niveau du jeu de données

- Présence de toutes les classes : Jeu de données conforme (1 classe : CONSTR_BATIEMPRISE).
- Nom des classes : Jeu de données conforme.
- Présence de tous les attributs pour chaque classe : Jeu de données conforme.
- Nom des attributs : Jeu de données conforme.
- Ordre des attributs dans chaque classe : Jeu de données conforme.
- Présence de toutes les relations entre les classes : Contrôle ne s'applique pas car il n'existe aucune relation et une seule classe.
- Nom des relations : Contrôle ne s'applique pas car il n'existe aucune relation et une seule classe.
- Type des relations : Contrôle ne s'applique pas car il n'existe aucune relation et une seule classe.
- Cardinalités des relations : Contrôle ne s'applique pas car il n'existe aucune relation et une seule classe.

Eléments du schéma conceptuel et des spécifications du produit vérifiables au niveau des objets/de leurs attributs

- Unicité de la valeur de l'identifiant unique :
Taux de conformité : 100%
Le contrôle ayant eu lieu sur un subset du jeu de données, il n'est pas possible de conclure sur la qualité du résultat obtenu.
- Présence d'une valeur pour les attributs obligatoires :
Pour chacun des attributs requérant ce contrôle, le taux de conformité est de 100%.
Le contrôle ayant eu lieu sur un subset du jeu de données, il n'est pas possible de conclure sur la qualité du résultat obtenu.

COHERENCE LOGIQUE - COHERENCE CONCEPTUELLE

AXES DE VOIRIE

Le contrôle de la cohérence conceptuelle a été réalisé sur l'entièreté des données de la zone test. Pour ce faire, le logiciel FME a été utilisé. Les spécifications du produit et son modèle conceptuel de données sont indispensables pour ce contrôle.

Expériences internationales

Toutes les autres agences cartographiques consultées réalisent le contrôle de la cohérence conceptuelle de leur jeu de données.

Eléments du schéma conceptuel et des spécifications du produit vérifiables au niveau du jeu de données

- Présence de toutes les classes : Jeu de données conforme (1 classe : VOIRIE_AXE).
- Nom des classes : Jeu de données conforme.
- Présence de tous les attributs pour chaque classe : Jeu de données conforme.
- Nom des attributs : Jeu de données conforme.
- Ordre des attributs dans chaque classe : Jeu de données conforme.
- Présence de toutes les relations entre les classes : Contrôle ne s'applique pas car il n'existe aucune relation et une seule classe.
- Nom des relations : Contrôle ne s'applique pas car il n'existe aucune relation et une seule classe.
- Type des relations : Contrôle ne s'applique pas car il n'existe aucune relation et une seule classe.
- Cardinalités des relations : Contrôle ne s'applique pas car il n'existe aucune relation et une seule classe.

Eléments du schéma conceptuel et des spécifications du produit vérifiables au niveau des objets/de leurs attributs

- Unicité de la valeur de l'identifiant unique :
Taux de conformité : 100%
Le contrôle ayant eu lieu sur un subset du jeu de données, il n'est pas possible de conclure sur la qualité du résultat obtenu.
- Présence d'une valeur pour les attributs obligatoires :
Pour chacun des attributs requérant ce contrôle, le taux de conformité est de 100%.
Le contrôle ayant eu lieu sur un subset du jeu de données, il n'est pas possible de conclure sur la qualité du résultat obtenu.

COHERENCE LOGIQUE - COHERENCE CONCEPTUELLE

POINTS ADRESSE

Le contrôle de la cohérence conceptuelle a été réalisé sur l'entièreté des données de la zone test. Pour ce faire, le logiciel FME a été utilisé. Les spécifications du produit et son modèle conceptuel de données sont indispensables pour ce contrôle.

Expériences internationales

Toutes les autres agences cartographiques consultées réalisent le contrôle de la cohérence conceptuelle de leur jeu de données.

Eléments du schéma conceptuel et des spécifications du produit vérifiables au niveau du jeu de données

- Présence de toutes les classes : Jeu de données conforme (1 classe : ADRESS_POINT).
- Nom des classes : Jeu de données conforme.
- Présence de tous les attributs pour chaque classe : Jeu de données conforme.
- Nom des attributs : Jeu de données conforme.
- Ordre des attributs dans chaque classe : Jeu de données conforme.
- Présence de toutes les relations entre les classes : Contrôle ne s'applique pas car il n'existe aucune relation et une seule classe.
- Nom des relations : Contrôle ne s'applique pas car il n'existe aucune relation et une seule classe.
- Type des relations : Contrôle ne s'applique pas car il n'existe aucune relation et une seule classe.
- Cardinalités des relations : Contrôle ne s'applique pas car il n'existe aucune relation et une seule classe.

Eléments du schéma conceptuel et des spécifications du produit vérifiables au niveau des objets/de leurs attributs

- Unicité de la valeur de l'identifiant unique :
Taux de conformité : 100%
Le contrôle ayant eu lieu sur un subset du jeu de données, il n'est pas possible de conclure sur la qualité du résultat obtenu.
- Présence d'une valeur pour les attributs obligatoires :
Pour chacun des attributs requérant ce contrôle, le taux de conformité est de 100%.
Le contrôle ayant eu lieu sur un subset du jeu de données, il n'est pas possible de conclure sur la qualité du résultat obtenu.

COHERENCE LOGIQUE - COHERENCE DU DOMAINE

GENERALITES

Informations

Le contrôle de la cohérence du domaine a été réalisé sur tous les attributs de tous les objets de la zone test ayant un domaine de valeurs précisé dans les spécifications du produit. Les valeurs valides, appartenant au domaine, peuvent être indiquées de plusieurs façons différentes : Soit ces valeurs doivent faire partie d'une liste arrêtée de valeurs possibles, soit ces valeurs doivent se trouver dans un intervalle de valeurs acceptées, soit enfin ces valeurs doivent respecter une contrainte par rapport à une autre valeur (provenant parfois d'un autre attribut – relation d'antériorité, succession ...). C'est le cas notamment pour les attributs de datation. Pour réaliser ces contrôles, le logiciel FME a été utilisé. Ici aussi, les spécifications du produit et le modèle conceptuel de données sont indispensables pour ce contrôle.

Il est à noter que certains attributs possédant un domaine de valeurs ne doivent pas obligatoirement contenir de valeurs. Par conséquent, pour ces attributs, une absence de valeur ne sera pas considérée comme une non-conformité au domaine de valeurs.

Pour rappel, les attributs ne possédant pas de domaine de valeurs ne sont pas concernés par ce contrôle.

Expériences internationales

Toutes les autres agences cartographiques consultées réalisent le contrôle de la cohérence du domaine des attributs de leur jeu de données. Les domaines de valeurs (intervalles, codelists, ...) sont définis dans les spécifications de leur produit.

COHERENCE LOGIQUE - COHERENCE DU DOMAINE

BATIMENTS

Champ attributaire : NATUR_CODE et NATUR_DESC

- Données de contrôle : spécifications produit définies par documents relatifs à la qualité du PICC (Géoportail de Wallonie).
- Taux de conformité pour chacun des deux attributs : 100%
- Le contrôle ayant eu lieu sur un subset du jeu de données, il n'est pas possible de conclure sur la qualité du résultat obtenu.

Champ attributaire : PRECIS_XY et PRECIS_Z

- Données de contrôle : spécifications produit définies par documents relatifs à la qualité du PICC (Géoportail de Wallonie).
- Contrôle non réalisé car aucun des objets de la zone test ne possède de valeurs pour ces deux attributs (valeur nulle autorisée).

Champ attributaire : TECH_LEVE

- Données de contrôle : spécifications produit définies par documents relatifs à la qualité du PICC (Géoportail de Wallonie). Malheureusement, ce fichier ne contient aucune codelist pour cet attribut.
- Contrôle non réalisé par manque de données de contrôle.

Champ attributaire : DATE_LEVE

- Données de contrôle : spécifications produit définies par documents relatifs à la qualité du PICC (Géoportail de Wallonie).
- Contrôle non réalisé car aucun des objets de la zone test ne possède de valeurs pour cet attribut (valeur nulle autorisée).

Champ attributaire : DATE_CREAT

- Données de contrôle : contrainte d'antériorité par rapport à la valeur de l'attribut DATE_LEVE
- Contrôle non réalisé car aucun des objets de la zone test ne possède de valeurs de référence pour l'attribut DATE_LEVE (valeur nulle autorisée).

Champ attributaire : DATE_MODIF et DATE_TRANS

- Données de contrôle : contrainte d'antériorité par rapport à la valeur d'autres attributs.
- Taux de conformité pour chacun des deux attributs : 100%
- Le contrôle ayant eu lieu sur un subset du jeu de données, il n'est pas possible de conclure sur la qualité du résultat obtenu.

Champ attributaire : CODE_WALTO

- Données de contrôle : spécifications produit définies par documents relatifs à la qualité du PICC (Géoportail de Wallonie).
- Taux de conformité : 100%
- Le contrôle ayant eu lieu sur un subset du jeu de données, il n'est pas possible de conclure sur la qualité du résultat obtenu.

COHERENCE LOGIQUE - COHERENCE DU DOMAINE

AXES DE VOIRIE

Champ attributaire : NATUR_CODE et NATUR_DESC

- Données de contrôle : spécifications produit définies par documents relatifs à la qualité du PICC (Géoportail de Wallonie).
- Taux de conformité pour chacun des deux attributs : 100%
- Le contrôle ayant eu lieu sur un subset du jeu de données, il n'est pas possible de conclure sur la qualité du résultat obtenu.

Champ attributaire : PRECIS_XY et PRECIS_Z

- Données de contrôle : spécifications produit définies par documents relatifs à la qualité du PICC (Géoportail de Wallonie).
- Contrôle non réalisé car aucun des objets de la zone test ne possède de valeurs pour ces deux attributs (valeur nulle autorisée).

Champ attributaire : TECH_LEVE

- Données de contrôle : spécifications produit définies par documents relatifs à la qualité du PICC (Géoportail de Wallonie). Malheureusement, ce fichier ne contient aucune codelist pour cet attribut.
- Contrôle non réalisé car aucune codelist n'est indiquée dans les spécifications du produit alors qu'il y est stipulé que cet attribut doit respecter un domaine de valeurs.

Champ attributaire : DATE_LEVE

- Données de contrôle : spécifications produit définies par documents relatifs à la qualité du PICC (Géoportail de Wallonie).
- Contrôle non réalisé car aucun des objets de la zone test ne possède de valeurs pour cet attribut (valeur nulle autorisée).

Champ attributaire : DATE_CREAT

- Données de contrôle : contrainte d'antériorité par rapport à la valeur de l'attribut DATE_LEVE
- Contrôle non réalisé car aucun des objets de la zone test ne possède de valeurs de référence pour l'attribut DATE_LEVE (valeur nulle autorisée).

Champ attributaire : DATE_MODIF et DATE_TRANS

- Données de contrôle : contrainte d'antériorité par rapport à la valeur d'autres attributs.
- Taux de conformité pour chacun des deux attributs : 100%

- Le contrôle ayant eu lieu sur un subset du jeu de données, il n'est pas possible de conclure sur la qualité du résultat obtenu.

Champ attributaire : CODE_WALTO

- Données de contrôle : spécifications produit définies par documents relatifs à la qualité du PICC (Géoportail de Wallonie).
- Taux de conformité : 100%
- Le contrôle ayant eu lieu sur un subset du jeu de données, il n'est pas possible de conclure sur la qualité du résultat obtenu.

Champ attributaire : COMMU_NOM1 (et COMMU_NOM2)

- Données de contrôle : Liste des communes de Wallonie. Cette liste provient de Statbel³ et n'est pas disponible dans les spécifications du produit.
- Taux de conformité : 100%
- Le contrôle ayant eu lieu sur un subset du jeu de données, il n'est pas possible de conclure sur la qualité du résultat obtenu.

Champ attributaire : COMMU_INS1 (et COMMU_INS2)

- Données de contrôle : Liste des codes INS des communes de Wallonie. Cette liste provient de Statbel¹ et n'est pas disponible dans les spécifications du produit.
- Taux de conformité : 100%
- Le contrôle ayant eu lieu sur un subset du jeu de données, il n'est pas possible de conclure sur la qualité du résultat obtenu.

Champ attributaire : GESTION

- Données de contrôle : spécifications produit définies par documents relatifs à la qualité du PICC (Géoportail de Wallonie).
- Taux de conformité : 100%
- Le contrôle ayant eu lieu sur un subset du jeu de données, il n'est pas possible de conclure sur la qualité du résultat obtenu.

Champ attributaire : SENS_BK

- Données de contrôle : spécifications produit définies par documents relatifs à la qualité du PICC (Géoportail de Wallonie).
- Contrôle non réalisé car aucun des objets de la zone test ne possède de valeurs pour ces deux attributs (valeur nulle autorisée).

Champ attributaire : NIVEAU

- Données de contrôle : spécifications produit définies par documents relatifs à la qualité du PICC (Géoportail de Wallonie).

³ https://statbel.fgov.be/sites/default/files/Over_Statbel_FR/Nomenclaturen/REFNIS_2019.xls

- Taux de conformité : 100%
- Le contrôle ayant eu lieu sur un subset du jeu de données, il n'est pas possible de conclure sur la qualité du résultat obtenu.

Champ attributaire : AMENAG

- Données de contrôle : spécifications produit définies par documents relatifs à la qualité du PICC (Géoportail de Wallonie).
- Contrôle non réalisé car aucun des objets de la zone test ne possède de valeurs pour ces deux attributs (valeur nulle autorisée).

COHERENCE LOGIQUE - COHERENCE DU DOMAINE

POINTS ADRESSE

Champ attributaire : DATE_LEVE

- Données de contrôle : spécifications produit définies par documents relatifs à la qualité du PICC (Géoportail de Wallonie).
- Taux de conformité : 100%
- Le contrôle ayant eu lieu sur un subset du jeu de données, il n'est pas possible de conclure sur la qualité du résultat obtenu.

Champ attributaire : DATE_CREAT, DATE_MODIF et DATE_TRANS

- Données de contrôle : contrainte d'antériorité par rapport à la valeur d'autres attributs.
- Taux de conformité pour chacun des attributs: 100%
- Le contrôle ayant eu lieu sur un subset du jeu de données, il n'est pas possible de conclure sur la qualité du résultat obtenu.

Champ attributaire : X ET Y

- La qualité du positionnement d'un point adresse n'est pas évaluée dans cette section, cette vérification ayant lieu lors du contrôle de la cohérence topologique.

Champ attributaire : COMMU_NOM

- Données de contrôle : Liste des communes de Wallonie. Cette liste provient de Statbel4 et n'est pas disponible dans les spécifications du produit.
- Taux de conformité : 100%
- Le contrôle ayant eu lieu sur un subset du jeu de données, il n'est pas possible de conclure sur la qualité du résultat obtenu.

Champ attributaire : COMMU_INS

- Données de contrôle : Liste des codes INS des communes de Wallonie. Cette liste provient de Statbel1 et n'est pas disponible dans les spécifications du produit.
- Taux de conformité : 100%
- Le contrôle ayant eu lieu sur un subset du jeu de données, il n'est pas possible de conclure sur la qualité du résultat obtenu.

Champ attributaire : NUMERO

⁴ https://statbel.fgov.be/sites/default/files/Over_Statbel_FR/Nomenclaturen/REFNIS_2019.xls

- Données de contrôle : contrainte par rapport à une valeur indiquée dans les spécifications du produit
- Taux de conformité : 100%
- Le contrôle ayant eu lieu sur un subset du jeu de données, il n'est pas possible de conclure sur la qualité du résultat obtenu.

COHERENCE LOGIQUE - COHERENCE DU FORMAT

GENERALITES

Informations

Le contrôle de la cohérence du format au niveau des objets/de leurs attributs a été réalisé sur l'entièreté des données de la zone test. Pour ce faire, le logiciel FME a été utilisé. Les spécifications du produit vérifiable au niveau du jeu de données ont été vérifiées manuellement. Les spécifications du produit et le modèle conceptuel de données sont indispensables pour ce contrôle.

Expériences internationales

Toutes les autres agences cartographiques consultées réalisent le contrôle de la cohérence du format de leur jeu de données. La structure physique du jeu de données et les règles de format sont définies dans les spécifications de leur produit.

COHERENCE LOGIQUE - COHERENCE DU FORMAT

BATIMENTS

Éléments des spécifications du produit vérifiables au niveau du jeu de données :

- Présence de tous les fichiers du jeu de données :
Impossible de réaliser ce contrôle car la liste des fichiers composant le jeu de données n'est pas précisée dans les spécifications du produit. Il est conseillé d'indiquer la liste des fichiers des jeux de données dans les spécifications du produit.
- Nom du/des fichier(s) du jeu de données :
Impossible de réaliser ce contrôle car le nom des fichiers composant le jeu de données n'est pas précisée dans les spécifications du produit. Il est conseillé d'indiquer le nom des fichiers des jeux de données dans les spécifications du produit.
- Format du/des fichier(s) du jeu de données :
Aucun conflit de structure physique, le format du fichier est bien celui indiqué dans les spécifications du produit.
- Intégrité/lisibilité du/des fichier(s) du jeu de données :
Aucun conflit de structure physique, le jeu de données s'ouvre sans problème dans différents logiciels de cartographie.
- Système de coordonnées du jeu de données :
Aucun conflit de structure physique, le système de coordonnées du jeu de données est bien celui indiqué dans les spécifications du produit.

Éléments des spécifications du produit vérifiables au niveau des objets/de leurs attributs :

- Format de l'identifiant unique :
Taux de conflits : 0%

Le contrôle ayant eu lieu sur un subset du jeu de données, il n'est pas possible de conclure sur la qualité du résultat obtenu.
- Format des attributs de datation :
Pour chacun des attributs requérant ce contrôle, le taux de conflits est de 100%. En effet, le format indiqué dans les spécifications de produit n'est pas celui utilisé dans les 3 jeux de données pour les attributs de datation. Il est conseillé d'uniformiser et de définir clairement le format employé pour les attributs de datation.

Le contrôle ayant eu lieu sur un subset du jeu de données, il n'est pas possible de conclure sur la qualité du résultat obtenu.

- Type de données des valeurs d'attributs :
Pour chacun des attributs requérant ce contrôle, le taux de conflits est de 0%.
Néanmoins, il est conseillé de définir plus précisément dans les spécifications du produit le type de données que doivent respecter les valeurs des attributs (Ex : préciser si un entier doit être long ou short).
Le contrôle ayant eu lieu sur un subset du jeu de données, il n'est pas possible de conclure sur la qualité du résultat obtenu.
- Longueur des chaînes de caractères des valeurs d'attributs :
Pour chacun des attributs requérant ce contrôle, le taux de conflits est de 0%.
Le contrôle ayant eu lieu sur un subset du jeu de données, il n'est pas possible de conclure sur la qualité du résultat obtenu.
- Type de géométrie des objets :
Taux de conflits : 0%
Le contrôle ayant eu lieu sur un subset du jeu de données, il n'est pas possible de conclure sur la qualité du résultat obtenu.
- Format d'encodage des caractères :
Pour chacun des attributs requérant ce contrôle, le taux de conflits est de 0%.
Le contrôle ayant eu lieu sur un subset du jeu de données, il n'est pas possible de conclure sur la qualité du résultat obtenu.

COHERENCE LOGIQUE - COHERENCE DU FORMAT

AXES DE VOIRIE

Eléments des spécifications du produit vérifiables au niveau du jeu de données :

- Présence de tous les fichiers du jeu de données :
Impossible de réaliser ce contrôle car la liste des fichiers composant le jeu de données n'est pas précisée dans les spécifications du produit. Il est conseillé d'indiquer la liste des fichiers des jeux de données dans les spécifications du produit.
- Nom du/des fichier(s) du jeu de données :
Impossible de réaliser ce contrôle car le nom des fichiers composant le jeu de données n'est pas précisée dans les spécifications du produit. Il est conseillé d'indiquer le nom des fichiers des jeux de données dans les spécifications du produit.
- Format du/des fichier(s) du jeu de données :
Aucun conflit de structure physique, le format du fichier est bien celui indiqué dans les spécifications du produit.
- Intégrité/lisibilité du/des fichier(s) du jeu de données :
Aucun conflit de structure physique, le jeu de données s'ouvre sans problème dans différents logiciels de cartographie.
- Système de coordonnées du jeu de données :
Aucun conflit de structure physique, le système de coordonnées du jeu de données est bien celui indiqué dans les spécifications du produit.

Eléments des spécifications du produit vérifiables au niveau des objets/de leurs attributs :

- Format de l'identifiant unique :
Taux de conflits : 0%

Le contrôle ayant eu lieu sur un subset du jeu de données, il n'est pas possible de conclure sur la qualité du résultat obtenu.
- Format des attributs de datation :
Pour chacun des attributs requérant ce contrôle, le taux de conflits est de 100%. En effet, le format indiqué dans les spécifications de produit n'est pas celui utilisé dans les 3 jeux de données pour les attributs de datation. Il est conseillé d'uniformiser et de définir clairement le format employé pour les attributs de datation.

Le contrôle ayant eu lieu sur un subset du jeu de données, il n'est pas possible de conclure sur la qualité du résultat obtenu.

- Type de données des valeurs d'attributs :
Pour chacun des attributs requérant ce contrôle, le taux de conflits est de 0%.
Néanmoins, il est conseillé de définir plus précisément dans les spécifications du produit le type de données que doivent respecter les valeurs des attributs (Ex : préciser si un entier doit être long ou short).
Le contrôle ayant eu lieu sur un subset du jeu de données, il n'est pas possible de conclure sur la qualité du résultat obtenu.
- Longueur des chaînes de caractères des valeurs d'attributs :
Pour chacun des attributs requérant ce contrôle, le taux de conflits est de 0%.
Le contrôle ayant eu lieu sur un subset du jeu de données, il n'est pas possible de conclure sur la qualité du résultat obtenu.
- Type de géométrie des objets :
Taux de conflits : 0%
Le contrôle ayant eu lieu sur un subset du jeu de données, il n'est pas possible de conclure sur la qualité du résultat obtenu.
- Format d'encodage des caractères :
Pour chacun des attributs requérant ce contrôle, le taux de conflits est de 0%.
Le contrôle ayant eu lieu sur un subset du jeu de données, il n'est pas possible de conclure sur la qualité du résultat obtenu.

COHERENCE LOGIQUE - COHERENCE DU FORMAT

POINTS ADRESSE

Éléments des spécifications du produit vérifiables au niveau du jeu de données :

- Présence de tous les fichiers du jeu de données :
Impossible de réaliser ce contrôle car la liste des fichiers composant le jeu de données n'est pas précisée dans les spécifications du produit. Il est conseillé d'indiquer la liste des fichiers des jeux de données dans les spécifications du produit.
- Nom du/des fichier(s) du jeu de données :
Impossible de réaliser ce contrôle car le nom des fichiers composant le jeu de données n'est pas précisé dans les spécifications du produit. Il est conseillé d'indiquer le nom des fichiers des jeux de données dans les spécifications du produit.
- Format du/des fichier(s) du jeu de données :
Aucun conflit de structure physique, le format du fichier est bien celui indiqué dans les spécifications du produit.
- Intégrité/lisibilité du/des fichier(s) du jeu de données :
Aucun conflit de structure physique, le jeu de données s'ouvre sans problème dans différents logiciels de cartographie.
- Système de coordonnées du jeu de données :
Aucun conflit de structure physique, le système de coordonnées du jeu de données est bien celui indiqué dans les spécifications du produit.

Éléments des spécifications du produit vérifiables au niveau des objets/de leurs attributs :

- Format de l'identifiant unique :
Taux de conflits : 0%

Le contrôle ayant eu lieu sur un subset du jeu de données, il n'est pas possible de conclure sur la qualité du résultat obtenu.
- Format des attributs de datation :
Pour chacun des attributs requérant ce contrôle, le taux de conflits est de 100%. En effet, le format indiqué dans les spécifications de produit n'est pas celui utilisé dans les 3 jeux de données pour les attributs de datation. Il est conseillé d'uniformiser et de définir clairement le format employé pour les attributs de datation.

Le contrôle ayant eu lieu sur un subset du jeu de données, il n'est pas possible de conclure sur la qualité du résultat obtenu.

- Type de données des valeurs d'attributs :
Pour chacun des attributs requérant ce contrôle, le taux de conflits est de 0%.
Néanmoins, il est conseillé de définir plus précisément dans les spécifications du produit le type de données que doivent respecter les valeurs des attributs (Ex : préciser si un entier doit être long ou short).
Le contrôle ayant eu lieu sur un subset du jeu de données, il n'est pas possible de conclure sur la qualité du résultat obtenu.
- Longueur des chaînes de caractères des valeurs d'attributs :
Pour chacun des attributs requérant ce contrôle, le taux de conflits est de 0%.
Le contrôle ayant eu lieu sur un subset du jeu de données, il n'est pas possible de conclure sur la qualité du résultat obtenu.
- Type de géométrie des objets :
Taux de conflits : 0%
Le contrôle ayant eu lieu sur un subset du jeu de données, il n'est pas possible de conclure sur la qualité du résultat obtenu.
- Format d'encodage des caractères :
Pour chacun des attributs requérant ce contrôle, le taux de conflits est de 0%.
Le contrôle ayant eu lieu sur un subset du jeu de données, il n'est pas possible de conclure sur la qualité du résultat obtenu.

COHERENCE LOGIQUE - COHERENCE TOPOLOGIQUE

GENERALITES

Informations

Le contrôle de la cohérence topologique a été réalisé sur l'entièreté des données de la zone test. Pour ce faire, les logiciels FME et ArcGIS (en particulier son extension « Data Reviewer ») ont été utilisés (ArcGIS, 2019 ; FME, 2019). Une partie des tests relatifs à la vérification de la qualité des géométries des objets du jeu de données peuvent être effectués sans avoir recours aux spécifications du produit. Néanmoins, ces dernières sont nécessaires pour réaliser certains de ces tests, en particulier ceux nécessitant l'emploi d'un seuil de tolérance. Pour ce qui est du contrôle des relations topologiques entre objets, les spécifications du produit sont indispensables.

Expériences internationales

Toutes les autres agences cartographiques consultées réalisent le contrôle de la cohérence topologique de leur jeu de données.

COHERENCE LOGIQUE - COHERENCE TOPOLOGIQUE

BATIMENTS

Vérifications de la qualité de construction des géométries du jeu de données

- Polygones non-fermés (X,Y et Z) : Aucune erreur détectée.
- Polygones non planaires :
46 erreurs détectées. En plus d'être non planaires, la majorité de ces polygones présentent un écart altimétrique substantiel par rapport aux polygones environnants (Figure 41). La majorité de ces polygones sont de nature « Annexe ».

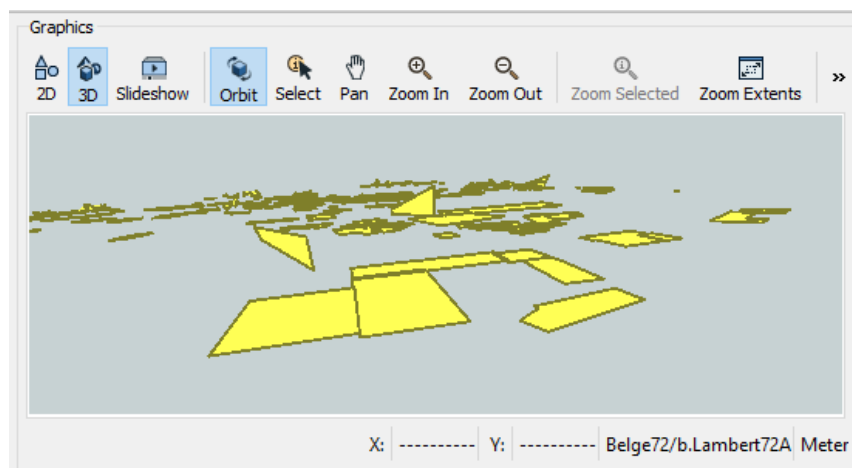


Figure 41 – Capture d'écran provenant du logiciel FME montrant plusieurs polygones non planaires et possédant un Z moyen différent des polygones environnants.

- Auto-intersections : Aucune erreur détectée.
- Doublons géométriques au niveau des objets : Aucune erreur détectée.
- Vertex inutiles :
895 vertex inutiles détectés. Pour ce faire, une fonction de généralisation des polygones a été utilisée. Avant d'appliquer cette fonction, il existait 3849 vertex dans les polygones du jeu de données. Après généralisation, le nombre de vertex a été réduit à 2954. Aucun vertex n'est déplacé lors de ce traitement. La superficie totale des polygones du jeu de données après généralisation est strictement égale à celle avant généralisation.

En pratique, ces vertex inutiles sont répartis le long des façades rectilignes des bâtiments. Leurs absences n'engendrent donc aucun changement dans la géométrie des façades/des bâtiments. Plus que vraisemblablement, ces vertex sont en fait des « restes » provenant des opérations de construction des géométries des emprises de bâtiment.

Il est conseillé d'envisager la suppression de ces vertex inutiles dès la phase de production des géodonnées. Cette opération aura un impact positif sur le poids

du jeu de données. En effet, le poids du shapefile de la géodonnée « Bâtiment » de la zone test a pu ainsi être réduit de 18%.

- Doublons géométriques au niveau des vertex :

Avant nettoyage des vertex inutiles : 20 erreurs détectées (tolérance : 10cm)

Après nettoyage des vertex inutiles : aucune erreur détectée (tolérance : 10cm)

La valeur de la tolérance utilisée ci-dessus a été choisie arbitrairement. Une valeur de tolérance authentique doit être définie dans les spécifications du produit.

- Vertex aberrants (ajoutant un « pic » à la géométrie d'un polygone) :

Aucune erreur détectée (tolérance sur l'angle : 30°)

La valeur de la tolérance utilisée ci-dessus a été choisie arbitrairement. Une valeur de tolérance authentique doit être définie dans les spécifications du produit.

- Trous dans les polygones : Aucune erreur détectée.
- Géométries nulles (surface nulle) : Aucune erreur détectée.
- Polygones avec surface très petite :

1 erreur détectée (tolérance : 5m²)

33 erreurs détectées (tolérance : 15m²)

Les valeurs des tolérances utilisées ci-dessus ont été choisies arbitrairement. Une valeur de tolérance authentique doit être définie dans les spécifications du produit.

- Géométries corrompues : Aucune erreur détectée.
- Géométries composites : Aucune erreur détectée.
- Géométries multi-parties : Aucune erreur détectée.
- Présence de géométries en Z = 0 : Aucune erreur détectée.
- Mélange de coordonnées 2D et 3D pour un objet : Aucune erreur détectée.
- Géométries séparées par une distance très petite (mais non nulle) : 16 erreurs détectées (tolérance : 1m)

La valeur de la tolérance utilisée ci-dessus a été choisie arbitrairement. Une valeur de tolérance authentique doit être définie dans les spécifications du produit.

Vérifications du respect des relations topologiques issues des spécifications du produit

- Présence des objets à l'intérieur du territoire wallon : Aucune erreur détectée.
- Règles de chevauchement des objets du jeu de données :
Règle topologique contrôlée: les emprises de bâtiment ne peuvent pas se chevaucher.

7 erreurs détectées. Sept cas de superposition d'emprise de bâtiment ont pu être identifiés.

COHERENCE LOGIQUE - COHERENCE TOPOLOGIQUE

AXES DE VOIRIE

Vérifications de la qualité de construction des géométries du jeu de données

- Polygones formant une boucle :
Aucune erreur détectée. L'utilisation de ce test sur l'ensemble du jeu de données *Axes de voirie* dépend de la manière dont sont construits les ronds-points, cette information devant figurer dans les spécifications du produit.
- Auto-intersections :
Aucune erreur détectée. L'utilisation de ce test sur l'ensemble du jeu de données *Axes de voirie* dépend de l'interdiction ou non des auto-intersections, cette information devant figurer dans les spécifications du produit.
- Doublons géométriques au niveau des objets : Aucune erreur détectée.
- Doublons géométriques au niveau des vertex : 3 erreurs détectées (tolérance : 1m).
Trois couples de vertex sont séparés par une distance inférieure à 1m. La valeur de la tolérance utilisée ci-dessus a été choisie arbitrairement. Une valeur de tolérance authentique doit être définie dans les spécifications du produit.
- Vertex inutiles :
L'identification de vertex inutiles le long des axes de voirie est réalisable mais la suppression de ceux-ci est néanmoins déconseillée car il y aura perte de l'information altimétrique Z attachée aux vertex.
- Vertex aberrants (ajoutant un « pic » à la géométrie de la polyligne) : Aucune erreur détectée (tolérance sur l'angle : 30°)
La valeur de la tolérance utilisée ci-dessus a été choisie arbitrairement. Une valeur de tolérance authentique doit être définie dans les spécifications du produit.
- Connexions manquantes en raison de polygones trop courtes (undershoot) : Aucune erreur détectée (tolérance : 2m).
La valeur de la tolérance utilisée ci-dessus a été choisie arbitrairement. Une valeur de tolérance authentique doit être définie dans les spécifications du produit.
- Connexions manquantes en raison de polygones trop longues (overshoot) : Aucune erreur détectée (tolérance : 2m).
La valeur de la tolérance utilisée ci-dessus a été choisie arbitrairement. Une valeur de tolérance authentique doit être définie dans les spécifications du produit.

- Géométries nulles (longueur nulle) : Aucune erreur détectée.
- Polygones avec longueur très petite : Aucune erreur détectée (tolérance : 1m).
La valeur de la tolérance utilisée ci-dessus a été choisie arbitrairement. Une valeur de tolérance authentique doit être définie dans les spécifications du produit.
- Géométries corrompues : Aucune erreur détectée.
- Géométries composites : Aucune erreur détectée.
- Géométries multi-parties : Aucune erreur détectée.
- Polygones orphelines (non connectées) : Aucune erreur détectée.
- Présence de géométries en $Z = 0$: Aucune erreur détectée.
- Variations de Z trop grandes entre deux vertex consécutifs d'un objet : Aucune erreur détectée (tolérance : 2m). Il faut réaliser ce test avec précaution car si la distance séparant deux vertex consécutifs est grande, il est tout à fait réaliste que l'écart altimétrique excède une tolérance fixée trop strictement.
La valeur de la tolérance utilisée ci-dessus a été choisie arbitrairement. Une valeur de tolérance authentique doit être définie dans les spécifications du produit.
- Mélange de coordonnées 2D et 3D pour un objet : Aucune erreur détectée.
- Géométries séparées par une distance très petite (mais non nulle) : Aucune erreur détectée (tolérance : 1m).
La valeur de la tolérance utilisée ci-dessus a été choisie arbitrairement. Une valeur de tolérance authentique doit être définie dans les spécifications du produit.

Vérifications du respect des relations topologiques issues des spécifications du produit

- Présence des objets à l'intérieur du territoire wallon : Aucune erreur détectée.
Règles de chevauchement des objets du jeu de données : Aucune erreur détectée.
Règle topologique contrôlée: les axes de voirie d'un même niveau ne peuvent pas se chevaucher.
- Règles d'intersections des objets du jeu de données : Aucune erreur détectée.
Règle topologique contrôlée: les axes de voirie d'un même niveau ne peuvent pas s'intersecter.
- Règles d'intersections des objets entre jeu de données : Aucune erreur détectée.
Règle topologique contrôlée: les axes de voirie de niveau 0 ne peuvent pas intersecter des emprises de bâtiment.

Enseignements et commentaires

Il est primordial de vérifier d'abord la qualité de construction des géométries des axes de voiries avant d'intégrer dans les spécifications du produit des relations

topologiques complexes. A l'heure actuelle, la topologie dans le jeu de données des axes de voiries est gérée de manière « implicite » (création d'un carrefour : les vertex terminaux de plusieurs polygones sont confondus en un même point). Afin d'exploiter au maximum l'information contenue dans les axes de voiries, il est conseillé d'envisager la création d'une topologie « explicite » (création d'un carrefour : les vertex terminaux de plusieurs polygones sont connectés à un objet ponctuel de nature « carrefour »).

Expérience internationale

La directive INSPIRE, d'habitude peu contraignante, impose pour le thème « Networks » que les axes de voirie soient situés dans l'emprise de la voirie. Elle impose également que les segments du réseau routier formant un carrefour se rencontrent au même point, ou tout du moins que la distance séparant leurs extrémités soit inférieure à un certain seuil de tolérance. Malheureusement, la directive INSPIRE ne précise pas de valeur pour ce seuil.

COHERENCE LOGIQUE - COHERENCE TOPOLOGIQUE

POINTS ADRESSE

Vérifications de la qualité de construction des géométries du jeu de données :

- Doublons géométriques au niveau des objets :
Les spécifications du produit permettant la superposition de points adresse, il n'y a pas lieu de réaliser ce contrôle.
- Géométries corrompues : Aucune erreur détectée.
- Géométries séparées par une distance très petite (mais non nulle) : Aucune erreur détectée (tolérance : 1m).
La valeur de la tolérance utilisée ci-dessus a été choisie arbitrairement. Une valeur de tolérance authentique doit être définie dans les spécifications du produit.

Vérifications du respect des relations topologiques issues des spécifications du produit :

- Présence des objets à l'intérieur du territoire wallon : Aucune erreur détectée.
- Règles de chevauchement des objets du jeu de données : Aucune erreur détectée.
Règle topologique contrôlée: les points adresse identiques ne peuvent pas se chevaucher. A noter que des points adresses différents pourraient se chevaucher dans le cas d'un immeuble à appartement par exemple.
- Règles de chevauchement des objets entre jeu de données :
Règle topologique contrôlée: un point adresse doit se situer dans l'emprise d'un bâtiment.

Ce contrôle ne peut pas être réalisé à ce stade car un point adresse peut également se situer en dehors d'un bâtiment (point d'amarrage pour bateau, etc.) mais rien ne permet de différencier ces situations à l'heure actuelle. Il est conseillé d'ajouter un attribut « nature » au point adresse permettant d'indiquer plus précisément l'objet auquel il se rapporte (bâtiment, parcelle, etc.)
- Relations topologiques spécifiques définies par le producteur du jeu de données :
Aucune erreur détectée.
Règle topologique contrôlée: un point adresse doit se situer dans l'emprise de la commune à laquelle il fait référence via son attribut « COMMU_NOM ».

Il est actuellement impossible de contrôler la position des points adresse de façon plus fine au vue de l'absence d'information concernant la référence utilisée pour déterminer leur localisation. Il est donc conseillé d'ajouter un attribut « référence de localisation » précisant la source sur base de laquelle le point adresse a été positionné (porte ou seuil, centroïde d'un polygone, répartition le long d'un axe

de voirie, etc.). Cet attribut a été rencontré chez plusieurs autres agences de cartographie (IGN France, OS, CIRB, Informatie Vlaanderen) ainsi que dans les Technical Guidelines d'INSPIRE sur les adresses.

EXHAUSTIVITE - EXCEDENT

BATIMENTS

Données de contrôle

- Confrontation de l'entièreté des bâtiments de la zone test à la réalité sur terrain et identification des bâtiments en excès dans le jeu de données.

Mise en pratique

- Nombre de bâtiments en excès : 1 (nature « habitation »)
- Taux de bâtiments en excès : 0,5% (nature « habitation »)
- L'échantillon étant trop petit, il n'est pas possible de conclure sur la qualité du résultat obtenu pour l'entièreté de la population. De plus, ce résultat ne tient compte que des bâtiments de nature « habitation ».

Enseignements et commentaires

- Le contrôle de l'excès n'a pas pu être réalisé sur l'ensemble des natures de la zone test en raison de problèmes de visibilité sur le terrain dans les espaces privés (haies, bâtiments derrière d'autres bâtiments, limites de propriété, etc.). En effet, les bâtiments de nature « annexe » n'ont pas pu tous être identifiés sur terrain.
- Pour contourner ce problème, une piste serait de confronter les bâtiments du jeu de données à une orthophotographie. Néanmoins, il faut être conscient du décalage qu'il pourrait y avoir entre le terrain photographié et le terrain à la date du contrôle. Pour limiter les risques d'incohérence dus à ce décalage, il faut veiller à utiliser les orthophotographies les plus récentes possibles. Les prescriptions d'usage imposent une actualité de 15 mois pour ces orthophotographies.
- Il y a également lieu de faire attention aux constructions incluses dans le jeu de données sous la nature « annexe ». En effet, vu du dessus, bien des carports peuvent être pris pour des extensions d'habitations. Cela aura toute son importance s'il est décidé de réaliser le contrôle de l'excès grâce aux orthophotographies.

Expériences internationales

- Toutes les autres agences cartographiques consultées réalisent le contrôle de l'exhaustivité des bâtiments de leur jeu de données.

EXHAUSTIVITE - EXCEDENT

AXES DE VOIRIE

Données de contrôle

- Confrontation de l'entièreté des axes de voirie de la zone test à la réalité sur terrain et identification des axes de voirie en excès dans le jeu de données.

Mise en pratique

- Nombre d'axes de voirie en excès : 0
- Taux d'axes de voirie en excès : 0%
- L'échantillon étant trop petit, il n'est pas possible de conclure sur la qualité du résultat obtenu.

Enseignements et commentaires

- Pour le contrôle de l'excès des axes de voirie, le terrain est une source d'information fiable car les voiries font partie du domaine public. Il est donc possible de parcourir toutes les voiries faisant l'objet du contrôle.
- L'utilisation des orthophotographies est déconseillée pour ce contrôle au vue des risques de masquage potentiel des axes de voiries (couvert forestier), en particulier pour les chemins et sentiers. Il est de plus évident que les axes de voirie souterrains ne sont pas identifiables sur orthophotographie.

Expériences internationales

- Toutes les autres agences cartographiques consultées réalisent le contrôle de l'exhaustivité des axes de voirie de leur jeu de données.

EXHAUSTIVITE - EXCEDENT

POINTS ADRESSE

Données de contrôle

- Confrontation de l'entièreté des points adresse de la zone test à la réalité sur terrain et identification des points adresse en excès dans le jeu de données.

Mise en pratique

- Nombre de points adresse en excès : 3
- Taux de points adresse en excès : 1,8%
- L'échantillon étant trop petit, il n'est pas possible de conclure sur la qualité du résultat obtenu.

Enseignements et commentaires

- Afin de valider l'existence d'une adresse sur le terrain et de la comptabiliser, il faut pouvoir retrouver la plaque de nom de rue mais surtout le numéro de police de l'adresse. Ce dernier n'est pas toujours aisément localisable. Ainsi, lorsque l'on ne retrouve pas une adresse/un numéro de police du jeu de données sur le terrain, il n'y a aucun moyen d'avoir la certitude que ce point adresse est bien un excédent. Néanmoins, pour la majorité des cas, la configuration des lieux et/ou l'interrogation de riverains permet tout de même de prendre une décision. En définitive, le contrôle de l'excès des points adresse ne peut se faire de manière rigoureuse sur la base unique du terrain.
- Afin de compléter la campagne sur terrain, il pourrait être utile de procéder à un croisement de plusieurs bases de données contenant des informations d'adresses.
- Dans le cas du contrôle de l'excédent, il est inutile de confronter les points adresse du jeu de données à la base de données ICAR car tous les points adresse proviennent de celle-ci.
- Enfin, il est impossible de réaliser ce contrôle sur base d'orthophotographies.

EXHAUSTIVITE - OMISSION

BATIMENTS

Données de contrôle

- Confrontation de l'entièreté des bâtiments de la zone test à la réalité sur terrain et identification des bâtiments absents dans le jeu de données.

Mise en pratique

- Nombre de bâtiments manquants : 5 (nature « habitation »)
- Taux de bâtiments manquants : 2,6% (nature « habitation »)
- L'échantillon étant trop petit, il n'est pas possible de conclure sur la qualité du résultat obtenu. De plus, ce résultat ne tient compte que des bâtiments de nature « habitation ».

Enseignements et commentaires

- Le contrôle de l'omission n'a pas pu être réalisé sur l'ensemble des natures de la zone test en raison de problèmes de visibilité sur le terrain dans les espaces privés (haies, bâtiments derrière d'autres bâtiments, etc.). En effet, les bâtiments de nature « annexe » n'ont pas pu tous être identifiés sur terrain.
- Pour contourner ce problème, une piste serait de confronter les bâtiments du jeu de données à une orthophotographie. Néanmoins, il faut être conscient du décalage qu'il pourrait y avoir entre le terrain photographié et le terrain à la date du contrôle. Pour limiter les risques d'incohérence due à ce décalage, il faut veiller à utiliser les orthophotographies les plus récentes possibles.
- Il y a également lieu de faire attention aux constructions qui sont incluses dans le jeu de données sous la nature « annexe ». En effet, vu du dessus, bien des carports peuvent être pris pour des extensions d'habitations. Cela aura toute son importance s'il est décidé de réaliser le contrôle de l'omission grâce aux orthophotographies.

Expériences internationales

- Toutes les autres agences cartographiques consultées réalisent le contrôle de l'exhaustivité des bâtiments de leur jeu de données.

EXHAUSTIVITE - OMISSION

AXES DE VOIRIE

Données de contrôle

- Confrontation de l'entièreté des axes de voirie de la zone test à la réalité sur terrain et identification des axes de voirie absents dans le jeu de données.

Mise en pratique

- Nombre d'axes de voirie manquants : 0
- Taux d'axes de voirie manquants : 0%
- L'échantillon étant trop petit, il n'est pas possible de conclure sur la qualité du résultat obtenu.

Enseignements et commentaires

- Pour le contrôle de l'omission des axes de voirie, le terrain est une source d'information fiable car les voiries font partie du domaine public. Il est donc possible de parcourir toutes les voiries faisant l'objet du contrôle.
- L'utilisation des orthophotographies est déconseillée pour ce contrôle au vue des risques de masquage potentiel des axes de voiries (couvert forestier), en particulier pour les chemins et sentiers. Il est de plus évident que les axes de voirie souterrains ne sont pas identifiables sur orthophotographie.

Expériences internationales

- Toutes les autres agences cartographiques consultées réalisent le contrôle de l'exhaustivité des axes de voirie de leur jeu de données.

EXHAUSTIVITE - OMISSION

POINTS ADRESSE

Données de contrôle

- Confrontation de l'entièreté des points adresse de la zone test à la réalité sur terrain et identification des points adresse absents dans le jeu de données.

Mise en pratique

- Nombre de points adresse manquants : 27
- Taux de points adresse manquants : 16,3%
- L'échantillon étant trop petit, il n'est pas possible de conclure sur la qualité du résultat obtenu.

