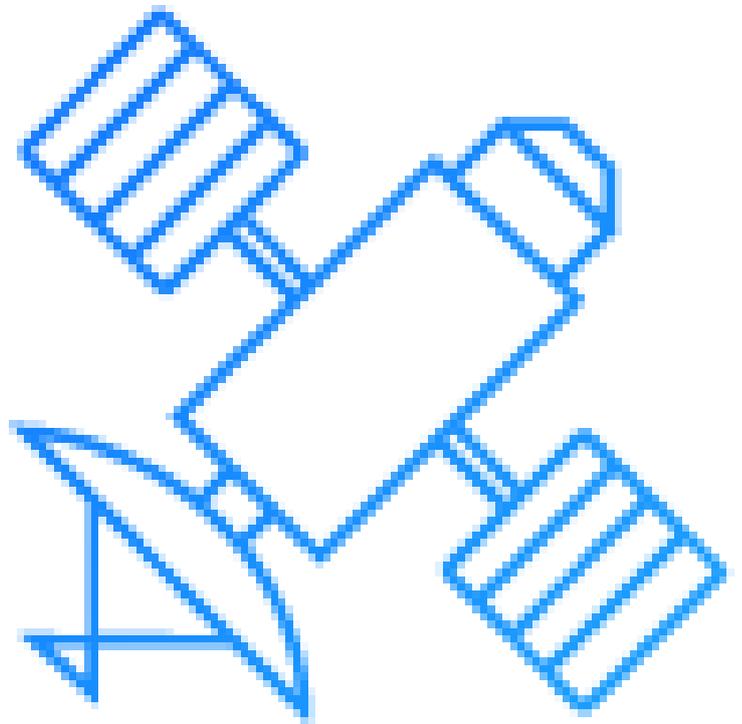


GT COWAL

Groupe de travail Commun d'Observation de la Terre pour les services publics wallons



Dossier pédagogique

# Observation de la terre



# Table des matières

<b>Table des matières</b> .....	3
<b>Introduction</b> .....	5
<b>Le Spatial</b> .....	7
Quel est le coût des activités spatiales ? .....	8
Les activités spatiales sont-elles importantes ?.....	9
Quel est le rôle de la Commission Européenne dans le spatial ? .....	10
Copernicus.....	11
Galileo et Egnos.....	11
Exploration spatiale.....	12
Recherche et innovation .....	12
Quel est le rôle de l'agence spatiale européenne (European Spatial Agency - ESA) ?.....	13
<b>La télédétection</b> .....	15
La technologie.....	16
Photographie aérienne.....	17
Télédétection par satellites .....	18
Les données de télédétection calibrées et validées par les données sol (in-situ).....	20
Des innovations et une variété de capteurs .....	20
<b>La Wallonie</b> .....	25
Les deux groupes de travail et les usages .....	27
Le POGW et la géomatique en Wallonie .....	28
L'utilisation de la télédétection par les services publics .....	29
<b>La Belgique et BELSPO- STEREO</b> .....	31
<b>La Commission Européenne et son programme Copernicus : la révolution Sentinel</b> .....	35
La révolution : un accès gratuit et une assurance de données sur le long terme.....	36
Les satellites Sentinels .....	38

Les services Copernicus européens.....	39
<b>L'Europe et l'association Nereus.....</b>	<b>43</b>
Les objectifs de l'association .....	43
Les liens avec les autorités locales et régionales .....	45
Les applications pour les pouvoirs publics régionaux et locaux.....	48
<b>Les femmes dans les métiers de l'Espace.....</b>	<b>51</b>
La mixité et la visibilité des femmes .....	51
L'exposition Femmes et filles : métiers de rêve .....	52
<b>Références.....</b>	<b>55</b>
<b>Annexes.....</b>	<b>57</b>
Annexe 1 : Mise à jour des éléments structurant du Paysage (ESP) .....	58
Annexe 2: Relief de la Wallonie: modèle numérique des pentes .....	59
Annexe 3: Sagriwasent, suivi continu de l'agriculture wallonne.....	60
Annexe 4: .La plateforme BELCAM, pour une gestion raisonnée des apports azotés.....	61
Annexe 5: Les projets SAR et SmartAirports .....	62
Annexe 6: Les projets SmartPop et EO4LULUCF .....	63

