

SARSAR

CONTRACT NR SR/00/372

WP4:

Technology transfer / Transfer de technologie

Document D4.1 :

User manual / Manuel d'utilisateur

Christophe Rasumny (DGO4)

Eric Hallot (ISSEP-CTG)

Sophie Petit (ISSEP-CTG)

Coraline Wyard (ISSEP-CTG)

Gérard Swinnen (ISSEP-CTG)

Mattia Stasolla (RMA)

Xavier Neyt (RMA)

Contenu

1.	Introduction.....	5
1.1.	Technology transfer / Transfer de technologie.....	5
1.2.	Contexte	5
2.	Présentation de l’outil.....	7
2.1.	Données.....	7
2.2.	Détection des points de changements.....	8
2.3.	Classification du changement.....	9
2.4.	Résumé.....	10
3.	Environnement technologique.....	11
3.1.	Terrascope	11
3.2.	Automatisation.....	12
4.	Limitation de la méthodologie et de l’outil.....	14
4.1.	Limitations liées aux données	14
4.1.1.	Limitation des classes	14
4.1.2.	Taille des changements	14
4.1.3.	Direction du changement.....	15
4.2.	Limitations par site	15
4.2.1.	Taille des sites.....	15
4.2.2.	Détection des points de changements et nombre de dates	16
4.2.3.	Nombres d’images Sentinel-2	16
4.3.	Analyse des performances	16
4.3.1.	Détection des points de changements.....	17
4.3.2.	« Classification du changement ».....	17
5.	Interprétation des résultats	19
5.1.	Dates de changements & nombre de dates.....	19
5.2.	Détection « estivale ».....	19
5.3.	Classe du changement.....	20
5.4.	Direction du changement.....	20
5.5.	Amplitude du changement.....	20
5.6.	Confiance dans le changement	20
5.7.	Ordre de priorité	20
6.	Utilisation de l’outil	22
6.1.	Environnement technologique.....	22

6.1.1.	Mode opérateur	22
6.1.2.	Mode utilisateur	22
6.2.	Présentation des rapports	22
6.2.1.	Rapports bimestriel et à la demande	23
6.2.2.	Rapport annuel	24
6.2.3.	Résultats bruts, à la demande	25
6.3.	Visualisation en ligne	26
7.	Exemples de résultats	27
7.1.	Exemples de changements	27
7.2.	Exemples de limitations	30
8.	Documentation	33

Liste des figures

<i>Figure 1: Nombre d'images disponibles Sentinel-1 (vert) et Sentinel-2 (rouge) avec moins de 60% de nuages (bleu) pour la Région wallonne en 2017</i>	7
<i>Figure 2 : Images Sentinel-1 (en haut), Sentinel-2 (au milieu) et orthophotos (en bas), pour SAR présentant des changements étalés sur 2 années</i>	8
<i>Figure 3: Exemple d'évolution de profils temporel, de détection de point de changement et d'estimation de date (en bas), illustré par des orthophotos (en haut)</i>	9
<i>Figure 4: Schéma bloc du processus de détermination des changements</i>	10
<i>Figure 5: Schéma de l'environnement technologique</i>	12
<i>Figure 6 : Processus automatisés et interactions avec l'opérateur et l'utilisateur final</i>	13
<i>Figure 7: Exemple illustrant la résolution spatiale de 10m des images optiques (gauche), limitant les types de classes détectables, comparée aux orthophotos (droite) (source : Terrascope)</i>	14
<i>Figure 8: Exemple de changement trop petit et ainsi non détectable avec les données utilisées dans l'outil</i>	15
<i>Figure 9: Proportion des sites selon leur taille</i>	16
<i>Figure 10: Schéma bloc représentant les différents résultats dans les rapports</i>	19
<i>Figure 11 : Exemple de mail envoyé aux utilisateurs et contenant les rapports de résultats</i>	22
<i>Figure 12: Exemple de rapport bimestriel</i>	24
<i>Figure 13: Exemple de rapport annuel</i>	25
<i>Figure 14 : Exemple de diminution de bâtiment et de changement de sol (« Creaspace et Masereel »), illustré par des orthophotos</i>	27
<i>Figure 15: Exemple de changement de diminution de végétation et de bâtiment ainsi qu'un changement de sol (« Patience et Beaujonc - site secondaire »), illustré par des orthophotos</i>	28
<i>Figure 16: Exemple de changement de bâtiment, classifié dans le rapport annuel, ainsi qu'un changement de sol (« JR Autos »), illustré par des orthophotos</i>	28
<i>Figure 17: Exemple de changement de bâtiment et de sol (« Lapeyre »), illustré par des orthophotos</i>	29
<i>Figure 18: Exemple de site (« Maintenance et Automation ») ne présentant pas de changement, illustré par des orthophotos</i>	30
<i>Figure 19: Exemple de changement non détecté car trop petit mais présentant une petite amplitude (« Tour Inter-Béton »), illustré par les orthophotos</i>	30

Figure 20: Exemple de détection de changement de sol lié à une activité (« Miroiterie de Roux »), illustré par les orthophotos _____ 31

Figure 21: Exemple de détection de changement sol qualifié en bâtiment (« Terril- triage Pays-Bas »), illustré par les orthophotos _____ 32

Liste des tableaux

Tableau 1: Direction du changement en fonction des classes _____ 15

Tableau 2: Performances de la détection des points de changements _____ 17

Tableau 3: Performances de la classification du changement « date » _____ 17

Tableau 4: Performances de la classification du changement « estivale » _____ 17

Tableau 5: Présentation du rapport bimestriel et à la demande _____ 23

Tableau 6: Présentation du rapport annuel _____ 24

Tableau 7: Présentation du rapport brut _____ 26

Tableau 8: Exemple de rapport brut _____ 26

1. Introduction

1.1. Technology transfer / Transfer de technologie

Comme indiqué dans le document *BELSPO2018_SARSAR.pdf*, l'objectif du Work Package 4 Transfer de technologie (« Technology transfer ») est de garantir que l'utilisateur final puisse utiliser l'outil, qu'il comprenne ses résultats et ses limites (« *Guarantee the end-user can use the tool, understands its results and its limitations* »).

Afin de répondre à ces objectifs, ce rapport (D4.1) inclut les parties suivantes :

- L'environnement technologique (« *the environmental requirements* »);
- Les limites de l'outil (« *limitation of the tool*») incluant une analyse des performances ;
- Comment interpréter les résultats (« *how to interpret the results* ») ;
- Comment utiliser l'outil (« *how to use the tool* »);
- Exemples.

Une première section de présentation globale de l'outil a également été incorporée.

À côté de ce document, une présentation pdf (section 8) est également disponible (D4.2).

1.2. Contexte

La Région wallonne (SPW-Territoire) dispose d'un inventaire des sites à réaménager (SAR), enrichi par étapes entre 1968 et 2015 et mis en ligne pour le grand public en 2017. La mise à jour est essentielle pour éviter d'induire en erreur les acteurs qui consultent l'inventaire et, plus particulièrement, pour ne pas laisser des SAR devenu non disponibles dans la base de données accessible au public.

En 2013-2014, l'actualisation de l'inventaire a été réalisée par le Consortium Converto-Walphot-Lepur, dans le cadre d'un marché public européen, et s'est basé sur des relevés de terrain effectués par 10 enquêteurs pendant 18 mois. Depuis lors, le personnel de la Direction de l'Aménagement du territoire et de la Ville (DAOV) du SPW-Territoire affecté à la mise à jour de l'inventaire est de 1,5 équivalent temps plein. Il était donc nécessaire de trouver des outils pour faciliter cette mise à jour.

En 2017, une étude de faisabilité de l'exploitation des données de télédétection pour faciliter la mise à jour de l'inventaire des SAR a été réalisée par l'ISSEP. Cette étude a consisté à développer une méthode pour confirmer/infirmier le statut de SAR par l'identification de symptômes de changement qui rendraient nécessaire une visite de terrain. Elle a permis de montrer qu'il est possible de mettre en avant les sites prioritaires pour lesquels des changements auraient eu lieu (démolition, constructions, mouvements de terre, défrichage ou tonte de la végétation, concentration de véhicules, ...)

Sur base des recommandations de cette étude de faisabilité, la DAOV a confié à l'ISSEP le travail (Projet SAR_Ortho) d'effectuer la mise à jour complète de l'inventaire des SAR par photo-interprétation à partir des orthophotos (25 cm de résolution) pour les années 2012-13, 2015 et 2016. Cet inventaire est détaillé dans les annexes A (« *Annexe_A_Projet_SAR.pdf* ») et B (« *Annexe_B_Projet_SAR.pdf* ») qui étaient présentées dans la partie «Users' Needs/Besoins des utilisateurs » du projet SARSAR. Ce projet permet déjà actuellement d'aider les agents de la DAOV en

priorisant leurs déplacements sur des SARs sur lesquels il y a de fortes probabilités d'indications de changement.

Par la suite, l'analyse des orthophotos 2018 a également été réalisée et celle des orthophotos 2020 est actuellement en cours. En plus de la mise à jour de l'inventaire en tant que telle, l'objectif a également été de pouvoir disposer d'une base de données des derniers changements observés dans le but de pouvoir calibrer et/ou valider les méthodes de télédétection basées sur des images satellitaires. Ceci a abouti au projet SARSAR et aux résultats présentés dans ce document.

L'objectif général du projet SARSAR est ainsi de réduire le temps de mise à jour de l'inventaire en permettant aux enquêteurs de se concentrer en premier sur les SAR présentant le plus de signes de changement, ceci dans un délai plus court et pour un budget moindre.

Ce projet, réalisé pendant 2 ans 1/2 par l'ISSEP et l'Ecole Royale Militaire (ERM) est coordonné par la DAOV et financé par le Service public de programmation de la Politique scientifique fédérale (Belspo).

Le présent manuel est destiné à expliquer comment utiliser ce nouvel outil SARSAR, ses atouts, ses limites, et l'environnement technologique nécessaire à son utilisation.