Enseignements et commentaires

- Le taux élevé de points adresse manquants sur la zone test est majoritairement la conséquence de la division récente de deux importantes fermes en de multiples unités d'habitation. Ce taux semblant par ailleurs élevé, il faut ici prendre en compte son caractère relatif : les mises à jour de ce type sont impossibles à réaliser en temps-réel.
- Afin de valider l'existence d'une adresse sur le terrain et de la comptabiliser, il faut pouvoir retrouver la plaque de rue mais surtout le numéro de police de l'adresse. Ce dernier n'est pas toujours aisément localisable. Ainsi, dans le cas de parcelles non-bâties ou de bâtiments en construction, le numéro de police n'est pas toujours visible sur le terrain alors qu'il est bien attribué par la commune (Attention au PRECAD). Par conséquent, il est possible de ne pas repérer sur terrain ces nouvelles adresses. Il en résulte alors une sous-estimation du nombre de points adresse manquants. Le contrôle de l'omission des points adresse ne peut donc se faire de manière rigoureuse sur la base unique du terrain.
- Afin de compléter la campagne sur terrain, il pourrait être utile de confronter les points adresse du jeu de données à la base de données ICAR. En effet, toutes les adresses de la table des points adresse proviennent d'ICAR, mais toutes les adresses d'ICAR ne sont pas rattachées à une géométrie ponctuelle de la table des points d'adresse.
- Enfin, il est impossible de réaliser ce contrôle sur base d'orthophotographies.

QUALITE DU POSITIONNEMENT - ABSOLU

BATIMENTS

Données de contrôle

L'acquisition des données de contrôle s'est effectuée lors d'une campagne de levé topographique sur une zone échantillonnée. Pour chaque bâtiment sélectionné, nous avons levé des points aux coins des bâtiments. Le levé topographique a été réalisé dans un système local, puis géoréférencé en Lambert 2008 à l'aide du réseau GNSS Walcors. Il est conseillé d'effectuer les mesures directement dans le système de référence du Géoréférentiel quand c'est possible, car la transformation des coordonnées d'un système à un autre peut entraîner une erreur sur les valeurs des coordonnées.

Il est important de définir des méthodologies de levé répondant aux différents cas rencontrés sur le terrain de façon la plus exhaustive possible. La convention Waltopo donne des indications quant à ces règles de levé. Il est par conséquent logique de l'utiliser comme base de travail. Par exemple, dans la convention, les façades d'un bâtiment doivent être mesurées au sol ou en prenant leur hauteur sous toiture. Fournir un cahier de levé exhaustif aux différents intervenants permet d'homogénéiser dans la mesure du possible la qualité des levés et leur comparaison.

Dans cette approche, conformément aux prescriptions de l'arrêté français de 2003 (Ministère français, 2003), l'accent est mis sur les résultats et non sur les techniques mises en œuvre sur le terrain. Ceci dans l'optique de suivre la tendance qui veut que les moyens mis en œuvre pour l'évaluation de la position des entités se diversifient fortement (Levés topographiques, photogrammétrie ...). L'unique condition appliquée aux données de contrôle est que la précision de levé soit deux fois supérieure à la précision attendue des données du Géoréférentiel peu importe les techniques mises en œuvre. Les prestataires responsables de ces levés doivent donc s'assurer que cette précision est atteinte, quels que soient les outils de mesure utilisés et doivent de plus être à même d'en justifier la validité.

Pour le test présent, les données sont ([Figure 42](#), [Figure 43](#), [Figure 44](#)) :



Figure 42 – Bâtiments du PICC sélectionnés pour le test

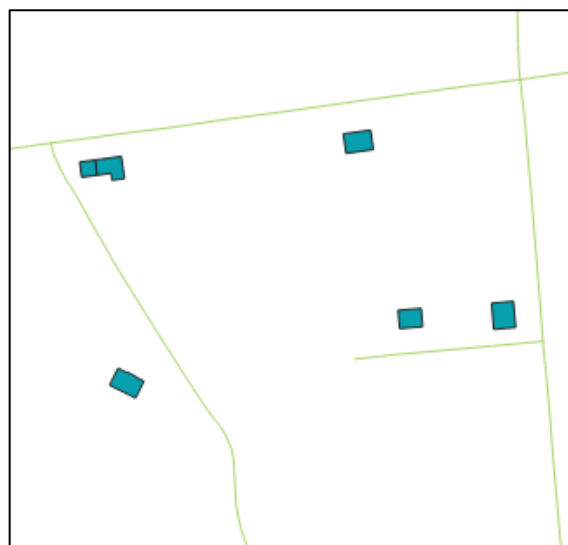


Figure 43 – Bâtiments de contrôle

	id	▲	OBJECTID	GEOREF_ID	NATUR_CODE	NATUR_DESC
1	501		884875	BE.WL.GEOREF....	BAT	Habitation
2	502		1339745	BE.WL.GEOREF....	BAT	Habitation
3	503		273136	BE.WL.GEOREF....	BAT	Habitation
4	504		780603	BE.WL.GEOREF....	BAT	Habitation
5	506		2645640	BE.WL.GEOREF....	BAT	Habitation
6	509		3190200	BE.WL.GEOREF....	ANE	Annexe

Figure 44 – Extrait de la table attributaire des bâtiments du PICC sélectionnés

Superposition des surfaces : Indice de distance surfacique

Les polygones vrais des emprises des bâtiments sont reconstruits sur base des points de référence levés à la section précédente. Ces emprises sont comparées à leurs homologues de la couche CONSTR_BATIEMPRISE du PICC grâce à l'indice de distance surfacique (Figure 45).

Pour rappel, plus les polygones ont un ds qui tend vers 0, plus leurs surfaces se superposent.

	id_bati	Sindice
1	501	0,143772755935...
2	502	0,051176584708...
3	503	0,060989623220...
4	504	0,092927263512...
5	506	0,076903124970...
6	509	0,107277289163...

Figure 45 – Table attributive avec Sindice, l'indice de surface calculé

On fixe un seuil de rejet selon la précision recherchée. Pour le test, un seuil de 0,1 est considéré. Les polygones dépassant ce seuil seront rejetés.

- Seuil de rejet : $ds > 0.1$
- Polygones rejetés : 501, 509
- Pourcentage de rejet : $R = 33.33\%$

Ce pourcentage n'est pas significatif vu la taille du jeu de données test. Les erreurs constatées sont multidirectionnelles et les emprises des données issues du PICC sont systématiquement plus grandes (Figure 46). On suppose que ces erreurs sont dues à la construction par vue aérienne, qui retrace en réalité la toiture dépassant des murs et non l'emprise au sol.

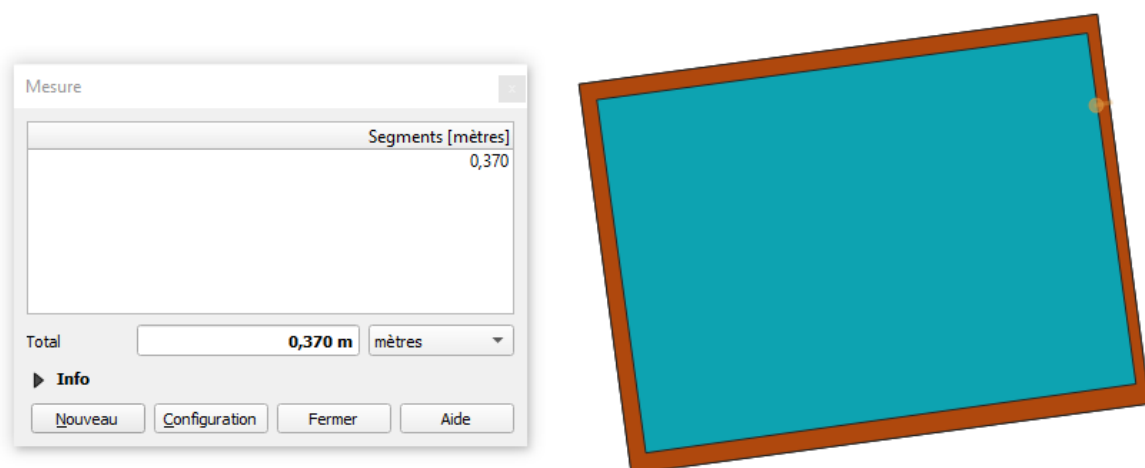


Figure 46 – Différence sur l'emprise du bâtiment 501 du PICC (en orange) et son homologue de contrôle (en bleu). La surface du polygone issu du PICC est plus large de plus de 37cm autour du polygone de référence. Au final, la superficie du bâtiment du PICC est de 132m² au lieu des 112m² du bâtiment de référence.

Mesures d'écart des contours : Distance de Hausdorff

La distance de Hausdorff s'applique uniquement sur les bâtiments qui n'ont pas été rejetés lors de la mesure précédente, afin de suivre la procédure en cascade. Cependant, l'échantillon étant minime dans ce test, les bâtiments rejetés ont tout de même été pris en compte. Les polygones ont été transformés en polygones pour

permettre l'application de la mesure, bien que le script développé par l'UGeom autorise les données polygonales (Figure 47).

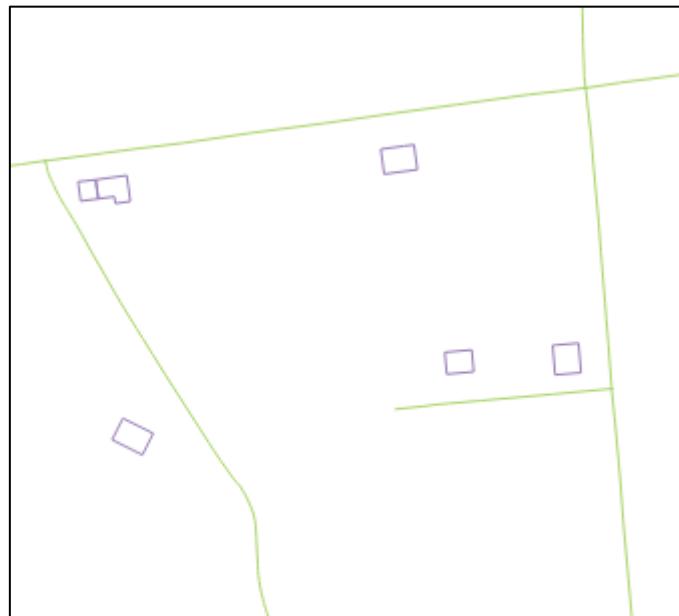


Figure 47 – Bâtiments sélectionnés transformés en polygones fermés

Le calcul de la distance de Hausdorff est effectué (Figure 48).

	id_bati	OBJECTID	HDistance
1	501	884875	0,638592983049...
2	502	1339745	0,302038806168...
3	503	273136	0,401154583014...
4	504	780603	0,598117882005...
5	506	2645640	0,382154418954...
6	509	3190200	0,389966665170...

Figure 48 – Table attributaire avec HDistance, la distance de Hausdorff calculée

On fixe un seuil de rejet selon la précision recherchée. Pour le test, on a choisi un seuil de 0,5 mètre. Les polygones dépassant ce seuil seront rejetées (Figure 49).

- Seuil de rejet : $d_H > 0.5\text{m}$
- Polygones rejetées : 501, 504
- Pourcentage de rejet : $R = 33.33\%$

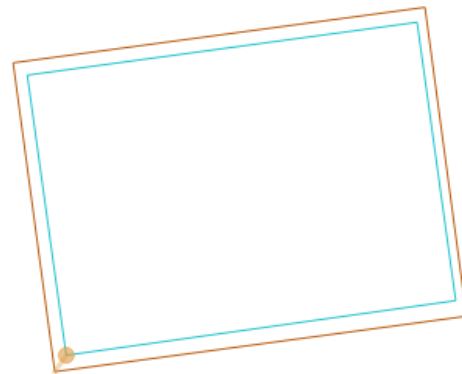
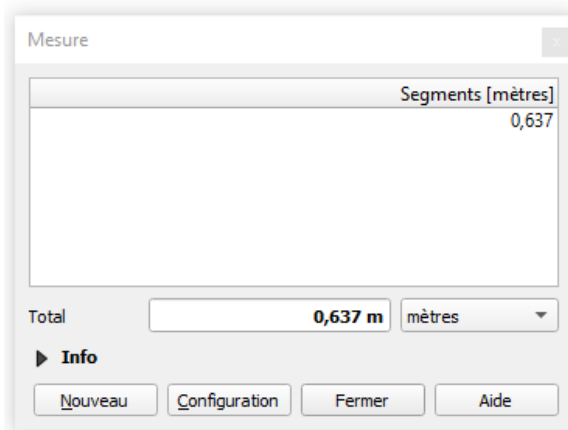


Figure 49 – Différence sur l’emprise du bâtiment 501 du PICC (en orange) et son homologue de contrôle (en bleu). La distance de Hausdorff équivaut à la distance entre les polygones dans un coin du bâtiment.

Mesures d’écart aux sommets : Arrêté ministériel du 16/09/2003

Cet arrêté (Ministère français, 2003) ne s’applique en théorie que sur les bâtiments qui n’ont pas été rejetés lors d’un test précédent. Néanmoins, au vu de la taille de l’échantillon de ce test, ils seront tous pris en compte. L’arrêté est exécuté sur les sommets ponctuels des bâtiments sélectionnés.

- L’écart moyen en position : $E_{moypos} = 0.316$ m
 Classe de précision : $P = 0.25$ (précision souhaitée du PICC)
 Valeur de précision avec coefficient de sécurité : 0.281 m
 → E_{moypos} n’est pas inférieur à la valeur de précision avec coefficient de sécurité attendue! Classe de précision non-respectée.
- Premier seuil limite : 0.681 m
 Nombre d’entités pouvant le dépasser : 2
 Nombre d’entités le dépassant : 0
 → Le seuil est respecté.
- Deuxième seuil limite : 1.021 m
 Nombre d’entités pouvant le dépasser : 0
 Nombre d’entités le dépassant : 0
 → Le seuil est respecté.

Enseignements

- Un premier constat peut être réalisé à la suite des terrains : la sélection aléatoire des bâtiments n’est pas l’idéal, car de nombreux bâtiments ne peuvent pas être mesurés. Et pour cause, l’intervisibilité des contours de ceux-ci est limitée par la végétation et les limites des propriétés privées. Afin d’être sûr que le bâtiment choisi soit entièrement visible, nous avons eu recours à une sélection semi-aléatoire où le prestataire se renseigne sur la réalité terrain (via orthophotographies ou encore Google Street View) dans le cadre de ce test. Cette solution n’est pas l’idéal. En effet, les bâtiments mesurables de toutes parts sont

pour la plupart des quatre façades en zone dégagée, ce qui affecte l'hétérogénéité de la sélection. Une solution plus adéquate pourrait être de repenser les objets du Géoréférentiel, notamment selon leur accessibilité, et de définir ainsi comme géodonnée la façade à rue et non plus l'emprise du bâtiment.

- La reconstruction digitale des bâtiments sur base de techniques dérivées autres que le levé topographique peut engendrer des erreurs d'emprise dues notamment à la toiture qui, en vue aérienne, est plus large que l'emprise au sol du bâtiment. Outre des erreurs de surface, cela peut aussi entraîner des erreurs de géométrie si les façades présentent des renforcements, des avancées, des oriels, ... (Figure 50).

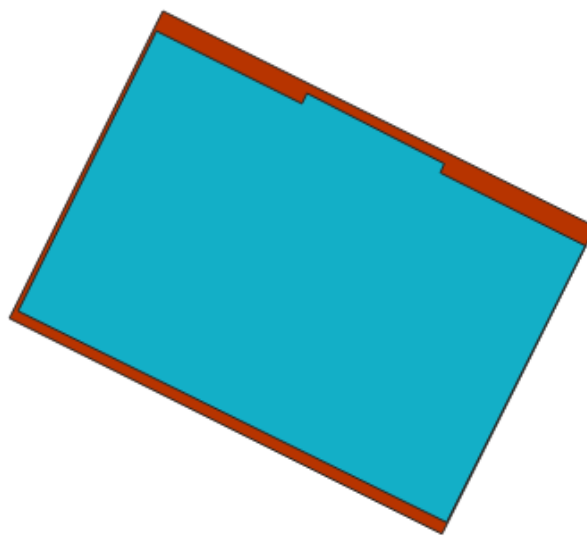


Figure 50 – Exemple de différence d'emprise pour un bâtiment dérivé construit du PICC (en orange) et issu d'un levé topographique (en bleu).

- Dans le cas de formes de bâti spécifiques, aucune information n'est fournie dans la convention Waltopo permettant d'assurer une bonne représentation de l'emprise du bâtiment. Si une façade est arrondie par exemple, il est impossible d'apparier les points mesurés de deux jeux de données différents car il n'y a pas d'arrêtes nettes à viser. La façade ne peut pas non plus être comparée en tant que polygone car le Géoréférentiel ne fait pas appel à la notion d'arc mais bien de compositions de segments. Or, ces segments dépendent des mesures ponctuelles non-appariables.

Expériences internationales

- Flandre: définition de classes de précision.
- France: mise en place de l'arrêté ministériel du 16/09/2003 (Ministère français, 2003).

QUALITE DU POSITIONNEMENT - ABSOLU

AXES DE VOIRIE

Données de contrôle

Au même titre que pour les levés de bâtiments, il est nécessaire de définir des méthodes de levé de contrôle spécifique. Actuellement, Waltopo propose de mesurer directement l'axe selon l'appréciation du géomètre. Trois problèmes se posent à cette simple spécification :

- Cette méthode de mesure n'est pas sécuritaire pour le prestataire qui doit se positionner au milieu de la route le temps de la mesure. Sur les bandes de circulation rapide, cette méthode est impossible à mettre en œuvre au moyen d'un prisme sur canne.
- La définition de l'axe est subjective, par conséquent, des écarts dus à la subjectivité du facteur humain des prestataires entre les mesures de contrôle et les mesures à contrôler sont à prévoir.
- Il n'y a pas d'information complémentaire quant aux extrémités de l'axe. Une définition unique et non-équivoque de la notion d'extrémité est nécessaire.

En l'absence d'une telle spécification, il a été défini de proposer une méthode de levé telle que :

- Ce sont les lignes de voirie telles que définis dans Waltopo et non les axes qui ont été mesurés. De cette façon, il n'est pas nécessaire de se positionner au centre de la voie pour prendre les mesures.
- Les limites des lignes de voirie étant toujours matérialisée par l'extérieur d'une ligne d'eau, l'intérieur d'un trottoir, un changement de matériau ou autre comme spécifié dans Waltopo, les résultats d'un prestataire à l'autre ne seront pas sujets à leur appréciation propre. L'axe central est ensuite reconstruit sur base de ces lignes. Pour le reconstruire, plusieurs méthodes sont possibles. On peut par exemple utiliser un algorithme de squelettisation après avoir transformé notre voirie en polygones. Dans notre cas, nous avons utilisé des outils de prolongation et de troncage pour relier les lignes, puis avons tracé les axes médians pour obtenir les axes centraux. A voir également avec les différents travaux qui ont été réalisés en interne par la DIG ou la DGEO sur les axes de voirie.
- Les extrémités des axes sont déterminées par l'intersection avec les autres axes dans le cas de carrefours classiques où chaque voie liée au carrefour porte un nom de rue différente.

La sélection semi-aléatoire des éléments de voirie comme décrite dans le chapitre sur l'échantillonnage se fait sur la couche des axes de voirie.

Pour le test présent, les données à contrôler sont ([Figure 51](#) et [Figure 52](#)) :

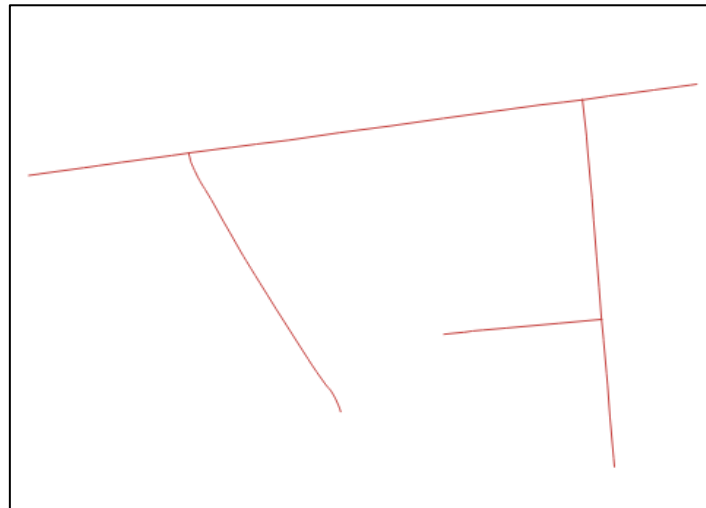


Figure 51 – Axes de voirie du PICC sélectionnés

	OBJECTID	id_axe	▲	GEOREF_ID	NATUR_CODE	NATUR_DESC
1	144269		1	BE.WL.GEOREF....	VCO	Communale
2	286124		2	BE.WL.GEOREF....	VCO	Communale
3	319487		3	BE.WL.GEOREF....	VCO	Communale
4	73891		4	BE.WL.GEOREF....	VCO	Communale
5	57166		5	BE.WL.GEOREF....	VCO	Communale
6	318445		6	BE.WL.GEOREF....	VCO	Communale
7	149612		7	BE.WL.GEOREF....	VCO	Communale

Figure 52 – Extrait de la table attributaire des axes de voirie du PICC sélectionnés

Algorithme du buffer seuil

L'algorithme du buffer seuil s'applique sur les axes de voirie sélectionnés à l'échantillonnage. Il compare les données linéaires à contrôler de la couche VOIRIE_AXE du PICC à leurs homologues issues des mesures de contrôle.

- Largeur du buffer seuil : 1 m
- Seuil de rejet : $db < 0.9$

Ce qui signifie que l'axe à contrôler doit se situer à plus de 90% dans le buffer de 1m autour de l'axe de contrôle, sinon il sera rejeté (Figure 53).

	OBJECTID	id_axe	RatioBuf
1	144269	1	1,000000000000...
2	286124	2	1,000000000000...
3	319487	3	0,999190676006...
4	73891	4	0,999811645736...
5	57166	5	1,000000000000...
6	318445	6	0,983213688297...
7	149612	7	0,974569576095...

Figure 53 – Table attributive avec l’attribut RatioBuf, la valeur de l’algorithme du buffer

- Polygones rejetées : 0
- Pourcentage de rejet : $R = 0\%$

Mesures d’écart des contours : Distance de Hausdorff

La distance de Hausdorff s’applique sur les axes de voirie non rejetés à la suite de la mesure précédente. Dans le cas présent, l’échantillon de test était petit, tous ses axes de voirie seront pris en compte (Figure 54).

	OBJECTID	id_axe	HDistance
1	144269	1	0,403588950233...
2	286124	2	1,683995480640...
3	319487	3	1,003725475993...
4	73891	4	1,003888510594...
5	57166	5	2,448841703028...
6	318445	6	2,448841703028...
7	149612	7	2,448785680878...

Figure 54 – Table attributive avec HDistance, la distance de Hausdorff calculée

On fixe un seuil de rejet selon la précision recherchée. Pour le test, on a choisi un seuil de 1 mètre.

- Seuil de rejet : $d_H > 1m$
- Polygones rejetées : 6
- Pourcentage de rejet : $R = 85,71\%$

On constate un pourcentage de rejet élevé. En visualisant les distances dépassant le seuil, on remarque qu’il s’agit essentiellement d’écarts aux extrémités et aux carrefours (Figure 55) !

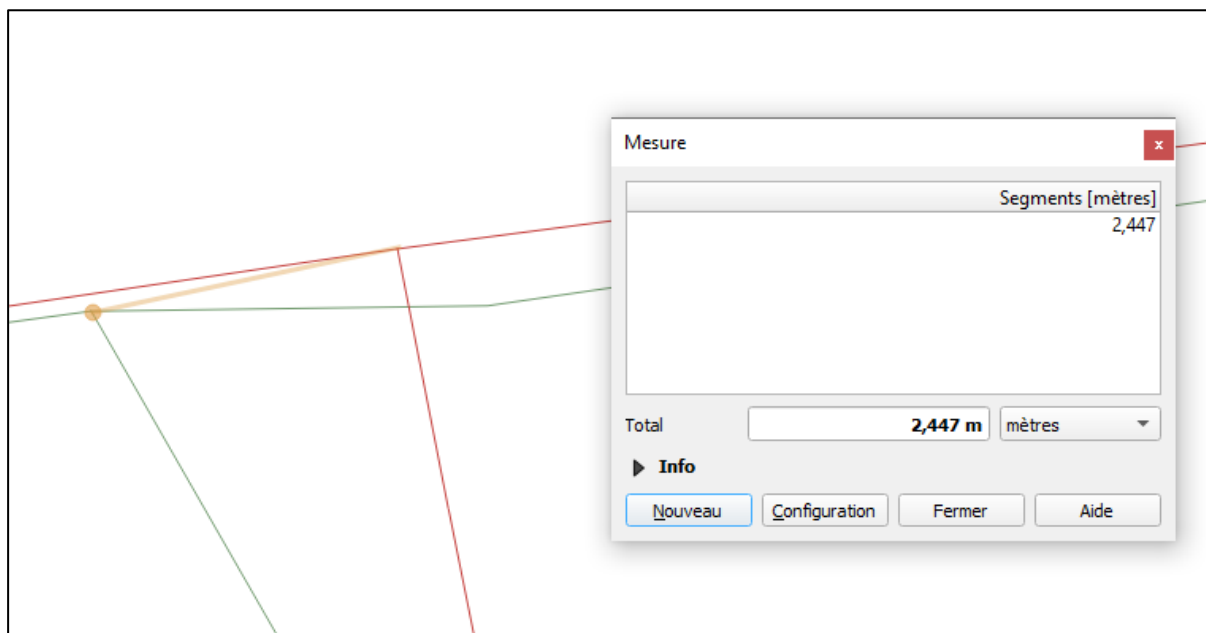


Figure 55 – Exemple d'écart conséquent entre deux carrefours homologues (PICC en orange, UGeom en vert)

Il est conseillé de définir clairement dans un cahier de charge destiné aux prestataires ce qui doit être pris comme extrémités des voiries dans les cas particuliers de cul-de-sac, de placettes, ... et déterminer une méthode de reconstruction des intersections de voirie.

Mesures d'écart aux sommets : Arrêté ministériel du 16/09/2003

Cet arrêté (Ministère français, 2003) ne s'applique en théorie que sur les axes qui n'ont pas été rejetés lors d'un test précédent. Néanmoins, au vu de la taille de l'échantillon de ce test, ils seront tous pris en compte. L'arrêté est exécuté sur les intersections et les extrémités des axes transformés en entités ponctuelles. Attention de ne bien prendre qu'un seul point par carrefour lors des mesures des écarts. Par défaut, un carrefour sera représenté par plusieurs points car il correspond à l'extrémité de plusieurs voiries. (Figure 56 et Figure 57).

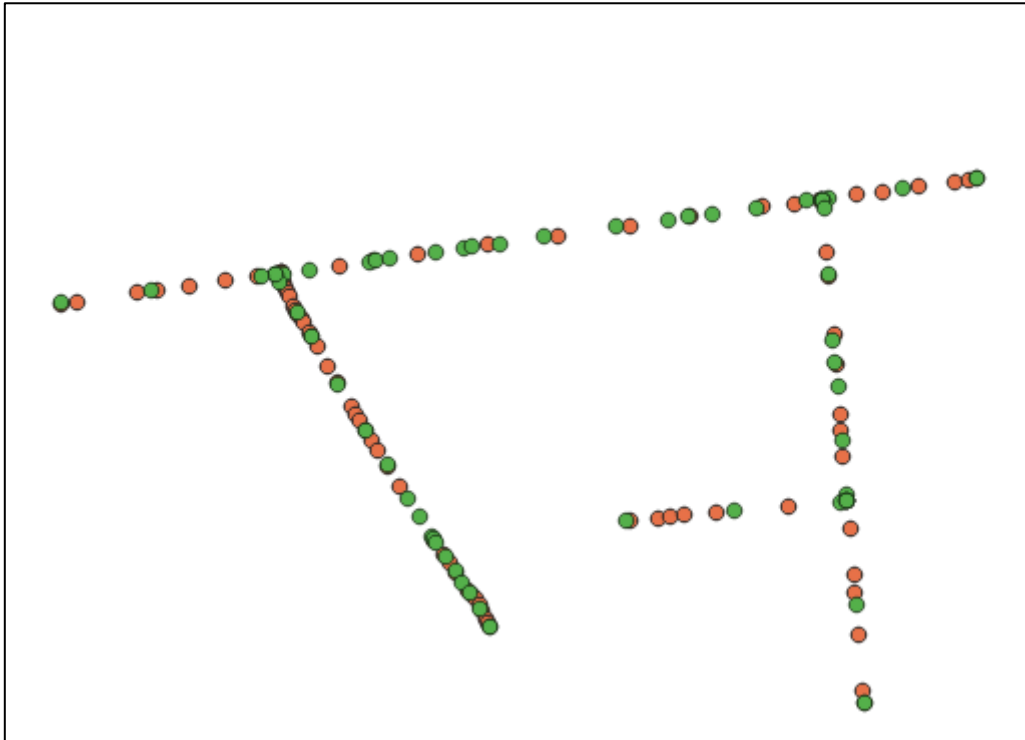


Figure 56 – Extraction des sommets des axes du PICC (orange) et de contrôle (vert). On constate qu'à part les extrémités et les carrefours, il est impossible de définir des paires de points homologues.

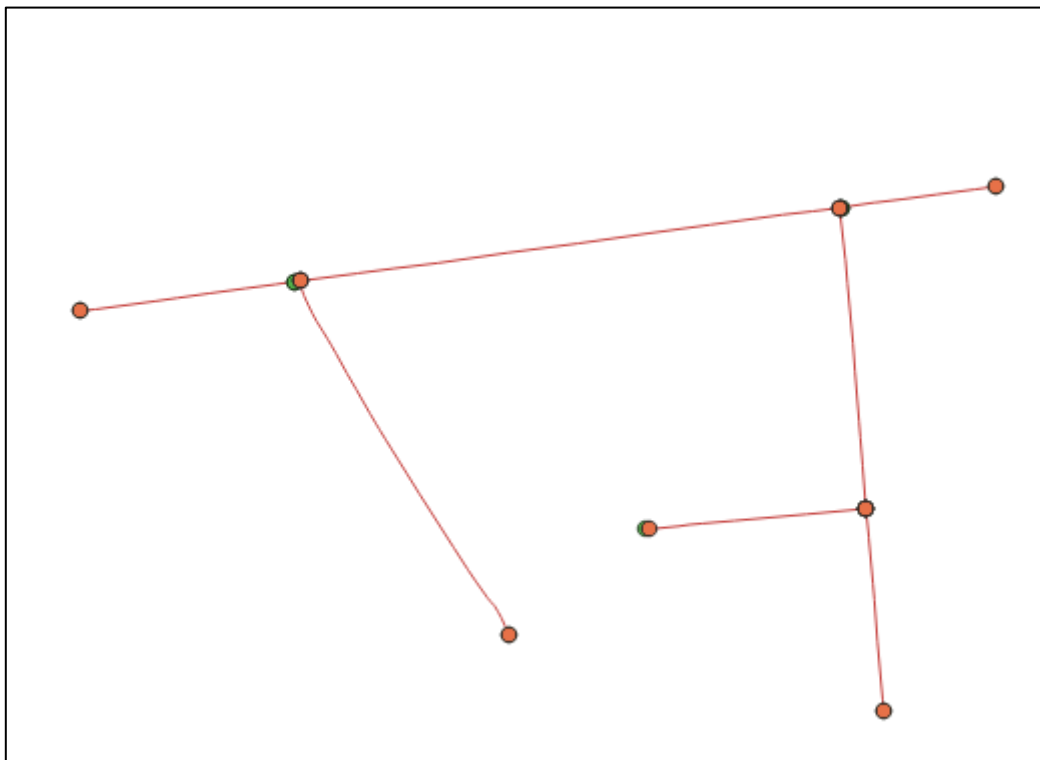


Figure 57 – Sélection des points des extrémités et des intersections pour le PICC (orange) et les données de contrôle (vert).

- L'écart moyen en position : $E_{moypos} = 0.7764 \text{ m}$

Classe de précision : $P = 0.25$ (précision attendue du PICC)

Valeur de précision avec coefficient de sécurité : 0.281 m

→ E_{moypos} n'est pas inférieur à la valeur de précision avec coefficient de sécurité attendue! Classe de précision non-respectée.

- Premier seuil limite : 0.6806 m
Nombre d'entités pouvant le dépasser : 1
Nombre d'entités le dépassant : 3
→ Le seuil n'est pas respecté.
- Deuxième seuil limite : 1.0209
Nombre d'entités pouvant le dépasser : 0
Nombre d'entités le dépassant : 2
→ Le seuil n'est pas respecté.

Ce test est un échec sur les trois mesures, notamment à cause de trois valeurs extrêmes qui correspondent à deux intersections de voirie et à une extrémité de voirie se terminant par une placette.

Enseignements

- A titre de suggestion, la définition des axes directement inscrite dans les prescriptions d'usage des données devrait grandement améliorer leur gestion. On différencierait ainsi les cas où : les axes vont de carrefour à carrefour ; une voie n'est pas réellement interrompue par une intersection dans la mesure où elle porte le même nom en amont et en aval de cette intersection ; une rue se termine en cul de sac ; une rue rejoint une placette ... La définition des extrémités des voiries doit être adaptée si la création d'une entité nœud ou carrefour est intégrée au futur Géroréférentiel. (Figure 58 et Figure 59).



Figure 58 – Exemple d'un cul de sac avec placette à Horion (Google maps, mai 2019)

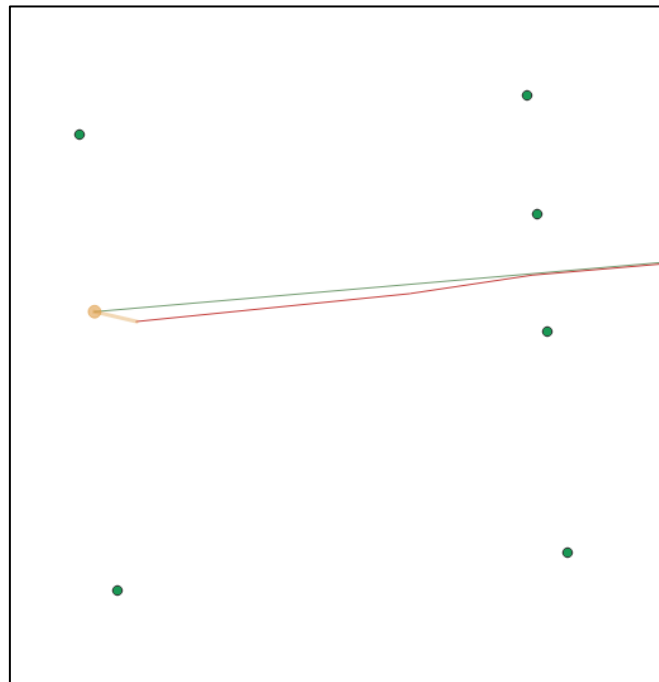


Figure 59 – Exemple d'un cul de sac avec placette, avec un écart de 1,68 m aux extrémités des axes homologues (PICC et UGeom)

- La mise au point d'une méthode de reconstruction unique et automatisée des axes centraux peut s'avérer utile.

QUALITE DU POSITIONNEMENT - ABSOLU

POINTS ADRESSE

Le positionnement absolu n'a pas de sens dans le cas de la couche des points adresse.
Ces points ne représentent aucune réalité terrain mesurable.

QUALITE DU POSITIONNEMENT - RELATIF

BATIMENTS

Données de contrôle

Le positionnement relatif peut être lié à une référence telle que des spécifications réglementaires ou des prescriptions d'usage. Par exemple, une extension est attenante au corps de logis donc la distance les séparant est nulle. Dans le cas contraire, il s'agit d'une annexe. Il s'agit donc du positionnement relatif entre deux bâtiments, mais l'erreur susceptible de résulter du contrôle pourrait tout aussi bien être liée au mauvais choix de nature du bâtiment (extension au lieu d'annexe) qu'à une vraie erreur de positionnement relatif lors de la digitalisation. Pour éviter la confusion, il est suggéré d'avoir des métadonnées et des spécifications précises sur la géodonnée.

Les contrôles de positionnement relatif les plus intéressants sont ceux qui se rapportent à plusieurs couches de géodonnées. Par exemple, en fonction du sens des routes, nous pouvons vérifier que les bâtiments se trouvent bien à gauche ou à droite d'une route, comme aperçu sur les orthophotographies de référence. Ces contrôles suggèrent l'interdépendance entre les couches, or il n'est pas possible de la vérifier sans un modèle conceptuel de données cohérent.

Mise en pratique

La mise en pratique n'est pas réalisable en l'absence de spécifications des produits, d'un modèle conceptuel et de connaissances en prescriptions d'usage.

Enseignements

L'instauration d'un modèle conceptuel et de spécifications produits est vivement conseillée pour permettre d'effectuer des tests de positionnement relatif.

QUALITE DU POSITIONNEMENT - RELATIF

AXES DE VOIRIE

Données de contrôle

Le positionnement relatif peut être lié à une référence telle que des spécifications réglementaires ou des prescriptions d'usage. Par exemple, deux routes ne peuvent s'intersecter avec un angle inférieur à 10° afin d'assurer aux véhicules de pouvoir tourner sans manœuvrer. Il s'agit donc du positionnement relatif entre deux routes, mais l'erreur susceptible de résulter du contrôle pourrait tout aussi bien être liée à la digitalisation des routes qu'au non-respect des spécifications lors de leur construction sur le terrain réel. Pour vérifier les positionnements relatifs à des spécifications il faut, dans un premier temps, avoir connaissance de ces spécifications, ce qui n'est pas le cas présentement. Dans un second temps, après contrôle des données vis-à-vis des spécifications, il peut être nécessaire d'effectuer une vérification des erreurs avec le terrain nominal pour définir si elles sont dues à la digitalisation ou à une mauvaise implémentation dans la réalité.

Les contrôles de positionnement relatif les plus intéressants sont ceux qui se rapportent à plusieurs couches de géodonnées. Par exemple, en fonction du sens des routes, nous pouvons vérifier que les bâtiments se trouvent bien à gauche ou à droite d'une route, comme aperçu sur les orthophotographies de référence. Ces contrôles suggèrent l'interdépendance entre les couches, or il n'est pas possible de la vérifier sans un modèle conceptuel de données cohérent.

Mise en pratique

La mise en pratique n'est pas réalisable en l'absence de spécifications des produits, d'un modèle conceptuel et de connaissances en prescriptions d'usage.

Enseignements

L'instauration d'un modèle conceptuel et de spécifications produits est vivement conseillée pour permettre d'effectuer des tests de positionnement relatif.

QUALITE DU POSITIONNEMENT - RELATIF

POINTS ADRESSE

Le positionnement relatif n'a pas de sens dans le cas de la couche des points adresse. L'utilisation de la macro de calcul du centroïde des bâtiments est d'ailleurs définie comme facultative au sein de la DIG, dès lors le positionnement des points se fait parfois à l'appréciation du cartographe en charge. Si un point adresse n'est pas au centroïde mais qu'il se trouve tout de même dans le bâtiment, il est correct. Le contrôle principal relève donc de la topologie.

QUALITE SEMANTIQUE - CLASSEMENT DES OBJETS

BATIMENTS

Le jeu de données étant constitué d'un unique type d'objets et indirectement d'un type de géométrie différent, il est virtuellement impossible qu'une confusion ait eu lieu. Le contrôle de la qualité du classement des objets sur la zone test n'a donc pas été effectué.

Dans le cas où la redéfinition du modèle conceptuel de données apporterait une modification en ce sens, un renvoi à la méthodologie et la mise en place d'une matrice de confusion est à prévoir.

QUALITE SEMANTIQUE - CLASSEMENT DES OBJETS

AXES DE VOIRIE

Le jeu de données étant constitué d'un unique type d'objets et indirectement d'un type de géométrie différent, il est virtuellement impossible qu'une confusion ait eu lieu. Le contrôle de la qualité du classement des objets sur la zone test n'a donc pas été effectué.

Dans le cas où la redéfinition du modèle conceptuel de données apporterait une modification en ce sens, un renvoi à la méthodologie et la mise en place d'une matrice de confusion est à prévoir.

QUALITE SEMANTIQUE - CLASSEMENT DES OBJETS

POINTS ADRESSE

Le jeu de données étant constitué d'un unique type d'objets et indirectement d'un type de géométrie différent, il est virtuellement impossible qu'une confusion ait eu lieu. Le contrôle de la qualité du classement des objets sur la zone test n'a donc pas été effectué.

Dans le cas où la redéfinition du modèle conceptuel de données apporterait une modification en ce sens, un renvoi à la méthodologie et la mise en place d'une matrice de confusion est à prévoir.

QUALITE SEMANTIQUE - EVALUATION / CLASSEMENT DES ATTRIBUTS QUALITATIFS



BATIMENTS

Champ attributaire : GEOREF_ID

L'identifiant unique étant considéré comme correct, aucun contrôle de qualité sémantique n'est réalisé sur cet attribut.

Champ attributaire : NATUR_CODE et NATUR_DESC

- Données de contrôle :
 - Vérification de la nature des bâtiments de l'échantillon sur le terrain
- Mise en pratique :
 - Nombre de nature erronée : 0
 - Taux de valeurs d'attribut « nature » correctes : 100%
 - Matrice de confusion diagonale (parfaite)
 - Coefficient Kappa de 1 (classement parfait)
 - L'échantillon étant trop petit, il n'est pas possible de conclure sur la qualité du résultat obtenu.
- Enseignements et commentaires :
 - Il n'existe pas de définitions des natures des bâtiments dans les spécifications du produit. Par conséquent, l'identification des natures de bâtiments lors de la visite sur le terrain a été réalisée de manière subjective. Par chance, aucun cas ambigu n'a été rencontré. Sur l'entièreté de la Wallonie, il est certain que de nombreux cas ambigus coexistent. Afin de ne pas laisser de place à la subjectivité lors du choix et du contrôle des natures des bâtiments, il est conseillé de définir précisément celles-ci.
 - La liste des natures des bâtiments fait usage d'une nomenclature ambiguë (« habitation », « building » ...). Il est conseillé de revoir cette liste afin de supprimer les natures ambiguës.
 - La nature « annexe » englobe un trop grand nombre de types de construction différents. Il est conseillé de revoir et de redéfinir cette nature.
 - Un bâtiment peut présenter plusieurs natures (commerce et habitation par exemple). Il est conseillé de pouvoir lier plusieurs natures à un même bâtiment.
- Expériences internationales :
 - Toutes les autres agences cartographiques consultées disposent (et mettent à disposition) d'un catalogue des objets reprenant la définition de toutes les classes, attributs et valeurs d'attribut inclus dans le modèle conceptuel de données de leur produit.

Champ attributaire : TECH_LEVE

Cet attribut ne pouvant pas être confronté à une référence, aucun contrôle de qualité sémantique n'est réalisé sur celui-ci.

Champ attributaire : PRECIS_XY et PRECIS_Z

La valeur de ces attributs dépend directement de la valeur de l'attribut TECH_LEVE. Par conséquent, une vérification automatisée de la qualité sémantique de ces valeurs peut être réalisée sur l'ensemble du jeu de données. Les bâtiments de la zone test ne comportant aucune valeur pour ces attributs, le contrôle de ceux-ci n'a pas pu être réalisé.

Champ attributaire : DATE_LEVE, DATE_CREAT, DATE_MODIF, DATE_TRANS

Ces attributs de datation ne pouvant pas être confronté à une référence, aucun contrôle de qualité sémantique n'est réalisé sur ces attributs.

Champ attributaire : CODE_WALTO

L'ambiguïté de la référence étant trop importante, aucun contrôle de qualité sémantique n'a pu être réalisé pour cet attribut. En effet, dans le fichier de définition des spécifications produit plusieurs codes Waltopo sont associés au même objet/nature de l'objet. Il est donc impossible de déterminer la valeur correcte de cet attribut.

QUALITE SEMANTIQUE - EVALUATION / CLASSEMENT DES ATTRIBUTS QUALITATIFS



AXES DE VOIRIE

Champ attributaire : GEOREF_ID

L'identifiant unique étant considéré comme correct, aucun contrôle de qualité sémantique n'est réalisé sur cet attribut.

Champ attributaire : NATUR_CODE et NATUR_DESC

- Données de contrôle :
 - Vérification de la nature des axes de voirie de l'échantillon dans la référence.
- Mise en pratique :
 - Nombre de nature erronée : 0
 - Taux de valeurs d'attribut « nature » correctes : 100%
 - Matrice de confusion diagonale (parfaite)
 - Coefficient Kappa de 1 (classement parfait)
 - L'échantillon étant trop petit, il n'est pas possible de conclure sur la qualité du résultat obtenu.
- Enseignements et commentaires :
 - L'existence d'une source de référence authentique et unique pour la nature des axes de voiries n'existe pas à l'heure actuelle selon notre connaissance. L'information semble dispersée entre plusieurs Directions au sein du Service Public de Wallonie. Il est conseillé de créer un document authentique et unique reprenant cette information. L'Atlas des voiries communales est un projet allant dans ce sens.
 - Il n'existe pas de définitions des natures des axes de voiries dans les spécifications produit, en particulier pour les natures « chemin » et « sentier ». Par conséquent, l'identification de ces natures est réalisée de manière subjective. Il est conseillé de définir précisément celles-ci dans les spécifications du produit.
- Expériences internationales :
 - Toutes les autres agences cartographiques consultées disposent (et mettent à disposition) d'un catalogue des objets reprenant la définition de toutes les classes, attributs et valeurs d'attribut inclus dans le modèle conceptuel de données de leur produit.

Champ attributaire : TECH_LEVE

Cet attribut ne pouvant pas être confronté à une référence, aucun contrôle de qualité sémantique n'est réalisé sur celui-ci.

Champ attributaire : PRECIS_XY et PRECIS_Z

La valeur de ces attributs dépend directement de la valeur de l'attribut TECH_LEVE. Par conséquent, une vérification automatisée de la qualité sémantique de ces valeurs peut être réalisée sur l'ensemble du jeu de données. Les axes de voirie de la zone test ne comportant aucune valeur pour ces attributs, le contrôle de ceux-ci n'a pas pu être réalisé.

Champ attributaire : DATE_LEVE, DATE_CREAT, DATE_MODIF, DATE_TRANS

Ces attributs de datation ne pouvant pas être confronté à une référence, aucun contrôle de qualité sémantique n'est réalisé sur ces attributs.

Champ attributaire : CODE_WALTO

L'ambiguïté de la référence étant trop importante, aucun contrôle de qualité sémantique n'a pu être réalisé pour cet attribut. En effet, dans le fichier des spécifications produit plusieurs codes Waltopo sont associés au même objet/nature de l'objet. Il est donc impossible de déterminer la valeur correcte de cet attribut.