## Introduction

Ce document est destiné aux enseignants. Il propose une piste de lecture de l'exposition et oriente vers des sources d'information. L'espace recouvre des activités très variées (exploration, navigation par satellite, observation de la terre, lanceurs, ...) et l'enseignant doit se sentir libre d'aller explorer toutes les pistes qui peuvent l'inspirer dans ce domaine. Il existe des guides de construction de fusées, des fiches rédigées par des ingénieurs sur les satellites ou les engins embarqués, et pléthore d'informations sur l'utilisation que l'on peut faire des images ou photos prises de la terre à partir de l'espace, c'est-à-dire l'observation de la terre (OT). Toutes ces facettes du spatial peuvent être intéressantes. Cette exposition est faite pour faire rêver, nous ne souhaitons pas par ces ressources limiter les rêves.

Néanmoins, la piste de lecture de l'exposition proposée dans ce dossier introduit la notion de métier de l'espace pour se focaliser ensuite sur la télédétection. Cette notion recouvre les outils qui permettent de mieux regarder et analyser la terre afin de la comprendre. Cette piste a été choisie parce qu'elle est une grande force de la Wallonie. Cette dernière se spécialise dans l'OT depuis plusieurs années. De nombreuses documentations sont disponibles dans l'exposition et les outils en ligne sont variés si vous souhaitez explorer les pistes fournies et puis vous évadez vers d'autres directions (physique, géographe, chimie, sociologie...).







## Le Spatial

7

**L**es européens s'intéressent indéniablement aux activités spatiales, et l'idée de mettre en commun les ressources des pays européens est unanimement considérée comme importante par les citoyens européens : voilà deux des principales conclusions d'un sondage récent sur la perception par le public des activités liées au spatial.

En décembre 2018, Harris Interactive a interrogé pour le compte de l'agence spatiale européenne plus de 5000 personnes âgées de plus de 18 ans et représentatives du public dans les cinq pays européens les plus peuplés (la France, l'Allemagne, le Royaume-Uni, l'Espagne et l'Italie). l'enquête s'intitule «**Que croient savoir les citoyens européens à propos du spatial** ». <sup>1</sup>

Ce sondage a montré que, de manière presque unanime, les Européens identifient les trois usages principaux du spatial :

- ▶ mieux comprendre l'Univers,
- ▶ observer notre propre planète, par exemple les effets du changement climatique,
- ▶ capacité à rendre plus facile la vie sur Terre, par exemple dans les secteurs des transports ou des communications.

---

<sup>1</sup>

[http://www.esa.int/fre/ESA\\_in\\_your\\_country/France/Que\\_croient\\_savoir\\_les\\_citoyens\\_europeens\\_a\\_propos\\_du\\_spatial](http://www.esa.int/fre/ESA_in_your_country/France/Que_croient_savoir_les_citoyens_europeens_a_propos_du_spatial)

De manière décevante, seuls quatre Européens sur dix pensent être bien informés au sujet des activités spatiales européennes. Même si beaucoup d'entre eux ont entendu parler des programmes spatiaux européens et de l'agence, ils ont du mal à en percevoir précisément les enjeux. A la question « Connaissez-vous l'ESA (European Spatial Agency) ? », 83% ont répondu positivement, mais seuls 37% ont dit savoir précisément quel était son rôle et ....

## Quel est le coût des activités spatiales ?

Selon ces interviews ; même si les personnes interrogées ne savaient pas grand-chose des activités de l'ESA, elles surestiment de manière significative le coût des activités spatiales pour les finances publiques de leurs pays respectifs. Très peu de personnes ont estimé correctement ce coût. Selon ce sondage, celui-ci est évalué à environ 10€ par an et par citoyen dans les pays concernés. Selon les chiffres du market report<sup>2</sup>, le programme Copernicus dédié exclusivement à l'Observation de la Terre a couté sur 2008 à 2020, 1.2 euros par citoyen européen. En ajoutant, les investissements liés à l'exploration, la recherche et les télécommunications, ce coût s'élèverait à 4-5 euros. Mais il faudrait évidemment décompter les dividendes qui selon ces mêmes estimations font du programme Copernicus un programme bénéficiaire rapportant le double de l'investissement.