2. Présentation de l'outil

2.1. Données

La première étape du processus concerne la sélection des données et leurs traitements afin de pouvoir créer des profils temporels servant aux étapes suivantes.

Les données utilisées dans ce projet proviennent du programme européen Copernicus, plus précisément les images satellitaires de Sentinel-1 (radar) et Sentinel-2 (optique, multi-spectral). La combinaison des deux types de données permet d'augmenter considérablement les performances globales. En effet, d'une part, les données radar, sensibles aux variations de hauteur, de forme et de teneur en eau, permettent d'acquérir des informations sur les paramètres physiques qui ont pu changer au cours des dates d'acquisition. D'autre part, les données optiques, grâce aux bandes spectrales, offrent une capacité d'identification et de classification des changements dans la couverture/utilisation des terres.

Elles ont également les avantages suivants :

- 2 à 5 jours de résolution temporelle ;
- 10 à 20m de résolution spatiale ;
- Libre accès ;
- Planifiée sur le long terme.

La combinaison des deux permet pallier à une partie de leurs limitations respectives, comme la sensibilité des images optiques aux nuages. La Figure 1 montre la couverture Sentinel pour la Région wallonne en 2017.

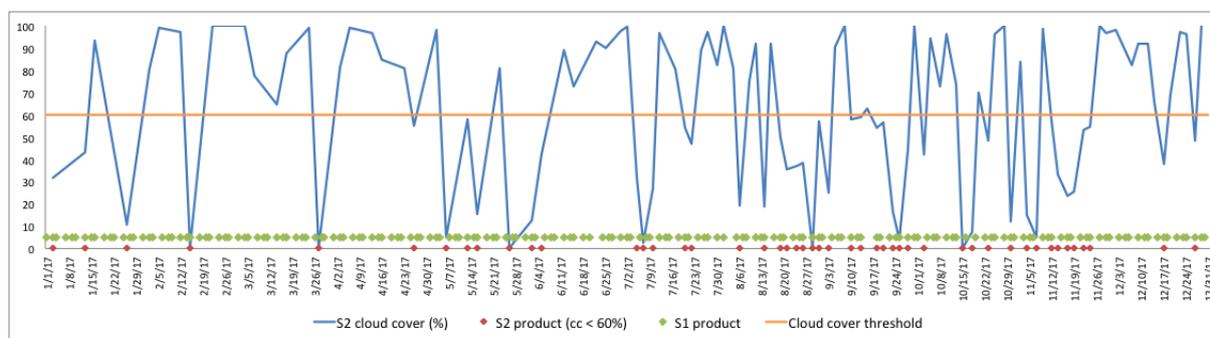


Figure 1: Nombre d'images disponibles Sentinel-1 (vert) et Sentinel-2 (rouge) avec moins de 60% de nuages (bleu) pour la Région wallonne en 2017

La Figure 2 reprend, à titre d'illustration, une sélection d'images Sentinel-1, Sentinel-2 et orthophotos pour un SAR sur lequel il y a eu une destruction de bâtiment puis une augmentation de la végétation spontanée.

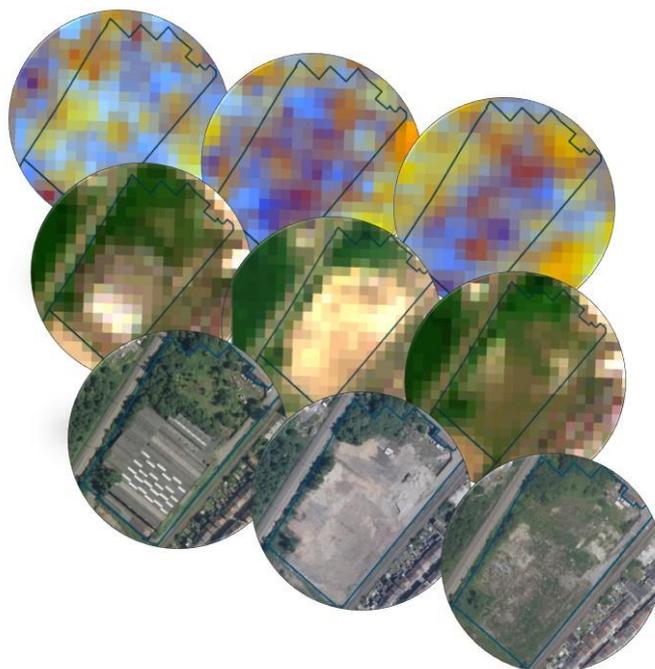


Figure 2 : Images Sentinel-1 (en haut), Sentinel-2 (au milieu) et orthophotos (en bas), pour SAR présentant des changements étalés sur 2 années

Une fois les images satellitaires sélectionnées et traitées, des éléments pertinents sont extraits afin de créer des profils temporels de ces éléments pour chaque site. En ce qui concerne les éléments pertinents, il s'agit de la polarisation VH pour Sentinel-1 et une sélection d'indices pour Sentinel-2. Ces derniers sont calculés sur base des différentes bandes spectrales présentes dans les images optiques fournies par le satellite.

2.2. Détection des points de changements

La seconde étape du processus mis en place dans cet outil, est de détecter les points de changements, lorsque des modifications apparaissent sur un SAR et fournir une estimation de la date de changement.

La méthodologie utilise une méthode reconnue de détection des points de changement, la Pruned Exact Linear Time (PELT) qui fournit une segmentation exacte de la série temporelle avec une complexité temporelle linéaire.

La Figure 3 montre le site « Service voirie d'Angleur », illustré par les orthophotos 2016, 2017 et 2018, où la méthode de « Détection des points de changements » permet de détecter et estimer les dates pour la destruction du bâtiment ainsi que la pousse progressive de la végétation spontanée. Cette figure montre également comment se présentent, de manière graphique, les profils temporels.

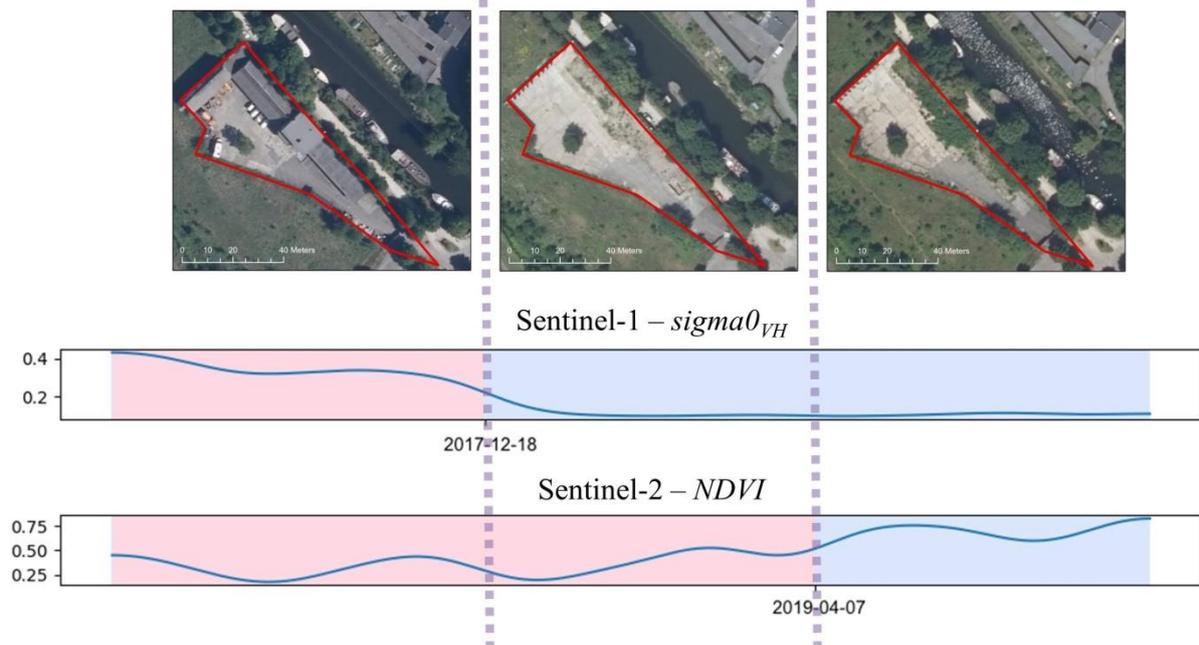


Figure 3: Exemple d'évolution de profils temporel, de détection de point de changement et d'estimation de date (en bas), illustré par des orthophotos (en haut)

2.3. Classification du changement

La dernière étape consiste à répartir le type de changement en 3 à partir de 6 éléments pertinents (VH de Sentinel-1 et 5 indices calculés avec les images Sentinel-2) :

- Végétation (Normalized Vegetation Index (NDVI));
- Bâtiment (Brightness Index (BI), le second Brightness Index (BI2), le soil brightness index (SBI) et VH);
- Sol (Built-Up Areas Index (BAI)).

Une méthodologie a été mise en place sur base de seuils, représentant des changements pour chaque type classe, et de comparaison des profils temporels moyens de la période après le changement avec ceux de la même période l'année précédente.

Deux types de classifications ont été mises en place, pour prendre en compte l'effet de la saisonnalité (végétation dormante en hiver) et à la sensibilité à la lumière des images optiques Sentinel-2 :

- Classification basée sur les dates de changements fournies à l'étape précédente. Résultats partiels tous les deux mois ;
- Classification basée sur les profils temporels d'été. Résultats complets 1 fois par an.

2.4. Résumé

La Figure 4 montre le processus global mis en place dans le projet afin de créer les profils temporels qui vont permettre d'une part, de détecter les points de changements et, d'autre part, de classifier le type de changement, ceci afin de fournir des résultats par SAR. Chaque point est détaillé dans les sections suivantes.