Champ attributaire : ICARRUEID1 et ICARRUEID2

La valeur de ces attributs dépend directement de la valeur des attributs RUE_NOM1 et RUE_NOM2. Par conséquent, une vérification automatisée de la qualité sémantique de ces valeurs peut être réalisée sur l'ensemble du jeu de données. Sur la zone test, tous les identifiants ICAR correspondent bien à la rue indiquée dans l'attribut RUE_NOM1

Champ attributaire : RUE_NOM1 et RUE_NOM2

- Données de contrôle :
 - Echantillonnage des axes de voirie
 - Vérification du nom des axes de voirie de l'échantillon sur le terrain et dans une autre référence.
- Mise en pratique :
 - Nombre de nom erroné : 1
 - Taux de valeurs d'attribut « nom » correctes : 95%
 - L'échantillon étant trop petit, il n'est pas possible de conclure sur la qualité du résultat obtenu.
- Enseignements et commentaires :
 - La réalisation de ce contrôle uniquement sur base du terrain est impossible. Les informations y sont trop lacunaires pour la zone test. D'autres sources d'information ont été consultées. De préférence, celles-ci devraient être authentiques, comme la base de données ICAR. Le futur Atlas des voiries communales sera aussi une référence à consulter, en combinaison avec la banque de données routières.
 - Le nom d'une rue pouvant n'exister que sur une portion d'axe de voirie, il est dès lors nécessaire de diviser la géométrie de la polyligne en deux objets

différents. Cette façon de procéder augmente la complexité du réseau et donc les risques d'erreurs potentielles, uniquement en raison de la variation d'un seul attribut.

- Une attention particulière doit être portée sur le contrôle des voiries à cheval sur une limite communale car deux dénominations différentes peuvent coexister.
- Expériences internationales :
 - URBIS : utilisation de polyligne unique entre carrefours

Champ attributaire : COMMU_NOM1 et COMMU_NOM2

La vérification de la qualité sémantique de ces attributs peut être réalisée de manière automatisée sur l'ensemble du jeu de données au moyen de relations topologiques. Il s'agit de vérifier si le nom de la commune attribué à un axe de voirie correspond au nom de la commune dans laquelle il se situe ou aux noms des communes possédant une limite se superposant à cet axe de voirie. Sur la zone test, 100% des noms de commune sont corrects.

Champ attributaire : COMMU_INS1 et COMMU_INS2

La valeur de ces attributs dépend directement de la valeur des attributs COMMU_NOM1 et COMMU_NOM2. Par conséquent, une vérification automatisée de la qualité sémantique de ces valeurs peut être réalisée sur l'ensemble du jeu de données. Sur la zone test, tous les codes INS correspondent bien à la commune indiquée dans l'attribut COMMU_NOM1.

Champ attributaire : GESTION

La valeur de cet attribut dépend directement de la valeur de l'attribut NATUR_CODE. Par conséquent, une vérification automatisée de la qualité sémantique de ces valeurs peut être réalisée sur l'ensemble du jeu de données. Sur la zone test, toutes les valeurs pour l'attribut GESTION correspondent bien à la nature indiquée dans l'attribut NATUR_CODE.

Champ attributaire : VOIRIE_NOM

- Données de contrôle :
 - Attribut métier, uniquement utilisé pour les voiries régionales
 - Vérification du nom possible via la banque de données routières et d'autres références.
- Mise en pratique :
 - La zone test ne comportant pas de voiries régionales, aucun contrôle de qualité sémantique n'a été réalisé sur cet attribut.
 - Les résultats de tests supplémentaires montrent qu'il est possible d'identifier le nom des voiries régionales sur base des sources mentionnées ci-dessus.
- Enseignements et commentaires :

- La réalisation de ce contrôle uniquement sur base du terrain s'avère hasardeuse. En effet, les informations sur le nom des voiries régionales y sont trop lacunaires. D'autres sources d'information sont donc indispensables pour réaliser ce contrôle. La banque de données routières est la source de référence à privilégier.

Champ attributaire : SENS_BK

- Données de contrôle :
 - Attribut métier, uniquement utilisé pour les voiries régionales
 - Vérification de l'attribut SENS_BK des axes de voirie sur le terrain et/ou dans la BDR
- Mise en pratique :
 - La zone test ne comportant pas de voiries régionales, aucun contrôle de qualité sémantique n'a été réalisé sur cet attribut.
 - Les résultats de tests supplémentaires montrent qu'il est possible d'identifier la valeur correcte pour l'attribut SENS_BK sur base des sources mentionnées ci-dessus.
- Enseignements et commentaires :
 - La réalisation de ce contrôle peut se faire au choix sur base du terrain ou de la banque de données routières. En effet, contrairement au contrôle du nom des voiries régionales, deux bornes kilométriques positionnées en bordure de voirie sont nécessaire pour en déterminer le sens. Le sens de circulation sur les voiries est lui identifié au moyen des panneaux de signalisation et du trafic. La valeur correcte pour l'attribut SENS_BK est déduite de ces deux informations sur terrain.

Champ attributaire : NIVEAU

- Données de contrôle :
 - Vérification du niveau des axes de voirie de l'échantillon sur le terrain
- Mise en pratique :
 - Nombre de niveau erroné : 0
 - Taux de valeurs d'attribut « niveau » correctes : 100%
 - Matrice de confusion diagonale (parfaite)
 - Coefficient Kappa de 1 (classement parfait)
 - L'échantillon étant trop petit, il n'est pas possible de conclure sur la qualité du résultat obtenu.
- Enseignements et commentaires :
 - La réalisation de ce contrôle est uniquement possible sur base du terrain pour les voiries non régionales. De plus, le niveau des voiries souterraines est facilement appréhendable en se rendant sur le terrain.
 - Il n'existe pas d'explications sur la façon de déterminer la valeur de cet attribut, par conséquent, dans les situations complexes, le niveau est déterminé de façon subjective par le producteur. Le contrôle des valeurs de

cet attribut est également empreint de subjectivité. Il est donc conseillé de décrire dans les spécifications du produit la méthodologie utilisée pour déterminer le niveau des voiries.

- Ce contrôle a néanmoins pu être réalisé car toutes les voiries de la zone test sont de façon évidente au niveau du sol environnant, ce dernier ayant été interprété comme le niveau « 0 ».

Champ attributaire : AMENAG

- Données de contrôle :
 - Attribut métier, uniquement utilisé pour les voiries régionales
 - Vérification de l'attribut AMENAG des axes de voirie sur le terrain et/ou dans la banque de données routières
- Mise en pratique :
 - La zone test ne comportant pas de voiries régionales, aucun contrôle de qualité sémantique n'a été réalisé sur cet attribut.
 - A l'exception de la valeur « Rond-point », les résultats de tests supplémentaires montrent qu'il est difficile d'identifier la valeur correcte pour l'attribut AMENAG.
- Enseignements et commentaires :
 - Les valeurs pouvant être prise par l'attribut AMENAG font référence à des notions métiers complexes. Par conséquent, l'absence de définitions de ces notions rend le contrôle impossible ou le résultat totalement aléatoire. Il est donc conseillé de définir les valeurs de l'attribut AMENAG dans les spécifications du produit.
- Expériences internationales :
 - Toutes les autres agences cartographiques consultées disposent (et mettent à disposition) d'un catalogue des objets reprenant la définition de toutes les classes, attributs et valeurs d'attribut inclus dans le modèle conceptuel de données de leur produit.

QUALITE SEMANTIQUE - EVALUATION / CLASSEMENT DES ATTRIBUTS QUALITATIFS



POINTS ADRESSE

Afin de ne pas contrôler inutilement la qualité sémantique de certains attributs, il est intéressant de se pencher sur la méthodologie de construction des points adresse. Un point adresse est l'assemblage d'une géométrie ponctuelle d'une adresse du PICC avec les attributs d'adresse de l'adresse correspondante dans la base de données ICAR. Par conséquent, la valeur des attributs COMMU_NOM, COMMU_INS, CODEPOSTAL, ZONE_ADRES, RUE_NOM, NUMERO et ICAR_ADRID forment un bloc « adresse » provenant tous de la même adresse de la base de données ICAR. Remettre en cause un des éléments de ce bloc équivaut à remettre en cause l'une des adresses de la base de données ICAR. Considérant qu'ICAR est une source authentique, les attributs cités ci-dessus seront considérés comme corrects et ne seront donc pas contrôlés.

Champ attributaire : GEOREF_ID

L'identifiant unique étant considéré comme correct, aucun contrôle de qualité sémantique n'est réalisé sur cet attribut.

Champ attributaire : DATE_LEVE, DATE_CREAT, DATE_MODIF, DATE_TRANS

Ces attributs de datation ne pouvant pas être confronté à une référence, aucun contrôle de qualité sémantique n'est réalisé sur ces attributs.

Champ attributaire : X ET Y

Selon la méthodologie de construction des points adresse, la valeur des attributs X et Y est extraite directement depuis les coordonnées de la géométrie du point adresse. Par conséquent, il est inutile de procéder à un contrôle de la qualité sémantique pour ces attributs. Pour rappel, la qualité du positionnement d'un point adresse n'est pas évaluée dans cette section, cette vérification ayant eu lieu lors du contrôle de la cohérence topologique.

Champ attributaire : RUE_RN

Le modèle conceptuel de données mentionne que cet attribut n'est plus mis à jour et qu'il ne doit plus être utilisé. Par conséquent, le contrôle de la qualité sémantique n'a pas été effectué.

**QUALITE SEMANTIQUE -
EVALUATION / CLASSEMENT DES
ATTRIBUTS QUANTITATIFS**



BATIMENTS

Le jeu de données n'a pas d'attributs quantitatifs. Par conséquent, le contrôle de la qualité des attributs quantitatifs n'a pas pu être testé.

Dans le cas où la redéfinition du modèle conceptuel de données apporterait une modification en ce sens, nous renvoyons le lecteur à la méthodologie.

QUALITE SEMANTIQUE - EVALUATION / CLASSEMENT DES ATTRIBUTS QUANTITATIFS



AXES DE VOIRIE

Le jeu de données n'a pas d'attributs quantitatifs. Par conséquent, le contrôle de la qualité des attributs quantitatifs n'a pas pu être testé.

Dans le cas où la redéfinition du modèle conceptuel de données apporterait une modification en ce sens, nous renvoyons le lecteur à la méthodologie.

**QUALITE SEMANTIQUE -
EVALUATION / CLASSEMENT DES
ATTRIBUTS QUANTITATIFS**



POINTS ADRESSE

Le jeu de données n'a pas d'attributs quantitatifs. Par conséquent, le contrôle de la qualité des attributs quantitatifs n'a pas pu être testé.

Dans le cas où la redéfinition du modèle conceptuel de données apporterait une modification en ce sens, nous renvoyons le lecteur à la méthodologie.

QUALITE TEMPORELLE - ACTUALITE

BATIMENTS

Informations

Présentement, il n'est pas encore possible de calculer l'actualité des objets et le taux d'actualité des trois jeux de données étudiés. Et en effet, pour calculer l'actualité des objets, il faut un attribut de datation, une date de référence (pouvant différer de la date du test) et un seuil au-delà duquel l'objet est qualifié de « non actuel ». Ce seuil peut varier en fonction d'un des attributs des objets (sa nature, par exemple) et entre jeux de données. Il est conseillé de définir les différents seuils utilisés pour qualifier l'actualité des données dans les spécifications du produit.

Par ailleurs, malgré les quatre attributs de datation présents dans le modèle conceptuel de données des géodonnées étudiées, aucun ne permet d'évaluer avec rigueur l'actualité des objets. Si l'attribut DATE_MODIF devait être utilisé pour calculer le taux d'actualité, celui-ci serait artificiellement diminué. En effet, un élément du terrain n'ayant pas subi de changements entre deux campagnes de levé, ne sera pas – à juste titre – modifié dans les données. Par conséquent, son attribut DATE_MODIF ne sera pas actualisé. En d'autres termes, un objet du jeu de données peut toujours parfaitement refléter la situation sur terrain (et donc être d'actualité) alors que sa date de dernière mise à jour s'avère très ancienne. Pour contourner ce problème, il est proposé d'ajouter pour tous les jeux de données un attribut de datation supplémentaire permettant d'enregistrer la date à laquelle la présence d'un objet a pu être attestée sur le terrain pour la dernière fois. Cet attribut pourrait être complété aisément grâce aux inventaires réalisés lors des marchés de mise à jour du PICC.

Expériences internationales

- L'attribut « date de dernière confirmation terrain » est utilisé par l'IGN France.
- Les seuils et les fréquences de mise à jour diffèrent entre jeu de données (IGN France, OS, GRB).
- Pour améliorer la vitesse d'intégration des modifications du terrain (nouvelles constructions, modifications de voiries, ...) et donc l'actualité des jeux de données, il pourrait être opportun d'exiger l'envoi des plans as-built des travaux dont l'emprise dépasse une certaine superficie. Cette obligation est déjà en vigueur en Flandre afin de garantir un taux d'actualité élevé pour le Grootschalig Referentiebestand (GRB).

QUALITE TEMPORELLE - ACTUALITE

AXES DE VOIRIE

Informations

Présentement, il n'est pas encore possible de calculer l'actualité des objets et le taux d'actualité des trois jeux de données étudiés. Et en effet, pour calculer l'actualité des objets, il faut un attribut de datation, une date de référence (pouvant différer de la date du test) et un seuil au-delà duquel l'objet est qualifié de « non actuel ». Ce seuil peut varier en fonction d'un des attributs des objets (sa nature, par exemple) et entre jeux de données. Il est conseillé de définir les différents seuils utilisés pour qualifier l'actualité des données dans les spécifications du produit.

Par ailleurs, malgré les quatre attributs de datation présents dans le modèle conceptuel de données des géodonnées étudiées, aucun ne permet d'évaluer avec rigueur l'actualité des objets. Si l'attribut DATE_MODIF devait être utilisé pour calculer le taux d'actualité, celui-ci serait artificiellement diminué. En effet, un élément du terrain n'ayant pas subi de changements entre deux campagnes de levé, ne sera pas – à juste titre – modifié dans les données. Par conséquent, son attribut DATE_MODIF ne sera pas actualisé. En d'autres termes, un objet du jeu de données peut toujours parfaitement refléter la situation sur terrain (et donc être d'actualité) alors que sa date de dernière mise à jour s'avère très ancienne. Pour contourner ce problème, il est proposé d'ajouter pour tous les jeux de données un attribut de datation supplémentaire permettant d'enregistrer la date à laquelle la présence d'un objet a pu être attestée sur le terrain pour la dernière fois. Cet attribut pourrait être complété aisément grâce aux inventaires réalisés lors des marchés de mise à jour du PICC.

Expériences internationales

- L'attribut « date de dernière confirmation terrain » est utilisé par l'IGN France.
- Les seuils et les fréquences de mise à jour diffèrent entre jeu de données (IGN France, OS, GRB).
- Pour améliorer la vitesse d'intégration des modifications du terrain (nouvelles constructions, modifications de voiries, ...) et donc l'actualité des jeux de données, il pourrait être opportun d'exiger l'envoi des plans as-built des travaux dont l'emprise dépasse une certaine superficie. Cette obligation est déjà en vigueur en Flandre afin de garantir un taux d'actualité élevé pour le Grootschalig Referentiebestand (GRB).

QUALITE TEMPORELLE - ACTUALITE

POINTS ADRESSE

Informations

Présentement, il n'est pas encore possible de calculer l'actualité des objets et le taux d'actualité des trois jeux de données étudiés. Et en effet, pour calculer l'actualité des objets, il faut un attribut de datation, une date de référence (pouvant différer de la date du test) et un seuil au-delà duquel l'objet est qualifié de « non actuel ». Ce seuil peut varier en fonction d'un des attributs des objets (sa nature, par exemple) et entre jeux de données. Il est conseillé de définir les différents seuils utilisés pour qualifier l'actualité des données dans les spécifications du produit.

Par ailleurs, malgré les quatre attributs de datation présents dans le modèle conceptuel de données des géodonnées étudiées, aucun ne permet d'évaluer avec rigueur l'actualité des objets. Si l'attribut DATE_MODIF devait être utilisé pour calculer le taux d'actualité, celui-ci serait artificiellement diminué. En effet, un élément du terrain n'ayant pas subi de changements entre deux campagnes de levé, ne sera pas – à juste titre – modifié dans les données. Par conséquent, son attribut DATE_MODIF ne sera pas actualisé. En d'autres termes, un objet du jeu de données peut toujours parfaitement refléter la situation sur terrain (et donc être d'actualité) alors que sa date de dernière mise à jour s'avère très ancienne. Pour contourner ce problème, il est proposé d'ajouter pour tous les jeux de données un attribut de datation supplémentaire permettant d'enregistrer la date à laquelle la présence d'un objet a pu être attestée sur le terrain pour la dernière fois. Cet attribut pourrait être complété aisément grâce aux inventaires réalisés lors des marchés de mise à jour du PICC.

Expériences internationales

- L'attribut « date de dernière confirmation terrain » est utilisé par l'IGN France.
- Les seuils et les fréquences de mise à jour diffèrent entre jeu de données (IGN France, OS, GRB).
- Pour améliorer la vitesse d'intégration des modifications du terrain (nouvelles constructions, modifications de voiries, ...) et donc l'actualité des jeux de données, il pourrait être opportun d'exiger l'envoi des plans as-built des travaux dont l'emprise dépasse une certaine superficie. Cette obligation est déjà en vigueur en Flandre afin de garantir un taux d'actualité élevé pour le Grootschalig Referentiebestand (GRB).

Contrôle des informations généalogiques présentes au niveau des objets :

Actuellement, les informations concernant l'historique et le cycle de vie des objets sont peu présentes dans les trois jeux de données étudiés. En effet, parmi les 11 informations qu'il serait intéressant de connaître pour chaque objet, seulement 5 sont inclus sous forme d'attributs dans le modèle conceptuel de données des trois géodonnées :

- Identifiant unique : dans le modèle conceptuel de données, valeurs obligatoires. En pratique, valeurs présentes.
 - Il est conseillé de s'assurer que ces valeurs soient uniques entre les différents jeux de données et entre les différentes versions temporelles des jeux de données.
- Date de levé : dans le modèle conceptuel de données, valeurs non obligatoires (sauf pour les points adresse). En pratique, valeurs peu présentes.
 - Il est conseillé de rendre cet attribut obligatoire.
- Technique de levé : dans le modèle conceptuel de données, valeurs obligatoires. En pratique, valeurs présentes.
 - Malheureusement, un grand nombre d'objets possède la valeur « dérivé construit » pour cet attribut, en particulier les bâtiments. Cette valeur ne donne pas assez d'informations quant à la technique de levé utilisée. En ce qui concerne la couche des *Bâtiments*, il pourrait être intéressant de consigner la technique de levé au niveau de chaque face de l'objet afin d'éviter l'emploi de la valeur « dérivé construit ».
- Date de création de l'objet : dans le modèle conceptuel de données, valeurs non obligatoires. En pratique, valeurs présentes.
 - Il est conseillé de rendre cet attribut obligatoire.
- Date de dernière mise à jour : dans le modèle conceptuel de données, valeurs obligatoires (sauf pour les bâtiments). En pratique, valeurs présentes.
 - Il est conseillé de rendre cet attribut obligatoire pour les bâtiments.
- Source :
 - Cet attribut forme un cas particulier. En effet, il est présent dans la version du PICC diffusée aux partenaires Waltopo mais n'est pas présent dans la version de diffusion grand public.
 - Il est conseillé de rendre cet attribut disponible dans la version de diffusion grand public des jeux de données.

En complément des attributs déjà présents, il est conseillé d'ajouter dans le modèle conceptuel de données des trois géodonnées les attributs suivants :

- Type de la dernière modification
- Raison de la dernière modification
- Historique des mises à jour précédentes
- Version de l'objet (Comme le préconisent URBIS, GRB et OS)
- Identifiant(s) de(s) l'objet(s) fondateur(s)

Grâce aux deux derniers attributs ci-dessus, il serait dès lors possible de gérer l'historique des objets, chose impossible à l'heure actuelle.

Dans une démarche à plus long terme, il pourrait être intéressant d'envisager la gestion événementielle de l'historique des objets. Elle consiste en l'ajout d'une classe « événement » dans le modèle conceptuel de données (Figure 60). Chaque nouvel événement (modification) est à la fois associé à un objet de « départ » et un objet « d'arrivée » et permet ainsi de relier ces objets. Pour de plus amples informations sur la gestion événementielle de l'historique des objets du PICC, nous vous renvoyons vers le rapport de (Hallot & Billen, 2013).

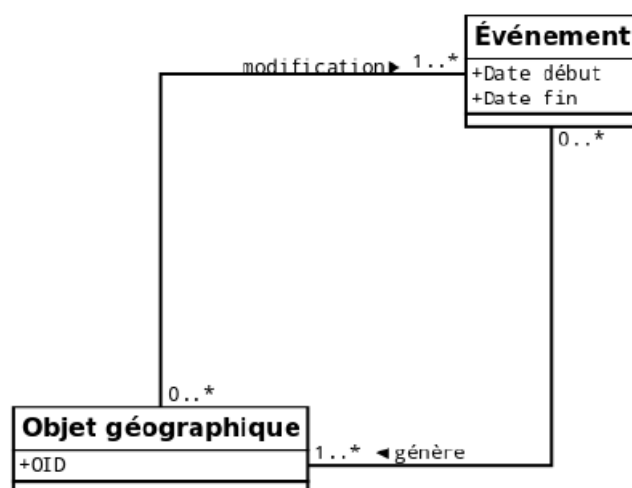


Figure 60 – Modèle UML de gestion événementielle d'objets géographiques (Source : P. Hallot & R. Billen, 2013)

Contrôle des informations généalogiques présentes au niveau du jeu de données :

Les informations relatives à la généalogie des trois jeux de données sont peu disponibles.

- Sources :
 - Quelques renseignements peuvent être trouvés sur la fiche descriptive du PICC dans le catalogue du Géoportail de la Wallonie.
 - Il est conseillé de détailler et de compléter les informations disponibles sur les sources (par exemple en mentionnant ICAR comme source des points adresse) et de les consigner dans un document à annexer aux spécifications du produit.
- Méthodes de production :

- Les informations contenues dans le document des spécifications produit sur le Géoportail ne correspondent plus aux méthodes de production et de mise à jour employées à l’heure actuelle. Il est conseillé de mettre à jour ce fichier en conséquence et d’ étoffer si possible le contenu originel.
- Historique du jeu de données :
 - A l’exception de quelques brèves mentions sur la fiche descriptive du PICC, aucune information n’ existe sur les différentes modifications ayant affecté l’ensemble du jeu de données. Un fichier de notes de versions, listant les mises à jour apportées au modèle conceptuel de données du PICC, est par contre disponible sur cette même fiche descriptive.
 - Il est conseillé d’annexer un document aux spécifications du produit reprenant et détaillant toutes les campagnes d’enrichissement et de modifications des données ayant eu lieu.

En ce qui concerne les métadonnées disponibles sur Metawal, elles reprennent les mêmes informations que sur la fiche descriptive du PICC dans le catalogue du Géoportail de la Wallonie. Il pourrait être envisagé d’ étoffer les informations disponibles via ces métadonnées.

Enfin, des informations plus détaillées sur les points abordés ci-dessus ont été trouvées dans les documents provenant des différents Club des Utilisateurs du PICC. Cette quantité d’information, trop dispersée à l’heure actuelle, pourrait être facilement valorisée dans un document-synthèse annexé aux spécifications du produit.

Contrôle des informations généalogiques présentes au niveau des objets :

Actuellement, les informations concernant l'historique et le cycle de vie des objets sont peu présentes dans les trois jeux de données étudiés. En effet, parmi les 11 informations qu'il serait intéressant de connaître pour chaque objet, seulement 5 sont inclus sous forme d'attributs dans le modèle conceptuel de données des trois géodonnées :

- Identifiant unique : dans le modèle conceptuel de données, valeurs obligatoires. En pratique, valeurs présentes.
 - Il est conseillé de s'assurer que ces valeurs soient uniques entre les différents jeux de données et entre les différentes versions temporelles des jeux de données.
- Date de levé : dans le modèle conceptuel de données, valeurs non obligatoires (sauf pour les points adresse). En pratique, valeurs peu présentes.
 - Il est conseillé de rendre cet attribut obligatoire.
- Technique de levé : dans le modèle conceptuel de données, valeurs obligatoires. En pratique, valeurs présentes.
 - Malheureusement, un grand nombre d'objets possède la valeur « dérivé construit » pour cet attribut, en particulier les bâtiments. Cette valeur ne donne pas assez d'informations quant à la technique de levé utilisée. En ce qui concerne la couche des *Bâtiments*, il pourrait être intéressant de consigner la technique de levé au niveau de chaque face de l'objet afin d'éviter l'emploi de la valeur « dérivé construit ».
- Date de création de l'objet : dans le modèle conceptuel de données, valeurs non obligatoires. En pratique, valeurs présentes.
 - Il est conseillé de rendre cet attribut obligatoire.
- Date de dernière mise à jour : dans le modèle conceptuel de données, valeurs obligatoires (sauf pour les bâtiments). En pratique, valeurs présentes.
 - Il est conseillé de rendre cet attribut obligatoire pour les bâtiments.
- Source :
 - Cet attribut forme un cas particulier. En effet, il est présent dans la version du PICC diffusée aux partenaires Waltopo mais n'est pas présent dans la version de diffusion grand public.
 - Il est conseillé de rendre cet attribut disponible dans la version de diffusion grand public des jeux de données.

En complément des attributs déjà présents, il est conseillé d'ajouter dans le modèle conceptuel de données des trois géodonnées les attributs suivants :

- Type de la dernière modification
- Raison de la dernière modification
- Historique des mises à jour précédentes
- Version de l'objet (Comme le préconisent URBIS, GRB et OS)
- Identifiant(s) de(s) l'objet(s) fondateur(s)

Grâce aux deux derniers attributs ci-dessus, il serait dès lors possible de gérer l'historique des objets, chose impossible à l'heure actuelle.

Dans une démarche à plus long terme, il pourrait être intéressant d'envisager la gestion événementielle de l'historique des objets. Elle consiste en l'ajout d'une classe « événement » dans le modèle conceptuel de données (Figure 61). Chaque nouvel événement (modification) est à la fois associé à un objet de « départ » et un objet « d'arrivée » et permet ainsi de relier ces objets. Pour de plus amples informations sur la gestion événementielle de l'historique des objets du PICC, nous vous renvoyons vers le rapport de (P. Hallot & R. Billen, 2013).

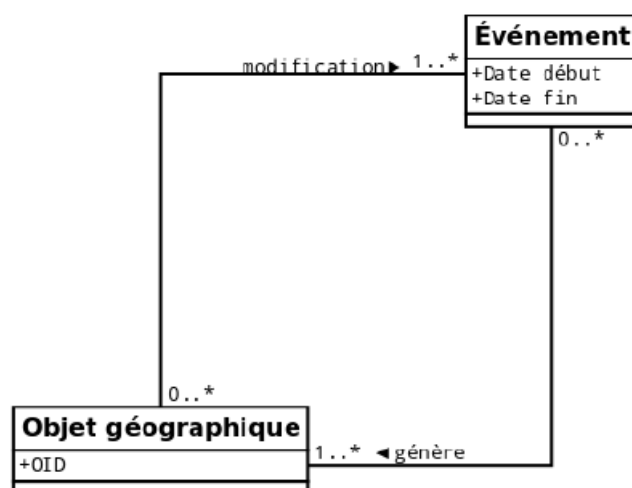


Figure 61 – Modèle UML de gestion événementielle d'objets géographiques (Source : P. Hallot & R. Billen, 2013)

Contrôle des informations généalogiques présentes au niveau du jeu de données :

Les informations relatives à la généalogie des trois jeux de données sont peu disponibles.

- Sources :
 - Quelques renseignements peuvent être trouvés sur la fiche descriptive du PICC dans le catalogue du Géoportail de la Wallonie.
 - Il est conseillé de détailler et de compléter les informations disponibles sur les sources (par exemple en mentionnant ICAR comme source des points adresse) et de les consigner dans un document à annexer aux spécifications du produit.
- Méthodes de production :

- Les informations contenues dans le document des spécifications produit sur le Géoportail ne correspondent plus aux méthodes de production et de mise à jour employées à l’heure actuelle. Il est conseillé de mettre à jour ce fichier en conséquence et d’ étoffer si possible le contenu originel.
- Historique du jeu de données :
 - A l’exception de quelques brèves mentions sur la fiche descriptive du PICC, aucune information n’ existe sur les différentes modifications ayant affecté l’ensemble du jeu de données. Un fichier de notes de versions, listant les mises à jour apportées au modèle conceptuel de données du PICC, est par contre disponible sur cette même fiche descriptive.
 - Il est conseillé d’annexer un document aux spécifications du produit reprenant et détaillant toutes les campagnes d’enrichissement et de modifications des données ayant eu lieu.

En ce qui concerne les métadonnées disponibles sur Metawal, elles reprennent les mêmes informations que sur la fiche descriptive du PICC dans le catalogue du Géoportail de la Wallonie. Il pourrait être envisagé d’ étoffer les informations disponibles via ces métadonnées.

Enfin, des informations plus détaillées sur les points abordés ci-dessus ont été trouvées dans les documents provenant des différents Club des Utilisateurs du PICC. Cette quantité d’information, trop dispersée à l’heure actuelle, pourrait être facilement valorisée dans un document-synthèse annexé aux spécifications du produit.

Contrôle des informations généalogiques présentes au niveau des objets :

Actuellement, les informations concernant l'historique et le cycle de vie des objets sont peu présentes dans les trois jeux de données étudiés. En effet, parmi les 11 informations qu'il serait intéressant de connaître pour chaque objet, seulement 5 sont inclus sous forme d'attributs dans le modèle conceptuel de données des trois géodonnées :

- Identifiant unique : dans le modèle conceptuel de données, valeurs obligatoires. En pratique, valeurs présentes.
 - Il est conseillé de s'assurer que ces valeurs soient uniques entre les différents jeux de données et entre les différentes versions temporelles des jeux de données.
- Date de levé : dans le modèle conceptuel de données, valeurs non obligatoires (sauf pour les points adresse). En pratique, valeurs peu présentes.
 - Il est conseillé de rendre cet attribut obligatoire.
- Technique de levé : dans le modèle conceptuel de données, valeurs obligatoires. En pratique, valeurs présentes.
 - Malheureusement, un grand nombre d'objets possède la valeur « dérivé construit » pour cet attribut, en particulier les bâtiments. Cette valeur ne donne pas assez d'informations quant à la technique de levé utilisée. En ce qui concerne la couche des *Bâtiments*, il pourrait être intéressant de consigner la technique de levé au niveau de chaque face de l'objet afin d'éviter l'emploi de la valeur « dérivé construit ».
- Date de création de l'objet : dans le modèle conceptuel de données, valeurs non obligatoires. En pratique, valeurs présentes.
 - Il est conseillé de rendre cet attribut obligatoire.
- Date de dernière mise à jour : dans le modèle conceptuel de données, valeurs obligatoires (sauf pour les bâtiments). En pratique, valeurs présentes.
 - Il est conseillé de rendre cet attribut obligatoire pour les bâtiments.
- Source :
 - Cet attribut forme un cas particulier. En effet, il est présent dans la version du PICC diffusée aux partenaires Waltopo mais n'est pas présent dans la version de diffusion grand public.
 - Il est conseillé de rendre cet attribut disponible dans la version de diffusion grand public des jeux de données.

En complément des attributs déjà présents, il est conseillé d'ajouter dans le modèle conceptuel de données des trois géodonnées les attributs suivants :

- Type de la dernière modification
- Raison de la dernière modification
- Historique des mises à jour précédentes
- Version de l'objet (Comme le préconisent URBIS, GRB et OS)
- Identifiant(s) de(s) l'objet(s) fondateur(s)

Grâce aux deux derniers attributs ci-dessus, il serait dès lors possible de gérer l'historique des objets, chose impossible à l'heure actuelle.

Dans une démarche à plus long terme, il pourrait être intéressant d'envisager la gestion événementielle de l'historique des objets. Elle consiste en l'ajout d'une classe « événement » dans le modèle conceptuel de données (Figure 62). Chaque nouvel événement (modification) est à la fois associé à un objet de « départ » et un objet « d'arrivée » et permet ainsi de relier ces objets. Pour de plus amples informations sur la gestion événementielle de l'historique des objets du PICC, nous vous renvoyons vers le rapport de (P. Hallot & R. Billen, 2013).

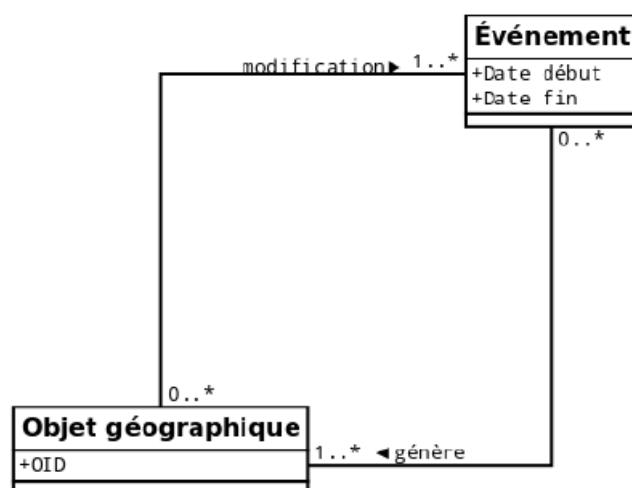


Figure 62 – Modèle UML de gestion événementielle d'objets géographiques (Source : P. Hallot & R. Billen, 2013)

Contrôle des informations généalogiques présentes au niveau du jeu de données :

Les informations relatives à la généalogie des trois jeux de données sont peu disponibles.

- Sources :
 - Quelques renseignements peuvent être trouvés sur la fiche descriptive du PICC dans le catalogue du Géoportail de la Wallonie.
 - Il est conseillé de détailler et de compléter les informations disponibles sur les sources (par exemple en mentionnant ICAR comme source des points adresse) et de les consigner dans un document à annexer aux spécifications du produit.
- Méthodes de production :

- Les informations contenues dans le document des spécifications produit sur le Géoportail ne correspondent plus aux méthodes de production et de mise à jour employées à l’heure actuelle. Il est conseillé de mettre à jour ce fichier en conséquence et d’ étoffer si possible le contenu originel.
- Historique du jeu de données :
 - A l’exception de quelques brèves mentions sur la fiche descriptive du PICC, aucune information n’ existe sur les différentes modifications ayant affecté l’ ensemble du jeu de données. Un fichier de notes de versions, listant les mises à jour apportées au modèle conceptuel de données du PICC, est par contre disponible sur cette même fiche descriptive.
 - Il est conseillé d’ annexer un document aux spécifications du produit reprenant et détaillant toutes les campagnes d’ enrichissement et de modifications des données ayant eu lieu.

En ce qui concerne les métadonnées disponibles sur Metawal, elles reprennent les mêmes informations que sur la fiche descriptive du PICC dans le catalogue du Géoportail de la Wallonie. Il pourrait être envisagé d’ étoffer les informations disponibles via ces métadonnées.

Enfin, des informations plus détaillées sur les points abordés ci-dessus ont été trouvées dans les documents provenant des différents Club des Utilisateurs du PICC. Cette quantité d’ information, trop dispersée à l’ heure actuelle, pourrait être facilement valorisée dans un document-synthèse annexé aux spécifications du produit.

8. CAMPAGNE DE TERRAIN EN COLLABORATION AVEC LE SPW

Pour enrichir l'étude, des tests de contrôle sur terrain ont été effectués par les topographes du SPW, avec l'assistance de l'équipe de l'Ugeom. Ces tests ont pour objectif premier de déterminer l'opérationnalité de la méthodologie de contrôle, et plus particulièrement des critères pour lesquels un déplacement sur le terrain semble opportun. Dans un second temps, ils permettent également aux équipes du SPW d'appréhender et de maîtriser la méthodologie. Enfin, ces tests fournissent également des amorces de recommandations listées dans le *Chapitre 11 - Perspectives d'améliorations* et peuvent servir de justificatifs dans le choix des méthodes d'acquisition du *Chapitre 12 - Propositions d'alternatives et suggestion de scénarii*

8.1. Acquisition sur terrain

Les critères ou sous-critères concernés par un contrôle sur le terrain sont les tests d'exhaustivité pour les 3 géodonnées, le contrôle sémantique de l'attribut « NATUR_DESC » pour les *Bâtiments*, le contrôle sémantique de l'attribut « SENS_BK » pour les *Axes de voiries* et le contrôle de positionnement absolu pour les *Bâtiments* et les *Axes de voiries*. Nous différencierons le critère de positionnement qui est le plus lourd à contrôler en termes de temps et de moyens puisqu'il s'agit d'un critère de mesure, des autres critères qui sont basés sur l'observation.

Les contrôles se sont déroulés sur deux zones, une urbaine (Namur) et une rurale (Dhuy) de 0,25 et 4 km² respectivement. Les dimensions des mailles diffèrent également à cause de leur densité (*section 5.1.3 - Mise à jour de la méthode d'échantillonnage*). Le choix de deux zones de densités différentes permet d'analyser le temps requis pour réaliser les tests dans les deux cas. Ces deux mailles sont par ailleurs situées dans des communes dont l'âge actuel de leur dernière mise à jour est proche de la moyenne régionale de 5 ans. L'âge de la commune de Namur est de 6 ans et la commune d'Eghezée où se situe Dhuy est âgée de 2 ans. La dernière mise à jour la plus ancienne concerne la commune de Montigny-Le-Tilleul et date de 19 ans.

En ce qui concerne les échantillonnages dans les mailles, ils diffèrent selon le critère étudié. L'exhaustivité ne demande pas d'échantillonnage, elle s'étudie sur toute la maille. Les critères sémantiques font appel à un échantillonnage spécifiques aux critères de conformité/non-conformité ([Tableau 24](#)) et le critère de positionnement à un échantillonnage spécifique aux critères de mesure ([Tableau 23](#)).

Pour la zone de Namur, il y a 663 bâtiments possédant une nature différente de « Annexe » et qui ont plus de 50% de leur superficie dans la maille sélectionnée. D'après les tableaux d'échantillonnage, il faudra contrôler aléatoirement 80 bâtiments pour l'attribut « NATUR_DESC », et 35 bâtiments pour le positionnement absolu. 38 voiries possédant une nature différente de « chemin ou sentier »

composent la maille, 5 d'entre elles devront être contrôlée pour le positionnement absolu. Pour l'attribut « SENS_BK » qui ne concerne que les 12 voiries non-communales, 8 parmi ces dernières devront être sélectionnées et contrôlées. Enfin, l'exhaustivité des 625 points adresse de la maille devra être analysée. Pour la zone de Dhuy, il existe 284 bâtiments (hors « Annexe »), 48 voiries (hors « chemin ou sentier ») et 240 points adresse. Le critère de positionnement nécessite un échantillon de 20 bâtiments et 5 voiries, et l'attribut « NATUR_DESC » de 50 bâtiments. Il n'y a pas de voirie non « communale » dans la maille, donc l'attribut « SENS_BK » n'a pas lieu d'être vérifié. Enfin, l'exhaustivité de tous les éléments (*Bâtiments, Axes de voirie et Points adresse*) de la zone devra être analysée.

Quatre journées terrains ont été programmées (Tableau 29, Tableau 30).

- Jour 1 (23/09) ; journée de familiarisation des deux équipes de topographes avec la méthodologie, et premiers tests techniques sur la maille de Namur. Chaque équipe était composée d'un topographe et d'un assistant. Un levé avec la méthodologie employée généralement au SPW a également été effectué par une équipe afin d'avoir une comparaison de temps et de précision entre les deux méthodes. Un assistant a contrôlé, à pied, les critères d'observation qui ne se rapportent pas au positionnement.
- Jour 2 (24/09) ; journée d'application de la méthodologie sur la maille de Namur. Les deux équipes ont réalisé chacune une polygonale et des levés de contrôle test.
- Jour 3 (03/10) ; journée d'application de la méthodologie sur la maille de Dhuy. Les deux équipes ont réalisé chacune une polygonale et des levés de contrôle test.
- Jour 4 (04/10) ; contrôle en voiture par les deux équipes des critères d'observation.

Tableau 29 – Organisation des terrains (Critère de positionnement absolu)

Date	Zone	Equipe n°	Nombre d'agents	Heures prestées sur terrain	Critère de positionnement absolu			
					Méthodologie de levé	Façades levées	Voiries levées	Nombre total de points
23/09	Namur	1	1	6	SPW	10	3	297
24/09	Namur	1	2	6	QualiGEO	12	2	184
24/09	Namur	2	2	6	QualiGEO	10	1	161
Totaux						32/35	6/5	642
03/10	Dhuy	1	2	6	QualiGEO	9	0	116
03/10	Dhuy	2	2	6	QualiGEO	7	0	90
Totaux						16/20	0/5	206

Tableau 30 – Organisation des terrains (Critères d’observation)

Date	Zone	Nombre d’agents	Heures prestées sur terrain	Mode de déplacement sur terrain	Critères d’observation		
					Exhaustivité	«NATUR_DESC»	«SENS_BK»
23/09	Namur	1	4	marche	Fait	77/80	8/8
04/10	Dhuy	2x2	2	voitures	Fait	50/50	

La méthodologie de levé du SPW diffère de la méthodologie de levé proposée par l’Ugeom (Section 6.3 - *Exemple de méthodologie de levé de contrôle sur terrain*) notamment car elle n’utilise pas la méthode des trois trépieds (Section 6.4 - *Méthode de levé normé*) permettant le centrage forcé.

Pour la mise en station, une demi-douzaine de points gps sont mesurés à l’aide d’un récepteur GNSS placé sur un prisme 360 puis assemblés sur une canne. Le prisme 360 permet à la station de viser directement les points mesurés. Parmi ceux-ci, seuls ceux présentant les meilleures précisions sont utilisés dans le calcul de la mise en station.

Les points au sol à lever (les voiries par exemple) sont visés grâce au prisme sur la canne. Le suivi automatique de la station totale permet d’effectuer le lever seul, sans assistant. Les points de façade sont, eux, pris au laser.

Aucun cheminement n’est effectué. Une fois le levé de la première station terminé, cette dernière est déplacée à l’endroit suivant et le processus de mise en station à partir de points gps est recommencé.

L’avantage de cette méthode réside dans sa rapidité. Cependant, elle accumule à chaque mise en station des erreurs liées à la précision des mesures GNSS qui est, au mieux, de 2-3 cm. Cette méthode est donc moins rigoureuse en termes de précision. Dans celle proposée par l’Ugeom, le levé est effectué dans un système local, sous forme de réseau. Les mesures gps sont intégrées par la suite au système. Les écarts de fermeture sur les polygonales sont de quelques millimètres en local grâce au centrage forcé. L’utilisation d’une polygonale locale permet, en plus, de s’assurer qu’il n’y a aucune erreur grossière sur une mise en station. Lors du calage en coordonnées Lambert Belge 72, les erreurs liées aux 6 points GNSS mesurés au gps sont intégrées au système. Ces erreurs sont telles que les écarts de fermeture passent alors à des valeurs plus grandes. Elles sont situées entre 3 et 7 cm pour les tests effectués ici. Ce biais est systématique dans le réseau, c’est-à-dire qu’il conserve une certaine cohérence et il peut être envisagé de le corriger en remesurant autrement les points pris au gps, à l’aide d’une nouvelle technologie plus précise par exemple. Pour la méthode du SPW, les erreurs de quelques centimètres sont propres à chaque mise en station et il n’y a donc pas de cohérence entre les différentes stations. Les biais ne sont pas systématiques, et une correction impliquerait en fait de remesurer toutes les

stations. Cela n'est possible qu'à condition d'avoir matérialisé chacune de celles-ci avec un clou. En plus, si une mise en station a été mal réalisée, aucune information n'est fournie pour repérer l'erreur grossière qui en découle. Nous pouvons d'ailleurs illustrer ce propos à l'aide d'une des polygonaux issues des terrains tests à Namur (Figure 63, Figure 64 et Figure 65). Les données de cette polygonale n'ont pas pu être utilisées pour les tests de contrôle car l'écart de fermeture est hors tolérance. En local, cette polygonale fournit un écart de fermeture de quelques millimètres, ce qui signifie que la polygonale est correcte et que les visées ont été réalisées efficacement. Par contre, dès que l'on y intègre les points gps et qu'elle est calculée en coordonnées Lambert, des erreurs de l'ordre métrique apparaissent. Si les deux jeux (le local et le LB72) sont comparés en plaçant un point calculé (ici la dernière station 8007) à la même origine, on peut observer les écarts entre les autres stations. La station initiale 8000 et la station 8003 présentent un écart entre les deux jeux de 1,93 m et 2,23 m respectivement ! Ces écarts signifient qu'au moins une des données gps utilisée pour référencer le point 8000 en LB72 est hors tolérance.

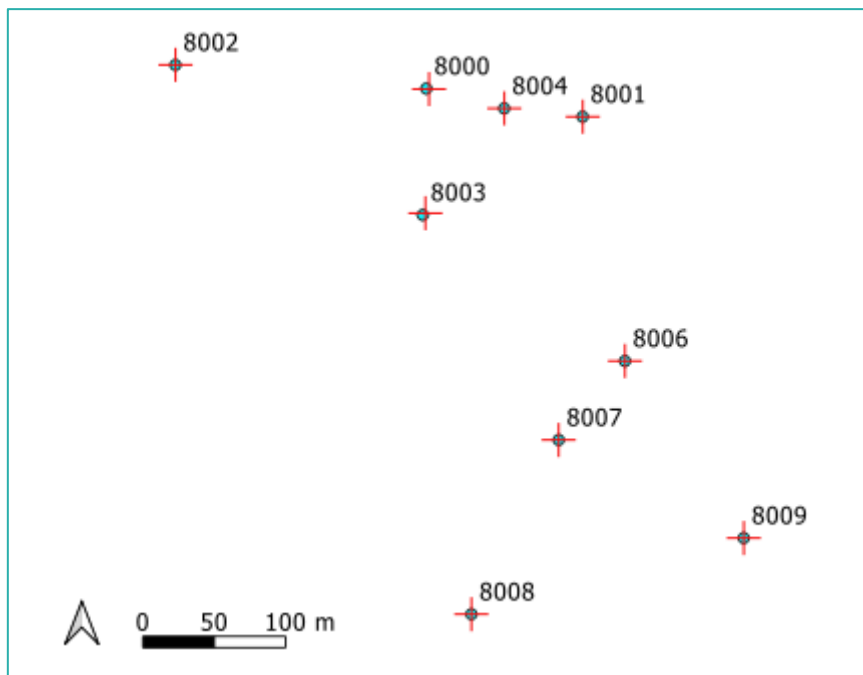


Figure 63 – Points de la polygonale référencée au gps (en rouge) et points de la polygonale locale (en bleu) calée sur la station 8007 mesurée au gps



Figure 64 – Mesure de l'écart entre le point 8000 gps (en rouge) et son homologue local recalé (en bleu) en centimètres

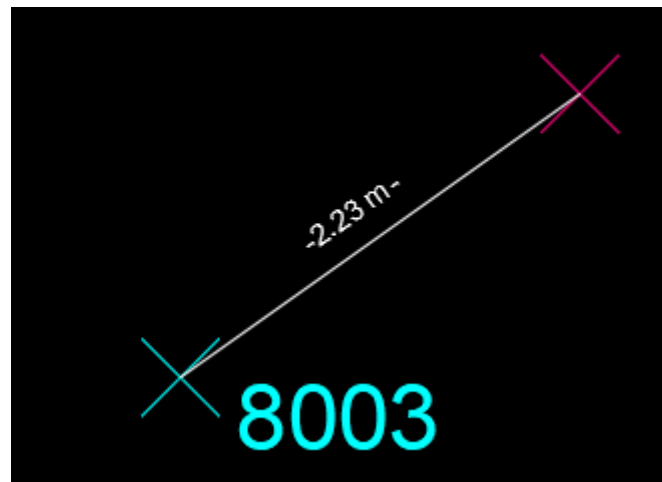


Figure 65 – Mesure de l'écart entre le point 8003 gps (en rouge) et son homologue local recalé (en bleu) en centimètres

Si le point 8000 n'avait pas été intégré dans une polygonale, cette erreur n'aurait pas été révélée. Toutes les mesures de levés prises à partir des stations auraient été entachées d'une erreur de l'ordre du mètre, sans que nous n'en ayons conscience. Suite au post-traitement de la polygonale, les données n'ont pas été intégrées à l'échantillon. Pour ne pas perdre les données liées à la demi-journée de travail sollicitée pour cette polygonale, il suffit d'aller remesurer les trois points gps utilisés pour calculer la station 8000, ce qui est possible puisque la méthode du centrage forcé a nécessité la matérialisation des points de référence par des clous. La méthode par polygonale effectuée au cours des tests sur le terrain est donc plus robuste.