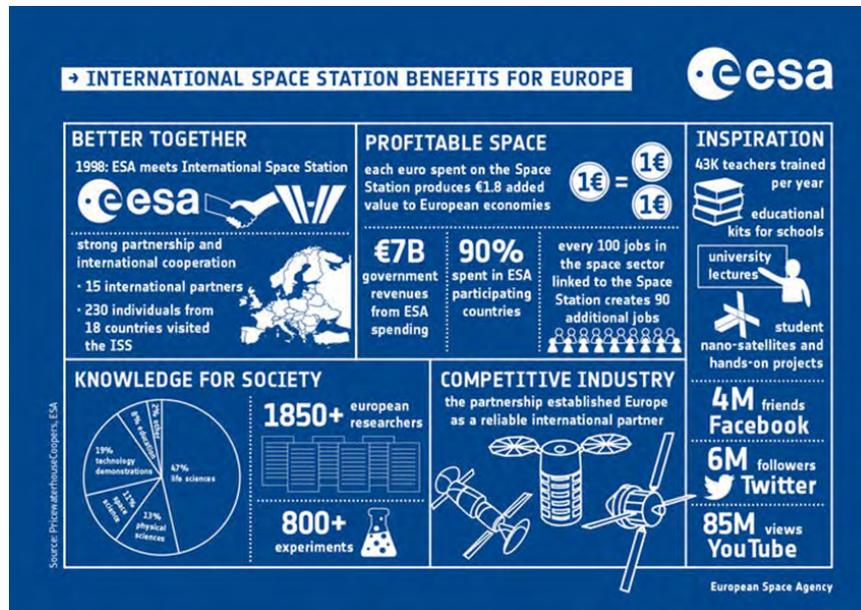
En moyenne, les Européens ont estimé à 245€ par an et par citoyen le coût des activités spatiales, soit plus de vingt fois le montant réel.

Il est également intéressant de noter que les Européens identifient toujours deux « superpuissances » spatiales historiques, les États-Unis et la Russie, mais avec l'Europe comme concurrent principal plutôt que la Chine. Presque toutes les personnes interrogées sont d'accord avec l'idée

---

<sup>2</sup> [https://www.copernicus.eu/sites/default/files/documents/Copernicus\\_Market\\_Report\\_11\\_2016.pdf](https://www.copernicus.eu/sites/default/files/documents/Copernicus_Market_Report_11_2016.pdf)

que les pays européens doivent mettre en commun leurs ressources à cet effet.



9

[www.esa.int](http://www.esa.int) – Space in images - 08/03/2019

## Les activités spatiales sont-elles importantes ?

Au sein de chaque pays interrogé, le poids attribué à l'Europe dépasse celui attribué à son propre pays (même 85% des citoyens britanniques, dans un contexte fortement influencé par la sortie du Royaume-Uni de l'Union Européenne, considèrent qu'il est important que les pays européens mettent en commun leurs ressources dans le cadre des activités spatiales).

D'après un rapport de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), le secteur spatial joue un rôle de plus en plus crucial dans les sociétés modernes et dans leur développement économique dès lors que l'utilisation de technologies satellitaires permet de générer de nouvelles applications, de nouveaux usages, et de nouveaux marchés. L'OCDE estime que les services aux

consommateurs et autres activités en aval représentent 58%<sup>3</sup> de l'économie spatiale globale et incluent des acteurs qui ne font pas partie de la communauté du spatial mais dépendent de données et signaux satellitaires pour leurs activités commerciales<sup>4</sup>.

## Quel est le rôle de la Commission Européenne dans le spatial ?

10

Dans de nombreux domaines – des télécommunications à la télévision, en passant par les prévisions météorologiques et les systèmes financiers mondiaux –, nos sociétés utilisent des systèmes spatiaux et des technologies spatiales.