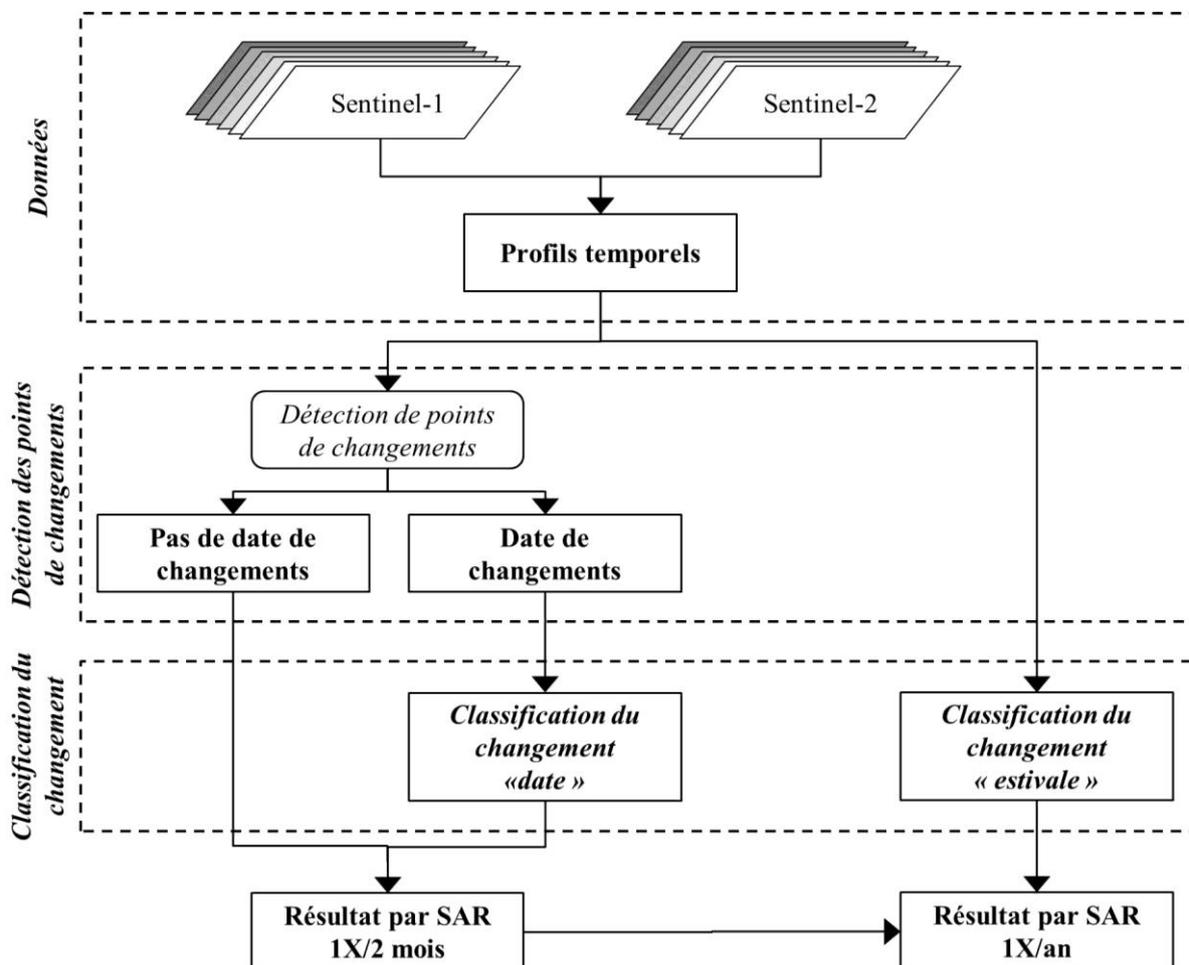


Figure 4: Schéma bloc du processus de détermination des changements

3. Environnement technologique

3.1. Terrascope

La plateforme utilisée pour implémenter la chaîne de traitement SARSAR est [Terrascope](#). Terrascope est une plateforme gérée par le VITO dans le cadre de la contribution belge au « [segment sol collaboratif](#) » de Copernicus (“Copernicus Collaborative Ground Segment”). Les « Collaborative Ground Segment » sont mis en place dans les États membres de l'UE pour rendre l'accès et l'exploitation plus facile des données Sentinel. Parallèlement à la mise à disposition des produits satellitaires standards pour les utilisateurs, Terrascope offre également un ensemble d'outils de visualisation et une capacité de calcul permettant d'extraire des informations géographiques à partir d'images satellitaires (source : belspo).

Terrascope présente plusieurs avantages :

- Mise à disposition des images Sentinel 1 et 2 pré-traitées du programme Copernicus de la Commission Européenne au moins jusqu'en 2030, ces données constituant l'information de base permettant le suivi des sites SAR. L'utilisateur a ainsi un accès direct et gratuit à la donnée et ne doit pas se préoccuper de son acquisition et de sa sauvegarde ;
- Des environnements de recherche virtuels (Notebooks Jupyter-Lab et Virtual Machines Linux CentOS) sont disponibles gratuitement aux utilisateurs. Ces environnements permettent un accès aux images Sentinel et la mise à disposition d'une puissance de calcul pour les exploiter. En outre, ils ne nécessitent que des connaissances basiques en Python et ne requiert pas l'installation de programme complexe sur les ordinateurs ;
- Assistance permanente aux utilisateurs et maintenance sur le long-terme.

En résumé, Terrascope allie à la fois disponibilité des données de bases (Sentinel), puissance de calcul, ergonomie, gratuité, assistance, et maintenance ; cette dernière étant soulignée dans les Users Needs de ce projet.

Le système mis en place dans SARSAR repose ainsi en grande partie sur les outils proposés par Terrascope. Plus particulièrement, le système repose sur une “virtual machine” (couramment appelée “VM”), des Notebooks Jupyter (scripts python) et un serveur PostgreSQL (ce dernier ne faisant pas partie de la dotation standard du compte Terrascope) fournis, hébergés et maintenus par le VITO (Figure 5).

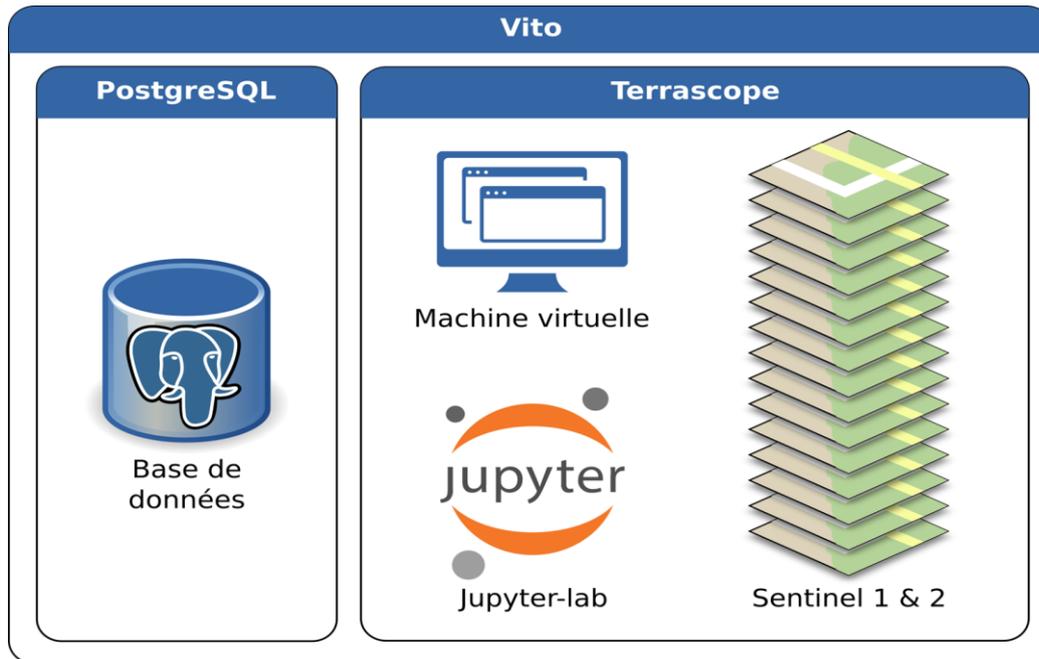


Figure 5: Schéma de l'environnement technologique

3.2. Automatisation

Plusieurs processus tournent de manière complètement automatisées sur le serveur PostgreSQL grâce à des tâches planifiées (CRON jobs) (Figure 6). L'automatisation de ces processus permet une intervention minimale des opérateurs et des utilisateurs. Les processus automatisés sont au nombre de 3 :

- Mise à jour journalière de la base de données postgresQL : Cette procédure permet de compléter automatiquement les séries temporelles d'indices disponibles pour chaque SAR avec les nouvelles données ajoutées quotidiennement dans l'archive de Terrascope ;
- Chaîne de de traitement SARSAR : La chaîne de traitement SARSAR est lancée à des intervalles de temps prédéfinis : tous les deux mois et à la fin de l'été + 1 mois (le 31 octobre). Les résultats sont envoyés automatiquement par mail aux utilisateurs finaux ;
- Surveillance de la base de données PostgreSQL : Cette procédure permet de monitorer en continu l'espace disponible sur la DB, d'avertir le manager si besoin et d'enlever les données obsolètes.