En ce qui concerne les contrôles d'observation, l'exhaustivité des voiries a pu être contrôlée sur terrain sans problème. L'exhaustivité des bâtiments (hors Annexe) via le terrain est réalisable mais présente des faiblesses. Le contrôle des points adresse rencontre quant à lui la difficulté, déjà identifiée à Horion, de trouver le numéro de police, en pratique, sur le terrain. Bien que peu fréquente, cette problématique semble récurrente tant en milieu urbain que rural. En ce qui concerne la nature des bâtiments, certains problèmes de visibilité ont été rencontrés en milieu urbain alors que tout ce qui devait être contrôlé en milieu rural l'a été. Enfin, «SENS_BK» a pu être contrôlé sans problème sur le terrain.

De manière générale, l'acquisition des données sur le terrain est quasi similaire pour une maille urbaine que pour une maille rurale. En effet, même si la maille urbaine est plus petite, le temps gagné sur la distance à parcourir pour arpenter la zone est compensé par le temps supplémentaire nécessaire au contrôle d'un plus grand nombre d'éléments. Il faut compter 1 équipe de 2 (comprenant au moins un topographe) durant 3 jours pour acquérir sur le terrain les mesures et les observations des échantillons de contrôle sur une maille, tous tests confondus.

8.2. Résultats des traitements de terrains à Namur et à Dhuy

8.2.1. Cohérence logique

8.2.1.1. Cohérence conceptuelle

a. Bâtiments :

Namur

Eléments du schéma conceptuel et des spécifications du produit vérifiables au niveau du jeu de données :

- **Présence de toutes les classes** : jeu de données conforme (1 classe : CONSTR_BATIEMPRISE).
- **Nom des classes** : jeu de données conforme.
- **Présence de tous les attributs pour chaque classe** : jeu de données conforme.
- **Nom des attributs** : jeu de données conforme.
- **Ordre des attributs dans chaque classe** : jeu de données conforme.

Eléments du schéma conceptuel et des spécifications du produit vérifiables au niveau des objets/de leurs attributs :

- **Unicité de la valeur de l'identifiant unique** : 100%
- **Présence d'une valeur pour les attributs obligatoires** : pour chacun des attributs requérant ce contrôle, le taux de conformité est de 100%.

Dhuy

Eléments du schéma conceptuel et des spécifications du produit vérifiables au niveau du jeu de données :

- **Présence de toutes les classes** : jeu de données conforme (1 classe : CONSTR_BATIEMPRISE).
- **Nom des classes** : jeu de données conforme.
- **Présence de tous les attributs pour chaque classe** : jeu de données conforme.
- **Nom des attributs** : jeu de données conforme.
- **Ordre des attributs dans chaque classe** : jeu de données conforme.

Eléments du schéma conceptuel et des spécifications du produit vérifiables au niveau des objets/de leurs attributs :

- **Unicité de la valeur de l'identifiant unique** : 100%
- **Présence d'une valeur pour les attributs obligatoires** : pour chacun des attributs requérant ce contrôle, le taux de conformité est de 100%.

b. Axes de voirie :

Namur

Éléments du schéma conceptuel et des spécifications du produit vérifiables au niveau du jeu de données :

- **Présence de toutes les classes** : jeu de données conforme (1 classe : VOIRIE_AXE).
- **Nom des classes** : jeu de données conforme.
- **Présence de tous les attributs pour chaque classe** : jeu de données conforme.
- **Nom des attributs** : jeu de données conforme.
- **Ordre des attributs dans chaque classe** : jeu de données conforme.

Éléments du schéma conceptuel et des spécifications du produit vérifiables au niveau des objets/de leurs attributs :

- **Unicité de la valeur de l'identifiant unique** : 100%
- **Présence d'une valeur pour les attributs obligatoires** : pour chacun des attributs requérant ce contrôle, le taux de conformité est de 100%.

Dhuy

Éléments du schéma conceptuel et des spécifications du produit vérifiables au niveau du jeu de données :

- **Présence de toutes les classes** : jeu de données conforme (1 classe : VOIRIE_AXE).
- **Nom des classes** : jeu de données conforme.
- **Présence de tous les attributs pour chaque classe** : jeu de données conforme.
- **Nom des attributs** : jeu de données conforme.
- **Ordre des attributs dans chaque classe** : jeu de données conforme.

Éléments du schéma conceptuel et des spécifications du produit vérifiables au niveau des objets/de leurs attributs :

- **Unicité de la valeur de l'identifiant unique** : 100%
- **Présence d'une valeur pour les attributs obligatoires** : pour chacun des attributs requérant ce contrôle, le taux de conformité est de 100%.

c. Points adresse :

Namur

Éléments du schéma conceptuel et des spécifications du produit vérifiables au niveau du jeu de données :

- **Présence de toutes les classes** : jeu de données conforme (1 classe : aDRESS_POINT).
- **Nom des classes** : jeu de données conforme.

- **Présence de tous les attributs pour chaque classe** : jeu de données conforme.
- **Nom des attributs** : jeu de données conforme.
- **Ordre des attributs dans chaque classe** : jeu de données conforme.

Éléments du schéma conceptuel et des spécifications du produit vérifiables au niveau des objets/de leurs attributs :

- **Unicité de la valeur de l'identifiant unique** : 100%
- **Présence d'une valeur pour les attributs obligatoires** : pour chacun des attributs requérant ce contrôle, le taux de conformité est de 100%.

Dhuy

Éléments du schéma conceptuel et des spécifications du produit vérifiables au niveau du jeu de données :

- **Présence de toutes les classes** : jeu de données conforme (1 classe : aDRESS_POINT).
- **Nom des classes** : jeu de données conforme.
- **Présence de tous les attributs pour chaque classe** : jeu de données conforme.
- **Nom des attributs** : jeu de données conforme.
- **Ordre des attributs dans chaque classe** : jeu de données conforme.

Éléments du schéma conceptuel et des spécifications du produit vérifiables au niveau des objets/de leurs attributs :

- **Unicité de la valeur de l'identifiant unique** : 100%
- **Présence d'une valeur pour les attributs obligatoires** : pour chacun des attributs requérant ce contrôle, le taux de conformité est de 100%.

8.2.1.2. *Cohérence du domaine*

a. Bâtiments :

Namur

- **NATUR_CODE et NATUR_DESC** : 100%
- **DATE_MODIF et DATE_TRANS** : 100%
- **CODE_WALTO** : 100%

Dhuy

- **NATUR_CODE et NATUR_DESC** : 100%
- **DATE_MODIF et DATE_TRANS** : 100%
- **CODE_WALTO** : 100%

b. Axes de voirie :

Namur

- **NATUR_CODE et NATUR_DESC** : 100%
- **DATE_MODIF et DATE_TRANS** :

Dhuy

- **NATUR_CODE et NATUR_DESC** : 100%
- **DATE_MODIF et DATE_TRANS** :

- | | |
|--|--|
| <p>100%</p> <ul style="list-style-type: none"> - CODE_WALTO : 100% - COMMU_NOM1 (et COMMU_NOM2) : 100% - COMMU_INS1 (et COMMU_INS2) : 100% - GESTION : 100% - SENS_BK : 100% - NIVEAU : 100% | <p>100%</p> <ul style="list-style-type: none"> - CODE_WALTO : 100% - COMMU_NOM1 (et COMMU_NOM2) : 100% (12 sans valeur) - COMMU_INS1 (et COMMU_INS2) : 100% (12 sans valeur) - GESTION : 100% - NIVEAU : 100% |
|--|--|

c. Points adresse :

Namur

- DATE_LEVE : 100%
- DATE_CREAT, DATE_MODIF et DATE_TRANS : 100%
- COMMU_NOM : 100%
- COMMU_INS : 100%
- NUMERO : 100%

Dhuy

- DATE_LEVE : 100%
- DATE_CREAT : 97% (7 erreurs)
- DATE_MODIF et DATE_TRANS : 100%
- COMMU_NOM : 100%
- COMMU_INS : 100%
- NUMERO : 100%

8.2.1.3. Cohérence du format

a. Bâtiments :

Namur

Eléments des spécifications du produit vérifiables au niveau du jeu de données :

- **Format du/des fichier(s) du jeu de données** : aucun conflit de structure physique, le format du fichier est bien celui indiqué dans les spécifications du produit.
- **Intégrité/lisibilité du/des fichier(s) du jeu de données** : aucun conflit de structure physique, le jeu de données s'ouvre sans problème dans différents logiciels de cartographie.
- **Système de coordonnées du jeu de données** : aucun conflit de structure physique, le système de coordonnées du jeu de données est bien celui indiqué dans les spécifications du produit.

Eléments des spécifications du produit vérifiables au niveau des objets/de leurs attributs :

- **Format de l'identifiant unique** : 0% de conflits

- **Format des attributs de datation** : pour chacun des attributs requérant ce contrôle, le taux de conflits est de 100%. En effet, le format indiqué dans les spécifications de produit n'est pas celui utilisé dans le jeu de données pour les attributs de datation.
- **Type de données des valeurs d'attributs** : 0% de conflits
- **Longueur des chaînes de caractères des valeurs d'attributs** : 0% de conflits
- **Type de géométrie des objets** : 0% de conflits
- **Format d'encodage des caractères** : 0% de conflits

Dhuy

Éléments des spécifications du produit vérifiables au niveau du jeu de données :

- **Format du/des fichier(s) du jeu de données** : aucun conflit de structure physique, le format du fichier est bien celui indiqué dans les spécifications du produit.
- **Intégrité/lisibilité du/des fichier(s) du jeu de données** : aucun conflit de structure physique, le jeu de données s'ouvre sans problème dans différents logiciels de cartographie.
- **Système de coordonnées du jeu de données** : aucun conflit de structure physique, le système de coordonnées du jeu de données est bien celui indiqué dans les spécifications du produit.

Éléments des spécifications du produit vérifiables au niveau des objets/de leurs attributs :

- **Format de l'identifiant unique** : 0% de conflits
- **Format des attributs de datation** : pour chacun des attributs requérant ce contrôle, le taux de conflits est de 100%. En effet, le format indiqué dans les spécifications de produit n'est pas celui utilisé dans le jeu de données pour les attributs de datation.
- **Type de données des valeurs d'attributs** : 0% de conflits
- **Longueur des chaînes de caractères des valeurs d'attributs** : 0% de conflits
- **Type de géométrie des objets** : 0% de conflits
- **Format d'encodage des caractères** : 0% de conflits

b. Axes de voirie :

Namur

Éléments des spécifications du produit vérifiables au niveau du jeu de données :

- **Format du/des fichier(s) du jeu de données** : aucun conflit de structure physique, le format du fichier est bien celui indiqué dans les spécifications du produit.

- **Intégrité/lisibilité du/des fichier(s) du jeu de données** : aucun conflit de structure physique, le jeu de données s'ouvre sans problème dans différents logiciels de cartographie.
- **Système de coordonnées du jeu de données** : aucun conflit de structure physique, le système de coordonnées du jeu de données est bien celui indiqué dans les spécifications du produit.

Éléments des spécifications du produit vérifiables au niveau des objets/de leurs attributs :

- **Format de l'identifiant unique** : 0% de conflits
- **Format des attributs de datation** : pour chacun des attributs requérant ce contrôle, le taux de conflits est de 100%. En effet, le format indiqué dans les spécifications de produit n'est pas celui utilisé dans le jeu de données pour les attributs de datation.
- **Type de données des valeurs d'attributs** : 0% de conflits
- **Longueur des chaînes de caractères des valeurs d'attributs** : 0% de conflits
- **Type de géométrie des objets** : 0% de conflits
- **Format d'encodage des caractères** : 0% de conflits

Dhuy

Éléments des spécifications du produit vérifiables au niveau du jeu de données :

- **Format du/des fichier(s) du jeu de données** : aucun conflit de structure physique, le format du fichier est bien celui indiqué dans les spécifications du produit.
- **Intégrité/lisibilité du/des fichier(s) du jeu de données** : aucun conflit de structure physique, le jeu de données s'ouvre sans problème dans différents logiciels de cartographie.
- **Système de coordonnées du jeu de données** : aucun conflit de structure physique, le système de coordonnées du jeu de données est bien celui indiqué dans les spécifications du produit.

Éléments des spécifications du produit vérifiables au niveau des objets/de leurs attributs :

- **Format de l'identifiant unique** : 0% de conflits
- **Format des attributs de datation** : pour chacun des attributs requérant ce contrôle, le taux de conflits est de 100%. En effet, le format indiqué dans les spécifications de produit n'est pas celui utilisé dans le jeu de données pour les attributs de datation.
- **Type de données des valeurs d'attributs** : 0% de conflits
- **Longueur des chaînes de caractères des valeurs d'attributs** : 0% de conflits

- Type de géométrie des objets : 0% de conflits
- Format d'encodage des caractères : 0% de conflits

c. Points adresse :

Namur

Eléments des spécifications du produit vérifiables au niveau du jeu de données :

- **Format du/des fichier(s) du jeu de données** : aucun conflit de structure physique, le format du fichier est bien celui indiqué dans les spécifications du produit.
- **Intégrité/lisibilité du/des fichier(s) du jeu de données** : aucun conflit de structure physique, le jeu de données s'ouvre sans problème dans différents logiciels de cartographie.
- **Système de coordonnées du jeu de données** : aucun conflit de structure physique, le système de coordonnées du jeu de données est bien celui indiqué dans les spécifications du produit.

Eléments des spécifications du produit vérifiables au niveau des objets/de leurs attributs :

- **Format de l'identifiant unique** : 0% de conflits
- **Format des attributs de datation** : pour chacun des attributs requérant ce contrôle, le taux de conflits est de 100%. En effet, le format indiqué dans les spécifications de produit n'est pas celui utilisé dans le jeu de données pour les attributs de datation.
- **Type de données des valeurs d'attributs** : 0% de conflits
- **Longueur des chaînes de caractères des valeurs d'attributs** : 0% de conflits
- **Type de géométrie des objets** : 0% de conflits
- **Format d'encodage des caractères** : 0% de conflits

Dhuy

Eléments des spécifications du produit vérifiables au niveau du jeu de données :

- **Format du/des fichier(s) du jeu de données** : aucun conflit de structure physique, le format du fichier est bien celui indiqué dans les spécifications du produit.
- **Intégrité/lisibilité du/des fichier(s) du jeu de données** : aucun conflit de structure physique, le jeu de données s'ouvre sans problème dans différents logiciels de cartographie.
- **Système de coordonnées du jeu de données** : aucun conflit de structure physique, le système de coordonnées du jeu de données est bien celui indiqué dans les spécifications du produit.

Eléments des spécifications du produit vérifiables au niveau des objets/de leurs attributs :

- **Format de l'identifiant unique** : 0% de conflits
- **Format des attributs de datation** : pour chacun des attributs requérant ce contrôle, le taux de conflits est de 100%. En effet, le format indiqué dans les spécifications de produit n'est pas celui utilisé dans le jeu de données pour les attributs de datation.
- **Type de données des valeurs d'attributs** : 0% de conflits
- **Longueur des chaînes de caractères des valeurs d'attributs** : 0% de conflits
- **Type de géométrie des objets** : 0% de conflits
- **Format d'encodage des caractères** : 0% de conflits

8.2.1.4. *Cohérence topologique*

a. **Bâtiments :**

Namur

Vérifications de la qualité de construction des géométries du jeu de données :

- **Polygones non-fermés (X,Y et Z)** : aucune erreur détectée.
- **Polygones non planaires** : aucune erreur détectée.
- **Auto-intersections** : aucune erreur détectée.
- **Doublons géométriques au niveau des objets** : aucune erreur détectée.
- **Vertex inutiles** : tolérance utilisée lors de la généralisation : 0,01m
 - **Nombre total de vertex avant** : 11619
 - **Nombre total de vertex après** : 10243
 - **Différence** : 1376 vertex inutiles supprimés
 - **Superficie totale avant** : 87068,48 m²
 - **Superficie totale après** : 87068,88 m²
 - **Différence** : 0,40 m²
- **Doublons géométriques au niveau des vertex** : aucune erreur détectée.
- **Vertex aberrants** (ajoutant un « pic » à la géométrie d'un polygone) : 4 erreurs. (Angle : 30°) (Figure 66)

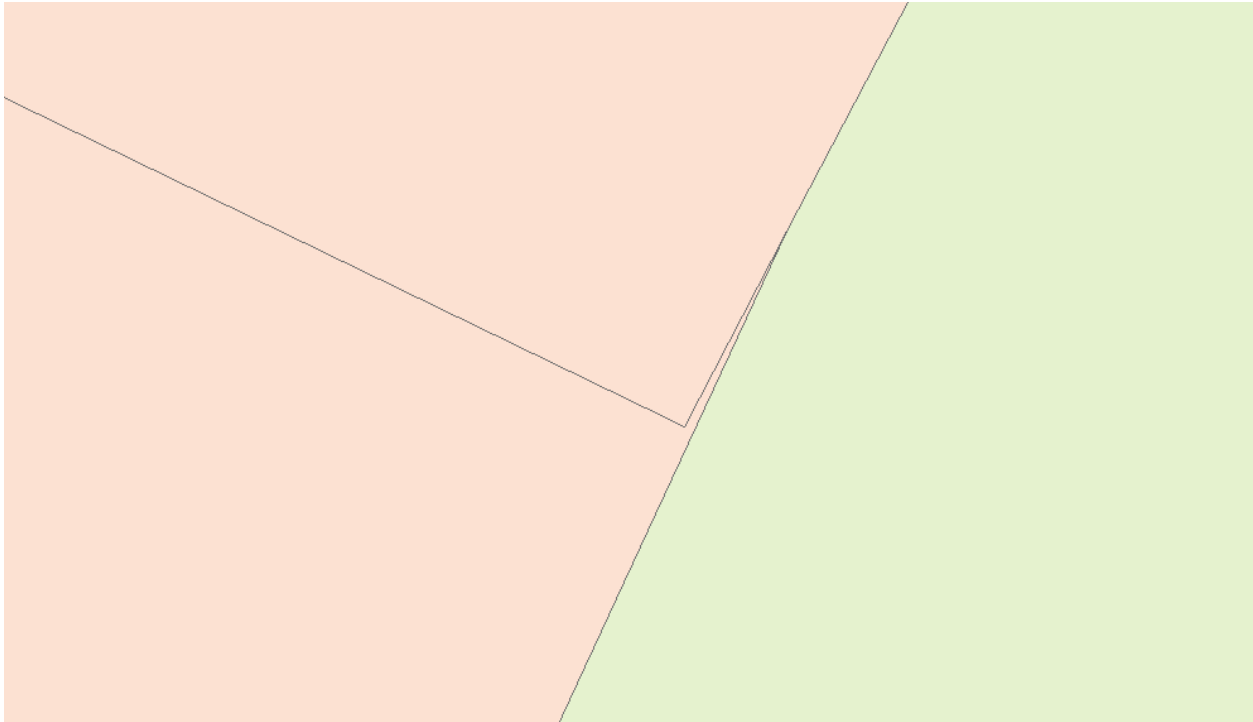


Figure 66 – Capture d'écran provenant du logiciel ArcGIS montrant la déformation causée par un vertex aberrant.

- Trous dans les polygones : aucune erreur détectée.
- Géométries nulles (surface nulle) : aucune erreur détectée.
- Polygones avec surface très petite : aucune erreur détectée.
- Géométries corrompues : aucune erreur détectée.
- Géométries composites : aucune erreur détectée.
- Géométries multi-parties : aucune erreur détectée.
- Présence de géométries en $Z = 0$: aucune erreur détectée.
- Mélange de coordonnées 2D et 3D pour un objet : aucune erreur détectée.
- Géométries séparées par une distance très petite (mais non nulle) : 118 erreurs. (50 cm)

Vérifications du respect des relations topologiques issues des spécifications du produit :

- Présence des objets à l'intérieur du territoire wallon : aucune erreur détectée.
- Règles de chevauchement des objets du jeu de données :
→ Règle topologique contrôlée : les emprises de bâtiment ne peuvent pas se chevaucher. Résultat : 2 erreurs. (Figure 67)

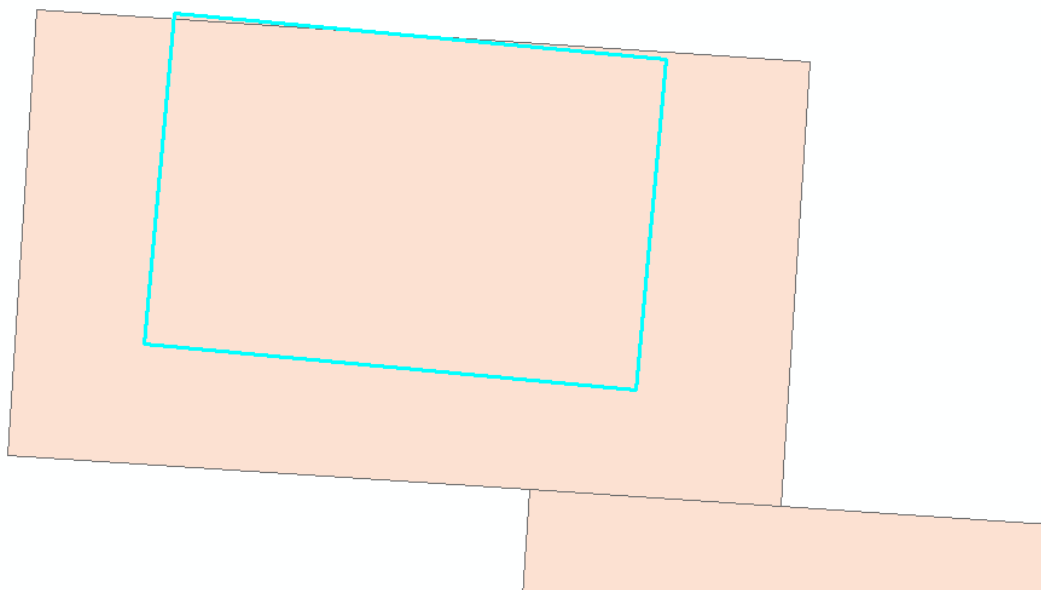


Figure 67 – Capture d'écran provenant du logiciel ArcGIS montrant deux bâtiments se chevauchant.

Dhuy

Vérifications de la qualité de construction des géométries du jeu de données :

- Polygones non-fermés (X,Y et Z) : aucune erreur détectée.
- Polygones non planaires : 203 erreurs. (Figure 68)

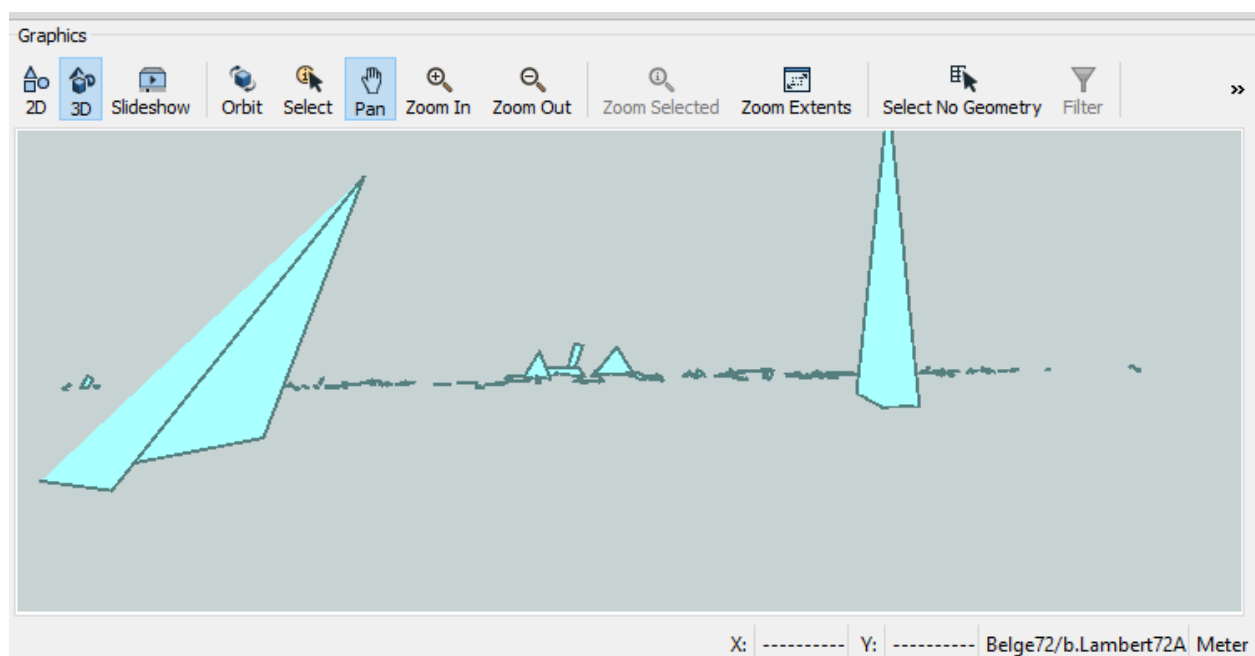


Figure 68 – Capture d'écran provenant du logiciel FME montrant plusieurs polygones non planaires.

- Auto-intersections : aucune erreur détectée.
- Doublons géométriques au niveau des objets : aucune erreur détectée.

- **Vertex inutiles** : tolérance utilisée lors de la généralisation : 0,01m
 - Nombre total de vertex avant : 5099
 - Nombre total de vertex après : 4649
 - Différence : 450 vertex inutiles supprimés
 - Superficie totale avant : 54348,77 m²
 - Superficie totale après : 54348,80 m²
 - Différence : 0,03 m²
- **Doublons géométriques au niveau des vertex** : aucune erreur détectée.
- **Vertex aberrants** (ajoutant un « pic » à la géométrie d'un polygone) : 2 erreurs. (Angle : 30°)
- **Trous dans les polygones** : aucune erreur détectée.
- **Géométries nulles (surface nulle)** : aucune erreur détectée.
- **Polygones avec surface très petite** : 1 erreur. (<1m²) (Figure 69)

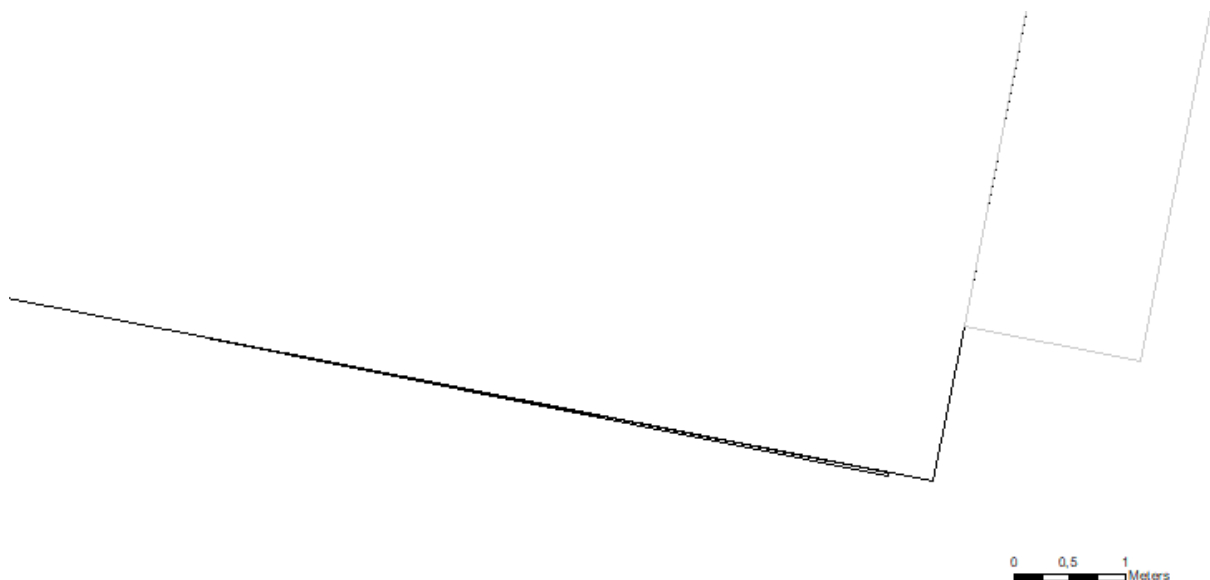


Figure 69 – Capture d'écran provenant du logiciel ArcGIS montrant un polygone (bâtiment) possédant une surface très petite (<1m²).

- **Géométries corrompues** : aucune erreur détectée.
- **Géométries composites** : aucune erreur détectée.
- **Géométries multi-parties** : 1 erreur. (Figure 70)



Figure 70 – Capture d'écran provenant du logiciel ArcGIS montrant un bâtiment possédant une géométrie multi-parties (+ cas de chevauchement entre bâtiments).

- Présence de géométries en $Z = 0$: aucune erreur détectée.
- Mélange de coordonnées 2D et 3D pour un objet : aucune erreur détectée.
- Géométries séparées par une distance très petite (mais non nulle) : 14 erreurs. (50 cm)

Vérifications du respect des relations topologiques issues des spécifications du produit :

- Présence des objets à l'intérieur du territoire wallon : aucune erreur détectée.
- Règles de chevauchement des objets du jeu de données :
→ Règle topologique contrôlée: les emprises de bâtiment ne peuvent pas se chevaucher. Résultat : 6 erreurs. (Figure 71)



Figure 71 – Capture d'écran provenant du logiciel ArcGIS montrant un bâtiment totalement inclus dans un autre bâtiment.

b. Axes de voirie :

Namur

Vérifications de la qualité de construction des géométries du jeu de données :

- Polygones formant une boucle : aucune erreur détectée.
- Auto-intersections : aucune erreur détectée.
- Doublons géométriques au niveau des objets : aucune erreur détectée.
- Doublons géométriques au niveau des vertex : aucune erreur détectée.
- Vertex aberrants (ajoutant un « pic » à la géométrie de la polyligne) : aucune erreur détectée. (Angle : 30°)
- Connexions manquantes en raison de polygones trop courtes (undershoot) : aucune erreur détectée. (2 mètres)
- Connexions manquantes en raison de polygones trop longues (overshoot) : aucune erreur détectée. (2 mètres)
- Géométries nulles (longueur nulle) : aucune erreur détectée.
- Polygones avec longueur très petite : aucune erreur détectée. (<50 cm)
- Géométries corrompues : aucune erreur détectée.
- Géométries composites : aucune erreur détectée.
- Géométries multi-parties : aucune erreur détectée.
- Polygones orphelines (non connectées) : aucune erreur détectée.
- Présence de géométries en Z = 0 : aucune erreur détectée.
- Variations de Z trop grandes entre deux vertex consécutifs d'un objet : aucune erreur détectée. (3 mètres)
- Mélange de coordonnées 2D et 3D pour un objet : aucune erreur détectée.

- Géométries séparées par une distance très petite (mais non nulle) : aucune erreur détectée. (<1m)

Vérifications du respect des relations topologiques issues des spécifications du produit :

- Présence des objets à l'intérieur du territoire wallon : aucune erreur détectée.
- Règles de chevauchement des objets du jeu de données :
→ Règle topologique contrôlée : les axes de voirie d'un même niveau ne peuvent pas se chevaucher. Résultat : aucune erreur détectée.
- Règles d'intersections des objets du jeu de données :
→ Règle topologique contrôlée : les axes de voirie d'un même niveau ne peuvent pas s'intersecter. Résultat : aucune erreur détectée.
- Règles d'intersections des objets entre jeu de données :
→ Règle topologique contrôlée : les axes de voirie de niveau 0 ne peuvent pas intersecter des emprises de bâtiment. Résultat : aucune erreur détectée.

Dhuy

Vérifications de la qualité de construction des géométries du jeu de données :

- Polygones formant une boucle : aucune erreur détectée.
- Auto-intersections : aucune erreur détectée.
- Doublons géométriques au niveau des objets : aucune erreur détectée.
- Doublons géométriques au niveau des vertex : aucune erreur détectée.
- Vertex aberrants (ajoutant un « pic » à la géométrie de la polygone) : aucune erreur détectée. (Angle : 30°)
- Connexions manquantes en raison de polygones trop courtes (undershoot) : aucune erreur détectée. (2 mètres)
- Connexions manquantes en raison de polygones trop longues (overshoot) : aucune erreur détectée. (2 mètres)
- Géométries nulles (longueur nulle) : aucune erreur détectée.
- Polygones avec longueur très petite : aucune erreur détectée. (<50 cm)
- Géométries corrompues : aucune erreur détectée.
- Géométries composites : aucune erreur détectée.
- Géométries multi-parties : aucune erreur détectée.
- Polygones orphelines (non connectées) : aucune erreur détectée.
- Présence de géométries en $Z = 0$: aucune erreur détectée.
- Variations de Z trop grandes entre deux vertex consécutifs d'un objet : aucune erreur détectée. (3 mètres)
- Mélange de coordonnées 2D et 3D pour un objet : aucune erreur détectée.
- Géométries séparées par une distance très petite (mais non nulle) : aucune erreur détectée. (<1m)

Vérifications du respect des relations topologiques issues des spécifications du produit :

- **Présence des objets à l'intérieur du territoire wallon** : aucune erreur détectée.
- **Règles de chevauchement des objets du jeu de données** :
→ Règle topologique contrôlée : les axes de voirie d'un même niveau ne peuvent pas se chevaucher. Résultat : aucune erreur détectée.
- **Règles d'intersections des objets du jeu de données** :
→ Règle topologique contrôlée : les axes de voirie d'un même niveau ne peuvent pas s'intersecter. Résultat : aucune erreur détectée.
- **Règles d'intersections des objets entre jeu de données** :
→ Règle topologique contrôlée : les axes de voirie de niveau 0 ne peuvent pas intersecter des emprises de bâtiment. Résultat : aucune erreur détectée.

c. Points adresse :

Namur

Vérifications de la qualité de construction des géométries du jeu de données :

- **Géométries corrompues** : aucune erreur détectée.
- **Géométries séparées par une distance très petite (mais non nulle)** : aucune erreur détectée. (<1m)

Vérifications du respect des relations topologiques issues des spécifications du produit :

- **Présence des objets à l'intérieur du territoire wallon** : aucune erreur détectée.
- **Règles de chevauchement des objets du jeu de données** :
→ Règle topologique contrôlée : les points adresse identiques ne peuvent pas se chevaucher. Résultat : aucune erreur détectée.
- **Relations topologiques spécifiques définies par le producteur du jeu de données** :
→ Règle topologique contrôlée : un point adresse doit se situer dans l'emprise de la commune à laquelle il fait référence via son attribut « COMMU_NOM ». Résultat : aucune erreur détectée.

Dhuy

Vérifications de la qualité de construction des géométries du jeu de données :

- **Géométries corrompues** : aucune erreur détectée.
- **Géométries séparées par une distance très petite (mais non nulle)** : aucune erreur détectée. (<1m)

Vérifications du respect des relations topologiques issues des spécifications du produit :

- **Présence des objets à l'intérieur du territoire wallon** : aucune erreur détectée.
- **Règles de chevauchement des objets du jeu de données** :
→ Règle topologique contrôlée : les points adresse identiques ne peuvent pas se chevaucher. Résultat : aucune erreur détectée.
- **Relations topologiques spécifiques définies par le producteur du jeu de données** :
→ Règle topologique contrôlée : un point adresse doit se situer dans l'emprise de la commune à laquelle il fait référence via son attribut « COMMU_NOM ». Résultat : aucune erreur détectée.

8.2.2. Exhaustivité

8.2.2.1. Excédent

- a. **Bâtiments** :
Namur : 0%
Dhuy : 0%
- b. **Axes de voirie** :
Namur : 17,6% (Pourcentage dû à un nouveau rond-point supprimant plusieurs axes de voirie menant et sortant de l'ancien carrefour)
Dhuy : 0 %
- c. **Points adresse** :
Namur : 1,2%
Dhuy : 0%

8.2.2.2. Omission

- a. **Bâtiments** :
Namur : 0,6 %
Dhuy : 4,7%
- b. **Axes de voirie** :
Namur : 5,9%
Dhuy : 0%
- c. **Points adresse** :
Namur : 6,8%
Dhuy : 2,8%

8.2.3. Positionnement

a. Bâtiments :

Puisque les données mesurées sont les façades visibles depuis la voie publique et non l'ensemble des façades des bâtiments, l'**indice de distance surfacique** qui s'applique théoriquement sur les polygones des emprises de bâti ne peut pas être pas utilisé. Cela permettrait de faire un premier tri sur les données à contrôler et d'éviter les situations où il serait compliqué d'associer des points homologues au vu de trop grandes différences de formes entre les bâtiments.

La distance de Hausdorff est calculée grâce à un script python applicable dans l’environnement de QGIS pour un seuil de 50 cm.

L’Arrêté ministériel français est, quant à lui, calculé sous COVADIS pour une classe de précision de 25 cm qui semble plus adéquate au vu des résultats obtenus.

Namur

Selon la distance de Hausdorff :

La distance de Hausdorff entre les façades homologues varie de 0.057 m à 0.747 m (Figure 72). Si une limite de 50 cm est fixée, 4 façades sont à rejeter pour les tests suivants.

	OBJECTID	ID_polygon	ID_lignes	HDistance
1	2127975	18	1	0.660027271307397
2	2934959	29	10	0.211442662885454
3	3057394	31	11	0.222121587723098
4	3328698	33	12	0.057245088057899
5	3429414	34	13	0.287445645891872
6	3429414	34	14	0.249899976530096
7	1128737	8	15	0.695486160712935
8	1128737	8	16	0.695486160712935
9	261935	2	2	0.29815600015525
10	2321536	20	3	0.293083602887732
11	2321536	20	4	0.293083602887732
12	2585842	24	5	0.323932091037815
13	2585842	24	6	0.260892697959761
14	2676752	25	7	0.747562705732872
15	2796826	27	8	0.157664202968227
16	2934959	29	9	0.117630780993374

Figure 72– Table attributaire des façades après calcul de la distance de Hausdorff (HDistance exprimées en mètres) sur Namur

Selon l’Arrêté ministériel français du 16/09/2003 :

Si on ne considère pas le test précédent basé sur la distance de Hausdorff, et que nous réalisons directement l’Arrêté sur l’ensemble des données nous obtenons les valeurs ci-dessous.

- L’écart moyen en position : $E_{moypos} = 0.2848$ m

Classe de précision : $P = 0.25$

Valeur limite de précision avec coefficient de sécurité : 0.2813 m

→ E_{moypos} n'est pas inférieur à la valeur de précision avec coefficient de sécurité attendue! Classe de précision non-respectée.

- Premier seuil limite : 0.6806 m
 Nombre d'entités pouvant le dépasser : 2
 Nombre d'entités le dépassant : 0
 → Le seuil est respecté.
- Deuxième seuil limite : 1.0209 m
 Nombre d'entités pouvant le dépasser : 0
 Nombre d'entités le dépassant : 0
 → Le seuil est respecté.

Les sommets des façades ne rentrent pas dans la classe de précision de 25 cm, bien que les seuils limites ne soient pas dépassés.

Par contre, si nous rejetons les façades dépassant le seuil de 50 cm de la distance de Hausdorff, les résultats sont différents (Figure 73).

- L'écart moyen en position : $E_{moypos} = 0.1728$ m
 Classe de précision : $P = 0.25$
 Valeur limite de précision avec coefficient de sécurité : 0.2813 m
 → E_{moypos} est inférieur à la valeur de précision avec coefficient de sécurité attendue! Classe de précision respectée.
- Premier seuil limite : 0.6806 m
 Nombre d'entités pouvant le dépasser : 2
 Nombre d'entités le dépassant : 0
 → Le seuil est respecté.
- Deuxième seuil limite : 1.0209 m
 Nombre d'entités pouvant le dépasser : 0
 Nombre d'entités le dépassant : 0
 → Le seuil est respecté.

Type du contrôle = XY ($k=2.42$)
 Coefficient de sécurité = 2.0
 Classe de précision globale souhaitée = 0.250 m

Point	Ex m.	Ey m.	Epos m.
"270196"	-0.147	0.057	0.158
"270197"	0.070	0.041	0.081
"330235"	-0.011	0.032	0.034
"330234"	-0.054	-0.019	0.057
"340241"	0.209	0.137	0.250
"340237"	0.065	0.280	0.287
"340239"	-0.043	0.002	0.043
"290211"	-0.038	0.208	0.211
"310224"	0.213	0.063	0.222
"310223"	-0.084	-0.062	0.104
"290212"	0.106	-0.051	0.118
"290208"	0.019	0.000	0.019
"20015"	0.249	0.164	0.298
"20014"	0.031	-0.223	0.225
"200140"	0.293	0.007	0.293
"200139"	0.084	-0.030	0.089
"200141"	0.179	-0.166	0.244
"240171"	0.136	-0.294	0.324
"240172"	-0.084	-0.247	0.261
"240174"	0.105	0.087	0.136

Ecart moyen en position = 0.1728 m < 0.281 m
 Valeur du premier seuil = 0.6806 m, dépassé par 0 écart(s) sur 2 autorisé(s)
 Valeur du second seuil = 1.0209 m

SUCCES DU CONTROLE

Figure 73 – Résultats du contrôle de précision (arrêté 16/09/2003) entre le Géoréférentiel et le levé sur les sommets des bâtiments de la zone de Dhuy effectué sous COVADIS

Les résultats passent le contrôle, mais ils impliquent de retirer les façades dépassant le seuil de 50 cm fixé. Un taux de rejet est alors calculé. Ici, 25% des façades sont rejetées.

Dhuy

Selon la distance de Hausdorff :

La distance de Hausdorff entre les façades homologues varie de 0.375 m à 0.614 m (Figure 74). Si une limite de 50 cm est fixée, 1 façade est à rejeter pour les tests suivants.

	OBJECTID	begin	end	pair_key	HDistance
1	971032	1	5	9710324	0.422568336395152
2	971032	1	5	9710323	0.411732922443153
3	971032	1	5	9710322	0.411732922443153
4	971032	1	5	9710312	0.374766591283128
5	3764173	1	4	37641731	0.257598523814584
6	3623967	1	2	36239671	0.04924428906489
7	2717205	1	2	27172051	0.158619038807205
8	2040872	1	3	20408722	0.555254894938346
9	2040872	1	3	20408721	0.613600845530851

Figure 74 – Table attributaire des façades après calcul de la distance de Hausdorff (HDistance) sur Dhuy

Selon l'Arrêté ministériel Français du 16/09/2003, pour l'ensemble des données (Figure 75) :

- L'écart moyen en position : $E_{moypos} = 0.2669$ m
 Classe de précision : $P = 0.25$
 Valeur limite de précision avec coefficient de sécurité : 0.2813 m
 → E_{moypos} est inférieur à la valeur de précision avec coefficient de sécurité attendu! Classe de précision respectée.
- Premier seuil limite : 0.6806 m
 Nombre d'entités pouvant le dépasser : 2
 Nombre d'entités le dépassant : 2
 → Le seuil est respecté.
- Deuxième seuil limite : 1.0209 m
 Nombre d'entités pouvant le dépasser : 0
 Nombre d'entités le dépassant : 0
 → Le seuil est respecté.

Les sommets des façades rentrent exactement dans la classe de précision de 25 cm.

Point	Ex m.	Ey m.	Epos m.
80051	0.062	0.111	0.127
80050	0.526	0.455	0.695
80053	-0.327	0.557	0.646
180119	0.591	-0.026	0.592
180122	0.660	0.006	0.660
270196	-0.147	0.057	0.158
270197	0.070	0.041	0.081
330235	-0.011	0.032	0.034
330234	-0.054	-0.019	0.057
340241	0.209	0.137	0.250
340237	0.065	0.280	0.287
340239	-0.043	0.002	0.043
290211	-0.038	0.208	0.211
310224	0.213	0.063	0.222
310223	-0.084	-0.062	0.104
250181	-0.201	0.198	0.282
250182	0.425	-0.615	0.748
290212	0.106	-0.051	0.118
290208	0.019	0.000	0.019
20015	0.249	0.164	0.298
20014	0.031	-0.223	0.225
200140	0.293	0.007	0.293
200139	0.084	-0.030	0.089
200141	0.179	-0.166	0.244
240171	0.136	-0.294	0.324
240172	-0.084	-0.247	0.261
240174	0.105	0.087	0.136

Ecart moyen en position = 0.2669 m < 0.281 m
 Valeur du premier seuil = 0.6806 m, dépassé par 2 écart(s) sur 2 autorisé(s)
 Valeur du second seuil = 1.0209 m

SUCCES DU CONTROLE

Figure 75 – Résultats du contrôle de précision (arrêté 16/09/2003) entre le Géoréférentiel et le levé sur les sommets des bâtiments de la zone de Dhuy effectué sous COVADIS

Dans les deux zones, les erreurs les plus grandes, avoisinant les 60 cm, sont dues probablement à l'acquisition par photogrammétrie. En effet, comme il a déjà été fait remarquer dans les fiches pratiques lors des tests sur la zone de Horion, ce n'est pas l'emprise au sol réelle qui est mesurée par photogrammétrie mais les bords de toiture (Figure 76). Par conséquent, on observe des écarts non dus à la précision des données entre les points de contrôle qui sont situés sur l'emprise au sol effective et les points à contrôler obtenu par photogrammétrie qui correspondent à la saillie de la toiture vers l'extérieur.