Cependant, l'échelle même des projets spatiaux les rend inaccessibles pour la plupart des pays. Aussi les pays européens ont-ils mis en commun leurs capacités technologiques et financières pour mener une politique spatiale par le truchement de la Commission européenne – en coopération avec l'Agence spatiale européenne qui est un organisme intergouvernemental dirigé par 22 pays européens.



La politique spatiale européenne comporte quatre grands volets<sup>5</sup>:

- ▶ le système d'observation de la Terre Copernicus;
- ▶ les systèmes de navigation par satellites Galileo/EGNOS;
- ▶ l'exploration spatiale;
- ▶ la recherche dans le domaine de l'espace.

<sup>3</sup> <http://www.oecd.org/sti/the-space-economy-at-a-glance-2014-9789264217294-en.htm>

<sup>4</sup> [https://www.copernicus.eu/sites/default/files/2018-10/Copernicus\\_brochure\\_FR\\_web\\_Oct2017.pdf](https://www.copernicus.eu/sites/default/files/2018-10/Copernicus_brochure_FR_web_Oct2017.pdf)

<sup>5</sup> [https://europa.eu/european-union/topics/space\\_fr](https://europa.eu/european-union/topics/space_fr)

## Copernicus

Copernicus est le programme civil d'observation de la Terre le plus ambitieux jamais mis en place. C'est un ensemble de systèmes complexes qui recueillent des données sur la Terre grâce à des satellites et des capteurs sur terre, dans le ciel et en mer. Il est destiné à fournir aux responsables politiques, aux entreprises et aux citoyens des informations fiables et actualisées sur la façon dont la planète et son climat évoluent. Ces informations contribueront à prévoir l'évolution des tendances climatiques.

Copernicus est coordonné et géré par la Commission européenne. L'infrastructure satellitaire est gérée par l'Agence spatiale européenne en, tandis que les capteurs sont mis au point par l'Agence européenne pour l'environnement et les États membres. EUMETSAT, l'organisation européenne pour l'exploitation de satellites météorologiques, fournira également un soutien opérationnel aux services Copernicus de surveillance du milieu marin, de l'atmosphère et des changements climatiques.

## Galileo et Egnos

Galileo est le système mondial de navigation par satellite de l'UE. Il s'agit du pendant européen du système de géolocalisation américain GPS (Global Positioning System) et du système Glonass russe. Galileo est le premier système civil (non militaire) de navigation par satellite. Permettant une géolocalisation en temps réel au mètre près, il est beaucoup plus précis que le GPS. Le réseau, qui à terme comptera 30 satellites (dont 6 actifs de réserve), sera achevé d'ici 2020.

EGNOS est un système satellitaire européen qui améliore la précision du GPS en la faisant passer de 10 mètres à moins de 2 mètres (95 %). Il avertit aussi les utilisateurs des problèmes concernant les signaux

GPS. Il est le précurseur du programme Galileo. EGNOS utilise trois satellites pour corriger les erreurs du GPS et fournir des données de géolocalisation plus précises. Contrairement à Galileo, EGNOS est un système paneuropéen (et non mondial) et dépendant du GPS. Il s'agit d'un projet conjoint de la Commission européenne, de l'Agence spatiale européenne et d'Eurocontrol en (l'organisme chargé de la surveillance du trafic aérien en Europe).

## Exploration spatiale

L'exploration spatiale est un moteur pour l'innovation technologique et la recherche scientifique dans des domaines tels que le recyclage, la santé, les biotechnologies, la gestion de l'énergie et la surveillance de l'environnement. La coopération internationale est vitale, car les programmes spatiaux coûtent très cher. L'UE participe activement aux discussions internationales sur la coopération dans le domaine de l'exploration spatiale, en particulier avec les États-Unis, la Russie et la Chine. Elle participe au Forum international d'exploration de l'espace, des réunions au niveau ministériel consacrées à la coordination et la coopération internationales dans le domaine de l'exploration spatiale.