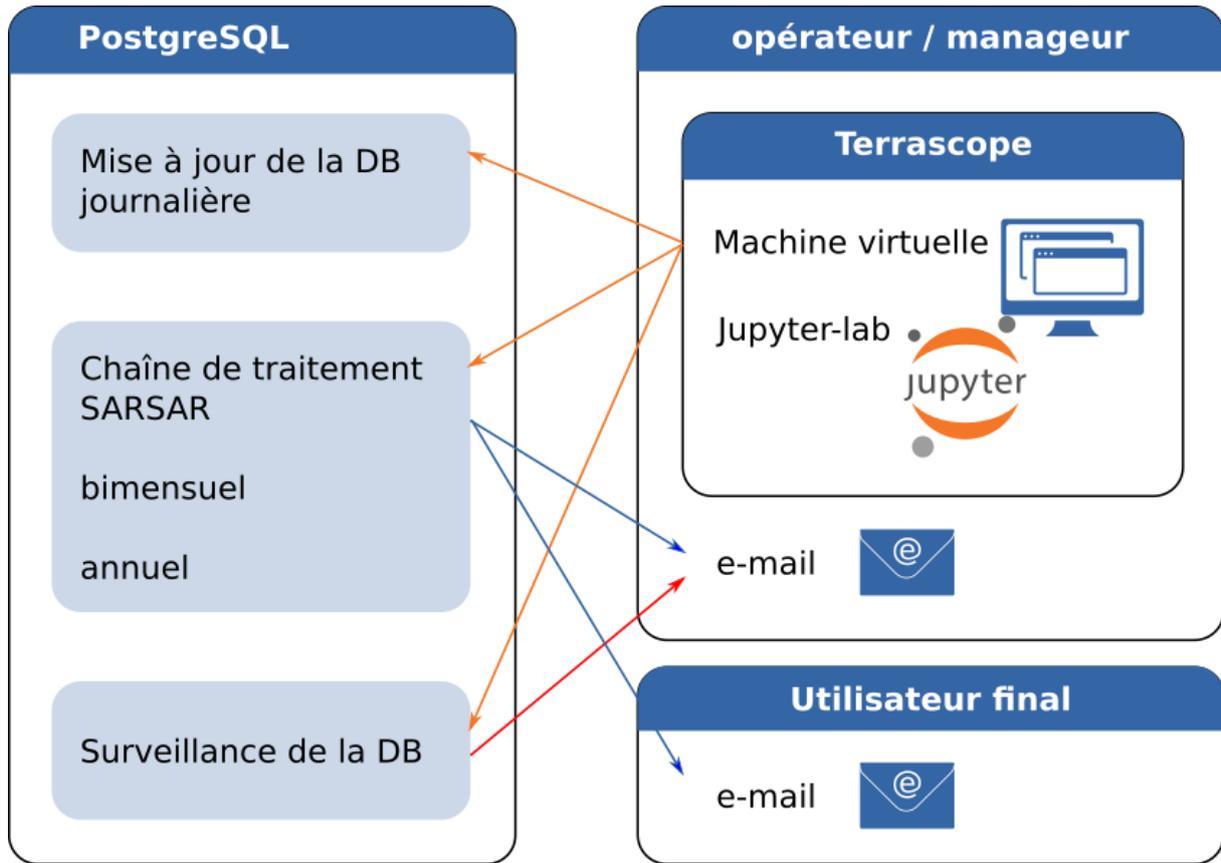


Figure 6 : Processus automatisés et interactions avec l'opérateur et l'utilisateur final

4. Limitation de la méthodologie et de l'outil

Cette section présente les différents types de limitations :

- Les premières sont liées à la méthodologie, plus précisément aux données ;
- Les limitations suivantes dépendent de chaque site, et de chaque période d'analyse. Celles-ci sont intégrées par la suite dans un indice de confiance
- Viennent ensuite les performances de la méthodologie. Cette dernière partie doit essentiellement être prise en considération lors de l'interprétation des résultats.

4.1. Limitations liées aux données

4.1.1. Limitation des classes

La première limitation est générale et due à la résolution spatiale des données Sentinel. En effet, les données Sentinel-2 ont une résolution spatiale de 10m pour les bandes utilisées, c.-à-d. qu'1 pixel équivaut à 100m² (Figure 7), et les données Sentinel-1 une résolution de 20m. Dans ce contexte, un niveau extrêmement élevé de détail ne peut être attendu, et l'accent est donc mis sur un ensemble restreint mais très pertinent de types d'occupation du sol :

- Végétation ;
- Bâtiments ;
- Sol.



Figure 7: Exemple illustrant la résolution spatiale de 10m des images optiques (gauche), limitant les types de classes détectables, comparée aux orthophotos (droite) (source : Terrascope)

4.1.2. Taille des changements

Cette limitation, comme la précédente, est liée à la résolution spatiale des données. Lorsqu'un changement apparaît sur un SAR mais que ce changement est de petite taille, comme un bâtiment de moins de 100m² c.-à-d. moins de 1 pixel, celui-ci n'est pas détectable avec ce type de données. La Figure 8 illustre un tel cas.

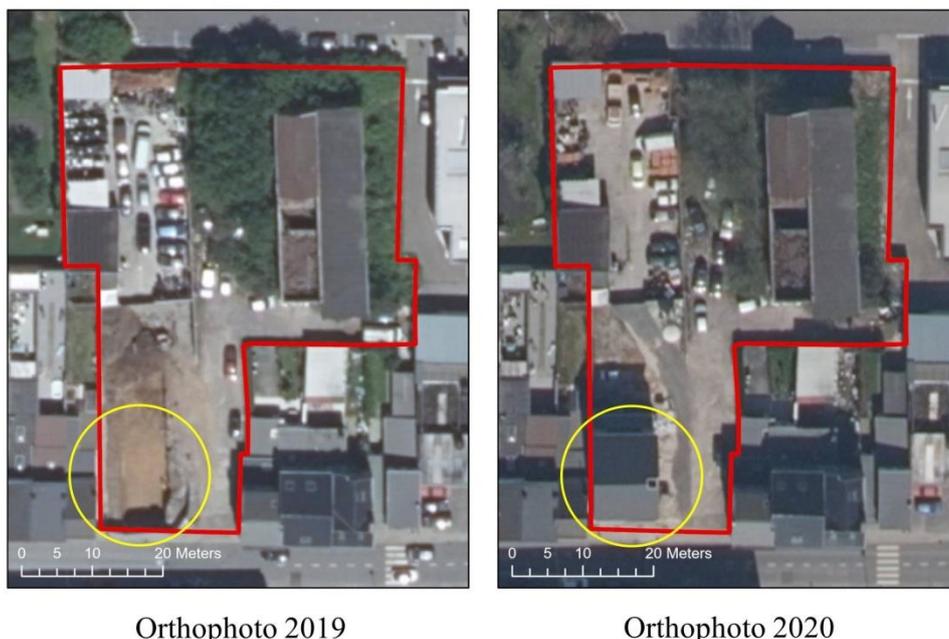


Figure 8: Exemple de changement trop petit et ainsi non détectable avec les données utilisées dans l'outil

4.1.3. Direction du changement

Les données Sentinel permettent également de fournir des informations liées à la direction du changement (augmentation/diminution). Cependant, tous les éléments pertinents ne permettent pas d'obtenir cette information. De plus, un cas particulier est pour les bâtiments car la classification du changement est basée sur différents éléments pertinents selon le type de rapport.

Un résumé des directions de changements disponibles selon la classe de changements et le type de rapport, se trouve ci-dessous.

Classe	Augmentation/diminution	Indéterminé
Végétation	X	
Bâtiment	Rapports bimestriels & annuels	Rapports annuels
Sol		X

Tableau 1: Direction du changement en fonction des classes

4.2. Limitations par site

Le deuxième type de limitation influence différemment chaque SAR, et dépend en partie des dates de changements. C'est pourquoi ces limitations ont été intégrées dans un indice de confiance (section 5.6) site par site, afin de fournir des résultats sur tous les SAR tout en indiquant que pour certains sites la fiabilité des résultats est moindre.

4.2.1. Taille des sites

Comme expliqué à la section 4.1, la résolution spatiale (20 m pour Sentinel-1 et 10 m pour Sentinel-2) est une des principales limitations des données utilisées. Ceci a pour conséquence que les sites de petite taille ne peuvent être analysés de manière fiable. La limite de fiabilité a été placée à 5 pixels Sentinel-2, soit 500m².

De plus, il a été noté lors des tests que les sites de grande taille présentaient également des résultats moins fiables, les changements partiels se retrouvant plus difficilement détectables. La limite a ainsi été placée à 10000m².

La Figure 9 montre la proportion des sites pour lesquels la confiance est moindre dû à la taille des SAR.

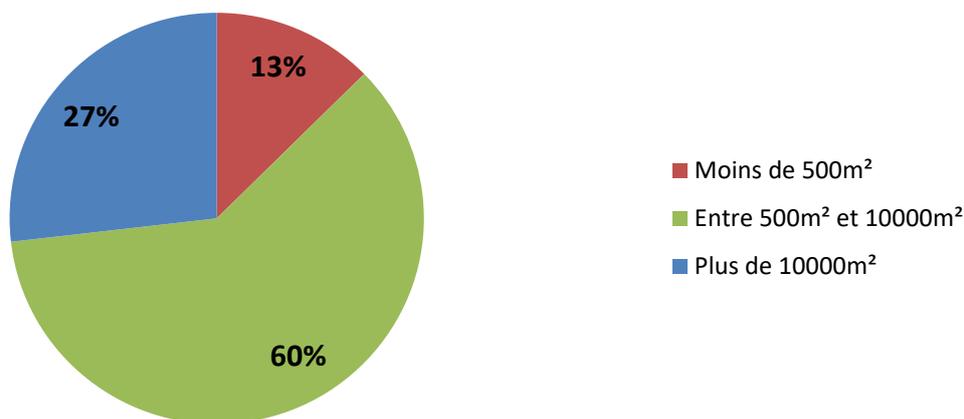


Figure 9: Proportion des sites selon leur taille

4.2.2. Détection des points de changements et nombre de dates

La deuxième limitation qui intervient dans l'indice de confiance est le nombre de dates détectées par la méthodologie de détection des points de changements (section 2.2). L'analyse et la validation des résultats ont montré que lorsque plus de 2 dates sont détectées sur les deux dernières années, la fiabilité des résultats est moindre.