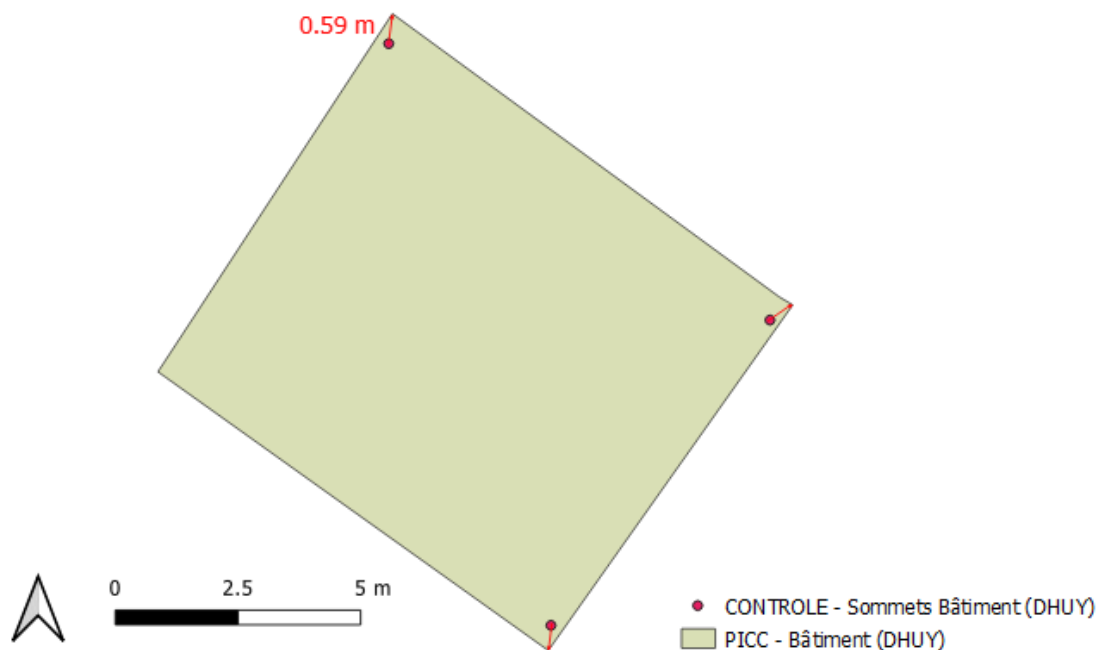


Figure 76 – Ecart de 60 cm sur des bâtiments probablement due à la mesure de la toiture au lieu de l'emprise au sol

Le seuil de précision souhaité pour le positionnement des bâtiments est de 10 cm, mais les données ne rentrent pas, *a priori*, dans cette classe de précision selon la mesure définie par l'Arrêté. Cette information doit être vérifiée avec l'analyse d'un échantillonnage représentatif de la Wallonie. Si elle venait à être confirmée suite à cet échantillonnage, deux solutions s'offrent à nous ; abaisser le seuil de précision des bâtiments à 25 cm ou revoir les techniques d'acquisition des données du Géoréférentiel.

Les données telles que collectées lors des vérifications de terrain n'ont pas permis de proposer une comparaison vérifiable et répétable des aspects de qualité géométrique sur la position des stations par rapport aux données obtenues uniquement sur base de mesures GPS.

b. Axes de voirie :

Namur

Deux voiries ont été levées, mais une seule est exploitable car ses intersections avec les autres rues ont été également levées. Cette condition est nécessaire pour calculer le centre des carrefours qui sert en toute logique comme extrémité de voirie.

Un examen rapide basé uniquement sur l'observation (Figure 77) nous permet de dire que l'erreur la plus grande sera située au carrefour et approximera les 1,40 m, ce qui ne passe pas le buffer seuil et relève à nouveau le fait qu'une détermination théorique des extrémités des voiries est indispensable.

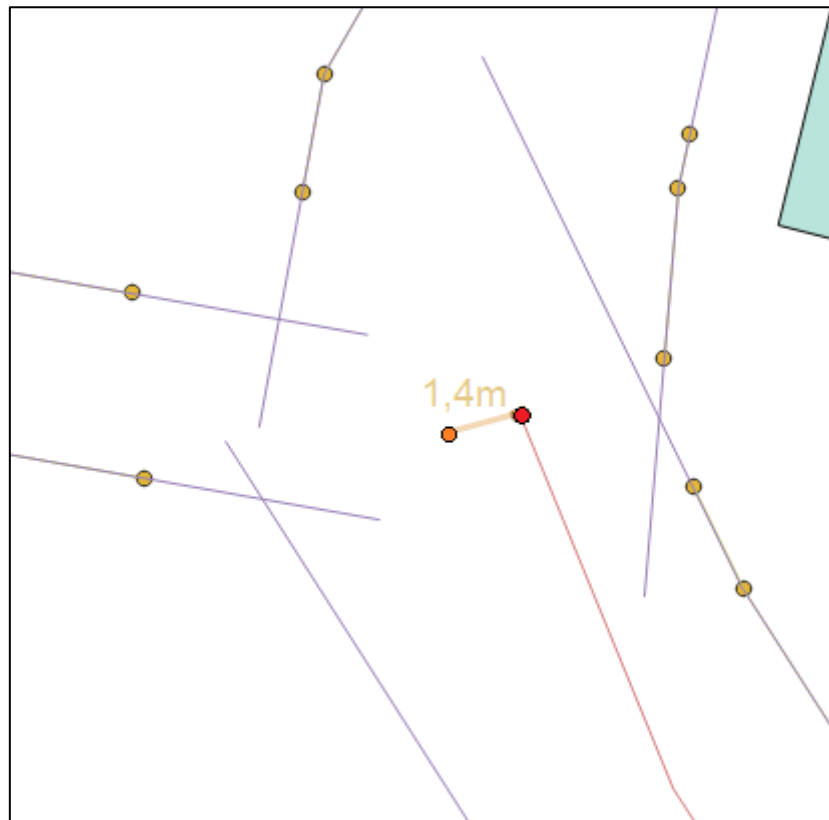


Figure 77 – Comparaison visuelle du centre du carrefour issu du Géoréférentiel (rouge) et le centre estimé sur base des données du levé (orange)

Dhuy

Aucune voirie n'a été levée durant le terrain.

8.2.4. Qualité sémantique

8.2.4.1. Classement des attributs qualitatifs

a. Bâtiments :

Namur

- NATUR_DESC : 98,7%

Dhuy

- NATUR_DESC : 96%

b. Axes de voirie :

Namur

- NATUR_DESC : / (contrôle à réaliser via BDD)
- RUE_NOM : / (contrôle à réaliser via BDD)
- VOIRIE_NOM : / (contrôle à réaliser via BDD)

Dhuy

- NATUR_DESC : / (contrôle à réaliser via BDD)
- RUE_NOM : / (contrôle à réaliser via BDD)
- VOIRIE_NOM : / (contrôle à réaliser via BDD)

- SENS_BK : 100%
- NIVEAU : 100%
- AMENAG : / (aucun aménagement sur la maille)

- SENS_BK : / (aucune voirie nationale sur la maille)
- NIVEAU : 100%
- AMENAG : / (aucun aménagement sur la maille)

c. Points adresse :

Namur : /

Dhuy : /

8.2.5. Généalogie

a. Bâtiments :

Namur

- Identifiant unique : ok
- Date de levé : absence de valeurs
- Technique de levé : « Dérivé construit » et « Photogrammétrie IGN »
- Date de création de l'objet : ok
- Date de dernière mise à jour : ok

Dhuy

- Identifiant unique : ok
- Date de levé : absence de valeurs
- Technique de levé : « Dérivé construit » et « Photogrammétrie IGN »
- Date de création de l'objet : ok
- Date de dernière mise à jour : ok

b. Axes de voirie :

Namur

- Identifiant unique : ok
- Date de levé : absence de valeurs
- Technique de levé : « Photogrammétrie »
- Date de création de l'objet : ok
- Date de dernière mise à jour : ok

Dhuy

- Identifiant unique : ok
- Date de levé : absence de valeurs
- Technique de levé : « Photogrammétrie »
- Date de création de l'objet : ok
- Date de dernière mise à jour : ok

c. Points adresse :

Namur

- Identifiant unique : ok
- Date de levé : ok
- Date de création de l'objet : absence de valeurs
- Date de dernière mise à jour : ok

Dhuy

- Identifiant unique : ok
- Date de levé : ok
- Date de création de l'objet : 186 manquants sur 240
- Date de dernière mise à jour : ok

9. PROCESSUS DE CONTROLE DE QUALITE DANS LES ENVIRONNEMENTS FME ET ARCGIS

Le contrôle des critères a été réalisé grâce au logiciel FME ainsi qu'avec le logiciel ArcGIS et son extension « Data Reviewer ».

L'ensemble des spécifications techniques se retrouvent en annexe de ce document :
Annexe 1

10. SCRIPTS DES MESURES DU CRITERE DE POSITIONNEMENT DANS L'ENVIRONNEMENT FME

Les mesures permettant le contrôle du positionnement absolu pour les emprises de bâti et/ou les voiries ont été adaptées dans l'environnement FME pour faciliter leur mise en œuvre.

10.1. Algorithme du buffer seuil

Inputs : ESRI shapefiles (polylignes) ne comprenant que des données homologues.

Un attribut « pair_key » doit être présent dans les deux shapefiles en inputs. Il permet d'associer les entités homologues.

Le Transformer *Bufferer* permet de créer un buffer autour du jeu de contrôle. *LineOnAreaOverlayer* sert à contrôler les longueurs du jeu de données à tester qui se trouvent dans les buffers. Des statistiques permettent ensuite d'obtenir le pourcentage de présence d'une polyligne dans son buffer.

Le test a été effectué à partir de deux jeux de données fictifs, et contrôlé pour une largeur de buffer de 50 cm. Cette précision est à adapter selon la valeur de précision souhaitée pour le Géoréférentiel (Annexe 2).

10.2. Distance de Hausdorff

Inputs : ESRI shapefiles (polylignes) ne comprenant que des données homologues.

Un attribut « pair_key » doit être présent dans les deux shapefiles en inputs. Il permet d'associer les entités homologues.

La bibliothèque de fonctions FME comprend déjà une fonction *HausdorffDistanceCalculator*. Elle est appliquée de la couche à tester vers la couche à contrôler et versa. Ensuite, la valeur maximale est extraite et comparée à un seuil de précision.

Le test a été effectué à partir de deux jeux de données fictifs, et contrôlé pour une précision de 30 cm, comme conseillé lors des analyses des radars plots (Section 4.2.2 - *Analyse du radar plot « Axes de voirie »*) pour les voiries. Cette précision est à adapter selon la valeur de précision souhaitée pour le Géoréférentiel (Annexe 2).

10.3. Arrêté Ministériel Français du 16 septembre 2003

Inputs : ESRI shapefiles (points) ne comprenant que des données homologues.

Un attribut « pair_key » doit être présent dans les deux shapefiles en inputs. Il permet d'associer les entités homologues. Les valeurs de x et y doivent également figurer sous forme d'attributs mais ces attributs ne peuvent pas porter le même nom dans les deux shapefiles. On les nommera par exemple x1 et y1 pour le fichier de contrôle et x2 et y2 pour le fichier à tester.

Les attributs sont joints par *FeatureJoiner* dans une même table. On peut ensuite calculer la distance euclidienne moyenne grâce à *ExpressionEvaluator* et *StatisticsCalculator*. Enfin, l'outil *TestFilter* permet de contrôler les données par rapport à la classe de précision choisie et les seuils de limite. Les facteurs P (classe de précision), C (coefficient de sécurité) et k (fonction du nombre de coordonnées) sont à adapter selon la précision souhaitée. Ici, P est fixé à 25 cm (Section 8.2.3 - *Positionnement aBâtiments* :), C est fixé à 2 (coefficient minimal) et k est fixé à 2,42 (pour du 2D) (Annexe 2).

11. PERSPECTIVES D'AMÉLIORATIONS

Cette section dresse le listing des améliorations possibles du schéma logique du futur Géoréférentiel wallon. Ces améliorations sont principalement des ajouts de documentation afin de mieux renseigner les utilisateurs sur l'information disponible. Dans le cas où cette publicité de l'information existerait déjà, il est proposé de revoir son mode de présentation ou de diffusion.

Il a été considéré depuis le début du projet que les éléments constituant les trois premières couches d'intérêt du futur Géoréférentiel seront ceux des *Bâtiments*, des *Axes de voirie* et des *Points adresse*. Les enregistrements destinés à peupler ces trois couches sont issus des couches du même nom directement depuis le Projet Informatique de Cartographie Continue de la Région Wallonne. Nous proposons les modifications et/ou ajouts suivants au schéma logique de ces dernières. A noter que ces recommandations n'engagent en rien l'Unité de Géomatique ni le Service Public de Wallonie. Il s'agit d'une liste de prescriptions destinées à faciliter le contrôle de la qualité et la mise en place de la méthodologie proposée dans le cadre du projet QualiGEO.

Remarque générale : l'absence d'information est déjà une information en soi. Cependant si cette absence n'est pas formalisée ni renseignée, elle peut être interprétée de bien des façons. Par conséquent, il est important de renseigner si un manque d'information est volontaire ou non et d'en préciser la forme.

11.1. Liste des documents à prévoir :

- **Définition des modes de connexion de voiries (cul-de-sac, carrefours ...).** La question est ici de savoir comment est créé un vertex. Comment l'extrémité est-elle établie ? Comment s'intersectent deux axes de voiries sécants ? Ces questions sont liées à la création de points pour les nœuds des axes et au problème rencontré lors de l'application des algorithmes de contrôle du positionnement des axes.
- **Règles pour le choix des valeurs des niveaux de voirie.**
- **Règles de construction du Georef_ID.** Si les 36 caractères utilisés dans le Georef_ID apportent une information (historique, de nature, ...), une documentation additionnelle est à prévoir.
- **Expression des règles topologiques intra et inter couches.** S'il n'existe pas de règle, il faut le mentionner. Les règles de construction appliquées par le dessinateur lors de la création des objets peuvent également être précisées.
- **Historique des modifications apportées aux jeux de données.**

- **Description des contrôles de qualité effectués.** Par exemple, des schémas des processus de contrôle peuvent être mis à disposition des utilisateurs à l'aide de documents relatifs à la qualité téléchargeables via les fiches descriptives du Géoportail.
- **Description des règles de construction des objets « dérivés construits » pour la couche des emprises de bâti.**
- **Description de l'utilisation des sources de données (ICAR, AGDP, futur Atlas des Voies Communales...).**
- **Définition des natures des objets pour les différentes couches :**
 - Liste des natures possibles avec définitions non-ambiguës.
 - Gestion des objets de nature multiple.
 - Définition du terme Annexe.

Chaque code de l'attribut NATUR_CODE doit être associé à une nature. Une définition stricte et précise de chaque nature est à fournir à l'utilisateur, qu'elle provienne du dictionnaire Waltopo ou non.

- **Définition des natures des aménagements (parkings, trottoirs...) des voiries :**
 - Liste des natures possibles avec définitions non-ambiguës.
- **Définition des natures des points adresse (intéressant à retrouver dans la vDiff) :**
 - Ajout de la nature de l'élément (construction, parcelle, bites ...)
 - Clarification de la construction des points adresse.

11.2. Actions à entreprendre :

- Généraliser la validation de l'identifiant unique à l'ensemble des couches.
- Mettre en place une méthode de vérification des géométries notamment pour les vertex inutiles (doublons, colinéaires...).
- Passer à une topologie explicite où les nœuds des axes de voirie sont représentés.
- Créer un attribut de « dernière confirmation terrain » pour l'actualité des objets. Si la vérification est effectuée sur des orthophotographies, la date de confirmation correspond à la date de prise de vue.
- Mettre à jour le document de spécification du Géoportail intitulé « LE FOND DE PLAN CARTOGRAPHIQUE A GRANDE ECHELLE DE LA REGION WALLONNE » datant de 2002.

12. PROPOSITIONS D'ALTERNATIVES ET SUGGESTION DE SCENARII

Ce chapitre discute des procédures pratiques à mettre en place afin de réaliser les contrôles qualité des critères de conformité/non-conformité.

Pour la majorité des contrôles, plusieurs procédures sont proposées. Les forces et les faiblesses de celles-ci sont mises en avant. La procédure préconisée d'un point de vue méthodologique par l'Ugeom est mentionnée et est utilisée pour la détermination de la scalability, mais la décision finale revient aux décideurs.

En fonction de l'organisation des équipes, les contrôles à effectuer sur terrain peuvent être réalisés simultanément ou non. Cela aura donc un impact sur le temps et les ressources humaines nécessaires pour réaliser la totalité des contrôles. Il faut se rendre sur le terrain avec une tablette munie d'une app GIS mobile permettant d'afficher la maille étudiée avec les axes de voiries et les constructions ou avec une carte imprimée préalablement traitée avec un SIG et un code couleur / une symbolique pour les marquages.

Les orthophotographies étant désormais disponibles à un rythme annuel, il est possible de les utiliser comme référence pour différents contrôles.

12.1. Exhaustivité

12.1.1. Excédent

12.1.1.1. Echantillonnage

- La totalité des éléments du jeu de données inclus dans chacune des mailles sélectionnées doit être pris en compte.
- Le nombre de mailles sélectionnées dépend de la taille minimum de l'échantillon à constituer en fonction de la taille de la population (le nombre total d'éléments dans le jeu de données) et du nombre d'éléments présents dans chaque maille (Section 5.1.3).

12.1.1.2. Méthode de mesure

a. Bâtiment

Terrain : les constructions n'ayant pas la nature d'annexe sont visibles sur le terrain, ce qui n'est pas toujours le cas des constructions ayant cette nature. Par conséquent, le contrôle sur le terrain de l'excédent pour les bâtiments (toutes natures confondues) ne saurait pas être fiable à 100%. Le contrôle terrain des constructions ayant une nature différente d'annexe peut par contre être envisagé. Il faut se rendre sur le

terrain avec la tablette ou le plan imprimé (couleurs différenciées entre les « Annexes » et les autres valeurs de l'attribut « NATUR_DESC » des *Bâtiments*). Il reste à marquer les constructions étant à la fois dans les données et sur le terrain comme conforme. Pour ce faire, si une tablette est utilisée, une nouvelle colonne de type booléen intitulée « conforme » peut être créée dans le shapefile des *Bâtiments* et complétée par « 1 » lorsqu'il y a conformité. Les constructions non marquées dans les données sont par conséquent en excédent.

Orthophotographie : par cette technique de contrôle, les annexes devraient être toutes visibles. Dans un logiciel GIS, il faut afficher le contour des constructions du Géoréférentiel en surimpression des orthophotographies. Il convient également d'indiquer par un code couleur différent les constructions ayant une date pour l'attribut « DATE_MODIF » plus récente que celle de la prise de vue ayant servi à créer l'orthophotographie. On évitera ainsi de compter parmi les excédents des constructions très récentes déjà insérées dans les données. Il reste à marquer les constructions étant à la fois dans les données et sur le terrain comme conforme. Les constructions non marquées dans les données sont par conséquent en excédent.

Nous conseillons l'utilisation des orthophotographies car le risque de rencontrer un problème de visibilité est moindre que sur terrain.

b. Axe de voirie

Orthophotographie : il pourrait être difficile de visualiser correctement sur l'orthophotographie les axes de voirie ayant la valeur « chemin ou sentier » pour l'attribut « NATUR_DESC ». Par conséquent, le contrôle par orthophotographie de l'excédent pour les axes de voirie ne saurait pas être fiable à 100%. Le contrôle par orthophotographie des axes de voirie ayant une nature autre que « chemin ou sentier » peut par contre être envisagé. Dans un logiciel GIS, il faut afficher les axes de voirie (autre que « chemin et sentier ») en surimpression des orthophotographies. Il convient également d'indiquer par un code couleur différent les axes de voirie ayant une date pour l'attribut « DATE_MODIF » plus récente que celle de la prise de vue ayant servi à créer l'orthophotographie. On évitera ainsi de compter parmi les excédents des axes de voirie très récents déjà insérés dans les données. Il reste à marquer les axes de voirie étant à la fois dans les données et sur le terrain comme conforme. Les axes de voirie non marqués dans les données sont par conséquent en excédent. Néanmoins, lorsque les orthophotographies sont utilisées pour réaliser ce contrôle, il n'est pas possible de visualiser les axes de voirie souterrains. Dès lors, une visite sur terrain s'avère indispensable pour compléter ce test.

Terrain : il est également envisageable de réaliser ce contrôle en se rendant uniquement sur terrain. En effet, toutes les natures de voiries font parties du domaine public, il est donc possible de s'y rendre et de constater les éventuels excédents de visu. C'est d'ailleurs la seule source d'information fiable et « à jour » pour contrôler les voiries ayant comme nature « chemin ou sentier ». Il faut alors se rendre sur le terrain avec une tablette ou un plan imprimé. Il reste à marquer les axes

de voirie étant à la fois dans les données et sur le terrain comme conforme. Pour ce faire, si une tablette est utilisée, une nouvelle colonne de type booléen intitulée « conforme » peut être créée dans le shapefile des axes de voirie et complétée par « 1 » lorsqu'il y a conformité. Les axes de voirie non marqués dans les données sont par conséquent en excédent.

Autres sources de référence : il sera peut-être envisageable à terme de se baser sur différentes sources numériques d'information pour le contrôle de l'exhaustivité des axes de voirie. En effet, le SPW dispose déjà de la Banque de Données Routière pour les voiries de nature autoroutière (inclus les rings) et nationale. Il y aura bientôt la mise en place d'un Atlas des voiries communales et l'Atlas des chemins et sentiers vicinaux existe déjà (mais devra être mis à jour).

Dans l'état actuel des choses, nous conseillons de réaliser ce contrôle sur terrain car aucun risque de masquage n'existe. De plus, les voiries souterraines sont directement repérables.

c. Point adresse :

ICAR : toutes les adresses présentes dans les données sont issues d'ICAR. Comparer celles-ci à la base de données ICAR n'a donc pas de sens lors de la mesure de l'excédent.

Terrain : les numéros de police devraient être visibles de la voirie car cela est une obligation légale⁵.

Il faut se rendre sur le terrain avec une tablette ou un plan imprimé (couleurs différenciées entre les « Annexes » et les autres valeurs de l'attribut « NATUR_DESC » des *Bâtiments*) et les points adresse ayant pour étiquette le numéro de police (cela permet de savoir si plusieurs points adresse sont positionnés les uns sur les autres). Il faut ensuite marquer les points adresse étant à la fois dans les données et sur le terrain comme conformes. Pour ce faire, si une tablette est utilisée, une nouvelle colonne de type booléen intitulée « conforme » peut être créée dans le shapefile des points adresse et complétée par « 1 » lorsqu'il y a conformité. Les points adresse non marqués dans les données sont par conséquent en excédent. Toutefois, dans le cas de parcelles non-bâties ou de bâtiments en construction, le numéro de police n'est pas toujours visible sur le terrain alors qu'il est bien attribué par la commune. Par conséquent, il sera utile de se procurer la liste des nouvelles adresses ayant été créées depuis la dernière mise à jour de la commune contrôlée auprès de cette dernière. Afin de pérenniser la répétabilité de ce test, les détails de

⁵http://www.ejustice.just.fgov.be/cgi_loi/change_lg.pl?language=fr&la=F&cn=1992100730&table_name=loi

procédure et les cas particuliers rencontrés lors de ce contrôle doivent être consignés dans un document pratique à destination des contrôleurs (exemple : à partir de quelle distance un point adresse doit être compté comme excédent car situé à une distance trop importante de l'endroit où il devrait être situé en réalité).

Malgré la problématique de visibilité des numéros de police rencontrée lors des tests, le contrôle sur terrain (avec demande d'infos complémentaires directement à l'administration communale) semble être la seule procédure possible.

12.1.2. Omission

12.1.2.1. Echantillonnage

- Il faut que l'âge moyen des données présentes dans les mailles sélectionnées ne s'éloigne pas significativement de l'âge moyen de l'ensemble des données.
- La totalité des éléments du jeu de données inclus dans chacune des mailles sélectionnées doit être pris en compte.
- Le nombre de mailles sélectionnées dépend donc du nombre d'éléments présents dans celles-ci et de la taille minimum de l'échantillon à constituer en fonction de la taille de la population (le nombre total d'éléments dans le jeu de données). Si le nombre d'éléments présent dans une maille devait être trop élevé, ce qui est le cas dans les mailles urbaines, la taille de la maille doit être réduite afin de garder une bonne représentativité spatiale sur toute la Wallonie. Une maille sera considérée comme urbaine si 80% ou plus de sa surface est composée de bâti (bâtiments, routes, parking, ...).

12.1.2.2. Méthode de mesure

a. Bâtiment

Terrain : les constructions n'ayant pas la nature d'annexe sont visibles sur le terrain, ce qui n'est pas toujours le cas des constructions ayant cette nature. Par conséquent, le contrôle sur le terrain de l'omission pour les bâtiments (toutes natures confondues) ne saurait pas être fiable à 100%. Le contrôle terrain des constructions ayant une nature différente d'annexe peut par contre être envisagé. Il faut se rendre sur le terrain avec une tablette ou un plan imprimé (couleurs différenciées entre les « Annexes » et les autres valeurs de l'attribut « NATUR_DESC » des *Bâtiments*). Lorsqu'une construction est présente sur le terrain mais pas dans les données, il faut alors passer en mode édition sur la tablette et ajouter un point à l'endroit de la construction omise dans une couche dédiée aux omissions de constructions. Outre le calcul du taux d'omission, cette couche permettra aussi aux équipes de topo de mieux préparer leurs campagnes de lever dans le cadre de la mise à jour continue des données.

Orthophotographie : par cette technique de contrôle, les annexes devraient être toutes visibles. Dans un logiciel GIS, il faut afficher le contour des constructions en surimpression des orthophotographies. Il reste à marquer les constructions étant à la fois dans les données et sur le terrain comme conformes. Lorsqu'une construction est présente sur l'orthophotographie mais pas dans les données, il faut alors passer en mode édition et ajouter un point à l'endroit de la construction omise dans une couche dédiée aux omissions de constructions. Outre le calcul du taux d'omission, cette couche permettra aussi aux équipes de topo de mieux préparer leurs campagnes de lever dans le cadre de la mise à jour continue des données.

Nous conseillons l'utilisation des orthophotographies car le risque de rencontrer un problème de visibilité est moindre que sur terrain.

b. Axe de voirie

Orthophotographie : il pourrait être difficile de visualiser correctement sur l'orthophotographie les axes de voirie ayant la valeur « chemin ou sentier » pour l'attribut « NATUR_DESC ». Par conséquent, le contrôle par orthophotographie de l'omission pour les axes de voirie ne saurait pas être fiable à 100%. Le contrôle par orthophotographie des axes de voirie ayant une nature autre que « chemin ou sentier » peut par contre être envisagé. Dans un logiciel GIS, il faut afficher les axes de voirie (autre que « chemin et sentier ») en surimpression des orthophotographies. Il reste à marquer les axes de voirie étant à la fois dans les données et sur le terrain comme conforme. Lorsqu'un axe de voirie est présent sur l'orthophotographie mais pas dans les données, il faut alors passer en mode édition et ajouter une polyligne à l'endroit de l'axe de voirie manquant dans une couche dédiée aux omissions d'axes de voirie. Outre le calcul du taux d'omission, cette couche permettra aussi aux équipes de topo de mieux préparer leurs campagnes de lever dans le cadre de la mise à jour continue des données. Néanmoins, lorsque les orthophotographies sont utilisées pour réaliser ce contrôle, il n'est pas possible de visualiser les axes de voirie souterrains. Dès lors, une visite sur terrain s'avère indispensable pour compléter ce test.

Terrain : il est également envisageable de réaliser ce contrôle en se rendant sur terrain. En effet, toutes les natures de voiries font partie du domaine public, il est donc possible de s'y rendre et de constater les éventuelles omissions de visu. C'est d'ailleurs la seule source d'information fiable et « à jour » pour contrôler les voiries ayant comme nature « chemin ou sentier ». Il faut alors se rendre sur le terrain avec une tablette ou un plan imprimé. Lorsqu'un axe de voirie est présent sur le terrain mais pas dans les données, il faut alors passer en mode édition sur la tablette et ajouter une polyligne à l'endroit de l'axe de voirie manquant dans une couche dédiée aux omissions d'axes de voirie. Outre le calcul du taux d'omission, cette couche permettra aussi aux équipes de topo de mieux préparer leurs campagnes de lever dans le cadre de la mise à jour continue des données.

Autres sources de référence : il sera peut-être envisageable à termes de se baser sur différentes sources numériques d'information pour le contrôle de l'exhaustivité des axes de voirie. En effet, le SPW dispose déjà de la Banque de Données Routière pour les voiries de nature autoroutières (inclus les rings) et nationales. Il y aura bientôt la mise en place d'un Atlas des voiries communales et l'Atlas des chemins et sentiers vicinaux existe déjà (mais devra être mis à jour).

Dans l'état actuel des choses, nous conseillons de réaliser ce contrôle sur terrain car aucun risque de masquage n'existe. De plus, les voiries souterraines sont directement repérables.

c. Point adresse

ICAR : toutes les adresses présentes dans les données sont issues d'ICAR. A l'inverse, toutes les adresses présentes dans la base de données ICAR ne sont pas dans la couche *Points adresse* des données. En effet, pour que les données d'ICAR soient insérées dans les données du Géoréférentiel, il faut qu'une géométrie ponctuelle décrivant cette adresse y soit présente. Par conséquent, toutes les adresses d'ICAR non présentes dans les données du Géoréférentiel peuvent être considérées comme des omissions. Cette information servira de « feuille de route » aux équipes chargées de positionner la géométrie ponctuelle des adresses.

Terrain : les numéros de police devraient être visibles de la voirie car cela est une obligation légale⁶.

Il faut se rendre sur le terrain avec une tablette ou un plan imprimé (couleurs différenciées entre les « Annexes » et les autres valeurs de l'attribut « NATUR_DESC » des *Bâtiments*) et les points adresse ayant pour étiquette le numéro de police (cela permet de savoir si plusieurs points adresse sont positionnés les uns sur les autres). Lorsqu'un point adresse est présent sur le terrain mais pas dans les données, il faut alors passer en mode édition sur la tablette et ajouter un point à l'un des endroits stipulés dans les spécifications, dans une couche dédiée aux omissions de points adresse. Outre le calcul du taux d'omission, cette couche pourra servir directement, si elle a été réalisée en suivant les consignes édictées dans les spécifications, pour la validation des nouveaux points adresse. Toutefois, dans le cas de parcelles non-bâties ou de bâtiments en construction, le numéro de police n'est pas toujours visible sur le terrain alors qu'il est bien attribué par la commune. Par conséquent, il sera utile de demander à la commune où se déroulent les contrôles la

⁶http://www.ejustice.just.fgov.be/cgi_loi/change_lg.pl?language=fr&la=F&cn=1992100730&table_name=loi

liste des nouvelles adresses ayant été créées depuis la dernière mise à jour de la commune.

Dans le cas du contrôle de l'omission pour les points adresse, ICAR et le terrain sont utilisables. La limitation actuelle d'ICAR étant son actualité incertaine. Pour le terrain, la problématique est identique à celle du contrôle de l'excès.

12.2. Cohérence logique

Le contrôle des sous-critères de cohérence logique peut être automatisé (Tâche 2 - FME).

12.3. Positionnement absolu

a. Bâtiment

Terrain : les tests réalisés sur terrain dans la tâche 3 ont été réalisés en suivant la méthodologie fournie (Section 6.3 - *Exemple de méthodologie de levé de contrôle sur terrain* & Section 6.4 - *Méthode de levé normé*) qui fait appel à des levés topographiques. Cependant, ils ne permettent pas de mesurer le positionnement de l'emprise des bâtiments par manque de visibilité des façades arrière, à moins de ne sélectionner que des bâtiments dont toutes les façades sont visibles, mais cela exclurait une majorité des bâtiments en zone urbaine. Seules les façades à rue peuvent donc être vérifiées sur le terrain à l'aide de levés topographiques et doivent donc être considérées comme une géodonnée à part entière.

Orthophotographie : bien que la précision du positionnement sur orthophotographies serait suffisante pour contrôler les emprises de bâtiments, ces dernières n'y sont pas directement visibles. Ce sont les contours des toitures qui peuvent y être mesurés. Un écart de plusieurs dizaines de centimètres peut exister entre les deux éléments, selon la saillie du toit, c'est pourquoi il ne faut pas les associer. Il pourrait être envisagé de définir une classe de précision plus large pour les emprises, par exemple 50 cm, afin de tenir compte de cet écart, mais il se poserait alors la question quant à l'intérêt d'une couche avec une précision si grossière. De plus, des erreurs plus grandes peuvent découler des interprétations sur base de la toiture car cette dernière pourrait être prolongée par un débord pour servir de pergola, de porche ou de carport et s'éloignerait donc considérablement de l'emprise au sol du bâtiment.

Le choix de la géodonnée peut modifier les traitements à appliquer. Si ce sont les façades à rue qui sont représentées comme nous le préconisons et non plus les emprises, il n'y a plus lieu d'appliquer l'indice de distance surfacique pour analyser la superposition des surfaces.

b. Axe de voirie

Terrain : les tests réalisés sur terrain dans la tâche 3 ont été réalisés en suivant la méthodologie fournie (Section 6.3 - *Exemple de méthodologie de levé de contrôle sur terrain* & Section 6.4 - *Méthode de levé normé*) qui fait appel à des levés topographiques. Le travail sur terrain permet de mesurer efficacement les bords des voiries avec une précision suffisante.

Orthophotographie : bien que la précision du positionnement sur orthophotographies serait suffisante pour tracer les bordures de voirie, ceux-ci ne sont pas toujours visibles sur les images à cause d'obstacles (arbres, voitures...). De plus, il est de toute façon nécessaire de se rendre sur le terrain pour le levé des façades des bâtiments donc le levé des voiries peut y être réalisé en même temps.

Dans tous les cas, les axes centraux des voiries sont obtenus par reconstruction sur base des bords des voiries.

12.4. Qualité sémantique

12.4.1. Classement des objets

12.4.1.1. Echantillonnage

Dans le cas du contrôle du classement des objets, la population dans laquelle seront tirés les objets de l'échantillon est constituée des différents jeux de données où une erreur de classement est susceptible de se produire. Ainsi, on ne réalisera pas ce contrôle avec des jeux de données dont le type de géométrie est différent (point et polygone par exemple). En effet, la probabilité qu'une confusion ait lieu entre des objets symbolisés dans les données par deux types différents de géométrie s'avère très faible. A l'inverse, il est plus probable qu'une erreur de classement ait lieu entre le jeu de données des axes de voirie et celui des éléments linéaires de voirie, par exemple.

12.4.1.2. Méthode de mesure

Ce contrôle consiste donc à vérifier que les géométries des jeux de données analysés correspondent bien sémantiquement à la classe à laquelle ils appartiennent. Pour réaliser cette tâche, les orthophotographies constitueront la référence à laquelle seront comparées les géométries des jeux de données analysés. En pratique, dans un logiciel GIS, il faut afficher les géométries à contrôler en surimpression des orthophotographies. Une couleur différente sera attribuée à chaque jeu de données. De visu, il est alors possible de confirmer ou d'infirmier la classe à laquelle appartient chaque géométrie (une géométrie « axe de voirie » suivant précisément le bord d'une route est un exemple de géométrie sémantiquement mal classée). Les informations

suivantes devront être relevées pour les géométries mal classées : l'identifiant unique, le nom de la classe erronée à laquelle elle appartient, le nom de la classe à laquelle elle devrait appartenir. Ces informations seront à la fois utiles pour le calcul du taux de bon classement et pour les équipes de production en charge des corrections.

Néanmoins, il pourrait être parfois difficile d'évaluer correctement sur les orthophotographies le bon classement ou non de certaines géométries en raison, entre autres, du couvert végétal ou de la résolution des orthophotographies. Par conséquent, il y a un risque que le contrôle du classement des objets par orthophotographie ne puisse pas être réalisé pour la totalité des géométries échantillonnées. Dans de telles situations, un lever terrain des géométries non-interprétables s'avèrera alors nécessaire. Le résultat du lever codé sera affiché en surimpression des orthophotographies comme lors de l'analyse directe des géométries des différents jeux de données, le reste du processus de contrôle étant identique.

12.4.2. Classement / évaluation des attributs

12.4.2.1. Echantillonnage

Dans le cas du contrôle du classement/de l'évaluation des attributs, la population dans laquelle seront tirés les objets de l'échantillon est constituée d'un unique jeu de données. Un échantillonnage sera donc requis par jeu de données à contrôler.

12.4.2.2. Méthode de mesure

L'objectif de ce contrôle est de calculer un taux de valeurs d'attribut correctes pour chaque attribut de chaque jeu de données. Pour ce faire, il faut vérifier pour chaque objet du jeu de données que la valeur présente dans leurs attributs corresponde bien à la valeur présente dans la référence. Deux grands types d'attribut existent : les attributs qualitatifs et quantitatifs. Ce type influence la méthode de mesure qui sera employée pour le contrôle. De plus, la diversité des attributs pouvant être rencontrés dans chaque type étant importante, une unique méthode de mesure ne peut être préconisée. En d'autres termes, la méthode de mesure à employer dépend de l'attribut étudié. Pour le bon déroulement de ce contrôle, il est impératif de connaître le domaine de valeur de tous les attributs. Pour les attributs qualitatifs, il faut également veiller à connaître les définitions de toutes les valeurs possibles.

a. Bâtiment

- « *NATUR_CODE* » et « *NATUR_DESC* » :

A l'heure actuelle, il n'existe aucune définition disponible. De plus, plusieurs cas d'ambiguïté sont également rencontrés dans les valeurs disponibles (building VS habitation ; scolaire VS scolaire secondaire ; ...). Ce contrôle ne peut donc être actuellement effectué que de manière subjective.

Orthophotographie : il n'est pas possible d'identifier la valeur correcte des attributs « NATUR_CODE » et « NATUR_DESC » au moyen des orthophotographies.

Terrain : le contrôle de la qualité sémantique des attributs «NATUR_CODE» et NATUR_DESC peut être effectué en se rendant sur terrain. En effet, en plus de l'aspect des bâtiments, de nombreux écriteaux sont visibles depuis le domaine public et permettent d'aider à identifier la nature de ceux-ci. Bien sûr, la personne en charge de ce contrôle devra disposer avec lui de la liste complète des valeurs pouvant être affectées ainsi que de leur définition. En pratique, il faut donc se rendre sur le terrain avec une tablette munie d'une app GIS mobile permettant d'afficher la maille étudiée avec les axes de voiries et les constructions. Une étiquette sera affichée sur chacune de celles-ci indiquant la valeur de l'attribut NATUR_DESC ou «NATUR_CODE». Lorsqu'une construction présentant une nature incorrecte est rencontrée, il faut passer en mode édition et indiquer la valeur correcte dans une colonne dédiée aux corrections des natures dans la couche des constructions. Sur base de cette colonne, il sera possible de calculer le taux de valeurs d'attribut correct. La matrice de classement erroné peut également être calculée en comparant le contenu de la colonne des corrections avec celui de la colonne «NATUR_DESC».

Mobile mapping : une alternative aux contrôles sur terrain pourrait être l'utilisation des photos prises durant les campagnes de mobile mapping. Dans le même registre, Google Street View pourrait également être une source d'informations à considérer. Néanmoins, l'utilisation correcte de ces références présente quelques inconvénients. Tout d'abord, il faut être en mesure d'obtenir la date du cliché et de s'assurer que celle-ci est postérieure à la date à laquelle la nature de la construction a été mise à jour pour la dernière fois. Par ailleurs, il existe un risque réel d'occlusions et donc de pertes d'information permettant d'identifier la nature des constructions. Enfin, les photos prises doivent être d'une résolution assez haute pour permettre la lecture des écriteaux. En pratique, ce contrôle s'effectue en affichant en parallèle à l'écran les photos références et un logiciel GIS avec la couche des *Axes de voiries* et des constructions de la maille étudiée. Une étiquette sera affichée sur chacune des constructions indiquant la valeur de l'attribut « NATUR_DESC » ou « NATUR_CODE ». Lorsqu'une construction présentant

une nature incorrecte est rencontrée, il faut passer en mode édition et indiquer la valeur correcte dans une colonne dédiée aux corrections des natures dans la couche des constructions. Le reste du processus de contrôle est identique à celui ayant pour référence la réalité terrain.

Bases de données : une autre solution consisterait à comparer les natures des constructions du Géoréférentiel avec les informations disponibles dans d'autres bases de données. Nous pensons entre autres à celles gérées par le cadastre ou l'IGN. Une comparaison avec des bases de données de producteurs privés est également envisageable. Dans tous les cas, il est capital de connaître la date de dernière mise à jour des natures présentes dans les bases de données de référence. La question de la fiabilité des bases de données de référence doit également être posée et des garanties sur la qualité de celles-ci doivent être obtenues par le SPW. Préalablement au contrôle, il faut également établir une table de correspondance entre les natures utilisées par le SPW et celles employées par chacun des producteurs de données externes. En pratique, dans un logiciel GIS, il faudrait superposer la couche des constructions du SPW sur celles du producteur de données externe. Pour chaque construction, deux étiquettes de couleur différente seraient affichées : la valeur de l'attribut « `NATUR_DESC` » ou « `NATUR_CODE` » et la valeur de l'attribut équivalent dans la base de données externe. Le reste du processus de contrôle est identique à celui expliqué précédemment. Une automatisation de ce processus de contrôle pourrait être envisagée s'il existe une table de correspondance entre les identifiants uniques des constructions de la couche du SPW et ceux des constructions de la base de données du producteur extérieur.

Pour cet attribut, le terrain semble être la meilleure solution à court et moyen terme. A long terme, l'utilisation de bases de données externes peut être envisagée mais cela nécessiterait un certain nombre d'investissements.

b. **Axe de voirie**

- «`NATUR_CODE`» et «`NATUR_DESC`» :

La nature des axes de voiries est différente de celle des bâtiments dans le sens où elle n'est pas identifiable aisément visuellement (terrain, orthophotographie, mobile mapping, ...). Comme pour tous les attributs, il est impératif de disposer de la liste des natures pouvant être utilisées, cette liste devant être accompagnée des définitions de toutes les valeurs possibles. A l'heure actuelle, il n'existe aucune définition disponible pour ces attributs. Même en présence de ces définitions et comme évoqué ci-dessus, le contrôle visuel de la nature des axes de voirie s'avère hasardeux. Cela est dû au fait que la nature de la voirie n'a pas été définie sur base de caractéristiques physiques strictes mais plutôt de façon arbitraire. Par conséquent, il ne s'agit

plus de reconnaître, de choisir la nature correcte mais bien de la trouver, de la lire quelque part.

Orthophotographie : tels qu'ils sont construits actuellement, il n'est pas possible d'identifier la valeur correcte des attributs «NATUR_CODE» et «NATUR_DESC» au moyen des orthophotographies.

Terrain : le contrôle de la qualité sémantique des attributs «NATUR_CODE» et «NATUR_DESC» est toutefois réalisable en se rendant sur terrain. Le risque de cette méthode est de ne trouver aucun panneau permettant de définir la nature de la voirie. En pratique, il faut donc se rendre sur le terrain avec une tablette ou un plan imprimé. Une étiquette sera affichée sur chacun des axes indiquant la valeur de l'attribut «NATUR_DESC» ou «NATUR_CODE». Lorsqu'une voirie présentant une nature incorrecte est rencontrée, il faut passer en mode édition sur la tablette et indiquer la valeur correcte dans une colonne dédiée aux corrections des natures dans la couche des *Axes de voiries*. Sur base de cette colonne, il sera possible de calculer le taux de valeurs d'attribut correct. La matrice de classement erroné peut également être calculée en comparant le contenu de la colonne des corrections avec celui de la colonne «NATUR_DESC».

Mobile mapping : une alternative aux contrôles sur terrain pourrait être l'utilisation des photos prises durant les campagnes de mobile mapping. Dans le même registre, Google Street View pourrait également être une source d'informations à considérer. Néanmoins, l'utilisation correcte de ces références présente quelques inconvénients. Tout d'abord, il faut être en mesure d'obtenir la date du cliché et de s'assurer que celle-ci est postérieure à la date à laquelle la nature de la construction a été mise à jour pour la dernière fois. Par ailleurs, il existe un risque réel d'occlusions et donc de pertes d'information permettant d'identifier la nature des voiries. De plus, les photos prises doivent être d'une résolution assez haute pour permettre la lecture des divers panneaux, en particulier les bornes kilométriques. Ces panneaux étant d'une taille réduite, il y a un risque assez élevé qu'ils ne soient pas lisibles. Enfin, le mobile mapping étant effectué quasi exclusivement depuis une automobile, il y a très peu de chance que des données soient disponibles pour les chemins et sentiers. En pratique, ce contrôle s'effectue en affichant en parallèle à l'écran les photos références et un logiciel GIS avec la couche des axes de voiries et des constructions de la maille étudiée. Une étiquette sera affichée sur chacun des axes indiquant la valeur de l'attribut «NATUR_DESC» ou «NATUR_CODE». Lorsqu'une voirie présentant une nature incorrecte est rencontrée, il faut passer en mode édition et indiquer la valeur correcte dans une colonne dédiée aux corrections des natures dans la couche des axes de

voirie. Le reste du processus de contrôle est identique à celui ayant pour référence la réalité terrain.

Bases de données/documents de référence : à ce jour, la solution la plus fiable consisterait à comparer les natures des axes de voirie du Géoréférentiel avec les informations disponibles dans d'autres bases de données ou documents de référence. Nous pensons entre autres aux bases de données gérées par la DGO1 ou l'IGN. Dans tous les cas, il est capital de connaître la date de dernière mise à jour des natures présentes dans les bases de données de référence. Dans certains cas de figure, il faudra, préalablement au contrôle, établir une table de correspondance entre les natures utilisées par le SPW pour le Géoréférentiel et celles employées dans les autres bases de données. En pratique, dans un logiciel GIS, il faudrait superposer la couche des *Axes de voirie* du Géoréférentiel sur celles provenant des BDD de référence. Pour chaque voirie, deux étiquettes de couleur différente seraient affichées : la valeur de l'attribut «NATUR_DESC» ou «NATUR_CODE» et la valeur de l'attribut équivalent dans la base de données de référence. Le reste du processus de contrôle est identique à celui expliqué précédemment. Une automatisation de ce processus de contrôle pourrait être envisagée s'il existe une table de correspondance entre les identifiants uniques des axes de voiries de la couche du Géoréférentiel et ceux des voiries de la base de données de référence.