## Recherche et innovation

L'UE s'emploie à mettre en place une industrie spatiale européenne compétitive, indépendante et d'envergure mondiale. Si l'Europe souhaite maintenir ses activités spatiales et son accès à l'espace, elle doit impérativement renforcer son secteur spatial en stimulant la recherche et l'innovation. Des projets de recherche spatiale peuvent être financés par le programme Horizon 2020 dans le cadre du programme de travail «Primauté dans le domaine des technologies génériques et industrielles (13,5 milliards d'euros).

## Quel est le rôle de l'agence spatiale européenne (European Spatial Agency -ESA) ?



L'objectif de l'ESA est d'assurer et développer, à des fins exclusivement pacifiques, la coopération entre États européens dans les domaines de la recherche et de la technologie spatiale et de leurs applications spatiales. (Article 2 de la Convention de l'ESA)<sup>6</sup>

13

La science spatiale relève d'un programme obligatoire, tous les États membres y contribuent en fonction de leur Produit National Brut (PNB). Tous les autres programmes sont facultatifs et financés « à la carte » par les États participants. L'ESA est l'une des rares agences spatiales au monde qui travaillent dans presque tous les domaines du secteur spatial, comme illustré ci-dessous.



science spatiale



vols spatiaux habités



exploration



observation de la Terre



lanceurs



navigation



opérations



technologie



télécommunications

<sup>6</sup> [https://esamultimedia.esa.int/docs/corporate/ESA\\_Corporate\\_Presentation\\_Fr.pdf](https://esamultimedia.esa.int/docs/corporate/ESA_Corporate_Presentation_Fr.pdf)



## 2

## La télédétection

La Télédétection est définie comme « *l'ensemble des connaissances et techniques utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets par des mesures effectuées à distance, sans contact matériel avec ceux-ci* »<sup>7</sup>

15

Depuis l'aube des temps, les premiers chasseurs, puis les premiers pasteurs et agriculteurs ont observé leur environnement, avec leurs yeux et leur cerveau. Ils se sont ainsi forgé des systèmes d'interprétation qui leur ont permis de savoir où semer et planter, où faire paître leurs animaux, où implanter leurs villages.

Plusieurs grandes révolutions sont ensuite apparues, notamment au XIX<sup>ème</sup> siècle : les opticiens ont inventé les longues-vues, les lunettes, les jumelles; Niepce et Daguerre ont inventé la photographie, et le génial Nadar a, le premier, installé une chambre photographique dans la nacelle d'un ballon. La photographie aérienne était née. D'abord utilisée massivement pendant la Première Guerre Mondiale pour repérer les positions de l'ennemi, cette technique s'est étendue hors du domaine militaire devenant l'outil indispensable de tous les aménageurs et de tous les cartographes du monde entier. Dans le début des années 60 sont nés les premiers satellites météorologiques, devenus indispensables pour la prévision à court terme ; puis sont apparus les satellites d'observation de la Terre de la série américaine Landsat en 1972 ; puis la génération des satellites à haute résolution, le premier étant le satellite français SPOT, en 1986. Aujourd'hui, nous disposons de toute une gamme de satellites et de

<sup>7</sup> Journal Officiel du 11 décembre 1980, selon Bégnny et al 2005).

capteurs à haute, moyenne et basse résolution pour surveiller notre environnement, faire des comparaisons dans le temps et dans l'espace, modéliser pour mieux comprendre le fonctionnement de nos écosystèmes et de notre planète.

## La technologie

16

Scientifiquement, Il est usuel de définir la télédétection comme un outil permettant l'étude des phénomènes mettant en jeu uniquement des ondes électromagnétiques, principalement détectées et enregistrées au moyen de capteurs embarqués à bord d'avions ou de satellites.