4.2.3. Nombres d'images Sentinel-2

La troisième et dernière limitation prise en compte dans l'indice de confiance est liée au nombre d'images Sentinel-2 disponibles sans nuages, ombres ou neige au niveau de chaque site pour chaque date. Bien que le traitement des données permette de lisser les profils temporels et estimer les valeurs manquantes, la fiabilité des valeurs lors de périodes nuageuses ou neigeuses est moindre. L'analyse des résultats a montré qu'il était nécessaire d'avoir au moins 3 images avant et 3 images après les changements pour avoir une classification fiable.

4.3. Analyse des performances

Une analyse des performances a été réalisée pour les parties « Détection des points de changements » (section 2.2) et « Classification du changement » (section 2.3). Les performances de ces deux parties de la méthodologie influencent la limitation de l'outil dans le sens où cela détermine la fiabilité générale des résultats.

Pour calculer les performances deux sets de vérité terrain ont été utilisés. Le premier est basé sur l'analyse des orthophotos 2016-2018 et se concentre sur une sélection de SAR présentant des changements majeurs. Ce set de vérité terrain indique s'il y a eu un changement entre les deux périodes, sans estimation de date. L'autre set se concentre sur les SAR localisés dans deux zones

(Liège et Charleroi) pour lesquels des images satellitaires Pléiades (25m de résolution spatiale) étaient disponibles mensuellement durant les années 2019 et 2020, permettant d'obtenir une estimation des dates de changement. Dans ce dernier set, une majorité des sites ne présentent donc pas de changement, ceci reflétant la réalité.

4.3.1. Détection des points de changements

L'analyse des performances de la détection des points de changements est présentée au Tableau 2. Elle est séparée en deux afin, d'une part, de présenter l'ensemble des deux sets (orthophotos et Pléiades) et, d'autre part, de comparer les dates estimées de changement présentes dans le set issu des images Pléiades.

Set de vérité terrain	Taux de vrais positifs (TPR)	Taux de faux positifs (FPR)	Taux de vrais négatifs (TNR)	Taux de faux négatifs (FNR)	Précision globale
Global	66%	10%	90%	34%	79%
Pléiades	55%	7%	93%	44%	87%

Tableau 2: Performances de la détection des points de changements

Cette analyse montre que la précision globale est bonne à très bonne pour le set Pléiades, bien que le taux de faux négatif relativement élevé.

4.3.2. « Classification du changement »

Étant donné que deux types de classifications, « date » et « estivale », ont été mises en place, l'analyse des performances a été réalisée séparément.

Les résultats des deux analyses de performances se trouvent aux Tableau 3 et Tableau 4.

Classe	Taux de vrais positifs (TPR)	Taux de faux positifs (FPR)	Taux de vrais négatifs (TNR)	Taux de faux négatifs (FNR)	Précision globale
Végétation	64%	2%	98%	36%	82%
Bâtiment	59%	12%	88%	41%	70%
Sol	76%	27%	73%	24%	75%

Tableau 3: Performances de la classification du changement « date »

Classe	Taux de vrais positifs (TPR)	Taux de faux positifs (FPR)	Taux de vrais négatifs (TNR)	Taux de faux négatifs (FNR)	Précision globale
Végétation	86%	9%	91%	14%	90%
Bâtiment	80%	25%	75%	20%	77%
Sol	75%	17%	83%	25%	80%

Tableau 4: Performances de la classification du changement « estivale »

Ces résultats montrent que les performances de la classification du changement « estivale » sont supérieures à celles « date », cependant elle n'est fournie qu'une seule fois sur l'année, en automne, contrairement à celle « date » qui est fournie tous les deux mois.

Ci-dessous se trouve une analyse plus détaillée pour chaque classe, le taux de faux négatifs représentant les changements non classés :

- Végétation :
 - Performance est très bonne ;
 - Taux de faux négatif relativement élevé pour celle par « date ».

- Bâtiment :
 - Classe avec la performance la moins bonne ;
 - Taux de faux négatif relativement élevé pour celle par « date ».

- Sol :
 - Performances des classifications « estivale » et « date » relativement semblables, et bonnes ;
 - Taux de faux négatif le plus élevé de la classification « estivale » (25%).

Il est à noter, que certaines limitations présentées plus haut, comme la taille des changements, la taille des sites, le nombre de dates et d'images Sentinel-2 ont une influence sur ces performances.

5. Interprétation des résultats

Cette section présente les différents éléments des résultats qui sont présents dans les rapports et comment les interpréter.

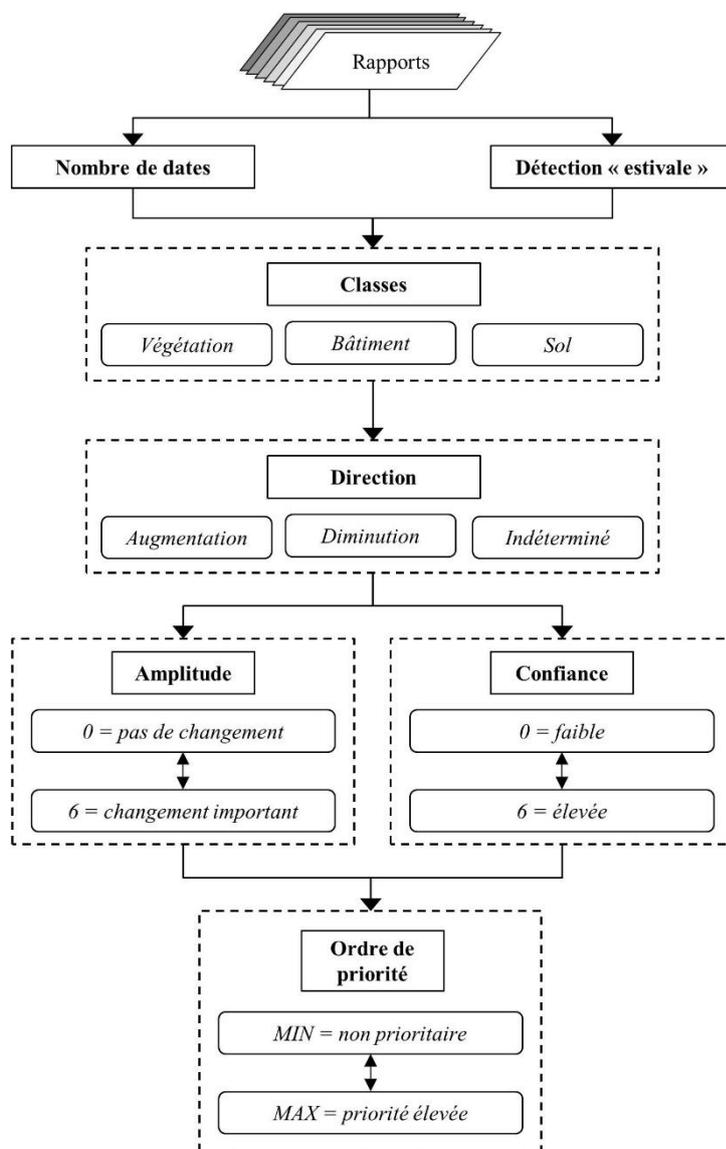


Figure 10: Schéma bloc représentant les différents résultats dans les rapports

5.1. Dates de changements & nombre de dates

Les dates sont issues de la méthode de détection des points de changements (Figure 4). Selon les rapports sont indiqués soit le nombre de dates, soit les dates estimées (section 6.2).

5.2. Détection « estivale »

Une fois par an, en plus des indications des dates de changements, les informations concernant la classification des changements « estivale » sont fournies.

5.3. Classe du changement

Comme indiqué à la section 2.3, la classification du changement est répartie en 3 classes :

- Végétation ;
- Bâtiment ;
- Sol.

Dans chaque rapport (section 6.2), une colonne indique s'il y a eu oui ou non un changement pour chaque classe.

5.4. Direction du changement

La direction du changement, lorsqu'elle peut être déterminée (section 4.1.2) est indiquée dans chaque rapport.

5.5. Amplitude du changement

Pour chaque ligne, une amplitude est fournie. Celle-ci est calculée sur base de la somme des amplitudes de chaque classe de changement à l'exception du rapport brut pour lequel l'amplitude est également fournie classe par classe (section 6.2.3).

Le calcul détaillé se trouve à l'annexe C (« Annexe_C_Calculs_Rapports.pdf »).

L'amplitude varie en théorie de 0 à 6 : 0 = pas de changement → 6 = changement extrêmement important. Cependant, dans la pratique, les amplitudes proches de 6 ne sont pas réalistes. Dans les exemples de résultats en annexe, le maximum est de 1,01.

5.6. Confiance dans le changement

Les limitations présentées à la section 4.2 ont été incorporées dans un indicateur unique appelé « Confiance ». Pour rappel celui-ci est ainsi basé sur les limitations suivantes :

- Taille des sites ;
- Nombre de dates provenant de la « Détection des points de changements » ;
- Nombre d'images Sentinel-2 disponibles avant et après le changement.

De plus, pour le rapport annuel (section 6.2.2), l'amplitude du changement a également été prise en compte, sous forme de « changement » ou « changement probable ».

Le calcul détaillé se trouve à l'annexe C (« Annexe_C_Calculs_Rapports.pdf »).

Au final, l'indice de confiance varie de 1 à 4 pour le rapport bimestriel et de 1 à 6 pour l'annuel, 1 = la moins élevée → 6 = la plus élevée.

5.7. Ordre de priorité

La dernière information fournie est l'ordre de priorité conseillé pour l'analyse et la visite terrain des SAR. Cet ordre de priorité est calculé, pour chaque SAR, sur base de l'indice de confiance et de l'amplitude.

Il est à noter que plusieurs SAR peuvent présenter le même ordre de priorité car les types de changements sont équivalant ou aucun changement n'est détecté. Dans ces cas il n'y pas possible d'indiquer lequel est à analyser en premier.

Le calcul détaillé se trouve à l'annexe C (« Annexe_C_Calculs_Rapports.pdf »).