La meilleure solution semble être l'utilisation de bases de données de référence. De plus, une partie de l'information se trouve déjà en possession du SPW (DGO1).

- « RUE_NOM1 » et « RUE_NOM2 » :

Terrain : en théorie, le terrain devrait être la source d'information primaire. Cependant, bien que cela soit une obligation légale⁷, nous avons constaté sur terrain qu'il n'était pas toujours aisé de trouver les plaques de rue. Bien souvent, elles ne sont pas présentes à chaque intersection, il est dès lors nécessaire de se rendre en dehors de la zone de contrôle pour obtenir l'information. Cela ralentit donc le contrôle et ne permet pas de garantir une réalisation adéquate de celui-ci. C'est pourquoi le contrôle sur terrain des attributs « RUE_NOM1 » et « RUE_NOM2 » est à déconseiller.

7

http://www.ejustice.just.fgov.be/cgi_loi/change_lg.pl?language=fr&la=F&cn=1992100730&table_name=loi

Bases de données : à ce jour, la solution la plus fiable consisterait à comparer la valeur des attributs « RUE_NOM »1 et « RUE_NOM2 » des *Axes de voirie* du Géoréférentiel avec les informations disponibles dans d'autres bases de données. En ce qui concerne les autoroutes et les nationales, la DGO1 est la source principale d'informations. Eventuellement, l'IGN pourrait être consulté. Pour ce qui est des autres natures de voirie, c'est directement les communes qu'il faut consulter, celles-ci étant légalement responsables de la gestion des adresses sur leur territoire. Pareillement, l'IGN peut être consulté. Dans le futur, l'Atlas des voiries communales pourrait devenir la référence grâce à laquelle ce contrôle sera réalisé. Enfin, la base de données ICAR étant alphanumérique, elle ne peut pas servir à *localiser* les noms de voirie (mais bien à connaître la liste des noms de voirie à localiser). En pratique, dans un logiciel GIS, il faudrait superposer la couche des *Axes de voirie* du Géoréférentiel sur celle provenant des BDD de référence. Pour chaque voirie, quatre étiquettes de couleurs différentes seraient affichées : la valeur des attributs « RUE_NOM1 » et « RUE_NOM2 » et la valeur des attributs équivalents dans la base de données de référence. Lorsqu'une voirie présentant un nom incorrect est rencontrée, il faut passer en mode édition et indiquer la valeur correcte dans une colonne dédiée aux corrections des noms de voirie dans la couche des *Axes de voirie*. Sur base de cette colonne, il sera possible de calculer le taux de valeurs d'attribut correct.

La seule solution fiable semble être l'utilisation de bases de données. Une partie de l'information est d'ailleurs disponible auprès de la DGO1.

- « *VOIRIE_NOM* » :
Cet attribut n'ayant de valeur que pour les voiries gérées par la Région, il est préférable de connaître la liste de ces voiries au préalable afin de ne pas perdre de temps lors de la réalisation de ce contrôle.

Terrain : en théorie, le terrain devrait être la source d'information primaire. Cependant, le nom des voiries nationales peut s'avérer difficile à trouver sur le terrain. C'est la raison pour laquelle nous déconseillons d'utiliser le terrain comme référence pour réaliser le contrôle de l'attribut « *VOIRIE_NOM* ».

Base de données : pour le contrôle de cet attribut, la base de données de la DGO1 est l'unique référence à consulter car les voiries concernées sont sous leur unique responsabilité. En pratique, dans un logiciel GIS, il faudrait superposer la couche des *Axes de voirie* du Géoréférentiel sur celle provenant de la DGO1. Pour chaque voirie, deux étiquettes de couleur différente seraient affichées : la valeur de l'attribut « *VOIRIE_NOM* » et la valeur de l'attribut

équivalent dans la base de données de référence. Lorsqu'une voirie présentant un nom incorrect est rencontrée, il faut passer en mode édition et indiquer la valeur correcte dans une colonne dédiée aux corrections des noms de voirie gérée par la DGO1 dans la couche des *Axes de voirie*. Sur base de cette colonne, il sera possible de calculer le taux de valeurs d'attribut correctes

- «*SENS_BK*» :

Bien que cet attribut semble ne pas nécessiter plus d'explications que ce qui est actuellement disponible, il est très probable que de nombreux cas particuliers soient rencontrés en pratique. Une majorité de ceux-ci pourrait être répertorié dans un guide destiné aux contrôleurs. Par ailleurs, cet attribut n'ayant de valeur que pour les voiries gérées par la Région, il est préférable de connaître la liste de ces voiries au préalable afin de ne pas perdre de temps lors de la réalisation de ce contrôle.

Terrain : le contrôle de cet attribut se réalise en deux temps. Il faut d'abord déterminer le sens des bornes kilométriques puis celui de la circulation routière. Pour déterminer le sens des bornes kilométriques, il faut trouver en bordure de voirie au moins deux panneaux indiquant le kilométrage. Ceux-ci sont souvent implantés tous les 100m. Ensuite, sur base du trafic et/ou des panneaux de circulation, il est possible de déterminer le sens de circulation des véhicules. De ces deux informations en est déduit la valeur correcte pour l'attribut «*SENS_BK*». En pratique, il faut donc se rendre sur le terrain avec une tablette munie d'une app GIS mobile permettant d'afficher la maille étudiée avec les axes de voiries et les constructions. Une étiquette sera affichée sur chacun des axes indiquant la valeur de l'attribut «*SENS_BK*». Lorsqu'une voirie présentant une valeur incorrecte est rencontrée, il faut passer en mode édition et indiquer la valeur correcte dans une colonne dédiée aux corrections de l'attribut «*SENS_BK*» dans la couche des *Axes de voirie*. Sur base de cette colonne, il sera possible de calculer le taux de valeurs d'attribut correct. La matrice de classement erroné peut également être calculée en comparant le contenu de la colonne des corrections avec celui de la colonne «*SENS_BK*».

Base de données : l'information concernant le sens des bornes kilométriques est très certainement disponible dans la base de données de la DGO1. La présence du sens de la circulation dans celle-ci n'est pas connue de notre part. Par conséquent, l'utilisation d'une base de données privée telle que celle de Navteq s'avérerait nécessaire afin de réaliser le contrôle de cet attribut. En pratique, dans un logiciel GIS, il faudrait superposer la couche des *Axes de voirie* du Géoréférentiel sur celles provenant de la DGO1 et du producteur privé. Pour chaque voirie, trois étiquettes de couleur différente seraient affichées : la valeur de l'attribut «*SENS_BK*», la valeur de l'attribut indiquant

le sens des bornes kilométriques et la valeur de l'attribut indiquant le sens de circulation. Lorsqu'une voirie présentant une valeur d'attribut «SENS_BK» incorrect est rencontrée, il faut passer en mode édition et indiquer la valeur correcte dans une colonne dédiée aux corrections de l'attribut «SENS_BK» dans la couche des *Axes de voirie*. Sur base de cette colonne, il sera possible de calculer le taux de valeurs d'attribut correct. La matrice de classement erroné peut également être calculée en comparant le contenu de la colonne des corrections avec celui de la colonne «SENS_BK».

Le terrain dispose de tous les éléments permettant de réaliser le contrôle alors que le contenu des bases de données semble incertain ou non à jour. Par conséquent, l'utilisation du terrain est privilégiée.

- «NIVEAU» :
La définition de l'attribut «NIVEAU» telle qu'elle existe actuellement n'est pas claire. De plus, aucune information n'est donnée pour faciliter le traitement des cas particuliers.

Terrain : le contrôle des valeurs de cet attribut est réalisable sur terrain. Il permet d'appréhender rapidement les différents niveaux de voirie, en particulier ceux situés sous le sol, ce qui n'est pas possible via d'autres techniques de contrôle (orthophotographies, ...). L'utilisation sur terrain de plans de construction des ouvrages souterrains peut faciliter encore la compréhension de l'espace. En pratique, il faut donc se rendre sur le terrain avec une tablette ou un plan imprimé. Une étiquette sera affichée sur chacun des axes indiquant la valeur de l'attribut «NIVEAU». Lorsqu'une voirie présentant une valeur incorrecte est rencontrée, il faut passer en mode édition si une tablette est utilisée et indiquer la valeur correcte dans une colonne dédiée aux corrections de l'attribut «NIVEAU» dans la couche des axes de voiries. Sur base de cette colonne, il sera possible de calculer le taux de valeurs d'attribut correct. La matrice de classement erroné peut également être calculée en comparant le contenu de la colonne des corrections avec celui de la colonne «NIVEAU».

Note : Actuellement, seuls 30 segments de voirie sur plus de 330 000 disposent d'une valeur pour l'attribut «NIVEAU».

- «AMENAG» :
Les informations disponibles pour cet attribut sont insuffisantes, en particulier en ce qui concerne la définition des valeurs qu'«AMENAG» peut prendre. A l'exception des professionnels du secteur, il est pratiquement impossible de

déduire quel segment de voirie doit posséder une valeur pour cet attribut (hormis les ronds-points... mais des cas particuliers peuvent également être rencontré pour cette valeur !). Un travail de définition et d'illustration d'une majorité de cas pratiques est nécessaire afin que tous les agents puissent objectivement contrôler les valeurs de cet attribut.

Orthophotographies : *a priori*, tous les aménagements identifiés par cet attribut sont visibles sur les orthophotographies. Les éventuels points de repère sur le terrain servant de limite aux différentes valeurs d'«AMENAG» doivent néanmoins être discernables à la résolution des orthophotographies. En complément de ces dernières, il pourrait être nécessaire d'utiliser des plans de construction pour contrôler les ouvrages souterrains. En pratique, dans un logiciel GIS, il faut afficher les axes de voirie en surimpression des orthophotographies. Une étiquette sera affichée sur chacun des axes indiquant la valeur de l'attribut «AMENAG». Lorsqu'une voirie présentant une valeur incorrecte est rencontrée, il faut passer en mode édition et indiquer la valeur correcte dans une colonne dédiée aux corrections de l'attribut «AMENAG» dans la couche des *Axes de voirie*. Sur base de cette colonne, il sera possible de calculer le taux de valeurs d'attribut correct. La matrice de classement erroné peut également être calculée en comparant le contenu de la colonne des corrections avec celui de la colonne «AMENAG».

Terrain : le contrôle terrain de l'attribut «AMENAG» est également tout à fait réalisable. En pratique, il faut donc se rendre sur le terrain avec une tablette ou un plan imprimé. Une étiquette sera affichée sur chacun des axes indiquant la valeur de l'attribut «AMENAG». Lorsqu'une voirie présentant une valeur incorrecte est rencontrée, il faut passer en mode édition si une tablette est utilisée et indiquer la valeur correcte dans une colonne dédiée aux corrections de l'attribut «AMENAG» dans la couche des *Axes de voirie*. Sur base de cette colonne, il sera possible de calculer le taux de valeurs d'attribut correct. La matrice de classement erroné peut également être calculée en comparant le contenu de la colonne des corrections avec celui de la colonne «AMENAG».

N'ayant pas d'information quant à la taille des éléments indiquant le début/la fin des différents aménagements, nous penchons pour la réalisation de ce contrôle sur le terrain

12.5. Qualité temporelle

12.5.1. Actualité

Le contrôle de ce critère est très facilement automatisable dans un logiciel comme FME : il suffit d'effectuer la soustraction entre la valeur de l'attribut « date de référence » et la valeur de l'attribut « date de dernière confirmation terrain » (ce dernier n'existe pas à l'heure actuelle) puis de séparer les objets en deux groupes suivant leur âge : supérieur ou inférieur à l'âge seuil.

12.6. Généalogie

Le contrôle des informations généalogiques présentes au niveau des objets peut être automatisé de la même manière que pour le contrôle de la cohérence logique (voir Tâche 2 - FME). En effet, il est possible de vérifier l'absence/la présence d'une valeur dans les attributs requis (et la présence même de ces attributs). En ce qui concerne le contrôle des informations généalogiques présentes au niveau du jeu de données, une automatisation similaire est envisageable néanmoins la qualité et l'exhaustivité de ces informations ne peut être estimée que par un humain.

13. OPERATIONNALITE DE LA METHODOLOGIE

13.1. Scalability

Le tableau suivant (Tableau 31) reprend les temps de contrôle sur base des suggestions retenues au Chapitre 12 - Propositions d'alternatives et suggestion de scénarii pour chaque sous-critère sur une maille.

Tableau 31 – Temps de contrôle des 3 géodonnées pour une maille

Critères et sous-critères	Nombre d'agents	Logiciel	Temps d'acquisition des données (h)	Temps de traitements et de calculs (h)	Temps total (h)
Cohérence logique					Total : 4
Cohérence conceptuelle	1	FME	/	1	1
Cohérence du domaine					
Cohérence du format					
Cohérence topologique	1	FME, ArcGIS	/	3	3
Exhaustivité					Total : 6
Excédent	1		4	2	6
Omission					
Positionnement					Total : 36
Absolu	2	FME, ArcGIS	20	16	36
Qualité sémantique					Total : 18
Classement des objets	1		4	2	6
Classement des attributs qualitatifs	1	FME	6	6	12
Qualité temporelle					Total : 1
Actualité	1	FME	/	1	1
Généalogie					Total : 4
Des objets	1	FME	/	1	1
Du jeu de données	1	FME	2	1	3
Durée globale pour 1 maille					Total : 69

Les durées de ce tableau correspondent au contrôle d'échantillons représentatifs des 3 géodonnées (*Bâtiments, Axes de voirie et Points adresse*) sur une maille. Les durées ci-dessus sont hors temps de transport. Il faut ajouter à cela le temps de *reporting*. Notons que les sous-critères de positionnement relatif et d'évaluation des attributs quantitatifs ne sont pas contrôlés car il n'y a aucune donnée à ce sujet dans le Géoréférentiel actuel et qu'il n'est pas obligatoire d'en disposer pour le bon fonctionnement de ce dernier. Si des données de positionnement relatif ou des attributs quantitatifs venaient à être ajoutés, des heures supplémentaires devront être prévues. Les critères de qualité temporelle et de généalogie, bien qu'inexistants actuellement, sont fortement recommandés pour le lancement du référentiel wallon.

C'est dans cette perspective qu'ils ont été intégrés au tableau, malgré l'impossibilité de tester le temps de contrôle effectif. La durée globale de contrôle peut être diminuée si certains contrôles sont réalisés simultanément, c'est le cas si l'exhaustivité et la qualité sémantique sont vérifiées en même temps sur le terrain.

13.1.1. Cohérence logique

Une fois les développements logiciels effectués, tout se déroule de manière automatique. La cohérence topologique nécessite, elle, quelques manipulations supplémentaires sur ordinateur.

13.1.2. Exhaustivité

Ce critère mélange déplacements sur terrain et contrôle sur orthophotographie (bâtiments). Les deux sous-critères sont réalisés en parallèle.

13.1.3. Positionnement

Ce critère nécessite obligatoirement des déplacements sur le terrain. Les heures à prester sont comptées pour 1 équipe de 2 agents (un topographe et son assistant) car la présence d'un second agent facilite les levés topographiques et la manipulation du matériel. Toutefois, pour le traitement des données, 1 seul agent peut s'en charger. Dans ce cas, les heures de traitement reprises dans le tableau sont à doubler. Les comparaisons entre le jeu de données à contrôler et le jeu de données de contrôle peuvent être automatisées, mais la préparation des terrains et la détermination des éléments homologues entre les deux jeux de données doivent être réalisés au cas par cas.

13.1.4. Qualité sémantique

Classement des objets : la durée de ce contrôle a été estimée de manière théorique. Elle dépend du nombre de couches que l'on veut comparer les unes aux autres.

Classement des attributs qualitatifs : la durée dépend du nombre d'attributs dont on veut contrôler la qualité. Dans cette estimation, tous les attributs qualitatifs existants à l'heure actuelle ont été pris en compte.

Ce critère mélange des déplacements sur terrain et des contrôles dans des bases de données.

13.1.5. Qualité temporelle

Actualité : une fois les développements logiciels effectués, tout se déroule de manière automatique. L'attribut requis pour réaliser ce contrôle n'existe pas à l'heure actuelle.

13.1.6. Généalogie

Des objets : une fois les développements logiciels effectués, tout se déroule de manière automatique.

Du jeu de données : les contrôles peuvent être en partie réalisés de manière informatique cependant un humain est seul capable d'estimer la présence ou l'absence des informations sémantiques requises. Il doit donc lire les documents.

13.2. Conclusions

En supposant qu'un échantillonnage représentatif est atteint au bout du contrôle de 10 mailles, 360h à deux agents pour le positionnement et 330h à un agent pour les autres critères seront requises. A raison de 38h/semaine de travail, trois agents devraient donc être sollicités pour une période de 10 semaines afin de réaliser un contrôle de la qualité des 3 géodonnées du Géoréférentiel sur un échantillonnage significatif.

Les durées spécifiées supposent que les méthodologies de contrôle sont maîtrisées, que les développements logiciels nécessaires ont été effectués et que les recommandations proposées et classées comme impératives ont été suivies. Il faut également ajouter à cela le temps de reporting, ce qui permet dès lors d'approximer le temps nécessaire à l'obtention d'un contrôle qualité à 3 mois pour 3 agents.

Les contrôles des jeux de données mis à disposition du public devraient être réalisés par une équipe « qualité » dédiée, celle-ci maîtrisant parfaitement les méthodologies mises en place et assurant une répétabilité optimale des contrôles dans le temps.

**PHASE 3 – NOTES
METHODOLOGIQUE ET
BIBLIOGRAPHIQUE SYNTHETIQUES
POUR LES GEODONNEES
ORTHOPHOTOGRAPHIES ET
RELIEF (MNS)**

14.INTRODUCTION A LA TROISIEME PHASE DU PROJET

La phase 2 du projet visait à réaliser une étude complète de la mise en place d'un processus de validation de la qualité des *Bâtiments*, des *Axes de voirie* et des *Points adresse*. La phase 3 s'intéresse à trois autres couches du Géoréférentiel, à savoir : les limites administratives, les orthophotographies et le relief via le Modèle Numérique de Surface (MNS). Par ailleurs, elle se concentre sur la validation du produit attendu et non plus sur la validation d'un processus d'étude de la qualité.

En ce qui concerne la couche des limites administratives fournie par l'AGDP, elle ne sera pas contrôlée dans le cadre du projet QualiGEO en l'absence de référence d'une plus haute instance. Effectivement, cette couche est directement fournie par l'autorité compétente et fait foi de source authentique.

Pour les orthophotographies et le MNS, l'Ugeom propose ci-dessous une analyse succincte des produits similaires rencontrés à l'échelle internationale afin de valider la qualité attendue par le SPW. La validation du produit attendu se base sur une confrontation du cahier de charges wallon relatif au marché public de ces couches aux normes d'autres organismes à l'international. Il ne sera donc pas proposé de processus pour vérifier que la qualité souhaitée est effectivement atteinte, toutefois une méthodologie développée par l'Ugeom en 2008 portant sur le contrôle de la qualité de l'orthoimage et du MNS sera résumée et complétée par des recommandations.

Ce document est réalisé conjointement avec Adrien Michez, Docteur en Sciences agronomiques et assistant de recherche à Gembloux Agro-Bio Tech, expert en télédétection pour des applications forestières.

15.SYNTHESE DE L'INVENTAIRE DES EXPERIENCES INTERNATIONALES POUR LES GEODONNEES ORTHOPHOTOGRAPHIES ET RELIEF (MNS)

15.1. Orthophotographies

De manière générale, les différentes agences cartographiques proposent des orthophotographies issues de prises de vue aériennes d'au moins trois canaux spectraux (rouge, vert, bleu) se recouvrant usuellement de 60%. Les prises de vue étaient autrefois réalisées par des caméras analogiques puis numérisées, mais la plupart des agences utilisent désormais des caméras digitales permettant d'obtenir directement des images numériques et donc d'éviter les distorsions liées à la numérisation. Ces images aériennes sont ajustées par aérotriangulation, orthorectifiées sur base de données altimétriques puis assemblées dans une mosaïque. Cette dernière est homogénéisée par des traitements radiométriques. Les agences cartographiques sous-traitent souvent la production des orthophotographies via des appels d'offres. Elles s'occupent ensuite de les distribuer, après s'être assurées de la qualité radiométrique et géométrique des produits. La distribution s'effectue par des services en ligne, en données libres d'accès ou sur demande. Le produit est découpé selon un maillage ou des limites administratives pour faciliter leur transfert en raison du grand volume de données, et s'accompagne d'un guide technique ou d'un document de spécifications du produit.

15.1.1. CIRB Bruxelles - URBIS

Le Centre d'Informatique pour la Région Bruxelloise (CIRB) met à la disposition du public les orthophotographies de la Région Bruxelles-Capitale en Lambert Belge 72 ainsi qu'un document reprenant les différentes spécifications du produit (CIRBa, 2015). Le CIRB y décrit leur production en quatre étapes principales :

- La prise de photo aériennes en couleur et à l'échelle 1/4000 à l'aide d'une caméra avec une focale de 30 cm dans un avion. Les parties centrales des photos sont utilisées afin de réaliser un orthophotoplan. Un premier contrôle de qualité radiométrique et géométrique est effectué à cette étape.
- La numérisation des photographies est faite à une résolution de 21 microns. Les résultats sont enregistrés au format TIFF en vraies couleurs rouge, vert, et bleu (RGB) sur 24 bits (8 bits par canal couleur).
- La production de l'orthophotoplan digital. A cette fin, différentes modifications sont apportées au produit. Une correction des déformations des photos numérisées doit être appliquée. Un réseau par aérotriangulation permet d'effectuer une compensation, et un MNT est produit sur base de

points connus. Chaque photo subit une orthorectification sur base du MNT, ce qui permet d'éliminer les effets d'échelle. Les raccords sont rendus invisibles en suivant des limites naturelles, et des corrections radiométriques améliorant la couleur, les contrastes, la continuité visuelle et réduisant les bruits sont appliquées.

Ces étapes sont généralement sous-traitées. Le CIRB se charge ensuite de la distribution du produit. L'image finale d'une résolution de 10 cm est découpée selon une maille régulière de 1km sur 1km et selon les limites communales. L'orthophotographie régionale de 40 cm de résolution peut être utilisée jusqu'à l'échelle 1/5000, et celle de 10 cm de résolution jusqu'à 1/1000. Une version à moindre résolution (40 cm ou 60 cm selon l'année de prise de vue) est également mise à disposition. Ces documents sont accessibles sur le site du CIRB (CIRB, 2020).

15.1.2. Flandre (Informatie Vlaanderen)

En Flandre, la production des orthophotographies est en partie externalisée sur base d'appels d'offres. L'Informatie Vlaanderen (IV) s'occupe quant à elle du contrôle de qualité des livraisons et des finitions, ainsi que de la distribution du produit. Un document fournit les spécifications nécessaires aux utilisateurs (IV, 2017). Les étapes de production sont les suivantes (IV, 2017) :

- La prise de photos aériennes. Elle se fait à l'aide d'un appareil photo digital métrique à cadre fixe. Il n'y a donc pas lieu de numériser les images par après. Quatre canaux sont enregistrés (rouge, vert, bleu et proche infra-rouge) ainsi qu'une image panchromatique. Les sous-images de la panchromatique sont fusionnées avec une perspective centrale. Les distorsions de l'objectif sont corrigées, et un composite RVB est compilée. L'IV contrôle à ce stade que le produit réponde aux exigences techniques et à la qualité radiométrique et géométrique.
- Le mosaïquage des orthophotographies. L'aérotriangulation et l'apport de points connus sur terrain permet la formation d'un modèle stéréo. Toutes les distorsions liées à la caméra ou au vol sont ainsi supprimées. Une orthorectification est appliquée sur base du modèle numérique de surface. Des corrections radiométriques sont finalement apportées pour assurer la continuité visuelle au sein de la mosaïque. Un contrôle du modèle stéréo par points de contrôle et de la qualité radiométrique et géométrique est effectué par l'IV à la fin de cette étape. La racine de l'écart quadratique moyen (RMSE) doit être inférieur ou égal à 30 cm et l'erreur absolue ne doit pas dépasser le mètre.

L'IV divise le produit selon les cartes IGN 1/16ème avec une résolution de 25 cm et selon les limites communales. Ces sous-produits sont distribués en RVB 24 bits dans le Système Lambert Belge 72 sur leur site (IV, 2020).

15.1.3. IGN Belgique

L'IGN produit elle-même ses orthophotographies (IGN, 2017). Les photos aériennes sont en couleur, à une résolution de 30 cm. Tous les pixels des images sont recalculés en fonction de l'orientation des photos (déterminée par l'aérotriangulation sur base de points connus levés par leurs services géodésiques), des caractéristiques de l'objectif de la caméra et des données altimétriques de leur MNT (IGN, 2017).

15.1.4. IGN France – RGE

L'IGN en France propose deux produits liés aux orthophotographies : BD ORTHO (Base de Données Orthophotographique) et ORTHO HR (Orthophotographie Haute Résolution) en vue de répondre à leur mission de constitution du Référentiel géographique à Grande Echelle (RGE) de précision métrique (IGN France, 2018). Les échelles de travail pour ces produits sont de 1/5000 pour la BD ORTHO et 1/2000 pour l'ORTHO HR. Les résolutions sont respectivement de 50 cm et 20 cm. Une BD ORTHO dégradée à 5 m de résolution a également été conçue. Les données sont en RVB sur 24 bits, et la BD ORTHO comprend une version IRC (infrarouge, rouge, vert). La projection est en Lambert-93 pour la France métropolitaine, et en UTM propre à la région pour les régions d'Outre-Mer (IGN France, 2018).

La production est effectuée par l'IGN ou éventuellement en partenariat avec des collectivités. Les étapes effectuées sont les suivantes (IGN France, 2018) :

- Acquisition des images aériennes à une résolution de 50 cm (BD) et 25 cm (HR), et acquisition du MNT (sur base des données RGE ALTI prioritairement, BD ALTI ou extérieures à l'IGN).
- Aérotriangulation, égalisation et retouches radiométriques et orthorectification.
- Mosaïquage automatique (Vonoroï), calcul de la ligne d'assemblage entre orthophotographies minimisant les effets de contraste et rehaussement des couleurs et de la dynamique pour corriger la radiométrie.

L'IGN s'assure de la qualité de ses produits selon plusieurs critères (IGN France, 2018) :

- L'exhaustivité de l'information géographique, qui est fonction des conditions de prise de vue, des erreurs altimétriques du MNT, des aléas et obstacles présents et des duplications ou suppressions pouvant apparaître le long des lignes de mosaïquage.

- L'exactitude planimétrique, qui est fonction de la précision du système géodésique, de la mise en place des images, de la qualité altimétrique du MNT, des recouvrements... L'objectif recherché par l'IGN est un écart quadratique moyen de 80 cm.
- Les aspects radiométriques, liés à la lisibilité de l'information géographique (présence de flou, de nuages...) et à la simplicité de la lisibilité (homogénéité entre images).
- L'exactitude temporelle, c'est-à-dire la date d'acquisition des pixels.

15.1.5. Ordnance Survey U.K. – OS MasterMap

L'agence britannique *Ordnance Survey* (OS) fournit, sur demande, des orthoimages orthorectifiées traditionnelles ou vraies, à une résolution de 25 cm, en couleurs sur 24 bits (OS, 2017a). Elles sont découpées en tuiles de 1km² et géoréférencées sur base des données du National Grid Control ou de levés.

La qualité de ces produits est assurée par l'OS selon différents standards. La prise de vue est effectuée selon les spécifications recommandées par l'organisation professionnelle Royal Institution of Chartered Surveyors (OS, 2017a ; RICS, 2010). Le calibrage de l'appareil photo, les procédures d'orthorectification, la qualité du MNT utilisé, l'exactitude géométrique, l'exactitude absolue, l'apparence des images et la cohérence de la mosaïque sont pris en compte (OS, 2017a). L'OS évalue elle-même la plupart de ces paramètres. Elle liste également les différents cas où les images sont rejetées, et met particulièrement l'accent sur la qualité géométrique (OS, 2017b). En ce qui concerne l'exactitude absolue des images, elle est de 1,1 m pour la RMSE. Les zones urbaines et rurales bénéficient d'échelles majoritairement à 1/1250 et 1/2500, tandis que les zones de faible densité de population sont pourvues d'une échelle de 1/10000 (OS, 2017b).

15.1.6. INSPIRE Europe - Technical Guidelines

La directive INSPIRE recommande différentes conditions afin de répondre à son objectif de disponibilité, de qualité et d'accessibilité de l'information spatiale à l'échelle européenne (INSPIRE, 2013a) :

- L'orthorectification des images aériennes présentant des distorsions géométriques afin d'obtenir des orthoimages.
- L'utilisation du datum ETRS89 ou ITRS, d'un système de coordonnées en 2D et de spécifications pour les grilles de découpage.
- L'évaluation de la qualité, notamment en termes d'exhaustivité (un taux d'omission à 0% est recommandé) et de positionnement sur la grille en RMSE planimétrique, RMSE-x et RMSE-y.

- L'apport de documents relatifs aux propriétés, aux métadonnées et à la qualité des données.
- L'utilisation de métadonnées telles que la conformité aux spécifications ou un historique.
- L'utilisation de données temporelles (date de publication, de révision, de création...).
- L'usage de règles d'encodage spécifiques pour les livrables, et de types de couche, de listes d'objets, de listes d'attributs... pour assurer la bonne représentativité de l'information.

INSPIRE liste certaines métadonnées nécessaires au bon usage du produit (INSPIRE, 2013a), comme le système de coordonnées, le système temporel, les informations d'encodage, le type de représentation spatiale et la qualité logique et topologique. D'autres métadonnées sont optionnelles mais justifiées, comme les informations de maintenance, les lignes directrices de l'évaluation de la qualité, l'exhaustivité, le positionnement absolu, les étapes du processus de production, les sources, la description des images, les options de transfert...

Le guide technique (INSPIRE, 2013a) propose également une liste non-exhaustive de tests normatifs (conformité avec la commission de régulation) ou informatifs (conformité avec le guide technique) à appliquer. Dans les tests normatifs, nous retrouvons par exemple la vérification de la présence d'un titre, des unités de mesure ou du système de référence temporel. Les tests informatifs portent par exemple sur la vérification de la couverture du domaine dans le GML, la conformité du fichier JPEG2000 fourni ou l'occurrence de chaque métadonnée (INSPIRE, 2013a).

15.1.7. SPW Wallonie

Le cahier de charges soumis par le SPW (SPW, 2019) reprend comme offre de base la production d'orthophotographies couleur numériques 64 bits (16 par canal) en RVB + IR à 25 cm de résolution et d'orthophotographies 32 bits découlant des précédentes. Les produits intermédiaires (photos aériennes brutes, paramètres d'orientation, paramètres de calibration, footprint et informations sur les points de contrôle) doivent également être livrés. Le système de référence souhaité est le Lambert Belge 72 (Belgian Datum 1972) ou Lambert Belge 2008 (ETRS89).

Des consignes relatives à la prise de vue des photos permettent de limiter les écarts temporels entre les vols. Par ailleurs, l'acquisition est numérique et soumise à un rapport complet d'étalonnage. Le recouvrement minimal longitudinal de 60% et latéral de 30% est demandé. A ce stade, le SPW contrôle les caractéristiques techniques de l'acquisition afin de valider ou de refuser les images TIFF qui en résultent (SPW, 2019).

Des corrections radiométriques sont demandées afin d'obtenir une homogénéité des tonalités (SPW, 2019). Les paramètres étudiés sont le contraste, la visibilité, la présence d'artéfacts ou non, les histogrammes et leur harmonisation, les raccords, les zones de saturation, les zones de flou, les voiles et les effets de vignettage. Des corrections locales sont éventuellement apportées en vue de la livraison finale. L'opérateur est tenu de fournir un rapport sur la qualité radiométrique du produit.

Des corrections géométriques sont également appliquées, à savoir une orthorectification sur base d'un MNS ou d'un MNT (SPW, 2019). Afin de garantir la qualité du produit, il est assuré que tout point est couvert (exhaustivité), que la RMSE en x et y est inférieur à 75 cm, que les écarts absolus aux points de contrôle sont inférieurs à trois fois ce RMSE, que les canaux se superposent, que le décalage entre images est inférieur à trois pixels et que les ponts et les bâtiments sont linéaires.

Il est mentionné dans l'offre (SPW, 2019) que les orthophotographies doivent être fournies sous forme de mailles de 2x2 km et assemblées en une mosaïque sans discontinuité. La livraison finale comprend deux versions (une version dégradée et l'autre non) d'orthophotos 64 bits et deux versions d'images brutes 64 bits, ainsi qu'une version 32 bits non dégradée des orthophotos.

Le SPW vérifie le produit sur base de la conformité du format, de la qualité visuelle générale et d'un contrôle approfondi sur un échantillonnage (SPW, 2019). Ce contrôle porte sur la radiométrie (analyse des histogrammes) et sur la géométrie (précision RMSE définie sur base de points de contrôle du PICC, de levés GNSS ou d'anciennes orthophotos) (SPW, 2019).

15.1.8. Comparaison entre agences cartographiques

Globalement, les recommandations reprises dans le guide d'INSPIRE (2013a) sont suivies par les différentes agences. Des corrections radiométriques et géométriques sont apportées dans tous les cas, assurant l'échelle attendue et la lisibilité de l'information. Des documents relatifs aux produits et à leurs métadonnées sont fournis avec les orthophotographies. L'exactitude est également contrôlée dans la majorité des cas. L'absence d'information pour le CIRB et l'IGN ne permet pas de se prononcer pour ces agences. Le tableau suivant (Tableau 32) synthétise les informations mises à disposition par chaque agence sur ses orthophotographies.

Tableau 32 – Comparaison internationale des produits orthophotographiques (NC = non communiqué)

Origine	Spécification du produit	Critères qualité	Canaux	RMSE (m)	Erreur absolue tolérée (m)	Résolution (m)	Echelle de référence
CIRB Bruxelles URBIS	Oui étendue	Radiométrie, géométrie	RVB bits	24 NC	NC	0.4 (régionale) et 0.1	1/5000 et 1/1000
IV Flandre GRB	Oui étendue	Radiométrie, géométrie	RVB bits +IR	24 < 0.30	1	0.25	NC
IGN Belgique	Oui restreinte	NC	Couleurs	NC	NC	0.30	NC
IGN RGE France	Oui étendue	Radiométrie, Géométrie, Exhaustivité, Exactitude temporelle	RVB bits IRC (HR)	24 0.80 +	NC	0.5 (BD) ; 0.2 (HR) ; 5 (dégradée)	1/5000 (BD) et 1/2000 (HR)
Ordnance Survey OS MasterMap	Oui étendue	Radiométrie, Géométrie	Couleurs 24 bits	1.1	NC	0.25	1/1250 ou 1/2500 (urbain) et 1/10000
INSPIRE Technical Guidelines	/	Géométrie, Exhaustivité, Tests de conformité	/	/	/	/	/
SPW (Cahier de charges)	Oui étendue	Radiométrie, Géométrie, Exhaustivité, Conformité du format, Qualité visuelle	RVB + IR 64 bits et 32 bits	< 0.75	3*0.75	0.25	NC

Cette comparaison permet d'affirmer que le produit attendu par le SPW suite à l'offre mentionnée dans son cahier de charges (SPW, 2019) est proche des produits utilisés dans les autres agences cartographiques en ce qui concerne la résolution et l'exactitude des données. Les paramètres principaux de radiométrie et géométrie sont pris en compte, comme pour toutes les agences qui font mention de la qualité dans leurs spécifications produits. Si ce n'est pas réalisé actuellement, le SPW pourrait envisager de réaliser des tests de conformité comme proposés par le guide

d'INSPIRE (2013a) pour quantifier la qualité de ses données. L'utilisation et la vérification de données temporelles déjà en partie mises en œuvre à l'IGN France (2018) sont également conseillées par la directive INSPIRE (2013a).

15.2. Modèle Numérique de Surface

De manière générale, les MNS rencontrés dans la littérature internationale sont produits soit à partir de prises de vue aérienne (PVA) -c'est pourquoi ces deux données peuvent être produites en même temps, par le même opérateur-, soit à partir de la technologie LiDAR (*Light Detection And Ranging*). Cette dernière méthode peut entraîner des erreurs d'exhaustivité de la donnée. A titre d'exemple, elle ne mesure pas les plans d'eau, et est donc complétée par une interpolation (SPW, 2020a ; SPW, 2020b). Le MNS est proposé généralement sous forme raster mais peut se présenter sous forme vectorielle (TIN, semis de points..). Certaines agences telles que le CIRB (2015), l'IGN (2017) ou l'OS (2020) fournissent des spécifications en ligne sur leur MNT mais pas sur un éventuel MNS. Ces produits sont très proches mais peuvent avoir des emplois différents. Par exemple, le MNT est utilisé pour les simulations de phénomènes physiques comme les inondations ou l'analyse des besoins des sites en vue d'accueillir des visiteurs (OS, 2020). Le MNS peut quant à lui servir pour des analyses tridimensionnelles d'occupation du sol étant donné qu'il comprend les éléments du sursol (bâtiments, végétation...) (INSPIRE, 2013b) ou pour la production d'orthophotos vraies. Dans le cadre du projet QualiGEO, seul le MNS est étudié. Toutefois, le MNT peut être déterminé à l'aide de la technologie LiDAR en classant les éléments du territoire et en supprimant ceux situés à la surface du MNS afin de ne conserver que le sol. Dans ce cas, les produits ont une précision planimétrique similaire (Beumier et Idrissa, 2014).

15.2.1. CIRB Bruxelles - URBIS

Le CIRB ne fournit pas aux utilisateurs de spécifications produits concernant un MNS. La seule information disponible sur leur site est qu'ils produisent un MNT d'une résolution au sol de 25 cm et d'une précision altimétrique de 15 cm construit à partir des données LiDAR (CIRB, 2015). En termes de qualité, le CIRB met à disposition un inventaire des erreurs rencontrées dans les données.

15.2.2. Informatie Vlaanderen Flandre

L'IV met à disposition deux MNS de format raster, l'un à une résolution métrique et l'autre à une résolution de 5 m (IV, 2020). Ces MNS, ainsi que différents MNT, sont accessibles dans la gamme de produits Digitaal Hoogtemodel II (DHMV II). La gamme DHMV II est le regroupement de toutes les données de hauteur de la

Flandre. Elle est issue de nuages de points LiDAR ayant une densité de 16 points par m² et des précisions géométriques de 0,10 m en planimétrie et 0,05 m en altimétrie, couplés à des PVA effectuées sur la période 2013-2015 (IV, 2020). La collecte des données est réalisée majoritairement en hiver (du 15 novembre au 15 avril) afin de limiter la présence de feuillage dans les zones de végétation. Les mesures LiDAR visent une densité de 8 points par m², ce qui permet d'atteindre une densité finale de 16 points par m² grâce au chevauchement de 50% entre les bandes de vol (IV, 2020). Les MNS sont fournis en feuilles de 32x20 km à l'échelle 1/50000, comme les cartes IGN (IV, 2014). En ce qui concerne le géoréférencement, le système de projection est le Lambert Belge 72 et les valeurs d'altitude de précision centimétrique proviennent du deuxième nivellement général. L'IV précise qu'elle s'inspire des standards de différentes normes ISO ainsi que de la directive INSPIRE pour les informations à procurer dans les métadonnées accompagnant la gamme DHMV II (IV, 2014).

15.2.3. IGN Belgique

Dans les produits qu'il propose, l'institut belge ne fait pas mention de MNS (IGN, 2017). Seul un modèle numérique de terrain est décrit. Il est utilisé en interne comme surface de référence, ou comme base pour la production d'orthophotos (IGN, 2017). Ce MNT est construit par l'interpolation de données altimétriques issues de courbes de niveau, de lignes de structure et de points cotés (IGN, 2017). Il est proposé sous forme de grille régulière de points à des résolutions de 1 ; 20 ; 40 ou 80 m, en Lambert belge 72 ou en 2008.

15.2.4. IGN France

D'après une conférence donnée par l'IGN français (2018b ; 2018c), l'institut décrit son offre en termes de prestations relatives aux MNS. Il possède de nombreuses PVA qui, couplées à leur MNT, permettent la création d'un MNS dit de corrélation. Grâce aux recouvrements entre images et au MNT, le relief est reconstruit par stéréoscopie. L'IGN français (2018c) fournit dans sa conférence l'exemple d'un MNS d'une ville construit par corrélation. Les images ayant une résolution de 5 cm, il en ressort un MNS de résolution moyenne identique. Pour les zones non urbaines où les PVA sont effectuées à une résolution de 25 cm, la résolution du MNS sera donc de 25 cm. En ce qui concerne la précision altimétrique, elle est en moyenne de l'ordre du demi-pixel moyen des PVA employées (IGN France, 2018b). L'écart quadratique moyen est quant à lui de deux fois le pixel moyen (IGN France, 2018b). Le MNS est livré sous forme de modèle maillé régulier et découpé en dalles.

L'IGN français possède aussi des données LiDAR qui pourraient servir de base à des MNS, mais la couverture du territoire français n'est pas complète (IGN France, 2018b). Cette technologie est privilégiée en cas de végétation dense.

15.2.5. Ordnance Survey U.K. – OS MasterMap

Actuellement, l'agence OS ne fournit pas de MNS dans sa liste de produits (OS, 2020). Un MNS nommé « OS Surface 1 beta » à une résolution métrique semble être en production, mais aucune spécification n'est donnée. *A contrario*, on retrouve dans son catalogue « OS Terrain 5 » et « OS Terrain 50 », deux MNT de la Grande-Bretagne soumis sous format raster ou vectoriel (contours) avec une résolution planimétrique respectivement de 5 et 50 et une résolution altimétrique de 5 et 10 m (OS, 2020).

15.2.6. INSPIRE Europe - Technical Guidelines

La directive INSPIRE (2013b) décrit dans un guide technique différentes spécifications pour les données d'élévation. Elle classe dans cette catégorie aussi bien les MNT et les MNS que les données bathymétriques. Aucune résolution spatiale n'est mise en avant, étant donné que celle-ci dépend de l'utilisation des données altimétriques. Les types de représentation maillé ou TIN sont jugés cohérents pour la représentation des MNS.

Pour les spécifications produit, il est conseillé par la directive (INSPIRE, 2013b) de fournir des éléments d'information sur la maintenance des données, leur exhaustivité, leur consistance logique (conceptuelle, de domaine, de format et topologique), le positionnement, la représentation spatiale des données, les processus de génération des données, les sources, les informations graphiques et les transferts digitaux.

Les critères de qualité et les seuils recommandés par la directive sont repris dans le tableau suivant (Tableau 33).

*Tableau 33 – Recommended minimum data quality results for spatial data theme Elevation (INSPIRE, 2013b).
With E : Denominator of the intended scale of mapping ; Vint : Normal contour line vertical interval. ; GSD : Ground sample distance.*

Data quality element and sub-element	Measure name(s)	Target result(s)	Condition
Completeness Commission	Rate of excess items	0 %	Data duplication can be checked and corrected automatically
Completeness Omission	Rate of missing items	0 %	
Logical consistency Conceptual consistency	Noncompliance rate with respect to the rules of the conceptual schema	0 %	

Logical consistency Domain consistency	Value domain nonconformance rate	0 %	
Logical consistency Format consistency	Physical structure conflict rate	0 %	
Logical consistency Topological consistency	Rate of missing connections due to undershoots or overshoots ; Rate of invalid self-intersect or self- overlap errors.	0 %	Quality controls and data editing can be performed automatically
Positional accuracy Absolute or external accuracy	Root mean square error	Vector/ TIN Horizontal (m): Max RMSE _h = E / 10000 Vertical (m): Max RMSE _v = Vint / 6 Vint ≈ E / 1000	In low reliability areas (e.g. wooded areas) the maximum error can be increased by 50%
Positional accuracy Gridded data position accuracy	Root mean square error	Grid Vertical (m): Max RMSE _v = GSD / 3 Horizontal (m): Max RMSE _h = GSD / 6	

15.2.7. SPW Wallonie

Le cahier de charges lié aux orthophotographies (SPW, 2019) précise, en plus des orthoimages, la livraison de deux MNS sous format raster (un dégradé et l'autre non) à une résolution de 1 m ou plus fine, ainsi que d'un MNS sous forme de nuage de points. Ces MNS sont construits à partir des PVA effectuées entre le 15 avril et le 31 juillet. S'il y a d'autres sources de données altimétriques, elles ne sont pas précisées. La qualité interne est quantifiée en RMSE par le soumissionnaire, à l'aide de données de référence (PICC, levés...) en termes de précisions planimétrique et altimétrique attendues. Le SPW vérifie quant à lui la conformité du format, la qualité visuelle générale et les précisions planimétrique et altimétrique sur base d'une comparaison entre un échantillonnage du MNS et des points de contrôle issus des orthophotos, du PICC, du LiDar ou de levés terrain. Ce MNS diffère de celui-ci construit à partir des données « relief de la Wallonie 2013- 2014 » (SPW, 2020d) -ou d'autres données LiDAR- dans le but d'effectuer la correction géométrique des orthophotographies (SPW, 2019).

Il est à noter que, sur le Géoportail (SPW, 2020d), les acquisitions LiDAR sont la source d'un MNS raster de 1 m de résolution, de précision planimétrique inférieure

et de précision altimétrique de 0.12 m, et d'un MNT répondant aux mêmes caractéristiques (SPW, 2020a ; SPW, 2020b ; SPW, 2020c). Le système de coordonnées de ces modèles est le Lambert Belge 72 et la référence altimétrique est le Deuxième Nivellement Général (SPW, 2020a ; SPW, 2020b ; SPW, 2020c). Un rapport de production décrivant l'acquisition des données (effectuée entre le 12/12/2012 et le 09/03/2014), le traitement des nuages de points et les processus d'interpolation et de modélisation du MNS peut être mis à disposition sur demande (SPW, 2020b ; SPW, 2020c). Pour la qualité, des tests de conformité basés sur les spécifications des données d'élévation de la directive INSPIRE (2013b) et sur le règlement (UE) N o 1089/2010 DE LA COMMISSION du 23 novembre 2010 portant modalités d'application de la directive 2007/2/CE du Parlement européen et du Conseil en ce qui concerne l'interopérabilité des séries et des services de données géographiques sont envisagés par le SPW (2020b), mais aucun résultat ou document relatif n'est fourni.