La télédétection est donc un moyen de définir un objet ou un groupe d'objets à la surface de la Terre à partir de leurs caractéristiques spécifiques :

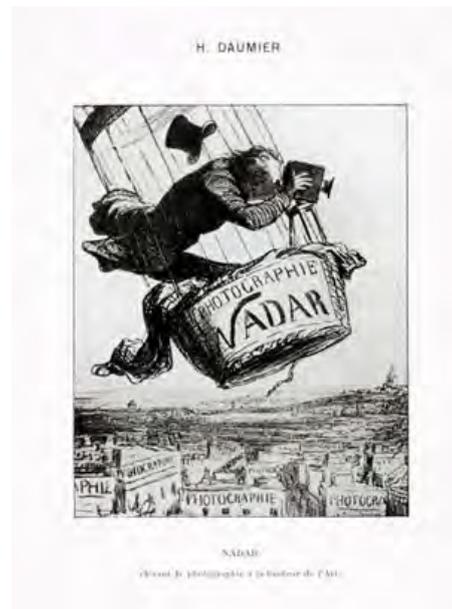
- ▶ Une signature spectrale : un ou plusieurs signaux électromagnétiques dans un ou plusieurs domaines de longueur d'onde plus ou moins étroits du spectre électromagnétique ;
- ▶ Une variation temporelle de cette signature spectrale ;
- ▶ Une répartition spatiale spécifique de l'objet ;
- ▶ Une ou des relations dites de voisinage de cet objet avec les autres objets qui l'entourent. La végétation, les sols, les rivières, les surfaces en eau, les bâtiments, et de manière générale tout élément situé à la surface de la Terre et interagissant avec un rayonnement électromagnétique, sont considérés comme des objets.

Autrement dit, La télédétection est donc une technologie et une discipline scientifique permettant d'observer et d'analyser notre environnement et consécutivement de définir, suivre et évaluer les politiques de gestion des ressources naturelles.

La télédétection satellitaire est actuellement un des seuls outils permettant d'acquérir des informations détaillées en tout point du globe terrestre (ou presque), rapidement et de manière objective, régulière et répétitive, permettant ainsi un suivi des événements environnementaux (pollution, feu de forêts, séisme, inondation, désertification, etc.). Elle permet également des applications dans de nombreux domaines comme l'agriculture, la forêt, l'hydrologie et les ressources en eau, les océans, la géologie, la cartographie, l'urbanisme, le cadastre, ou bien encore les renseignements stratégiques (la majeure partie des techniques de télédétection a d'abord été développée à des fins militaires).

## Photographie aérienne

<sup>8</sup>La télédétection a vu le jour avec la première photographie aérienne en noir et blanc réalisée par Nadar au-dessus de la ville de Paris, en 1858, à partir d'un ballon. Cependant, la photographie aérienne, qui a permis d'obtenir une vision globale de notre environnement, ne s'est véritablement développée que lors de la Première Guerre Mondiale. Tout d'abord restreinte au domaine du visible (longueurs d'onde  $[\lambda]$  comprises



entre le violet  $[0,4 \mu\text{m}]$  et le rouge  $[0,8 \mu\text{m}]$ ), la photographie s'est ensuite élargie au domaine du rayonnement proche infrarouge ( $\lambda$  entre  $0,8$  et  $1 \mu\text{m}$ ). Ce n'est qu'à partir des années 1960 que son usage, jusque-là militaire, s'est étendu aux applications civiles telles que l'étude de la végétation.

<sup>8</sup> Illustration : Litographie de Honoré Daumier – 1862 - Nadar Élevant la Photographie à la Hauteur de l'Art

C'est à partir de la Deuxième Guerre Mondiale que les techniques de télédétection aéroportée ont été perfectionnées, notamment grâce au développement de nouveaux instruments de type radar (les premiers radars imageurs ont été réalisés en Angleterre afin d'améliorer la précision des bombardements nocturnes).

## Télédétection par satellites

La télédétection aérospatiale est apparue dans les années 1960. Elle n'a néanmoins pris son véritable essor à l'échelle internationale qu'avec le lancement du programme LANDSAT de la NASA (National Aeronautics and Space Administration) en 1972. Incontestablement, le lancement du satellite SPOT par la France, avec la contribution de la Suède et de la Belgique en 1986, a constitué une seconde date clé. Bien d'autres programmes et lancements de satellites ont suivi depuis, avec une amélioration considérable réalisée non seulement au niveau des satellites, mais aussi dans la conception et la variété des instruments de mesure permettant l'acquisition de données d'une très grande diversité, précision et qualité.