L'ordre de priorité va donc d'une valeur minimum à maximum, MIN = le moins important → MAX le plus important. Il est donc préconisé d'analyser les sites par ordre décroissant. Dans la pratique, la Figure 15 de la section 7 « exemples de résultats » montre un site où un changement a lieu sur presque son entièreté et dont l'ordre de priorité est de 33,67.

6. Utilisation de l'outil

6.1. Environnement technologique

Deux modes d'utilisation de l'outil sont possibles : le mode opérateur (actif) et le mode utilisateur (passif).

6.1.1. Mode opérateur

Bien que l'outil SARSAR ait été automatisé au maximum, l'opérateur a toujours la possibilité de lancer la chaîne de traitement SARSAR à des pas de temps non-prédéfinis (« À la demande »). Il peut également contrôler et analyser les sorties des diverses étapes. Il peut également ajouter ou retirer des SARs de l'inventaire. Ce mode opérateur nécessite une maîtrise de Python, des commandes linux et postgresQL. Une description de la procédure de prise en main de l'outil est disponible en Annexe D.

6.1.2. Mode utilisateur

L'utilisateur final reçoit automatiquement dans sa boîte mail (Figure 11) les rapports de résultats bimestriels et annuels. Pour les rapports à la demande, l'utilisateur doit les demander explicitement à l'opérateur qui se charge alors de générer. Le point 6.2 détaille le contenu de ces rapports.

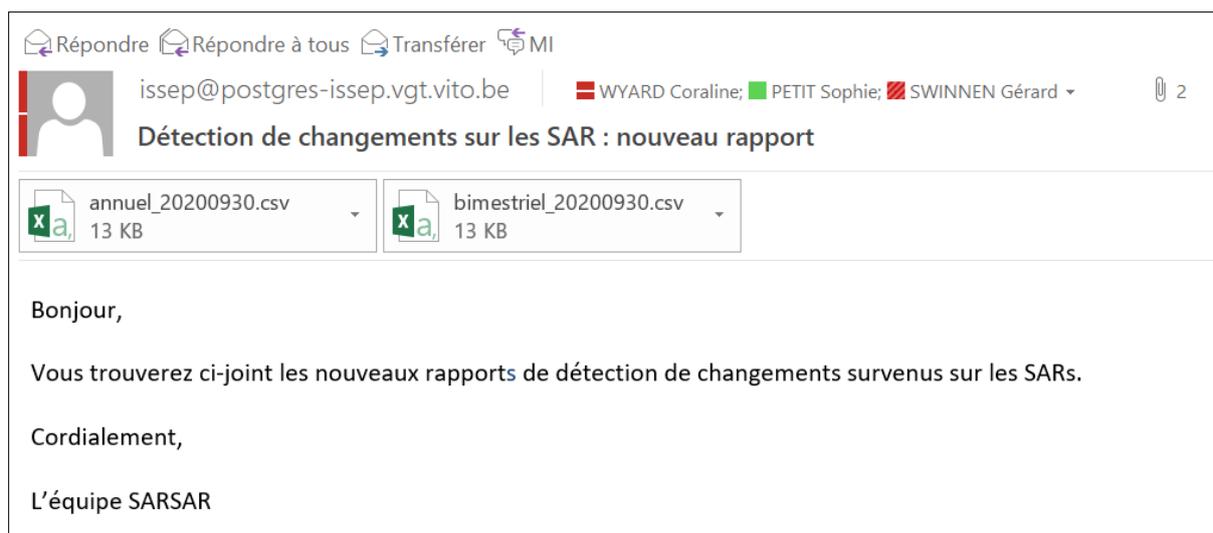


Figure 11 : Exemple de mail envoyé aux utilisateurs et contenant les rapports de résultats

6.2. Présentation des rapports

Les résultats se présentent sur 3 pas de temps différents :

- Bimestriel ;
- Annuel ;
- À la demande.

Le format des résultats est un fichier csv, facile d'utilisation, ne nécessitant pas de logiciel spécifique hors ceux communément utilisé par tout utilisateur d'informatique. Ce fichier est actuellement disponible sur le cloud ISSEP et sera transféré début 2022 sur un serveur interne DAOV.

<https://cloud.issep.be/index.php/s/HJA29fg079SZw1m>

Enfin, en plus des résultats fournis selon les pas de temps, les résultats bruts sont également à disposition sur demande.

6.2.1. Rapports bimestriel et à la demande

Le rapport bimestriel est fourni une fois tous les 2 mois et est basé sur les dates issues de la détection des points de changement (section 2.2) ainsi que sur la classification de ces changements. Il ne comporte pas d'information sur la classification « estivale » (Figure 4). Une ligne correspond à un SAR, la colonne « nbr_dates » indiquant le nombre de dates estimées de changements qu'il y a eu au cours de l'année écoulée. En résumé :

- Fourni tous les 2 mois ;
- 1 an de données ;
- 1 ligne = 1 SAR ;
- Par ligne, Information sur le nombre de date de changements, sans précision des dates ;
- Classification sur base de celle « date ».

Le rapport à la demande est basé les mêmes données et fournit les informations dans le même format que le rapport bimestriel.

Colonne	Information
CODECARTO	Identifiant unique de chaque site
nbr_dates	Nombre de dates détectées dans l'année
detection_estivale	« NA »
changement_de_vegetation	« OUI/NON », direction du changement si « OUI »
changement_de_batiment	« OUI/NON », direction du changement si « OUI »
changement_de_sol	« OUI/NON »
amplitude	Min = 0 → Max = 6 « NA » si pas de dates
confiance	Min = 0 → Max = 4
ordre_de_priorite	Min → Max

Tableau 5: Présentation du rapport bimestriel et à la demande

Ci-dessous, un aperçu de l'exemple de rapport bimestriel disponible à l'annexe E (« Annexe_E_bimestriel_20201031.csv »).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	CODECARTO	nbr_dates	detection_estivale	changement_de_vegetation	changement_de_batiment	changement_de_sol	amplitude	confiance	ordre_de_priorite
2	52011-ISA-0001-01	1 NA	Non	Oui, diminution	Non	0,28	2	4,67	
3	52011-ISA-0003-01	0 NA	Non	Non	Non	NA	3	0	
4	52011-ISA-0008-01	0 NA	Non	Non	Non	NA	4	0	
5	52011-ISA-0011-01	0 NA	Non	Non	Non	NA	3	0	
6	52011-ISA-0014-01	0 NA	Non	Non	Non	NA	3	0	
7	52011-ISA-0015-01	0 NA	Non	Non	Non	NA	4	0	
8	52011-ISA-0016-01	0 NA	Non	Non	Non	NA	4	0	
9	52011-ISA-0023-01	0 NA	Non	Non	Non	NA	3	0	
10	52011-ISA-0024-01	1 NA	Non	Oui, augmentation	Non	0,19	2	3,17	
11	52011-ISA-0025-01	1 NA	Non	Non	Non	0,07	3	1,75	
12	52011-ISA-0027-01	0 NA	Non	Non	Non	NA	3	0	
13	52011-ISA-0029-01	0 NA	Non	Non	Non	NA	4	0	
14	52011-ISA-0031-02	0 NA	Non	Non	Non	NA	4	0	
15	52011-ISA-0032-01	1 NA	Non	Non	Non	0,13	3	3,25	
16	52011-ISA-0033-01	0 NA	Non	Non	Non	NA	3	0	
17	52011-ISA-0038-01	0 NA	Non	Non	Non	NA	3	0	
18	52011-ISA-0039-01	0 NA	Non	Non	Non	NA	3	0	
19	52011-ISA-0040-01	1 NA	Oui, diminution	Non	OUI	0,47	4	15,67	

Figure 12: Exemple de rapport bimestriel

6.2.2. Rapport annuel

Ce rapport, en plus de présenter les résultats de la détection des points de changement (section 2.2) et de la classification du changement « date » (section 2.3), présente également les informations de la classification du changement « estivale » (Figure 4). Il est fourni 1 fois par année, au milieu de l'automne. En résumé :

- Fourni 1X/an, au milieu de l'automne ;
- 1 an de données ;
- 1 ligne = 1 SAR ;
- Par ligne, Information sur le nombre de date de changements, sans précision des dates ;
- Classification sur base de celle « date » et « estivale » combinées.

Colonne	Information
CODECARTO	Identifiant unique de chaque site
nbr_dates	Nombre de dates détectées dans l'année
detection_estivale	« OUI »
changement_de_vegetation	« OUI/NON », direction du changement si « OUI »
changement_de_batiment	« OUI/NON », direction du changement si « OUI »
changement_de_sol	« OUI/NON »
amplitude	Min = 0 → Max = 6
confiance	Min = 0 → Max = 6
ordre_de_priorite	Min → Max

Tableau 6: Présentation du rapport annuel

Une section supplémentaire (« conclusion_generale_1an ») a donc été ajoutée à ce rapport, ceci est à titre indicatif et utilisé pour la visualisation en ligne (section 6.3).