15.2.8. Comparaison entre agences cartographiques

Les MNS ne sont pas proposés par toutes les agences contrairement aux MNT et aux orthophotographies. Celles qui en fournissent donnent peu d'information sur les processus de production. Les spécifications principales se rapportent au territoire couvert, aux sources utilisées, aux systèmes de référence et de projection, aux résolutions atteintes et aux formats des données transférées. Il n'y a pas de taux d'exhaustivité, de description de tests de conformité ou d'information quant à la maintenance des données, ce qui est recommandé par la directive INSPIRE (2013b). Pourtant, certains instituts se basent principalement sur les conseils de la directive, notamment l'IV (2014) et le SPW (2020c). Le tableau suivant (Tableau 34) met en parallèle les différentes informations recueillies au sein des différentes agences cartographiques.

Tableau 34 – Comparaison internationale des produits de Modèles Numériques de Surface (NC = non communiqué)

Origine	Spécification du produit	Format	Critères qualité	Résolution et précisions	Sources	Période de mesures
CIRB Bruxelles URBIS	NC	NC	NC	NC	NC	NC
IV Flandre	Oui	Raster	NC	Résolutions 0,10 m en LiDAR planimétrie et 0,05 m en PVA altimétrie	+ 15/11 au 15/04	
IGN Belgique	NC	NC	NC	NC	NC	NC

IGN France	Oui	Raster		Résolution de 0,05 à 0,25 m en planimétrie. Précision de ½ pixel en altimétrie. RMSE : 2 x pixel moyen	Corrélation PVA + MNT	NC
Ordnance Survey	NC	NC	NC	NC	NC	NC
INSPIRE Technical Guidelines	/	Raster ou TIN conseillé	Exhaustivité, consistance logique, positionnement	/	/	/
SPW Cahier de charges	Oui	Raster + nuage de points	Positionnement	Résolution 1 m et précision inférieure	PVA	15/04 au 31/07
SPW Géoportail		Raster	Tests de conformité	Résolution 1 m avec précision inférieure et altimétrique 0,12 m	LiDAR	12/12 au 09/03

Au vu de la comparaison, les produits souhaités par le SPW dans son cahier de charge ou produits actuellement en interne s'inscrivent dans les ordres de précision internationaux. Le cahier de charges ne précise pas suffisamment les autres spécifications du produit MNS souhaité (sources, qualité...). Le manque d'information sur la qualité au SPW comme dans les autres agences ne permet pas de se prononcer sur ce sujet. Il serait dans un premier opportun de contrôler les critères de qualité proposés par la norme INSPIRE ([Tableau 33](#)) pour les MNS et de mettre les résultats à disposition des utilisateurs.

16.SYNTHESE DE L'ETUDE MNS ET ORTHOIMAGES DE L'UGEOM EN 2008

16.1.1. Introduction

En avril 2008, l'Unité de Géomatique, encore appelée à l'époque Laboratoire Surfaces, a réalisé l'étude du contrôle de la qualité de l'orthoimage et du Modèle Numérique de Surface (MNS) de la Wallonie sur base des vols 2006-2007. Ces quelques pages dressent le résumé de cette étude, en ajoutant des pistes d'amélioration issues de notre expérience sur les trois premières couches pressenties du Géoréférentiel.

Cette étude portait sur les trois composantes des prises de vues et de leurs sous-produits (orthoimages dans notre cas) : radiométrie, planimétrie et altimétrie. Le contrôle de la qualité a été effectué en 6 blocs suivant les emprises des différentes campagnes de vols. Nous ne nous intéresserons pas ici aux résultats de l'étude mais à une description des méthodes qui ont permis d'en contrôler la qualité. A noter que la planimétrie du MNS n'a pas été estimée étant donné que ce sous-produit découle directement des orthoimages (il est cependant possible de le comparer avec le LiDAR du SETHY). On peut dès lors considérer que leurs précisions planimétriques sont équivalentes.

Au cours des différentes évaluations géométriques de la qualité des trois critères retenus, nous ferons référence de nombreuses fois à la notion de précision. Il est donc important d'en préciser une définition et de s'accorder sur son utilisation. Cette notion est définie par trois paramètres statistiques portant sur la distribution de l'erreur signée e selon les trois axes : la variance, la moyenne et la racine carrée de l'erreur quadratique moyenne ($RMSE$). Les différentes relations mathématiques entre ces trois indicateurs sont les suivantes :

$$e = v_r - v_m \quad 1.$$

$$RMSE = \sqrt{MSE} = \sqrt{\frac{\sum e^2}{n}} \quad 2.$$

$$\bar{e} = \sum e/n \quad 3.$$

$$var_e = MSE - \bar{e}^2 \quad 4.$$

Où v_r est la valeur de référence.

v_m est la valeur mesurée.

n est le nombre d'observations.

\bar{e} est le biais.

L'erreur géométrique, ou incertitude, est définie comme la mesure globale de la qualité qui intègre deux autres paramètres : l'imprécision (2) et l'inexactitude (3). La relation entre ces trois mesures est donnée par l'équation 4.

16.1.2. Méthodes de contrôle

Les critères de qualité géométrique ont été fixés sur base de l'incertitude d'un échantillon. Les écarts en valeur absolue en tout point de contrôle de cet échantillon ne pouvaient jamais dépasser 3 fois la *RMSE* maximale autorisée. Les écarts ne répondant pas à cette condition ont été étudiés au cas par cas.

16.1.2.1. Radiométrie de l'orthoimage

Les contrôles de la qualité radiométrique portaient sur une mosaïque de 9 mailles de 2 km x 2 km centrée sur une maille de référence. La représentativité spatiale des différentes mosaïques (urbain, rural, forêt et « pas de prédominance ») était le seul critère de choix. Au total, ce sont 60 mosaïques de référence qui ont été choisies pour déterminer la qualité de l'entièreté du territoire. Deux méthodes ont été utilisées à savoir :

- Une approche quantitative : statistiques monovariées (dynamique et brillance), statistiques bivariées (matrice de corrélations entre canaux) et histogramme (saturation).
- Une approche qualitative et semi-quantitative : observations des raccords, déformations, flou, dilatations, taches, bruit, ombres, voiles.

a. Approche quantitative

Il ressort de notre étude méthodologique avec Adrien Michez que ces analyses peuvent être faites pour chaque tuile de chaque campagne. Ce travail nécessite un effort de programmation important et donc un projet complet en lui-même.

Pour la **statistique monovariée**, elle doit traduire une **brillance** (intensité de l'image) moyenne relative peu variable. La **dynamique** (contraste) doit, quant à elle, être importante et idéalement uniformément répartie. Ces deux mesures ne doivent pas être influencées par l'occupation prédominante de la maille ni l'énergie du relief. Il faut prêter attention à bien évaluer des campagnes de mesures ayant été relevées à des périodes similaires au risque d'apporter une erreur liée au temps et non pas relative à la qualité même du produit.

La **matrice de corrélations** (statistiques bivariées) doit mettre en évidence la complémentarité du PIR et des 3 canaux visibles.

Les **taux de saturation** (en noir et en blanc) de chaque canal doivent être faibles (< 1%) de part et d'autre de l'histogramme. L'entropie de ces histogrammes doit idéalement être importante pour une régularité constante (c'est-à-dire peu de bruit).

b. Approche qualitative

Les **raccords** rectilignes et curvilignes entre les différentes images doivent être le moins perceptibles possible : les altérations des teintes, de la saturation et de l'intensité doivent être faibles. Les zones très réfléchives sont à contrôler avec soin (notamment les plans d'eau).

Des **déformations** locales sont à prévoir lors de l'orthorectification. Ces déformations peuvent apparaître le long d'éléments de hauteurs différentes (orées de forêts, ponts et tunnels ...).

Le **flou** peut être évalué qualitativement en analysant les bords d'objets aux limites franches de faible largeur (< résolution de l'image). Ces zones sont, par exemples, des délimitations de parking à la peinture blanche, facilement visibles et interprétables. Des chemins de remembrement dans les zones rurales sont aussi de bons éléments pour qualifier ce flou.

Des **dilatations** linéaires locales sont à prévoir (à-coups dans la linéarité des éléments dus à la procédure de rééchantillonnage en zone d'occlusion (à proximité des lisières de forêts par exemple).

Des petites **taches** de couleurs sont à prévoir lors des compositions colorées (en vraies ou fausses couleurs). La taille de ces taches de couleurs est à réduire, voire à supprimer. Ces taches apparaissent en bordure de territoire.

La quantité de **bruit** sur une image peut être évaluée par une mesure du coefficient de variation du signal sur les 4 canaux. Sur des surfaces homogènes de couleur peu saturée et d'intensité variant de faible à élevée, la valeur de ce coefficient devrait être faible (et donc peu de bruit). Il est toutefois possible que cette variation soit due à la réflectance de la surface.

Les détails des **ombres** sont des indicateurs complexes. Effectivement, selon la saison durant la campagne de vol, la végétation peut être plus ou moins fournie. On remarque donc une transparence de la canopée et donc un flou sur ces ombres. Cette transparence est à mettre en regard de la variance du signal pour statuer sur sa pertinence.

Une analyse visuelle en vraies et fausses couleurs permet de déceler les **voiles atmosphériques**. Il faut prêter attention aux fumées qui peuvent être interprétées de la même façon. Cette analyse visuelle permettra aussi de déceler les effets de vignettage (variation radiale d'intensité depuis le centre de prise de vue).

16.1.2.2. *Planimétrie de l'orthoimage et du MNS*

La planimétrie est vérifiée sur base d'un ensemble de points de référence : il est vérifié que l'erreur planimétrique entre l'orthoimage et la référence est inférieure à 1,5 m. A l'époque, la référence pour ce contrôle était un ensemble de points remarquables issus du PICC. Alors que le PICC est lui-même partiellement dessiné et contrôlé sur base des orthoimages, il serait vain à l'heure actuelle de réutiliser cette même source.

Une autre possibilité proposée par Adrien Michez (ULiège – Gembloux) est l'utilisation des points levés par l'IGN. Cependant, ces points ne sont pas en accès libre et ils ne sont, de plus, plus mis à jour. La meilleure des solutions pour arriver à créer ce genre de référence est selon l'Unité de Géomatique (équipe de 2020), de produire un nouveau réseau de points dédiés. Un échantillon de ces points pourra être utilisé lors de chaque campagne afin de caractériser la qualité de la planimétrie des images.

Alors qu'une approche statistique classique plus complexe (RMSE sur points de contrôle) était mise en œuvre en 2008, les récents développements du projet QualiGEO ont démontré que l'utilisation de l'Arrêté Ministériel Français de 2003 relatif à la précision des levés topographiques peut être mise en place. On parle bien ici d'une évaluation à deux dimensions. La seule différence à prévoir par rapport aux contrôles relatifs aux *Bâtiments/Axes de voirie/Points adresse* est la définition d'une classe de précision propre aux campagnes de levés LiDAR. Il est certain que la précision demandée lors de levés topographiques est bien supérieure (et donc l'erreur de mesure plus petite) lors de ces levés que durant une campagne aérienne. D'un point de vue qualitatif, l'anisotropie de l'erreur peut être révélatrice d'un problème lors de la campagne de mesure aérienne.

16.1.2.3. *Altimétrie du MNS*

L'altimétrie, comme la planimétrie, se mesure en comparant le MNS avec une référence. Une fois de plus, le PICC faisait partie de ces références. Nous renvoyons le lecteur à la section relative à la planimétrie (voir section 16.1.2.2) pour justifier le non-réemploi de cette référence dans une méthodologie moderne.

L'autre méthode renvoi à l'utilisation de profils topographiques levés au GPS. Les indicateurs statistiques tels que la RMSE et les 5^{ème} et 95^{ème} percentiles de l'erreur signée permettaient de qualifier la précision altimétrique du produit orthoimage. Attention toutefois que cela n'était possible que dans des espaces ouverts ! Effectivement, comme précisé dans la section relative à l'analyse qualitative de la radiométrie des orthoimages (voir section 16.1.2.1b), de nombreux artefacts et/ou erreurs de construction sont décelables le long d'éléments du paysage (forêts, constructions humaines ...). Une fois de plus, l'Arrêté Ministériel Français de 2003

relatif à la précision des levés topographiques peut être mise en place. On parle cette fois d'une évaluation à une dimension.

16.1.2.4. *Remarque importante*

La précision altimétrique du produit MNS est impactée lors de sa construction par deux facteurs : la pente et l'orientation des faces de celui-ci. L'analyse mono et multivariée de l'influence de ces deux facteurs sur l'erreur signée (différence entre la référence et la mesure du MNS) a été effectuée sur plus de 100.000 points. Alors que l'orientation n'a pas une influence majeure sur la précision, la pente a, elle, un effet dominant. L'analyse de variance lors de comparaisons inter-blocs et intra-blocs a de plus démontré qu'une relation existe entre l'imprécision et inexactitude. En conclusion, le MNS surestime d'autant plus l'altitude que la pente croît. Ce phénomène apparaît majoritairement pour des pentes supérieures à 10%. Attention toutefois que la variation spatiale de l'erreur n'a pas été prise en compte lors de cette étude.

Il ressort de notre étude méthodologique avec Adrien Michez que la pente joue un rôle, surtout quand les valeurs deviennent importantes en valeur absolue. Dans ce cas, le recouvrement diminue potentiellement jusqu'à l'occlusion (absence de visée sur l'objet). L'échelle au sein de laquelle la pente est considérée est également une notion importante. Considérons, par exemple, la pente globale (topo) par rapport à la pente à l'échelle locale (arrête d'un mur ou d'un bâtiment, canopée d'un arbre). En outre, l'erreur de reconstruction photogrammétrique va aussi être lié à la nature de la surface, sans relation avec sa géométrie. Prenons, par exemple, l'eau ou les canopées forestières.

17. NOTES ET RECOMMANDATIONS POUR LES GEODONNEES ORTHOPHOTOGRAPHIES ET RELIEF (MNS)

Cette section dresse le listing des remarques et des améliorations possibles du schéma logique du futur Géoréférentiel wallon au niveau des géodonnées orthophotographies et MNS.

Actions à entreprendre, commentaires et recommandations :

- Il serait intéressant de fournir le processus de production du MNS en précisant : les données sources, les traitements appliqués. Le cahier des charges ne documente pas les spécifications du MNS. Par exemple : note en bas de page 14/90 du cahier des charges – Section B.4.2, donnée peut être vérifiée sur base des données acquises par lidar aéroporté). Le Geoportail ne documente pas suffisamment les spécifications du MNS, ce qui ne permet pas d'affirmer/infirmier le lien entre les deux produits.
- Comme nous l'avons précisé dans l'étude comparative, et si ce n'est pas réalisé actuellement, le SPW pourrait envisager de réaliser les tests de conformité comme proposés par le guide d'INSPIRE (2013) pour quantifier la qualité de ses données. Pour exemples, il peut être vérifié l'occurrence de chaque métadonnée, l'appartenance des valeurs d'attributs aux domaines de valeurs fixés ou encore, si chaque objet spatial est effectivement projeté dans les systèmes de projection et de référence définis dans les métadonnées.
- Comme nous l'avons précisé dans l'étude comparative, et si ce n'est pas réalisé actuellement, le SPW pourrait envisager l'utilisation et la vérification de données temporelles déjà en partie mises en œuvre à l'IGN France (2018) (date d'acquisition des pixels des orthoimages) et conseillées par la directive INSPIRE (2013). A titre d'exemple, des dates de publication, de révision ou de création pourraient être associées aux données.
- Pour les questions de mise à jour des cartes d'occupations du sol et pour la cartographie forestière de manière générale, il serait bon d'avoir un calendrier d'acquisitions qui garantit de couvrir chaque bloc en période "feuilles" (de mi-juin à mi-septembre) à une fréquence raisonnable.
- Il n'est pas évident pour le prestataire de mettre à jour les données dans un but de correction géométrique, ni pour le SPW de valider que le prestataire a utilisé un relief mis à jour. Il serait judicieux de proposer la réalisation d'une *true ortho* sur base d'un MNS photogrammétrique construit sur base des images de la campagne (orthophotographies avec une qualité géométrique optimale). Il serait aussi judicieux de réaliser les orthophotographies sur base du MNT de référence (le dernier MNT LiDAR) qui sera plus adapté au niveau géométrique (notamment au niveau des artéfacts liés aux éléments hauts et aux changements de relief) et optimal au niveau du rendu visuel.

- Du point de vue des images brutes (ou level 3), le niveau d'information fourni doit être équivalent pour l'ensemble des level 3, peu importe leur usage ou non usage dans la mosaïque finale. Par ceci, nous attirons l'attention que les métadonnées doivent être uniformisées en fonction de leurs destinataires. En outre, il serait judicieux de conserver les données originales en 16 bits.

BIBLIOGRAPHIE ET ANNEXES

18. BIBLIOGRAPHIE

Un folder a été fourni sous forme de dossier compressé. Il comprend les sources bibliographiques utilisées. Les références sous format papier ne sont pas incluses dans le folder pour des raisons pratiques. Ne sont pas non plus incluses les références non diffusables pour raison légale. Pour accéder à ces dernières, une demande doit être effectuée auprès de l'organisme détenteur des originaux.

- Aftopo (2019). Site Internet de l'Association Française de Topographie. Lexique topographique. <https://www.aftopo.org/FR/LEXIQUE/Mode-operatoire-7-25> (DDC - juillet 2019).
- ArcGIS (2019). ArcGIS Documentation. <https://desktop.arcgis.com/fr/arcmap/> (DDC – Mai 2019)
- Bel Hadj Ali A. (2001). *Qualité géométrique des entités géographiques surfaciques. Application à l'appariement et définition d'une typologie des écarts géométriques*. Thèse de doctorat en Sciences de l'Information Géographique. Université de Marne-La-Vallée, France.
- Bel Hadj Ali A. & F. Vauglin (1999). *Geometric Matching of Polygons in GISs and assessment of Geometrical Quality of Polygons*. In: Shi W., Goodchild M. & P. Fisher (Eds.) International Symposium on Spatial Data Quality '99. Hong Kong Polytechnic University, pp 33–43.
- Billon P., Follin J-M. & O. Petit (2012). Évaluation de la qualité des données OpenStreetMap sur la Sarthe et réflexion sur le processus de contribution. *Revue XYZ* N° 131 – 2e trimestre.
- CAP Ruralité (2019). *Typologie rural versus urbain*, Cellule d'Analyse et de Prospective en matière de Ruralité. <http://www.capru.be/typologie-rural-versus-urbain> (DDC - Juin 2019).
- Cerema (2017). Série de fiches « Qualifier les données géographiques ». <https://www.cerema.fr/fr/actualites/qualification-donnees-geographiques-serie-fiches> (DDC – Mai 2019)
- Chrisman N. & M. Lester (1991). A Diagnostic Test for Error in Categorical Maps. Department of Geography DP 10, University of Washington Seattle, Washington 98195 USA.
- Chudý R., Iring M & R. Feciskanin (2013). Evaluation of the data quality of digital elevation models in the context of inspire. Department of Cartography, Geoinformatics and Remote Sensing, Faculty of Natural Sciences, Comenius University. Slovakia.
- CNIG (1994). *Éléments d'un vocabulaire géomatique*.
- Devillers R. & R. Jeansoulin (2005). *Qualité de l'information géographique*. Hermès.
- Devillers R. & R. Jeansoulin (2006). *Fundamentals of Spatial Data Quality*.

- Devillers R., Stein A., Bédard Y., Chrisman N., Fisher P. & W. Shi (2010). Thirty Years of Research on Spatial Data Quality: Achievements, Failures, and Opportunities. *Transactions in GIS*, 14(4): 387–400.
- Devogele T. (1997). Processus d'intégration et d'appariement de Bases de Données Géographiques; Application à une base de données routières multi-échelles. Autre [cs.OH]. Université de Versailles-Saint Quentin en Yvelines.
- Eurogeographics (2013). Use of the ISO 19100. *Quality standards at the NMCAs*. <https://eurogeographics.org/wp-content/uploads/pda/2018/03/Use-of-ISO-19100-Geographic-information-quality-standards.pdf> (DDC – Décembre 2018)
- Eurogeographics (2019). <https://eurogeographics.org> (DDC – Mai 2019)
- FME (2019). FME Documentation. http://docs.safe.com/fme/2019.0/html/FME_Desktop_Documentation/FME_Transformers/Home.htm (DDC – Mai 2019)
- Gil de la Vega P., Ariza-López F.J. & A.T. Mozas-Calvache (2016). Models for positional accuracy assessment of linear features: 2D and 3D cases, *Survey Review*, 48:350, 347-360, DOI: 10.1080/00396265.2015.1113027
- Goodchild M.F. & G.J. Hunter (1997). A simple positional accuracy measure for linear features, *International Journal of Geographical Information Science*, 11:3, 299-306, DOI: 10.1080/136588197242419
- Goodchild M.F. (1993). Data models and data quality: problems and prospects, in Goodchild M.F., Parks B.O., & L.T. Steyaert (Eds.), *Visualization in Geographical Information Systems*, John Wiley: New York, 141- 149.
- Hallot P. & R. Billen (2013). Objet PICC S0.04.01-11PNSP-01 (reengineering du projet PICC). Version 1.4. 2013. 152 p.
- Hangouët J.F. (1995). Computation of the hausdorff distance between plane vector polylines. COGIT Laboratory, Institut Géographique National. France.
- INSPIRE (2008). *Règlement (CE) N° 1205/2008 de la Commission du 3 décembre 2008 portant modalités d'application de la directive 2007/2/CE du Parlement européen et du Conseil en ce qui concerne les métadonnées*. <https://inspire.ec.europa.eu/inspire-legislation/26> (DDC – Mai 2019)
- INSPIRE (2013). *Directive INSPIRE D2.8.III.2 Data Specification on Buildings – Technical Guidelines*. https://inspire.ec.europa.eu/documents/Data_Specifications/INSPIRE_DataSpecification_BU_v3.0.pdf (DDC – Mai 2019).
- INSPIRE (2014a). *Directive INSPIRE D2.8.I.5 Data Specification on Addresses – Technical Guidelines*. https://inspire.ec.europa.eu/documents/Data_Specifications/INSPIRE_DataSpecification_AD_v3.1.pdf (DDC – Mai 2019).
- INSPIRE (2014b). *Directive INSPIRE D2.8.I.7 Data Specification on Transport Networks – Technical Guidelines*.

- https://inspire.ec.europa.eu/documents/Data_Specifications/INSPIRE_DataSpecification_TN_v3.2.pdf (DDC – Mai 2019).
- INSPIRE (2014c). *D2.8.I.2 Data Specification on Geographical Grid Systems : Technical Guidelines*. <https://inspire.ec.europa.eu/file/1725/download?token=2-WQia90> (DDC – Juin 2019).
 - ISO (2019). www.iso.org (DDC – Mai 2019)
 - ISO/TC 211 (2018). *ISO/TC 211 :Multi-Lingual Glossary of Terms*. https://committee.iso.org/files/live/users/fh/aj/aj/tc211contributor%40iso.org/files/Resources/TC211_%20Multi-Lingual_Glossary%20-%2020181105_Published.xls (DDC – Mai 2019)
 - ISO19101-1 (2014). *ISO 19101-1:2014, Geographic information - Reference model - Part 1: Fundamentals*, <https://www.iso.org/standard/59164.html> (DDC – Mai 2019)
 - ISO19157 (2013). *ISO 19157:2013, Geographic information - Data quality*. Site web (DDC – Mai 2019) : <https://www.iso.org/standard/32575.html> (DDC – Mai 2019)
 - ISO191572013/Amd1 (2018). *ISO 19157:2013/Amd 1:2018, Describing data quality using coverages*, <https://www.iso.org/standard/70884.html> (DDC – Mai 2019)
 - IWIUGD (2017). *International Workshop on Improving the Usability of Geospatial Data*. <https://eurogeographics.org/calendar-event/international-workshop-improving-usability-geospatial-data/> (DDC – Mai 2019)
 - IWSDMQ (2015). *International Workshop on Spatial Data and Map Quality*. <https://eurogeographics.org/calendar-event/international-workshop-on-spatial-data-and-map-quality/> (DDC – Mai 2019).
 - IWSDQ (2018). *2nd International Workshop on Spatial Data Quality*. <https://eurogeographics.org/calendar-event/2nd-international-workshop-on-spatial-data-quality/> (DDC – Mai 2019).
 - Jakobsson A. & J. Giversen (Eds.) (2009) *Eurogeographics : Guidelines for Implementing the ISO 19100 Geographic Information Quality Standards in National Mapping and Cadastral Agencies*.
 - JCGM (2012). *Vocabulaire international de métrologie – Concepts fondamentaux et généraux et termes associés (VIM) (3^{ème} Ed.)*
 - Lawford G. J. (2006). *Analysis of the Positional Accuracy of Linear Features*. Submitted in total fulfilment of the requirements of the degree of Doctor of Philosophy, September 2006. Department of Geomatics, The University of Melbourne.
 - Leica Geosystems (2014). *Mesurer en toute simplicité*. https://w3.leica-geosystems.com/downloads123/zz/general/general/brochures/surveying_fr.pdf (DDC - juillet 2019).
 - Longley P., Goodchild M., Maguire D. & D. Rhind (2005). *Geographical Information Systems and Science (2nd Ed)*.

- Milles S. & j. Lagofun (1999a). *Topographie et topométrie modernes. Techniques de mesure et de représentation*. Tome 1. Eyrolles, Paris.
- Milles S. & J. Lagofun (1999b). *Topographie et topométrie modernes. Calculs*. Tome 2. Eyrolles, Paris.
- Östman A. (2015). *INSPIRE Data Quality Training Module*. <https://inspire.ec.europa.eu/training/data-quality> (DDC – Mai 2019).
- Shi W., Fisher P. & M. Goodchild (2002). *Spatial Data Quality*.
- ULaval (2019). www.ulaval.ca (DDC – Mai 2019)
- Vauglin F. (1999). Use of variograms to represent spatial uncertainty of geographic linear features. COGIT Laboratory, Institut Geographique National.France.
- DGEO (2018a). *Cahier spécial des charges n° S1.08.01-17C45*. Marché public de service. Procédure d’appel d’offres ouvert : Levés de mise à jour pour le Géoréférentiel de la Wallonie (partie PICC). DGEO.
- DGEO (2018b). *Rapport d’analyse de la solution transitoire des couches prioritaires dans le Géoréférentiel*. DGEO, [RapportSolutionTransitoirev20181026v10.docx](#)
- MET (2002). *Le fond de plan cartographique à grande échelle de la région wallonne*. [ART_PICC_06_2002_b.pdf](#), MET.
- SPW (2018). *Fiche du PICC sur le Géoportail*. 20181030-PICC-Description_du_modele_de_donnee.xlsx (DDC – Mai 2019)
- SPW (2019a). Site Internet du SPW, Géoportail de la Wallonie. <http://geoportail.wallonie.be/home.html> (DDC - Décembre 2019).
- SPW (2019b). *Fiche du PICC sur le Géoportail*. Summary-PICC.xlsx (DDC – Mai 2019)
- Waltopo (2017). *Le dictionnaire topographique wallon V2.0*. <http://geoportail.wallonie.be/Waltopo> (DDC – Mai 2019).
- CIRB (2013). *Urbis-Topo. Tableau des objets*. https://s.irisnet.be/v1/AUTH_ce3f7c74-fbd7-4b46-8d85-53d10d86904f/Documentation/UrbIS.zip (DDC – Mai 2019).
- CIRB (2015a). *Data Model Urbis-Adm*. https://s.irisnet.be/v1/AUTH_ce3f7c74-fbd7-4b46-8d85-53d10d86904f/Documentation/UrbIS.zip (DDC – Mai 2019).
- CIRB (2015b). *Guide de l’utilisateur des produits Urbis*. <https://cirb.brussels/fr/nos-solutions/urbis-solutions/urbis-data> (DDC – Mai 2019).
- CIRB (2015c). *Spécifications techniques des données Urbis-Adm*. https://s.irisnet.be/v1/AUTH_ce3f7c74-fbd7-4b46-8d85-53d10d86904f/Documentation/UrbIS.zip (DDC – Mai 2019).
- CIRB (2016). *Révision du modèle de données des produits Urbis-Adm et Urbis-Map*. *Release Note*. <https://cirb.brussels/fr/nos-solutions/urbis-solutions/urbis-data> (DDC – Mai 2019).

- CIRB (2018a). *Cahier Spécial des Charges 2018.011*. Mise à jour de la carte Brussels Urbis. <https://cirb.brussels/fr/quoi-de-neuf/procedures-de-marche-en-cours/csc2018.011/> (DDC – Mai 2019).
- CIRB (2018b). *Annexes 1,2 et 3 du Cahier Spécial des Charges 2018.011*. Mise à jour de la carte Brussels Urbis. Cahier de spécifications pour les relevés topographiques de base Urbis. <https://cirb.brussels/fr/quoi-de-neuf/procedures-de-marche-en-cours/csc2018.011/> (DDC – Mai 2019).
- CIRB (2019). Site internet général - <https://cirb.brussels/fr/nos-solutions/urbis-solutions/urbis-data> (DDC – Mai 2019).
- GIM (2015). Outils de vérification des bâtiments 3D d'Urbis. Urbis Userclub. https://cibg.brussels/nl/onze-oplossingen/urbis-solutions/users-club-urbis-11-06-2015/GIM_UrbisUserClub_201506_presentation.pdf (DDC – Mai 2019).
- CIRB (2014a). *PV de réception des données levées par opérateur privé relatif au Cahier Spécial des Charges 2014.010 « Relevés topographiques pour la mise à jour de la carte UrbIS »* (Documents internes).
- CIRB (2014b). *Plan de test des livrables* (Documents internes).
- De Meulenaer L. & B. Bulkens (2015). *Quality control of large-scale Reference data at the Flemish Geographical Information Agency*. AGIV - SDMQ 2015. <https://eurogeographics.org/wp-content/uploads/2018/05/SDMQ2015-Lies.pdf> (DDC – Mai 2019).
- IV (2014). *Objectcatalog xGRAB*. Versie 1.1.4.
- IV (2016a). *Illustraties aanvullend bij GRB-basis*. Versie 1.0.1. <https://overheid.vlaanderen.be/grb-grb-basis-skelet-nieuwe-specs> (DDC – Mai 2019).
- IV (2016b). *Illustraties aanvullend bij GRB-skeletaanvulling detail*. Versie 2.0.0. <https://overheid.vlaanderen.be/grb-skeletaanvulling-detail-nieuwe-specs> (DDC – Mai 2019).
- IV (2016c). *Validatierapport TCGRBAnalyser V19.04Ahi*. Versie 1.0, Publicatiedatum 12/02/2016. <https://overheid.vlaanderen.be/sites/default/files/media/Digitale%20overheid/GRB/Skelet/validatierapport%20TcGRBAnalyser.pdf?timestamp=1533733050> (DDC – Mai 2019).
- IV (2017a). *Aanbeveling. Uitwisseling aan Adresgegevens*. Versie 2.1.0, Publicatiedatum 03/07/2017. https://download.vlaanderen.be/Producten/GetDocument?id=89&title=Aanb_CRAB_pdf&x=Aanb_CRAB_pdf (DDC – Mai 2019).
- IV (2017b). *Gebouwen- en adressenregister : Objectcatalog*. Versie 1.1.1, Publicatiedatum 28/11/2017. https://overheid.vlaanderen.be/sites/default/files/media/Digitale%20overheid/Gebouwenregister/GR_AR_Objectcatalog.pdf?timestamp=1524738697 (DDC – Mai 2019).

- IV (2017c). *Leesmij CRAB adresposities*. Publicatiedatum 04/07/2017.
https://download.vlaanderen.be/Producten/Detail?id=102&title=CRAB_adresposities (DDC – Mai 2019).
- IV (2017d). *Objectcatalogoog CRAB*. Versie 1.0, Publicatiedatum 03/07/2017.
https://download.vlaanderen.be/Producten/GetDocument?id=90&title=Data_CRAB_pdf&x=Data_CRAB_pdf (DDC – Mai 2019).
- IV (2017e). *Wegenregister : Objectcatalogoog*. Versie /// 2.0 Publicatiedatum /// 22/09/2017.
https://download.vlaanderen.be/Producten/GetDocument?id=280&title=Data_Wegenregister_v2_0_pdf&x=Data_Wegenregister_v2_0_pdf (DDC – Mai 2019).
- IV (2018a). *GRB-Skeletspecificaties voor terrestrische opmetingen : GRB-basis*. Versie 1.1.0., Publicatiedatum 29/05/2018.
https://overheid.vlaanderen.be/sites/default/files/media/Digitale%20overheid/GRB/Skelet/rldw130828av2_GRBBasis_v1.1.0.pdf?timestamp=1527585093 (DDC – Mai 2019).
- IV (2018b). *GRB-Skeletspecificaties voor terrestrische opmetingen : GRB-skeletaanvulling detail*. Versie 2.1.0., Publicatiedatum 30/04/2018.
https://overheid.vlaanderen.be/sites/default/files/media/Digitale%20overheid/GRB/Skelet/rldw180430av0_detail_2.1.0.pdf?timestamp=1527585351 (DDC – Mai 2019).
- IV (2018c). *Grootschalig Referentiebestand. GRBcad*. Versie Volgens specificaties 5.1.0., Datastructuur.
<https://download.vlaanderen.be/Producten/Detail?id=131&title=GRBcad> (DDC – Mai 2019)
- IV (2018d). *Grootschalig Referentiebestand. GRBcad*. Versie Volgens specificaties 5.1.0., Leesmij.
<https://download.vlaanderen.be/Producten/Detail?id=131&title=GRBcad> (DDC – Mai 2019)
- IV (2018e). *Grootschalig Referentiebestand. GRBgis*. Versie Volgens specificaties 5.1.0. Datastructuur.
<https://download.vlaanderen.be/Producten/Detail?id=1&title=GRBgis> (DDC – Mai 2019)
- IV (2018f). *Grootschalig Referentiebestand. GRBgis*. Versie Volgens specificaties 5.1.0. Leesmij.
<https://download.vlaanderen.be/Producten/Detail?id=1&title=GRBgis>
<https://download.vlaanderen.be/Producten/Detail?id=418&title=xGRAB>
https://download.vlaanderen.be/Producten/GetDocument?id=90&title=Data_CRAB_pdf&x=Data_CRAB_pdf (DDC – Mai 2019).
- IV (2018g). *Kwaliteitsspecificaties As-builtplannen : Skeletspecificaties GRB-Basis*. Versie 1.1.0, Publicatiedatum 30 april 2018.
<https://overheid.vlaanderen.be/sites/default/files/media/Digitale%20overheid>

- [/GRB/Skelet/rldm180430av0_as%20built_kwaliteitsspecificatiesv1.1.0.pdf?timestamp=1527585188](#) (DDC – Mai 2019)
- IV (2018h). *Kwaliteitsspecificaties : Aanvulling Detail*. Versie 2.1.0, Publicatiedatum, 05/2018.
https://overheid.vlaanderen.be/sites/default/files/media/Digitale%20overheid/GRB/Skelet/rldm180430av0_as%20built_kwaliteitsspecificatiesdetail_2.1.0.pdf?timestamp=1527585435 (DDC – Mai 2019).
 - IV (2019). *Informatie Vlaanderen (IV)* – Site Internet et documents PDF des spécifications techniques. <https://overheid.vlaanderen.be/informatie-vlaanderen> (DDC – Juin 2019).
 - IGN Belgique (2000a). *Considérations conceptuelles sur la nouvelle carte de base à 1 :10000 de l'institut géographique national*. <http://www.ngi.be/FR/FR2.shtm> (DDC – Juin 2019).
 - IGN Belgique (2000b). *Le système d'information géographique et la carte à 1:10000*. <http://www.ngi.be/FR/FR2-6-4.shtm> (DDC – Juin 2019).
 - IGN Belgique (2017a). *Annexes 1 et 2 sur les routes et les bâtiments relatives au cahier des charges n° PT 16-07*. 2017. Documents internes.
 - IGN Belgique (2017b). *Cahier des charges n° PT 16-07. Procédure négociée avec publicité concernant à la mise à jour de données topogéographiques relatives aux bâtiments, au réseau routier, à l'hydrographie et à la couverture du sol dans le territoire belge*. Documents internes.
 - IGN Belgique (2017c). *Top10Vector V3.2 (2017). Quick Guide*. <http://www.ngi.be/FR/FR1-5-1-1.shtm> (DDC – Juin 2019).
 - IGN Belgique (2018). *Top10Vector V4.2 (2018). Specification de produit*. <http://www.ngi.be/FR/FR1-5-1-1.shtm> (DDC – Juin 2019).
 - IGN Belgique (2019). Site Internet de l'IGN Belgique. <http://www.ngi.be/FR/FR0.shtm> (DDC – Juin 2019).
 - David, B. & P. Fasquel (1997). Qualité d'une base de données géographique : concepts et terminologie. *Bulletin d'information de l'IGN*, 67.
 - Ministère français (2003). Arrêté du 16 septembre 2003 portant sur les classes de précision applicables aux catégories de travaux topographiques réalisés par l'Etat, les collectivités locales et leurs établissements publics ou exécutés pour leur compte.
<https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000794936> (DDC – Juin 2019).
 - IGN France (2018). *L'unité des contrôles qualité de l'IGN*. Séminaire « Quels outils et organisations pour qualifier les données géographiques ». https://www.cerema.fr/system/files/documents/2018/02/10_IGN1_UCQ.pdf (DDC – Juin 2019).
 - IGN France (2019a). *Offre Adresse - Version 2.2. BD Adresse / Point adresse / Route adresse. Descriptif de contenu*. <http://professionnels.ign.fr/bdadresse#tab-2> (DDC – Juin 2019).

- IGN France (2019b). *Offre Adresse - Version 2.2. BD Adresse / Point adresse / Route adresse. Descriptif de livraison.*
<http://professionnels.ign.fr/bdadresse#tab-2> (DDC – Juin 2019).
- IGN France (2019c). *RGE - BD Topo Version 3.0. Descriptif de contenu.*
<http://professionnels.ign.fr/bdtopo#tab-2> (DDC – Juin 2019).
- IGN France (2019d). *RGE - BD Topo Version 3.0. Descriptif de livraison.*
<http://professionnels.ign.fr/bdtopo#tab-2> (DDC – Juin 2019).
- IGN France (2019e). Site Internet de l'IGN France.
<http://professionnels.ign.fr/> et <http://www.ign.fr/institut/> (DDC – Juin 2019).
- OS (2001). *OS MasterMap real-world object catalogue. OS MasterMap Specifications. V1.0 11/2001.* <https://www.ordnancesurvey.co.uk/business-and-government/help-and-support/products/topography-layer.html> (DDC – Juin 2019).
- OS (2004). *OS MasterMap. User Guide and product specification. Version 5.1.*
https://www.geos.ed.ac.uk/~gisteac/proceedingsonline/Source%20Book%20004/SDI/National/UK/Ordnance%20Survey/MasterMap/OS_Mastermap_User%20Guide_Product%20Specification_v5-1_Feb04.pdf (DDC – Juin 2019).
- OS (2008). *OS MasterMap Topography Layer. User Guide and technical specification. Version 1.6.*
https://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20090216132359/http://www.ordnancesurvey.co.uk/oswebsite/products/osmastermap/userguides/docs/OSM_MTopoLayerUserGuide.pdf (DDC – Juin 2019).
- OS (2017a). *OS MasterMap Highways Network - Routing and Asset Management Information. Technical Specification. V2.2 10/2017.*
<https://www.ordnancesurvey.co.uk/business-and-government/help-and-support/products/os-mastermap-highways-network.html> (DDC – Juin 2019).
- OS (2017b). *OS MasterMap Topography Layer. Technical Specification. Version 2.0.* <https://www.ordnancesurvey.co.uk/business-and-government/help-and-support/products/topography-layer.html> (DDC – Juin 2019).
- OS (2017c). *OS MasterMap Highways Network - Paths. Technical Specification. V2.2 10/2017.* <https://www.ordnancesurvey.co.uk/business-and-government/help-and-support/products/os-mastermap-highways-network.html> (DDC – Juin 2019).
- OS (2017d). *OS MasterMap Highways Network - Roads. Technical Specification. V2.2 10/2017.* <https://www.ordnancesurvey.co.uk/business-and-government/help-and-support/products/os-mastermap-highways-network.html> (DDC – Juin 2019).
- OS (2018a). *AddressBase Premium: Technical Specification. V2.5 10/2018.*
<https://www.ordnancesurvey.co.uk/business-and-government/help-and-support/products/addressbase-premium.html> (DDC – Juin 2019).

- OS (2018b). *OS MatserMap Topography Layer. Product Guide. Version 2.2.*
<https://www.ordnancesurvey.co.uk/business-and-government/help-and-support/products/topography-layer.html> (DDC – Juin 2019).
- OS (2019). Site Internet de l'Ordnance Survey.
<https://www.ordnancesurvey.co.uk/> (DDC – Juin 2019).
- Beumier C. et Idrissa M. (2014). *Modèle Numérique de Surface (MNS) et Applications.* Présentation au CIRB Users club. Bruxelles, Décembre 2014.
<https://cirb.brussels/fr/nos-solutions/urbis-solutions/fichiers/2014dec04-cirb-last-erm.pdf> (DDC - Janvier 2020).
- CIRB (2015a). *Spécifications techniques du produit UrbIS-Ortho.*
<https://cirb.brussels/fr/nos-solutions/urbis-solutions/fichiers/specifications-techniques-urbis-ortho.pdf> (DDC – Janvier 2020).
- CIRB (2015b). *Spécifications techniques des données UrbIS-DTM.*
<https://cirb.brussels/fr/nos-solutions/urbis-solutions/fichiers/specifications-techniques-urbis-dtm.pdf> (DDC – Janvier 2020).
- CIRB (2020). Site internet général. <https://cirb.brussels/fr/nos-solutions/urbis-solutions/urbis-data> (DDC – Janvier 2020).
- IGN (2017). Site internet général. <http://www.ngi.be/FR/FR0.shtm> (DDC – Janvier 2020).
- IGN France (2018a). *Les ortho-images. BD ORTHO® Version 2.0 ORTHO HR® Version 1.0. Descriptif de contenu.* Juillet 2018.
https://geoservices.ign.fr/ressources_documentaires/Espace_documentaire/ORTHO_IMAGES/BDORTHO_ORTHOHR/DC_BDORTHO_2-0_ORTHOHR_1-0.pdf (DDC – Janvier 2020).
- IGN France (2018b). *FAQ – Conférence en ligne « Modèles Numériques de Surface ».*
http://www.ign.fr/institut/sites/all/files/faq_mns_21062018.pdf (DDC – janvier 2020).
- IGN France (2018c). *Conférence en ligne. Les modèles numériques de surface.*
Vidéo Youtube.
https://www.youtube.com/watch?time_continue=2&v=7yRRJWWUkM0&feature=emb_logo (DDC - Janvier 2020)
- INSPIRE (2013a). *Data Specification on Orthoimagery – Technical Guidelines.*
- INSPIRE (2013b). *Data Specification on Elevation – Technical Guidelines.*
- IV (2014). *Digitaal Hoogtemodel Vlaanderen II.* Leesmij. Agentschap voor Geografische Informatie Vlaanderen.
- IV (2017). *Middenschalige orthofotomozaïeken.* Technische Fiche. Versie 5.1, Publicatiedatum 07/2017.
https://overheid.vlaanderen.be/sites/default/files/media/Digitale%20overheid/luchtopnamen/tech_ortho_5.1.pdf (DDC – Janvier 2020).
- IV (2020). Site internet général. <https://overheid.vlaanderen.be/informatie-vlaanderen/producten-diensten> (DDC – Janvier 2020).

- OS (2017a). OS MasterMap Imagery Layer. Product Guide. <https://www.ordnancesurvey.co.uk/documents/os-mastermap-imagery-layer-product-guide.pdf> (DDC – Janvier 2020).
- OS (2017b). OS MasterMap Imagery Layer. Technical Specification. <https://www.ordnancesurvey.co.uk/documents/os-mastermap-imagery-layer-technical-specification.pdf> (DDC – Janvier 2020).
- OS (2020). Site internet général. <https://www.ordnancesurvey.co.uk/> (DDC – Janvier 2020)
- RICS (2010). Vertical aerial photography and digital imagery. Guidance note. 5th edition. <https://www.rics.org/globalassets/rics-website/media/upholding-professional-standards/sector-standards/land/vertical-aerial-photography-and-digital-imagery-5th-edition-rics.pdf> (DDC – Janvier 2020).
- SPW (2019). Cahier de charges n° S1.08.01-18K523 2019-2021. Marché de fournitures procédure ouverte avec publicité européenne – Accord-cadre. Fourniture d’orthophotos couleur numériques d’une résolution de 0.25 m. (DDC – janvier 2020)
- SPW (2020a). Relief de la Wallonie - Modèle Numérique de Terrain (MNT) 2013-2014. Géoportail de la Wallonie. <http://geoportail.wallonie.be/catalogue/6029e738-f828-438b-b10a-85e67f77af92.html> (DDC - Janvier 2020).
- SPW (2020b). Relief de la Wallonie - Modèle Numérique de Surface (MNS) 2013-2014. Géoportail de la Wallonie. <http://geoportail.wallonie.be/catalogue/7d23d8ab-962a-493f-8771-2054e06ad36f.html> (DDC - Janvier 2020).
- SPW (2020c). Metawal - Catalogue pour l’information géographique de Wallonie. Relief de la Wallonie - Modèle Numérique de Surface (MNS) 2013-2014. <http://metawal.wallonie.be/geonetwork/srv/eng/catalog.search#/metadata/7d23d8ab-962a-493f-8771-2054e06ad36f> (DDC – Janvier 2020).
- SPW (2020d). Site Internet du SPW, Géoportail de la Wallonie. <http://geoportail.wallonie.be/home.html> (DDC - Janvier 2020).

19.ANNEXE 1 | PROCESSUS DE CONTROLE DE QUALITE DANS LES ENVIRONNEMENTS FME ET ARCGIS

Le contrôle des critères ci-dessous a été réalisé grâce aux logiciels FME ainsi qu'avec ArcGIS et son extension « Data Reviewer ».

21.1. Cohérence conceptuelle

21.1.1. Eléments du schéma conceptuel et des spécifications produits vérifiables au niveau du jeu de données :

Présence de toutes les classes et Nom des classes :

FME

- **Reader :**

- Format : Directory and File Pathnames
- Dataset : Le dossier où sont les shapefiles.
- Parameters :
 - Path filter : *.shp

Les shapefiles étant dans le même dossier, leur nom sont tous différents.

- **Tester :**

- Left value : Path_rootname
- Operator : In
- Right value : entrer le nom de toutes les classes.

Lier Passed avec le prochain Transformer.

- **FeatureCounter :** compte le nombre de « passed » et l'inscrit en attribut.

Lier Output avec le prochain Transformer.