Les spectromètres embarqués sur les satellites d'étude des ressources terrestres captent l'énergie solaire réfléchi par la surface du sol grâce à un scanner ou dispositif à balayage (Wilmet, 1981)<sup>9</sup>. L'énergie reçue par un miroir oscillant est transmise à une série de capteurs photo-électriques. Cette énergie est appelée radiance (ou luminance énergétique). Comme les capteurs opèrent dans des intervalles précis de longueurs d'onde (bandes spectrales ou canaux), on parlera de radiance spectrale pour désigner l'énergie reçue par le capteur correspondant. La radiance enregistrée pour une position déterminée du miroir correspond à un flux lumineux réfléchi par une surface unitaire au sol. Cette surface

<sup>9</sup> [https://www.persee.fr/doc/spgeo\\_0046-2497\\_1981\\_num\\_10\\_2\\_3622](https://www.persee.fr/doc/spgeo_0046-2497_1981_num_10_2_3622)

élémentaire d'information est appelée pixel et correspond à la résolution de l'image, on parle parfois de points de l'image.

La radiance reçue pour chaque tache unitaire de balayage est donc traduite par un signal vidéo. Dans les premiers satellites, ce signal était enregistré sur bande magnétique pour ensuite être transmis à une station au sol, lors du passage du satellite dans le rayon d'action de l'antenne de cette station. Lors du transfert sur bande magnétique au sol, le signal était « discrétisé » en 256 niveaux (64 par canal); ces niveaux sont ensuite traduits en code binaire à raison de huit bits (Abréviation de binary digit; le langage binaire de l'ordinateur) par pixel. Ce résumé, fait en 1981, du processus d'acquisition de l'information permet de comprendre combien les « données » du satellite sont spécifiques même si à l'heure actuelle le traitement de cette information s'est démocratisé par des procédures automatiques qui se sont affranchis des bandes magnétiques et ont élargi le nombre et la précision des bandes spectrales. A cette époque la photographie aérienne utilisait encore les réactions photochimiques, appelées depuis « argentiques ». Ce terme est en effet apparu récemment lorsque le développement de la photographie numérique a créé une différenciation avec la photographie classique. Ce terme fait référence aux particules d'argent qui constituent la pellicule. Cette pellicule sensible était exposée à la lumière et développée de manière analogique, par le truchement des contrastes de teintes ou noircissements. Par contre, sur un enregistrement satellitaire, ce sont les niveaux digitalisés de potentiel électromagnétique qui sont transmis aux stations réceptrices dans un langage adapté à l'ordinateur. Le passage du langage analogique à l'expression numérique a évidemment été réalisé pour la photographie aérienne par le recours à un capteur électronique sensible à la lumière qui transforme les informations lumineuses en signaux électriques.

## Les données de télédétection calibrées et validées par les données sol (in-situ)

La télédétection spatiale a apporté une nouvelle dimension à l'observation de la terre par sa répétitivité (permettant notamment de comprendre la saisonnalité mais aussi les variations temporelles), sa couverture exhaustive de large portion du territoire mais aussi par l'apport de capteurs différents progressivement testés pour apporter des réponses spécifiques à l'analyse de l'agriculture, des changements climatique, des océans, de l'humidité des sols, des forêts ...

Néanmoins, c'est en complémentarité avec les données prises au sol par de nombreux capteurs et opérateurs de terrain que ces données peuvent être calibrées (étalonnage des systèmes) et validées (vérification de la représentation du phénomène réel). Les directives européennes s'appuient de plus en plus sur ces données satellitaires. Si des décisions à l'échelle de l'Europe sont étayées par l'observation de la terre, les décideurs publics régionaux, quant à eux, ont mis en place depuis des années des réseaux de surveillance de l'environnement avec des capteurs qui mesurent la qualité de l'eau, de l'air, la pollution des sols,... dans lesquels les données aériennes sont progressivement intégrées mais encore très peu les données spatiales. Tout est une question de résolution du pixel ou d'échelle. En effet, la complémentarité entre les résolutions des images spatiales, aériennes ou prises par drones et les données mesurées sur le terrain apporte une richesse inestimable d'information pour développer les outils d'aide à la décision dans le suivi de l'environnement et l'aménagement de notre territoire.