Ci-dessous, un aperçu de l'exemple de rapport annuel disponible à l'annexe F (« Annexe_F_annuel_20201031.csv »).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	CODECARTO	nbr_dates	detection_estivale	changement_de_vegetation	changement_de_batiment	changement_de_sol	amplitude	confiance	ordre_de_priorite
2	52011-ISA-0001-01	0	Oui	Non	Non	Non	0,13	5	3,61
3	52011-ISA-0003-01	0	Oui	Non	Non	Non	0,57	5	15,83
4	52011-ISA-0008-01	0	Oui	Non	Non	Oui	0,27	4	6
5	52011-ISA-0011-01	0	Oui	Non	Non	Non	0,15	5	4,17
6	52011-ISA-0014-01	0	Oui	Non	Non	Non	0,19	5	5,28
7	52011-ISA-0015-01	0	Oui	Non	Non	Non	0,42	6	14
8	52011-ISA-0016-01	0	Oui	Non	Non	Non	0,23	6	7,67
9	52011-ISA-0023-01	0	Oui	Non	Oui	Oui	0,52	3	8,67
10	52011-ISA-0024-01	0	Oui	Non	Non	Non	0,13	5	3,61
11	52011-ISA-0025-01	0	Oui	Non	Non	Oui	0,14	4	3,11
12	52011-ISA-0027-01	0	Oui	Non	Non	Non	0,09	5	2,5
13	52011-ISA-0029-01	0	Oui	Non	Non	Non	0,07	6	2,33
14	52011-ISA-0031-02	0	Oui	Non	Oui	Non	0,36	4	8
15	52011-ISA-0032-01	1	Oui	Non	Non	Non	0,13	4	2,89
16	52011-ISA-0033-01	0	Oui	Non	Non	Non	0,06	5	1,67
17	52011-ISA-0038-01	0	Oui	Non	Oui	Oui	0,37	3	6,17
18	52011-ISA-0039-01	0	Oui	Non	Non	Non	0,12	5	3,33
19	52011-ISA-0040-01	1	Oui	Oui, diminution	Oui	Oui	1,01	6	33,67

Figure 13: Exemple de rapport annuel

6.2.3. Résultats bruts, à la demande

À la demande, les résultats bruts sont disponibles. Ceux-ci fournissent des informations complémentaires sur les dates de changements (section 5.1) et sur les amplitudes (section 5.4).

- Fourni à la demande ;
- Tout l'historique ;
- 1 ligne =
 - o 1 date estimée par SAR ;
 - o 1 SAR si pas de date estimée ;
 - o 1 classification « estivale » ;
- Dates des points de changements ;
- Classification sur base de celle « date » et « estivale ».

Il y a donc plusieurs lignes par SAR.

Colonne	Information
CODECARTO	Identifiant unique de chaque site
detection_date	« OUI/NON »
date_de_changement	« DD-MM-YY » si « detection_date : oui » « NA » si « detection_date : non » « NA » si « detection_estivale : oui »
detection_estivale	« OUI/NON »
ete	20XX-20XX si « detection_estivale : oui » « NA » si « detection_date : oui »
changement_de_vegetation	« OUI/NON », direction du changement si « OUI »
amplitude_vegetation	Min → Max
changement_de_batiment	« OUI/NON », direction du changement si « OUI » et si « detection_date : oui »
amplitude_batiment	Min → Max
changement_de_sol	« OUI/NON »
amplitude_sol	Min → Max
amplitude	Amplitude générale : Min = 0 → Max = 6
confiance	Min = 0 → Max = 6
ordre_de_priorite	Min → Max

Tableau 7: Présentation du rapport brut

CODECARTO	detection_da	date_de_char	detection_est_e	changement	amplitude_ve	changement	amplitude_ba	changement	amplitude_so	amplitude	confiance	ordre_de_p	priorite
61080-ISA-0001-01	Non	NA	Oui	2019-2020	Non	-0.02	Non	-0.1	Non	0.0	0.12	6	4.0
61080-ISA-0001-01	Oui		Non	NA	Non		Non		Non			4	0
62003-ISA-0001-01	Non	NA	Oui	2019-2020	Non	-0.04	Non	-0.02	Non	0.03	0.09	5	2.5
62003-ISA-0001-01	Oui		Non	NA	Non		Non		Non			3	0
62003-ISA-0002-01	Non	NA	Oui	2019-2020	Non	-0.02	Non	0.04	Non	0.02	0.08	6	2.67
62003-ISA-0002-01	Oui		Non	NA	Non		Non		Non			4	0
62003-ISA-0003-01	Non	NA	Oui	2019-2020	Non	-0.03	Non	0.12	Non	0.03	0.18	6	6.0
62003-ISA-0003-01	Oui		Non	NA	Non		Non		Non			4	0
62003-ISA-0004-01	Non	NA	Oui	2019-2020	Non	0.01	Non	0.17	Non	-0.01	0.19	6	6.33
62003-ISA-0004-01	Oui		Non	NA	Non		Non		Non			4	0
62003-ISA-0005-01	Non	NA	Oui	2019-2020	Non	-0.08	Non	0.13	Oui	0.06	0.27	5	7.5
62003-ISA-0005-01	Oui	23-10-19	Non	NA	Non	-0.01	Non	-0.07	Non	0.01	0.09	3	2.25
62003-ISA-0006-01	Non	NA	Oui	2019-2020	Non	-0.02	Non	-0.13	Non	0.01	0.16	6	5.33
62003-ISA-0006-01	Oui		Non	NA	Non		Non		Non			4	0
62003-ISA-0007-01	Non	NA	Oui	2019-2020	Oui, diminutic	-0.11	Oui	1.57	Non	0.01	1.69	6	56.33
62003-ISA-0007-01	Oui	15-02-20	Non	NA	Non	-0.07	Oui, diminutic	-0.2	Non	0.02	0.29	4	9.67
62003-ISA-0010-01	Non	NA	Oui	2019-2020	Non	-0.01	Non	-0.17	Non	0.0	0.18	6	6.0
62003-ISA-0010-01	Oui		Non	NA	Non		Non		Non			4	0
62003-ISA-0015-01	Non	NA	Oui	2019-2020	Non	0.02	Non	-0.08	Non	-0.01	0.11	6	3.67

Tableau 8: Exemple de rapport brut

Un exemple de rapport bimestriel est disponible à l'annexe G (« Annexe_G_raw_report_final_20201031.csv »).

6.3. Visualisation en ligne

À venir.

7. Exemples de résultats

7.1. Exemples de changements

La Figure 14 illustre un des changements les importants pour lequel un point de changement a été détecté. Il s'agit d'une diminution de bâtiment, un changement de sol, et une très légère diminution de végétation. L'ordre de priorité est de 56,33 et l'amplitude de 1,69 ce qui est relativement élevé. Enfin, la confiance est maximale pour les deux rapports.



Rapport	CODECARTO	nbr_dates	detection_estivale	changement_de_vegetation	changement_de_batiment	changement_de_sol	amplitude	confiance	ordre_de_priorite
Annuel	62003-ISA-0007-01	1	Oui	Oui, diminution	Oui, diminution	Non	1.69	6	56.33
Bimestriel	62003-ISA-0007-01	1	NA	Non	Oui, diminution	Non	0.29	4	9.67

Figure 14 : Exemple de diminution de bâtiment et de changement de sol (« Creospace et Masereel »), illustré par des orthophotos

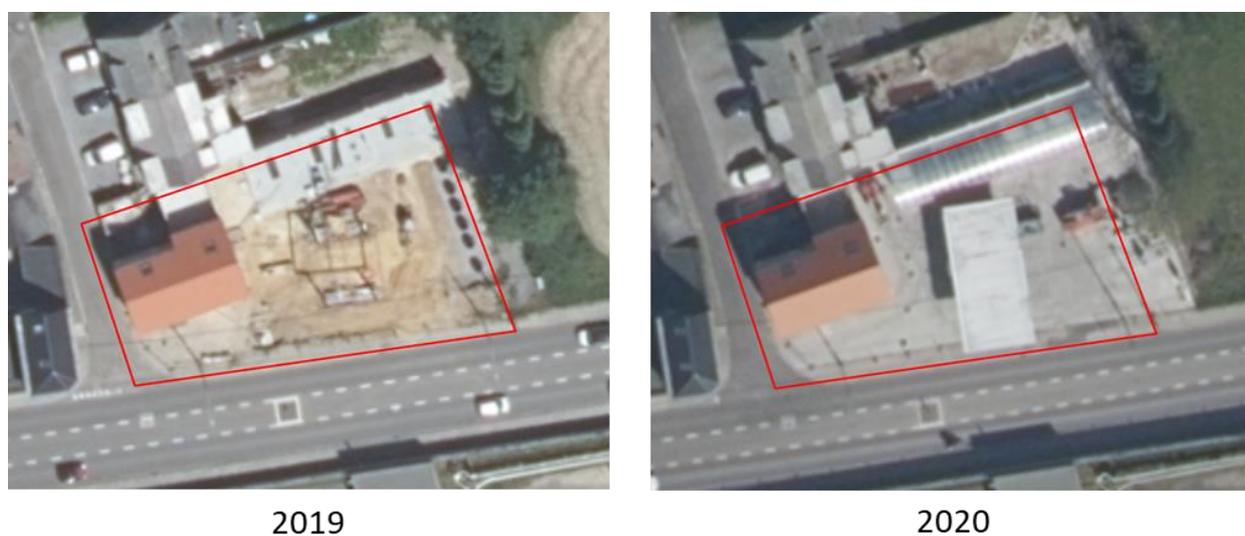
La Figure 15 ci-dessous, montre un site relativement grand, sur lequel il y a une diminution de végétation et de bâtiment ainsi qu'un changement de sol. Ceci est détecté et qualifié dans les rapports bimestriels et annuels.



Rapport	CODECARTO	nbr_dates	detection_estivale	changement_de_vegetation	changement_de_batiment	changement_de_sol	amplitude	confiance	ordre_de_priorite
Annuel	62063-ISA-0073-01	1	Oui	Oui, diminution	Oui, diminution	Oui	0.99	5	27.5
Bimestriel	62063-ISA-0073-01	1	NA	Oui, diminution	Oui, diminution	Oui	0.37	3	9.25

Figure 15: Exemple de changement de diminution de végétation et de bâtiment ainsi qu'un changement de sol (« Patience et Beaujonc - site secondaire »), illustré par des orthophotos

L'exemple, présenté à Figure 16, montre un SAR où un point de changement est détecté, mais le type de changement bâtiment n'est pas classifié dans le rapport bimestriel, uniquement le changement de sol est classifié. Le rapport annuel apporte l'information complémentaire de changement de bâtiment.