- **Tester :**

- Left value : _numfeatures
- Operator : =
- Right value : entrer le nombre de classes devant être présente

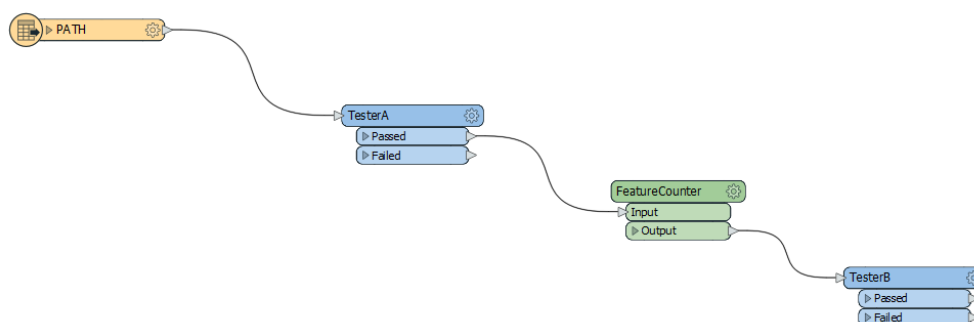


Figure 78 – Représentation de l'enchaînement des étapes dans FME.

Présence de tous les attributs pour chaque classe et Nom des attributs :

FME (à faire pour chaque table)

- **Reader :**
 - Format : Schema (Any Format)
 - Dataset : Le .dbf de la table qui est analysée.
 - Parameters :
 - Additional attributes to expose : select all

Lier le Reader avec ListExploder avant de paramétrer ce dernier.

- **ListExploder :** Liste le nom des attributs dans un nouvel attribut « name ».
 - List Attribute : Select List Attribute : attribut{}

Les noms d'attribut proviennent du même .dbf, ils sont tous différents. Attention : le 1^{er} attribut est « OBJECTID », donc il y a un attribut en plus par rapport au nombre d'attributs présents dans le MCD.

- **Tester :**
 - Left value : name
 - Operator : In
 - Right value : entrer le nom de tous les attributs présents dans le MCD.

Lier Passed avec le prochain Transformer.

- **FeatureCounter :** compte le nombre de « passed » et l'inscrit en attribut.

Lier Output avec le prochain Transformer.

- **Tester :**
 - Left value : _numfeatures
 - Operator : =
 - Right value : entrer le nombre d'attributs devant être présents dans le MCD.

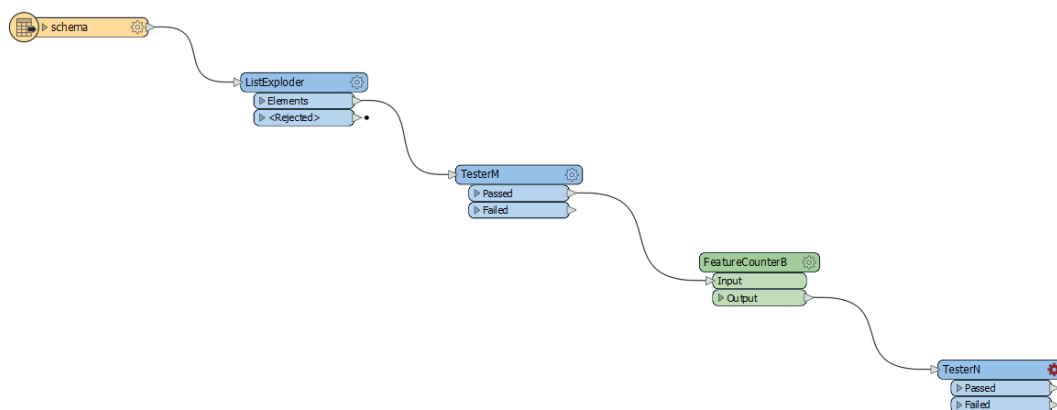


Figure 79 – Représentation de l'enchaînement des étapes dans FME.

Ordre des attributs dans chaque classe :

FME (à faire pour chaque table)

- **Reader :**
 - Format : Schema (Any Format)

- Dataset : Le .dbf de la table qui est analysée.
- Parameters :
 - Additional attributes to expose : select all

Lier le Reader avec ListExploder avant de paramétrer ce dernier.

- **ListExploder** : Liste le nom des attributs dans un nouvel attribut « name ».
 - List Attribute : Select List Attribute : attribut{}

Les noms d'attribut proviennent du même .dbf, ils sont tous différents. Attention : le 1^{er} attribut est « OBJECTID », donc il y a un attribut en plus par rapport au nombre d'attributs présents dans le MCD.

- **Tester** :
 - Left value : name
 - Operator : In
 - Right value : entrer le nom de tous les attributs présents dans le MCD (sans « OBJECTID »).

Lier Passed avec le prochain Transformer.

- **AttributeCreator** :
 - New Attribute : "Resultat"
 - Attribute Value : Conditional Value...
Sur base de l'ordre des attributs dans le MCD, insérez les conditions adéquates en suivant l'exemple présenté ci-dessous.

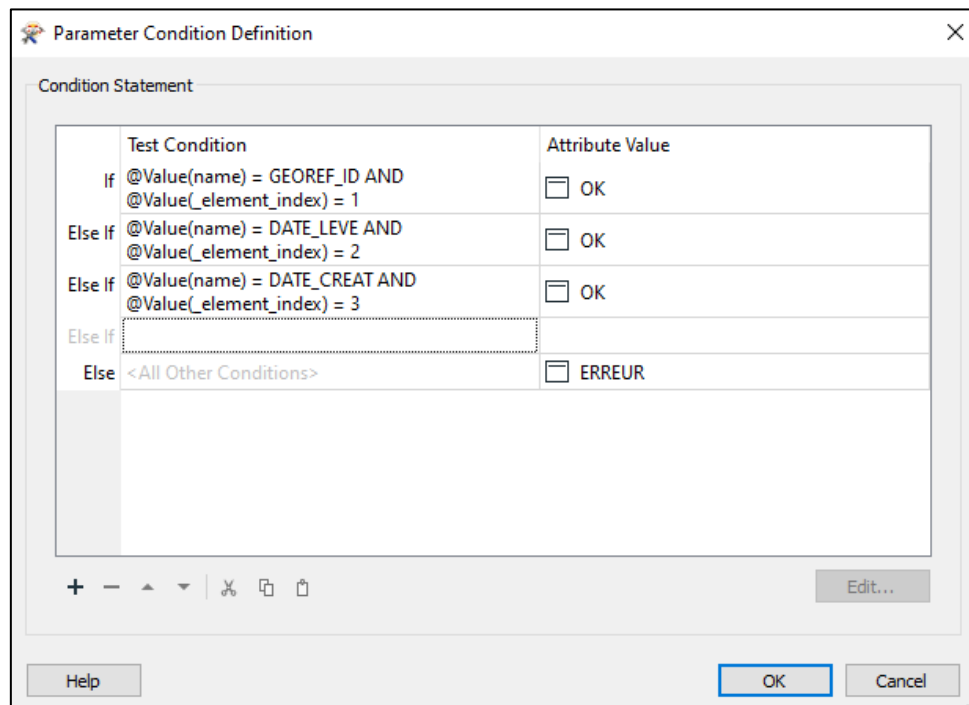


Figure 80 – Modèle servant à compléter les conditions du transformer AttributeCreator.

Les attributs classés dans le bon ordre auront « OK » dans un nouvel attribut « Resultat ». Un transformateur Tester peut être utilisé pour découvrir les attributs non correctement classés.

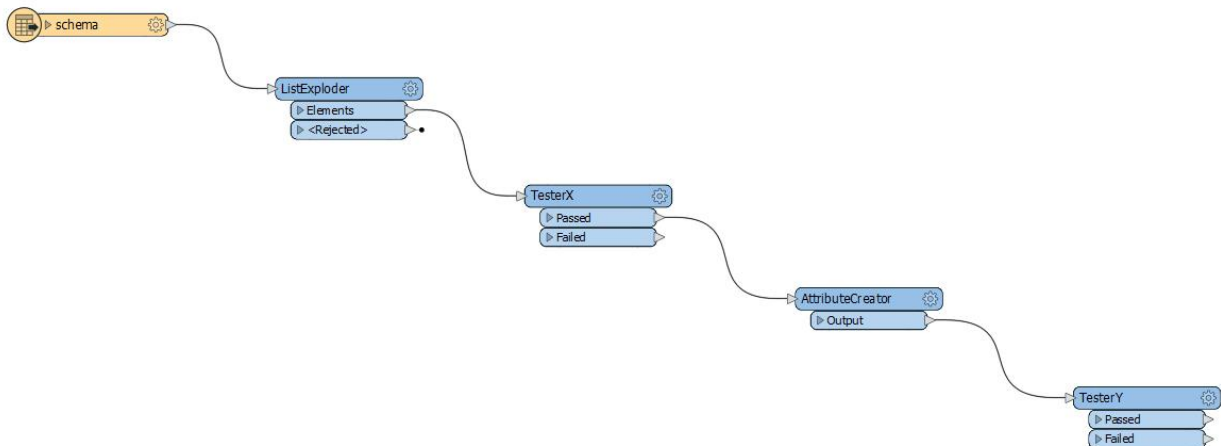


Figure 81 – Représentation de l'enchaînement des étapes dans FME.

21.1.2. Éléments du schéma conceptuel et des spécifications produits vérifiables au niveau des objets/de leurs attributs :

Unicité de la valeur de l'identifiant unique au sens de la table :

FME

Reader :

Format : Esri Shapefile

Dataset : Le shapefile de la table que l'on veut analyser.

AttributeValidator :

Attributes to Validate : «GEOREF_ID»

Validation Rule : Unique

Rien ne doit être dans Failed.

Présence d'une valeur pour les attributs obligatoires :

FME

Reader :

Format : Esri Shapefile

Dataset : Le shapefile de la table que l'on veut analyser.

AttributeValidator :

Attributes to Validate : Les attributs devant être remplis.

Validation Rule : Has a Value

Rien ne doit être dans Failed.

21.2. Cohérence du domaine :

FME

Reader :

Format : Esri Shapefile

Dataset : Le shapefile de la table que l'on veut analyser.

○ **Tester :**

- Left value : Les attributs possédant un domaine.
- Operator : In
- Right value : entrer le nom de toutes les valeurs possibles pour chaque attribut.

Rien ne doit être dans Failed.

D'autres règles peuvent être rédigées via ce Transformer pour s'adapter à l'attribut analysé.

21.3. Cohérence du format :

21.3.1. Eléments des spécifications produits vérifiables au niveau du jeu de données :

Nom du/des fichier(s) du jeu de données et Format du/des fichier(s) du jeu de données :

FME

○ **Reader :**

- Format : Directory and File Pathnames
- Dataset : Le dossier où sont les shapefiles.

○ **Tester :**

- Left value : path_filename.
- Operator : In
- Right value : entrer le nom de tous les fichiers (avec leur extension).

Intégrité/lisibilité du/des fichier(s) du jeu de données :

Ouvrir les shapefiles dans ArcMap et FME (Reader).

Système de coordonnées du jeu de données :

FME

Reader :

Format : Esri Shapefile

Dataset : Le shapefile de la table que l'on veut analyser.

CoordinateSystemExtractor : ajoute un attribut « _coordsys » avec comme valeur le système de coordonnées utilisé.

○ **Tester :**

- Left value : _coordsys
- Operator : =

- Right value : Le nom du système de coordonnées prévu dans le MCD (Attention à la manière avec laquelle le nom du système de coordonnées est stocké dans le shapefile (abréviation, ...)).

Rien ne doit être dans Failed.

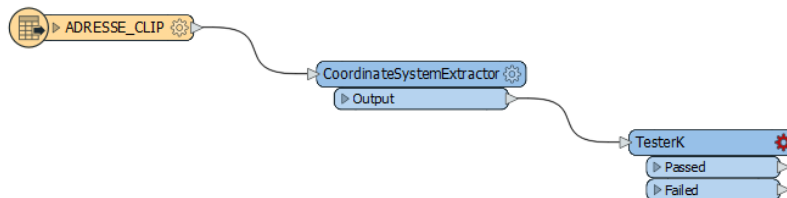


Figure 82 – Représentation de l'enchaînement des étapes dans FME.

21.3.2. Éléments des spécifications produits vérifiables au niveau des objets/de leurs attributs :

Format de l'identifiant unique :

FME

- **Reader :**
 - Format : Esri Shapefile
 - Dataset : Le shapefile de la table que l'on veut analyser.
- **AttributeValidator :**
 - Attributes to Validate : «GEOREF_ID»
 - Validation Rule : Contains Regex
 - Rule Configuration : $^(BE\.\ WL\.\ GEOREF\.[^\s]{36})$

Format des attributs de datation :

FME

- **Reader :**
 - Format : Esri Shapefile
 - Dataset : Le shapefile de la table que l'on veut analyser.
- **AttributeValidator :**
 - Attributes to Validate : Les attributs de datation
 - Validation Rule : Contains Regex
 - Rule Configuration : $\d\d-\d\d-\d\d\d\d$

Type de données des valeurs d'attributs :

FME

- **Reader :**
 - Format : Esri Shapefile
 - Dataset : Le shapefile de la table que l'on veut analyser.
- **AttributeValidator :**
 - Attributes to Validate : un attribut

- Validation Rule : Type
- Rule Configuration: dépend de l'attribut contrôlé

Longueur des chaînes de caractères des valeurs d'attributs :

FME

- **Reader :**
 - Format : Esri Shapefile
 - Dataset : Le shapefile de la table que l'on veut analyser.
- **AttributeValidator :**
 - Attributes to Validate : un attribut
 - Validation Rule : Maximum Length
 - Rule Configuration: dépend de l'attribut contrôlé

Type de géométrie des objets :

FME

- **Reader :**
 - Format : Esri Shapefile
 - Dataset : Le shapefile de la table que l'on veut analyser.
- **AttributeExposer :**
 - Attributes to Expose : SHAPE_GEOMETRY (rajoute une colonne attributaire avec comme valeur le type de géométrie)
- **Tester :**
 - Left value : SHAPE_GEOMETRY
 - Operator : =
 - Right value : le type de géométrie conforme au shapefile analysé (Attention à la manière avec laquelle FME présente le résultat dans la colonne attributaire SHAPE_GEOMETRY).

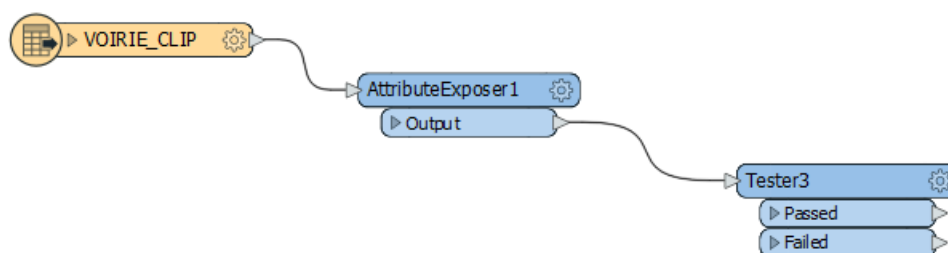


Figure 83 – Représentation de l'enchaînement des étapes dans FME.

Format d'encodage des caractères :

FME

- **Reader :**
 - Format : Esri Shapefile
 - Dataset : Le shapefile de la table que l'on veut analyser.
- **AttributeValidator :**

- Attributes to Validate : un attribut
- Validation Rule : Encodable in
- Rule Configuration: UTF-8

21.4. Cohérence topologique :

21.4.1. Vérifications de la qualité de construction des géométries du jeu de données :

Polygones non-fermés (X,Y et Z) :

ArcGIS Data Reviewer

- **Z Value Checks** : Polygon/Ring Closed Check
 - Feature Class : la couche avec géométries polygonales à analyser.

Polygones non planaires :

FME

- **Reader** :
 - Format : Esri Shapefile
 - Dataset : Le shapefile de la table que l'on veut analyser.
- **GeometryValidator** :
 - Issue To Detect : Contains Non-Planar Surfaces
 - Parameters : Edit...
 - Also Check Areas : Yes

Les géométries qui ne passent pas le contrôle sont dans InvalidParts.

Polylignes formant une boucle :

ArcGIS Data Reviewer

- **Default Checks** : Polyline or Path Closes on Self Check
 - Feature Class : la couche avec géométries polylignes à analyser.

Auto-intersections :

FME

- **Reader** :
 - Format : Esri Shapefile
 - Dataset : Le shapefile de la table que l'on veut analyser.
- **GeometryValidator** :
 - Issue To Detect : Self-Intersections in 2D

Les géométries qui ne passent pas le contrôle sont dans InvalidParts.

Doublets géométriques au niveau des objets :

ArcGIS Data Reviewer

- **Duplicate Geometry Checks** : Duplicate Geometry Check
 - Feature Class 1 : la couche à analyser.
 - Feature Class 2 : la même couche.

Doublons géométriques au niveau des vertex (seuil de tolérance possible) :

FME

- **Reader :**
 - Format : Esri Shapefile
 - Dataset : Le shapefile de la table que l'on veut analyser.
- **GeometryValidator :**
 - Issue To Detect : Duplicate Consecutive Points
 - Parameters : Edit...
 - Tolerance : 0,0 (si l'on veut uniquement détecter un doublon de vertex parfait ; sinon choisir une autre valeur)

Les géométries qui ne passent pas le contrôle sont dans InvalidParts.

Vertex inutiles :

ArcGIS

- Calculer dans une nouvelle colonne attributaire le **nombre de vertex** qu'il y a pour chaque polygone : suivre les instructions disponibles à l'adresse : <https://support.esri.com/en/technical-article/000011230>
 - Click droit sur la colonne nouvellement créée > Statistics : le nombre total de vertex dans la table est affiché en regard de « Sum ».
 - Click droit sur la colonne indiquant la superficie pour chaque polygone > Statistics : la superficie totale des polygones de la table est affichée en regard de « Sum ».
- **ArcToolbox** > Editing Tools > Generalize
 - Input Features : la couche analysée.
 - Tolerance : sélectionner « Meters » et introduire un chiffre inférieur à 1 mais différent de 0. 0,01 semble être un bon compromis.
 - ATTENTION : l'outil Generalize modifie directement le shapefile sans possibilité de retour en arrière (undo). Nous conseillons d'effectuer les tests sur des copies des données !
- Calculer dans une nouvelle colonne attributaire le **nombre de vertex** qu'il y a pour chaque polygone après généralisation : suivre les instructions disponibles à l'adresse : <https://support.esri.com/en/technical-article/000011230>
 - Click droit sur la colonne nouvellement créée > Statistics : le nombre total de vertex dans la table après généralisation est affiché en regard de « Sum ».
 - Click droit sur la colonne indiquant la superficie pour chaque polygone > Calculate Geometry.
 - Property : Area (Ceci met à jour la colonne superficie des polygones.)

- Click droit sur la colonne indiquant la superficie pour chaque polygone > Statistics : la superficie totale des polygones de la table est affichée en regard de « Sum ».
- La différence entre la superficie totale avant et après généralisation doit être minimisée alors que la différence entre le nombre de vertex doit être maximisée. Il est également possible de calculer la différence de superficie (et de vertex) polygone par polygone.

Vertex aberrants (ajoutant un « pic » à la géométrie d'un polygone) (seuil de tolérance possible) :

ArcGIS Data Reviewer

- **Polyline Checks** : Cutbacks Check
 - Feature Class : la couche à analyser.
 - Minimum Angle Size : l'angle minimum accepté entre 3 vertex consécutifs.

Connexions manquantes en raison de polygones trop courtes (undershoot) ou trop longues (overshoot) (seuil de tolérance possible) :

ArcGIS Data Reviewer

- **Polyline Checks** : Find Dangles Check
 - Feature Class : la couche avec géométries polygones à analyser.
 - Dangle Tolerance : distance minimum qu'il peut y avoir entre un nœud terminal et un segment de polygone.

Trous dans les polygones :

ArcGIS Data Reviewer

- **Default Checks** : Multipart Polygon Check
 - Feature Class : la couche à analyser.
 - Search Goals : Only Holes.

Géométries nulles (surface nulle) ou surface très petite :

ArcGIS Data Reviewer

- **Polygon Checks** : Evaluate Polygon Perimeter and Area Check
 - Feature Class : la couche à analyser.
 - Type : Polygon.
 - Dimension : Area.
 - Thresholds :
 - Square : Meters.
 - Operation : = (ou <).
 - Equal to (Less Than) : 0 (ou la superficie minimum acceptable).

Géométries nulles (longueur nulle) ou longueur très petite :

ArcGIS Data Reviewer

- **Polyline Checks** : Evaluate Polyline Length Check
 - Feature Class : la couche à analyser.
 - Type : segment.
 - Length :
 - Meters.
 - Operation : = (ou <).
 - Equal to (Less Than) : 0 (ou la longueur minimum acceptable).

Géométries corrompues :

FME

- **Reader** :
 - Format : Esri Shapefile
 - Dataset : Le shapefile de la table que l'on veut analyser.
- **GeometryValidator** :
 - Issue To Detect : Degenerate or Corrupt Geometries

Les géométries qui ne passent pas le contrôle sont dans InvalidParts.

FME

- **Reader** :
 - Format : Esri Shapefile
 - Dataset : Le shapefile de la table que l'on veut analyser.
- **GeometryValidator** :
 - Issue To Detect : Contains -0, NaN, or Infinity

Les géométries qui ne passent pas le contrôle sont dans InvalidParts.

Géométries composites :

ArcGIS Data Reviewer

- **Default Checks** : Non-Linear Segment Check
 - Feature Class : la couche à analyser.

Géométries multi-parties :

ArcGIS Data Reviewer

- **Default Checks** : Multipart Line Check
 - Feature Class : la couche à analyser.

ArcGIS Data Reviewer

- **Default Checks** : Multipart Polygon Check
 - Feature Class : la couche à analyser.
 - Search Goal : Only Multiple Parts

Polygones orphelines (non connectées) :

ArcGIS Data Reviewer

- **Polyline Checks** : Orphan Check

- Feature Class : la couche à analyser.

Présence de géométries en Z=0 :

ArcGIS Data Reviewer

- **Z Value Checks** : Evaluate Z Values Check
 - Feature Class : la couche à analyser.
 - Elevation :
 - Meters
 - Operation : =
 - Equal to : 0

Variations de Z trop grandes entre deux vertex consécutifs d'un objet (seuil de tolérance possible) :

ArcGIS Data Reviewer

- **Z Value Checks** : Adjacent Vertex Elevation Change Check
 - Feature Class : la couche à analyser.
 - Elevation Difference Tolerance :
 - Différence de hauteur maximal acceptable. Attention, certains vertex peuvent être très proches les uns des autres.
 - Meters

Mélange de coordonnées 2D et 3D pour un objet :

FME

- **Reader** :
 - Format : Esri Shapefile
 - Dataset : Le shapefile de la table que l'on veut analyser.
- **GeometryValidator** :
 - Issue To Detect : Mismatched Dimensions
 - Parameters : Edit...
 - Force Dimension : 3D
 - Attempt Repair : No

Géométries séparées par une distance très petite (mais non nulle) (seuil de tolérance possible) :

ArcGIS

- **ArcToolbox** > Analysis Tools > Proximity > Generate Near Table. Cet outil va calculer la plus courte distance (ou les plus courtes distances jusqu'à un certain ordre) existant entre chaque polygone.
 - Input Features : la couche analysée.
 - Near Features : la couche analysée.
 - Search Radius : laisser vide.
 - Find only closest feature : décocher.
 - Maximum number of closest matches : 10 (exemple)

- Method : PLANAR
- Ouvrir la **table** nouvellement créée, cliquer sur Table Options > Select By Attributes....
 - Entrer la requête “NEAR_DIST >0 AND NEAR_DIST <1” dans WHERE (1 est une valeur exemple signifiant 1m).

21.4.2. Vérifications du respect des relations topologiques issues des spécifications produits :

Présence des objets à l'intérieur du territoire wallon :

ArcGIS Data Reviewer

- **Feature on Feature Checks** : Geometry on Geometry Check
 - Feature Class 1 : la couche à analyser.
 - Feature Class 2 : la couche du contour de la Wallonie (avec buffer ou non).
 - Spatial Relation Check :
 - Type : Within
 - Cocher Not (pour sélectionner les objets à l'extérieur)

Règles de chevauchement des objets du jeu de données :

ArcGIS Data Reviewer

- **Feature on Feature Checks** : Geometry on Geometry Check
 - Feature Class 1 : la couche à analyser (éventuellement avec sélection d'objets via requête SQL).
 - Feature Class 2 : la couche à analyser (éventuellement avec sélection d'objets via requête SQL).
 - Spatial Relation Check :
 - Type : Overlaps et Within

Règles de chevauchement des objets entre jeu de données :

ArcGIS Data Reviewer

- **Feature on Feature Checks** : Geometry on Geometry Check
 - Feature Class 1 : la couche à analyser (éventuellement avec sélection d'objets via requête SQL).
 - Feature Class 2 : une autre couche (éventuellement avec sélection d'objets via requête SQL).
 - Spatial Relation Check :
 - Type : Overlaps et Within

Règles d'intersections des objets du jeu de données :

ArcGIS Data Reviewer

- **Feature on Feature Checks** : Geometry on Geometry Check

- Feature Class 1 : la couche à analyser (éventuellement avec sélection d'objets via requête SQL).
- Feature Class 2 : la couche à analyser (éventuellement avec sélection d'objets via requête SQL).
- Spatial Relation Check :
 - Type : Intersects

Règles d'intersections des objets entre jeu de données :

ArcGIS Data Reviewer

- **Feature on Feature Checks** : Geometry on Geometry Check
 - Feature Class 1 : la couche à analyser (éventuellement avec sélection d'objets via requête SQL).
 - Feature Class 2 : une autre couche (éventuellement avec sélection d'objets via requête SQL).
 - Spatial Relation Check :
 - Type : Intersects

Relations topologiques spécifiques définies par le producteur du jeu de données :

ArcGIS Data Reviewer

- **Feature on Feature Checks** : Geometry on Geometry Check
 - Feature Class 1 : la couche à analyser (éventuellement avec sélection d'objets via requête SQL).
 - Feature Class 2 : la même couche ou une autre couche (éventuellement avec sélection d'objets via requête SQL).
 - Spatial Relation Check :
 - Type : dépend de la relation à vérifier.

20.ANNEXE 2 | SCRIPTS DES MESURES DU CRITERE DE POSITIONNEMENT DANS L'ENVIRONNEMENT FME

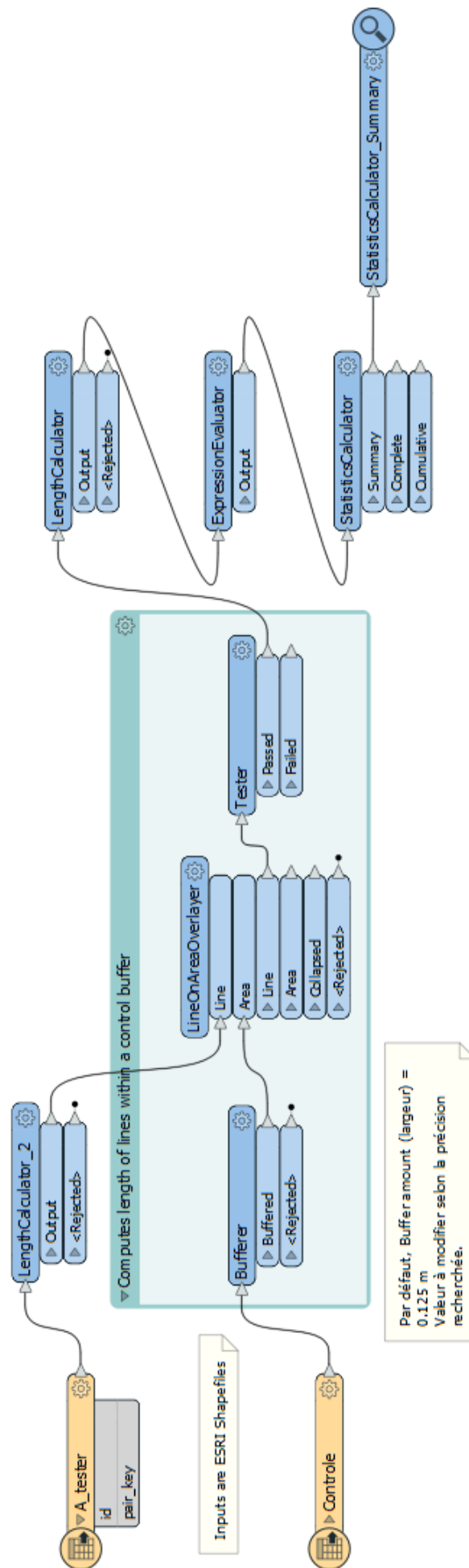


Figure 84 – Workbench de l’algorithme du buffer seuil

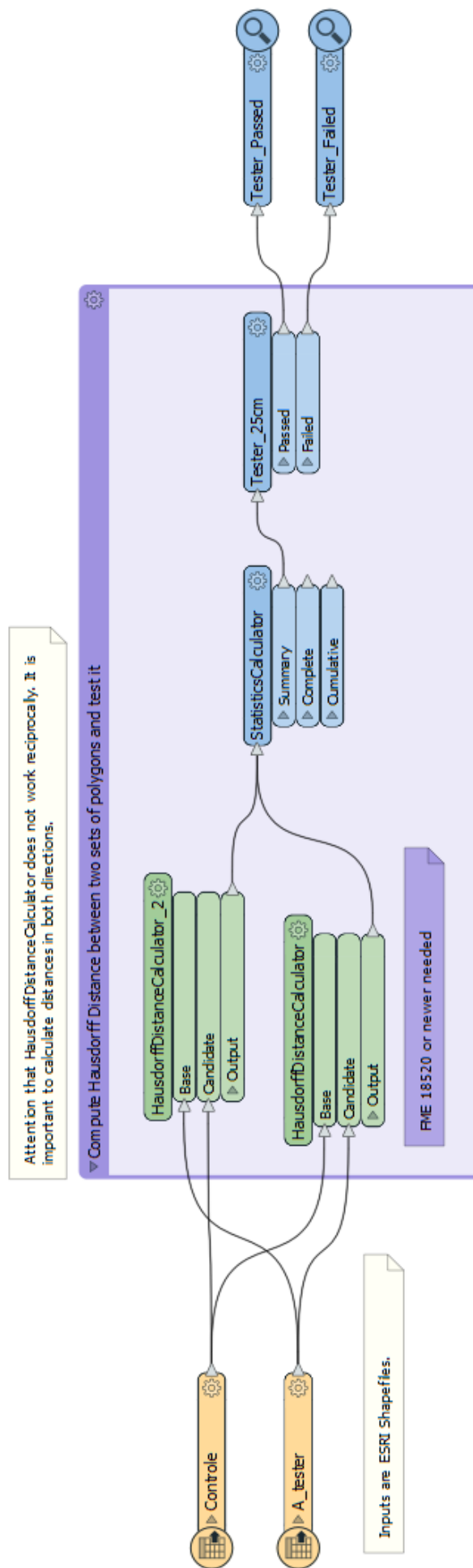


Figure 85 – Workbench de la distance de Hausdorff

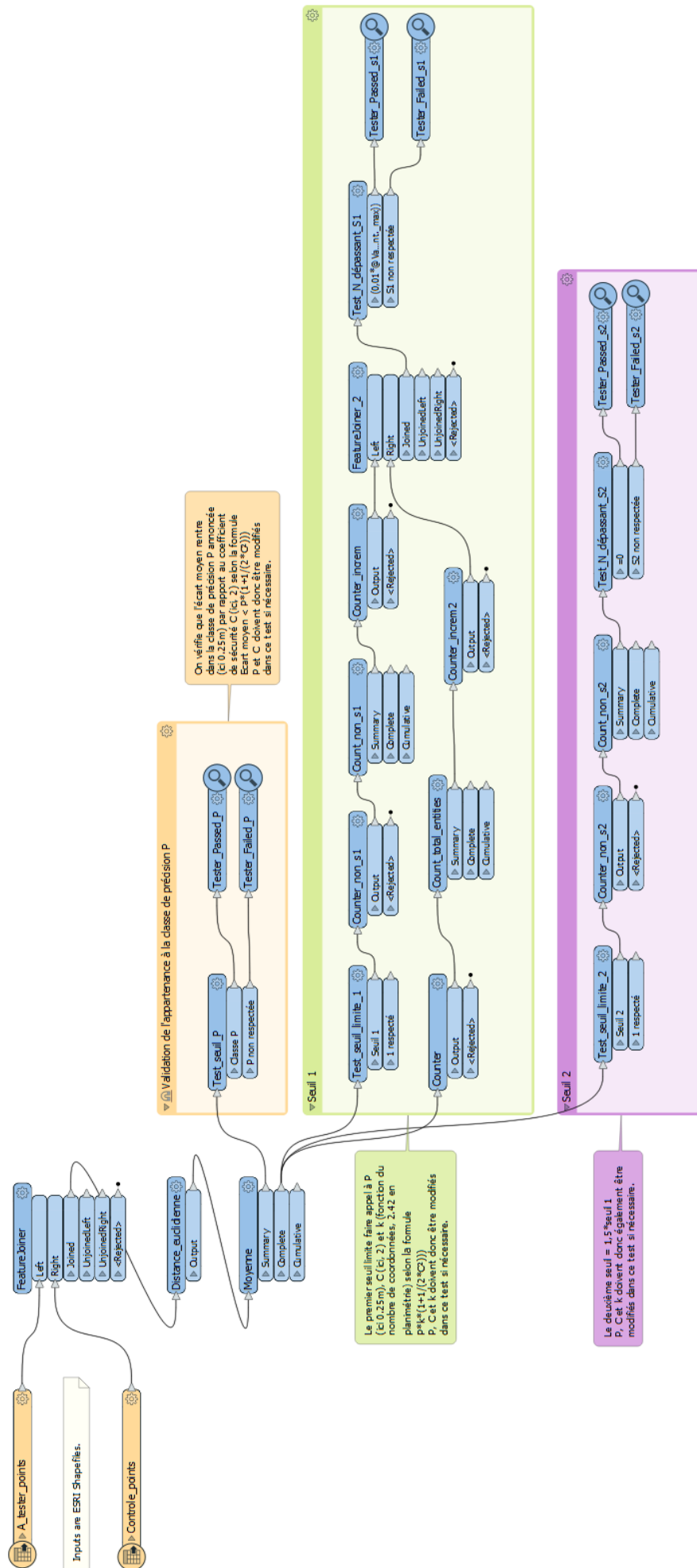


Figure 86 – Workbench de l'Arrêté Ministériel Français du 16/09/2003

21.ANNEXE 3 | BATIMENTS - ATTRIBUTS SUPPLEMENTAIRES

Nombre d'étages
Nombre de logements
Hauteur sous corniche
Hauteur moyenne du toit
Hauteur du point le plus bas du toit
Hauteur du point le plus haut du toit
Altitude moyenne du toit
Altitude la plus basse du toit
Altitude la plus haute du toit
Altitude moyenne intersection construction-sol
Altitude la plus basse intersection construction-sol
Altitude la plus haute intersection construction-sol
Type de toit
Superficie (m²)
Valeur (€)
Connection à l'eau/égout/gaz/électricité
Performance énergétique
Système et source de chauffage
Matériaux façade
Matériaux toit
Matériaux structure
Etat de la construction (en ruine, en construction, opérationnel, prévu, ...)
Date à laquelle a eu lieu le changement d'état
Lien avec l'objet « point adresse »
Lien avec l'objet « parcelle cadastrale »
Lien avec l'objet « façade avant », « façade arrière », « mur mitoyen », ...
Lien entre le bâtiment principal et annexe(s)
Lien avec les points constitutifs de la construction
Construction légère (non attachée au sol) : oui/non
Construction reçoit du public : oui/non
Construction public ou privé
Catégorie correspondant à la capacité d'accueil
Nom de la construction

22.ANNEXE 4 | BATIMENTS - CODELIST NATURE-FONCTION

Inspire :

BuildingNature : nature, aspect physique de la construction

CurrentUse : fonction, activités ayant lieu dans la construction

Plusieurs CurrentUse possibles ([0..*]) et possibilité d'indiquer le % (de surface au sol) occupée par les différentes fonctions.

BuildingNature :

- arche
- auvent
- barrage
- bunker
- bâtiment troglodytique
- chapelle
- château
- hangar
- mosquée
- moulin à vent
- phare
- réservoir de stockage
- serre
- silo
- stade
- synagogue
- temple
- tour
- église
- éolienne

CurrentUse :

- agriculture
- industrie
- annexe
- bureau
- commerce
- services publics
- deux logements
- plus de deux logements

- résidence individuelle
- résidence pour communautés

Urbis : /

GRB :

hoofdgebouw (bâtiment principal)

bijgebouw (dépendance)

gebouw afgezoomd met virtuele gevels (bâtiment bordé de façades virtuelles)

IGN Belgique :

Forme du bâtiment :

- bâtiment fortifié
- château
- abbaye
- bâtiment d'église
- petite chapelle
- moulin à vent
- bâtiment d'entreprise
- structure gonflable
- serre
- château d'eau
- autre tour
- bâtiment sans forme spécifiée

Fonction du bâtiment : (2^{ème} fonction du bâtiment possible avec « CO_SecondaryBuildingUse »)

- incinérateur
- bâtiment pour l'eau potable
- marché de gros
- bâtiment commercial
- bureau de poste

gare
 tour de télécommunications
 phare
 tour de contrôle
 caserne de pompiers
 caserne de la protection civile
 bureau de police
 établissement pénitentiaire
 maison communale
 parlement
 résidence royale
 école
 observatoire astronomique
 hôpital
 crématorium
 église catholique
 église protestante
 église anglicane
 église orthodoxe
 synagogue
 mosquée
 bâtiment commémoratif
 bâtiment sans fonction spécifiée
 bâtiment réservé à la pratique de sports
 piscine couverte

Zone particulière : une liste de « lieu » (parc à conteneurs, station d'épuration, ...) est également présentée.

IGN France :

Nature des bâtiments :

Indifférenciée
 Arc de triomphe
 Arène ou théâtre antique
 Industriel, agricole ou commercial
 Chapelle
 Château
 Eglise
 Fort, blockhaus, casemate
 Monument
 Serre
 Silo
 Tour, donjon
 Tribune
 Moulin à vent

Dans la nature « indifférenciée » :

Définition : valeur prise par défaut, chaque fois que l'aspect général d'un bâtiment ne révèle rien de sa nature exacte.

Bâtiment d'habitation
 Bâtiments administratifs
 Bâtiment public
 Bergerie traditionnelle (bâtiment)
 Borie
 Bungalow
 Bureaux
 Chalet
 Grange (bâtiment)
 Immeuble collectif
 Lavoir couvert
 Maison
 Refuge (bâtiment)
 Ferme
 Garage individuel
 Gymnase (bâtiment)
 Gare téléphérique ou télésiège (bâtiment)
 Aérogare (bâtiment)
 Gare (bâtiment)

Sont saisis en nature "Indifférenciée" également tous les bâtiments en dur dont l'architecture ou l'aspect n'est pas industriel, agricole ou commercial : école, collège, lycée, hôpital, clinique, gare, gare maritime, gare routière, bâtiment administratif (mairie, préfecture, hôtel de département, hôtel de région, ambassade, conseil régional, consulat...), bureau de poste, capitainerie, gymnase, gendarmerie, commissariat...

Usage 1 et 2 des bâtiments (plusieurs fonctions permises)
 Agricole

Annexe
Commercial et services
Industriel
Religieux
Sportif
Résidentiel
Indifférencié (Définition : Bâtiment d'usage inconnu)

Les établissements recevant du public (ERP) sont identifiés.

Les zones d'activité ou d'intérêt sont identifiées (très nombreuses valeurs d'attribut disponibles !).

Ordnance Survey : /

23.ANNEXE 5 | AXES DE VOIRIES - ATTRIBUTS SUPPLEMENTAIRES

Pour les segments :

Sens du segment (d'origine purement informatique)
Sens de la circulation (par rapport au sens du segment)

Plage d'adresses par côté (gauche/droit) de segment
Numérotage adresse par côté de segment

Etat de la voirie (par sens)
Date à laquelle a eu lieu le changement d'état

Voirie en mauvais état (sur le segment)

Restriction dimensionnelle pour véhicule : poids (poids par essieu), hauteur, largeur, longueur à ne pas dépasser (par sens)

Type de restriction : légal, physique, privé/public, péage, saisonnier, ... (par sens)
Durée pendant laquelle la restriction est applicable : vacance scolaire ; jour/nuit ; pluie/brouillard ; ...

Présence d'une bande réservée
Présence d'une piste cyclable (par sens)
Présence de structures sur la voirie (par sens)
Nombre de bandes (par sens)
Nom de la voirie par côté de segment
Numéro de la voirie

Voirie fictive (sur le segment) : oui/non (cas d'une « fausse » voirie, créée informatiquement, traversant une place où visuellement il n'y a aucune bande de circulation, ceci afin de connecter les rues aboutissant sur ladite place)

Voirie à chaussée séparée (sur le segment)

Largeur de la voirie (en moyenne sur le segment)
Largeur de la voirie minimum (sur le segment)
Largeur de la voirie maximum (sur le segment)
Longueur du segment de voirie

Limitation de vitesse (par sens)
Vitesse moyenne (par sens) (pour différentes heures de la journée, et jour de la semaine)

Matériaux de la surface (revêtement) de la voirie (par sens)

Revêtement solide (par sens)

Accessible en voiture (par sens)

Type d'entrave à la circulation (rétrécissement, ...) sur le segment

Altitude axe de la voirie (en moyenne sur le segment)
Pente moyenne de la voirie (sur le segment) (indiqué par rapport au sens du segment)
Augmentation d'altitude : sens du segment/sens contraire du segment
Catégorie de pente de la voirie du segment

Niveau vertical (au niveau du sol,...)

Lien avec nœud du début du segment
Lien avec nœud de la fin du segment

Pour les nœuds :

Pseudo-nœud : oui/non (permet de scinder virtuellement le segment là où la valeur d'un/de plusieurs attribut(s) change)

Point de connexion avec autre pays/région
Point de connexion avec autre moyen de transport
Point de connexion avec un parking, une aire d'autoroute, une place (exemple : Grand'Place), une aire de péages, ...

Altitude du centre du nœud

Numéro d'échangeur
Nom d'échangeur

Lien avec segment 1
Lien avec segment 2
Lien avec segment #

24.ANNEXE 6 | AXES DE VOIRIES - CODELIST NATURE-FONCTION

A) Valeurs qualifiant les segments

Inspire :

Functional road class:

- mainRoad
- firstClass
- secondClass
- thirdClass
- fourthClass
- fifthClass
- sixthClass
- seventhClass
- eighthClass
- ninthClass

Form of way:

- bicycleRoad
- dualCarriageway
- enclosedTrafficArea
- entranceOrExitCarPark
- entranceOrExitService
- freeway
- motorway
- pedestrianZone
- roundabout
- serviceRoad
- singleCarriageway
- slipRoad
- tractor
- trafficSquare
- walkway

Urbis : /

GRB :

Morphologie :

- Route à voies séparées qui n'est pas une autoroute
- Route composée d'une voie
- Situation de circulation particulière
- Passage non revêtu de faible largeur

Fonction:

- Autoroute
- Rond-point
- Voie de service
- Sentier pédestre

IGN Belgique :

- voie non carrossable revêtue
- voie non carrossable non revêtue
- passage en escalier
- passage couvert
- tunnel pour piétons
- nacelle
- passerelle

passage particulier : gué, bac, passage couvert

Statut de la route :

- autoroute
- bretelle d'accès
- route principale
- route secondaire
- route de liaison
- route locale
- route à restriction de circulation

IGN France :

Route numérotée ou nommée :
Chemin rural

Autoroute
 Bac
 Départementale
 Itinéraire cyclable
 Liaison maritime
 Nationale
 Route européenne
 Route intercommunale
 Route nommée
 Voie communale
 Voie verte

Nature :

Type autoroutier
 Bretelle
 Route à 2 chaussées
 Route à 1 chaussée
 Route empierrée
 Chemin
 Escalier
 Bac ou liaison maritime
 Rond-point
 Piste cyclable
 Sentier

Ordnance Survey :

Form of way :

Track
 Canal Path
 Footbridge
 Path With Ford
 Path
 Path With Steps
 Subway
 Path With Level Crossing
 Single Carriageway
 Dual Carriageway
 Slip Road
 Roundabout
 Service Road
 Enclosed Traffic Area
 Traffic Island Link At Junction
 Traffic Island Link
 Entrance Way
 Entrance Or Exit Way
 Exit Way
 Layby
 Track
 Guided Busway
 Shared Use Carriageway

B) Valeurs qualifiant les nœuds

Inspire :

Form of road node :

enclosedTrafficArea
 junction
 levelCrossing
 pseudoNode
 roadEnd
 roadServiceArea
 roundabout
 trafficSquare

Urbis : /

GRB :

Entrée/sortie voie public vers domaine privé
 Entrée/sortie voie public vers parking
 Entrée/sortie ...

IGN Belgique : /

IGN France : /

Ordnance Survey :

Junction
Pseudo-node
Road end
Roundabout
Traffic square

25.ANNEXE 7 | POINTS ADRESSE - ATTRIBUTS SUPPLEMENTAIRES

Le point adresse représente la position de : le centroïde du bâtiment, le bâtiment (sans précision sur la localisation du point adresse), la porte d'entrée, la boîte aux lettres, l'entrée de la propriété,...

Responsable ayant choisi ce que représentait la position du point adresse : agent SPW, agent communal, géomètres externes, ...

Nature de l'élément auquel le point adresse se rapporte : construction, parcelle, bateau (point d'amarrage),...

Procédure de positionnement du point adresse : levé de terrain, manuellement sur base de la position de la construction, automatiquement (centroïde) sur base de la position de la construction, manuellement sur base de la position de la voirie, automatiquement (interpolation) sur base de la position de la voirie, manuellement sur base de la position de la parcelle cadastrale, automatiquement (centroïde) sur base de la position de la parcelle cadastrale, automatiquement (centroïde) sur base du code postal/du quartier/de la commune, ... inconnu

Responsable du positionnement du point adresse : agent SPW, script SPW, agent communal, géomètres externes, fournisseur de données ...

Etat de l'adresse : valide, historique, réservée, proposée,...

Date à laquelle a eu lieu le changement d'état

Numéro de police : séparation de la partie numérique, de l'indice de répétition et du numéro de boîte

Alias du nom de la rue

Numéro fictif : oui/non

Lien avec l'objet/les objets « construction(s) »

Lien avec l'objet « parcelle cadastrale »

Lien avec l'objet « segment de voirie » (côté de la voirie)

Premier numéro du segment de voirie : oui/non

Dernier numéro du segment de voirie : oui/non

UNITÉ DE GÉOMATIQUE

WWW.GEOMATIQUE.ULIEGE.BE

R. Billen | C. Dubois | C. Goffin | P. Hallot | J-P. Kasprzyk | G-A. Nys | M. Treffer