Rapport	CODECARTO	nbr_dates	detection_estivale	changement_de_vegetation	changement_de_batiment	changement_de_sol	amplitude	confiance	ordre_de_priorite
Annuel	62120-ISA-0006-01	1	Oui	Non	Oui	Oui	0.99	6	33.0
Bimestriel	62120-ISA-0006-01	1	NA	Non	Non	Oui	0.21	4	7.0

Figure 16: Exemple de changement de bâtiment, classifié dans le rapport annuel, ainsi qu'un changement de sol (« JR Autos »), illustré par des orthophotos

L'exemple (Figure 17) suivant montre un changement pour lequel pas de point de changement n'a été détecté. Cependant, le rapport annuel indique des changements assez élevés avec un ordre de priorité et une amplitude élevés, respectivement 44,17 et 1,59. Il s'agit d'un changement de bâtiment et de sol, sans changement de végétation. La détection du bâtiment n'étant qu'en été, il n'y a pas d'information sur la direction du changement.



2019



2020

Rapport	CODECARTO	nbr_dates	detection_estivale	changement_de_vegetation	changement_de_batiment	changement_de_sol	amplitude	confiance	ordre_de_priorite
Annuel	62063-ISA-0047-02	0	Oui	Non	Oui	Oui	1,59	5	44,17
Bimestriel	62063-ISA-0047-02	0	NA	Non	Non	Non	NA	4	0

Figure 17: Exemple de changement de bâtiment et de sol (« Lapeyre »), illustré par des orthophotos

Le dernier exemple représente un cas où aucun changement n'est apparu sur un site. Les rapports n'indiquent effectivement aucune date de changement, ni de classe de changement. L'amplitude de 0,03 dans le rapport annuel est négligeable, l'ordre de priorité est de 1 et la confiance est maximale.



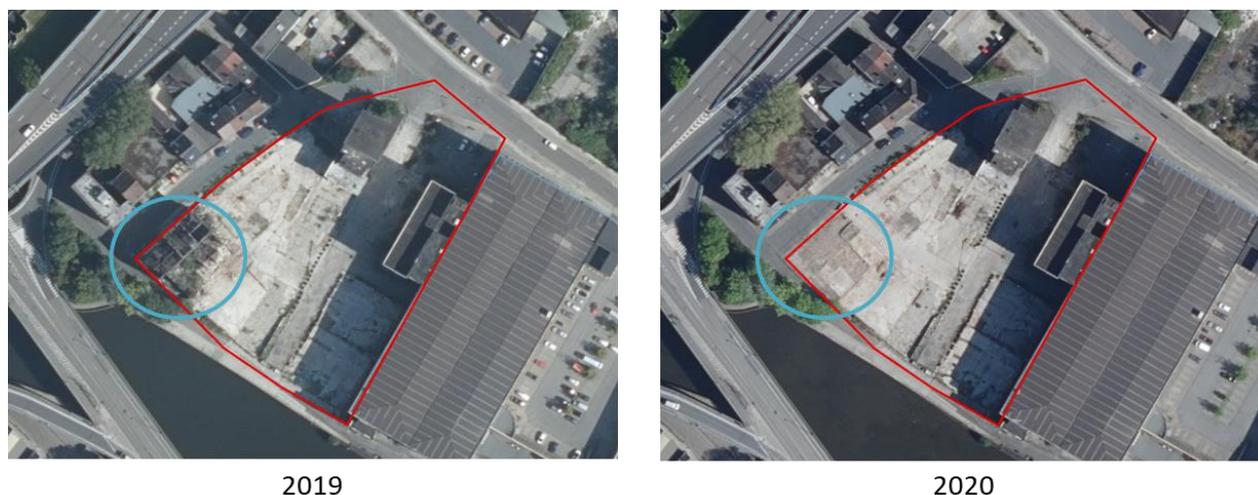
Rapport	CODECARTO	nbr_dates	detection_estivale	changement_de_vegetation	changement_de_batiment	changement_de_sol	amplitude	confiance	ordre_de_priorite
Annuel	62120-ISA-0014-01	0	Oui	Non	Non	Non	0,03	6	1,0
Bimestriel	62120-ISA-0014-01	0	NA	Non	Non	Non	NA	4	0

Figure 18: Exemple de site (« Maintenance et Automatisation ») ne présentant pas de changement, illustré par des orthophotos

7.2. Exemples de limitations

Dans cette section sont illustrées certaines des limitations présentées à la section 0.

Comme indiqué à la section 4.1.2, certains changements sont trop petits pour être détectés. La Figure 19 présente la destruction d'un bâtiment de 200m², en ruine avec un peu de végétation à l'intérieur, qui est trop petit et trop fragmenté pour la méthode mise en place. Cependant, vu de l'ordre de priorité de 12,33, ceci laisse penser qu'il est possible qu'un petit changement ait pu avoir eu lieu sur le site, ou une activité.

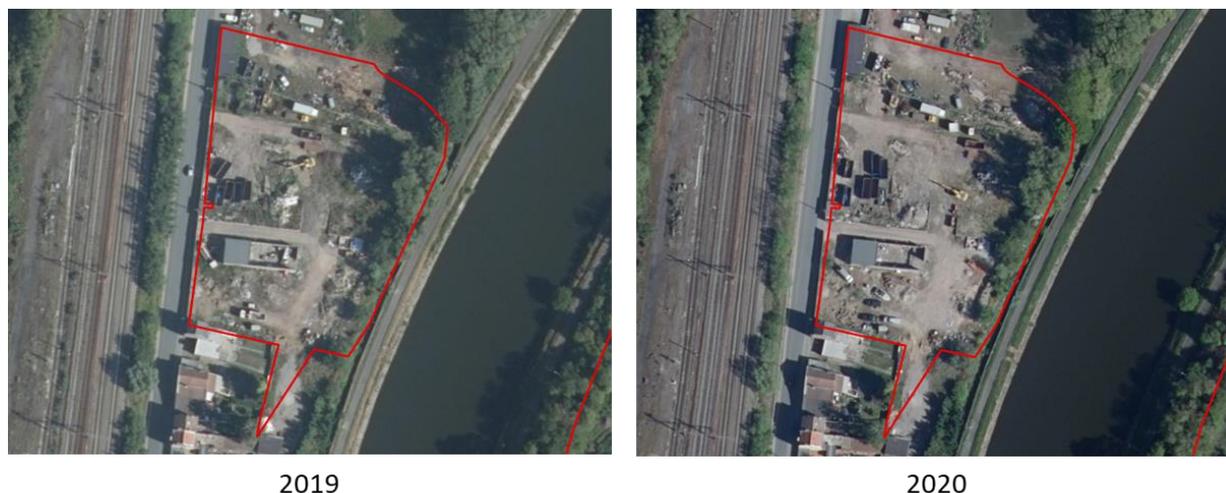


Rapport	CODECARTO	nbr_dates	detection_estivale	changement_de_vegetation	changement_de_batiment	changement_de_sol	amplitude	confiance	ordre_de_priorite
Annuel	52011-ISA-0105-01	0	Oui	Non	Non	Non	0,37	6	12,33
Bimestriel	52011-ISA-0105-01	0	NA	Non	Non	Non	NA	4	0

Figure 19: Exemple de changement non détecté car trop petit mais présentant une petite amplitude (« Tour Inter-Béton »), illustré par les orthophotos

Parmi les limitations générales de la méthodologie, répertoriées dans la section « analyse des performances » (4.3), certains points de changements peuvent être détectés, alors qu'il s'agit en

réalité d'une activité ou d'un changement naturel. La Figure 20 montre un exemple de site où une date est détectée mais le changement ne peut être qualifié dans le rapport bimestriel. Le rapport annuel, quant à lui, indique un changement de sol mais avec une confiance de 4. Sachant que la taille du site est de 7388 m², qu'il n'y a pas de date détectée, l'indice de confiance est donc essentiellement influencé par le fait qu'il s'agisse d'un « changement probable ». Ceci laisse supposer de petits changements au niveau du sol, compatibles avec une activité.



Rapport	CODECARTO	nbr_dates	detection_estivale	changement_de_vegetation	changement_de_batiment	changement_de_sol	amplitude	confiance	ordre_de_priorite
Annuel	52011-ISA-0025-01	0	Oui	Non	Non	Oui	0,14	4	3,11
Bimestriel	52011-ISA-0025-01	1	NA	Non	Non	Non	0,07	3	1,75

Figure 20: Exemple de détection de changement de sol lié à une activité (« Miroiterie de Roux »), illustré par les orthophotos

Une autre limitation intrinsèque à la méthodologie, est une tendance à confondre certains changements de bâtiments et sol. Les orthophotos de la Figure 21, montre qu'il s'agit bien d'un changement de sol, mais la présence de tas de graviers ... induit la méthodologie en erreur et qualifie ce changement en bâtiment. Il est à noter que le changement apparait bien dans l'ordre de priorité qui est de 20,44.



Rapport	CODECARTO	nbr_dates	detection_estivale	changement_de_vegetation	changement_de_batiment	changement_de_sol	amplitude	confiance	ordre_de_priorite
Annuel	52012-ISA-0012-01	0	Oui	Non	Oui	Non	0,92	4	20,44
Bimestriel	52012-ISA-0012-01	0	NA	Non	Non	Non	NA	3	0

Figure 21: Exemple de détection de changement sol qualifié en bâtiment (« Terril- triage Pays-Bas »), illustré par les orthophotos

8. Documentation

Ce document est accompagné par la présentation « SARSAR_WP4_UserManual_Presentation.pdf »

Les annexes suivantes sont disponibles :

- Annexe_A_Projet_SAR.pdf
- Annexe_B_Projet_SAR.pdf
- Annexe_C_Calculs_Rapports.pdf
- Annexe_D_Utilisation_Terrascope.pdf
- Annexe_E_bimestriel_20201031.csv
- Annexe_F_annuel_20201031.csv
- Annexe_G_raw_report_final_20201031.csv

Tous les documents se trouvent actuellement à l'adresse suivante :

<https://cloud.issep.be/index.php/s/HJA29fg079SZw1m>