## Des innovations et une variété de capteurs

Le monde spatial avance très vite et de très nombreuses innovations qui entrent dans nos vies sont inventées dans ce secteur. On associe facilement les avancées dans le développement des ordinateurs

modernes, des techniques de l'imagerie, des langages de programmation, mais des inventions plus « terre à terre » sont aussi apparues<sup>10</sup>. A titre d'exemples, des verres spéciaux anti-rayures ont été développés pour faire face aux salissures et particules susceptibles d'endommager les viseurs des casques des astronautes<sup>11</sup>. Un thermomètre normal ne permet pas de mesurer la température des étoiles. La NASA a donc utilisé la technologie à infrarouge pour s'acquitter de cette tâche. Ce capteur à infrarouge, a ensuite été placé dans un thermomètre auriculaire et utilisé pour mesurer la quantité d'énergie que votre tympan fait passer dans le canal auditif. Les modèles utilisés en milieu hospitalier peuvent prendre votre température en moins de deux secondes. Imaginez voyager jusqu'à la lune pour aller chercher des échantillons de pierres et constater que vous ne pouvez brancher votre perceuse nulle part. La NASA a contribué à créer une perceuse dotée d'un moteur à aimant puissant et d'une autonomie maximale. Les bricoleurs du monde entier lui disent merci.

Alors que cet article se penche plus spécifiquement sur l'acquisition des images, on se doit de mentionner la large panoplie de satellites qui sont utilisés pour la localisation. Votre système de guidage routier sur votre voiture ou votre smartphone est relié aux satellites GPS, GALILEO, GLONASS, Compass. Galileo est le système européen par satellite (GNSS en anglais). Il est développé sous contrôle civil et financé par la Commission Européenne. Tout le monde peut utiliser Galileo. Les satellites tournent autour de la terre à 23 000 km d'altitude et transmettent les données aux stations au sol pour nous permettre de nous localiser. 22 satellites sont déjà en orbite et ils seront 30 d'ici à 2020. Un petit quizz est disponible sur l'exposition pour tester vos connaissances de Galileo et des programmes spatiaux de l'Union Européenne.

Dans le domaine spécifique de l'observation de la terre, après la révolution du numérique, l'exploration s'est orientée vers la diversification

---

<sup>10</sup> <https://www.futura-sciences.com/tech/questions-reponses/technologie-10-inventions-nasa-on-retrouve-notre-vie-quotidienne-9917/>

<sup>11</sup> <https://www.philips.be/fr/c-w/malegrooming/philips-space/space/10-inventions-aerospatiales-qui-vous-concernent.html>

des capteurs embarqués à bord des satellites. La télédétection par laser ou lidar, acronyme de « light detection and ranging » ou « laser detection and ranging » (soit en français « détection et estimation de la distance par la lumière » ou « par laser »), est une technique de mesure à distance fondée sur l'analyse des propriétés d'un faisceau de lumière renvoyé vers son émetteur.

## Surfaces planétaires et Topographie

### 1. Comment mesure-t-on les reliefs ? ..... sur Terre

#### 1. 2. mesures à distance (méthodes dites de télédétection)

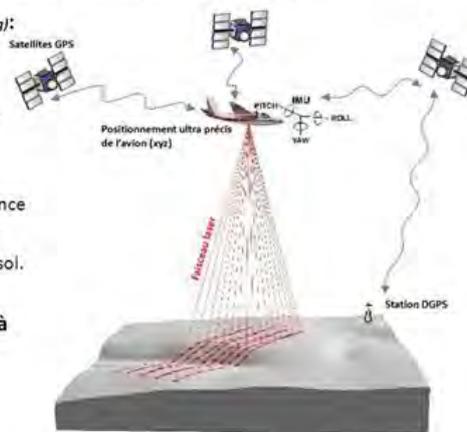
• **Le LIDAR (Light Detection and Ranging):**

Mesure de distances basée sur le temps de parcours aller-retour d'un faisceau LASER (lumière).

Ici, on mesure par balayage la distance entre un avion (dont la position est connue) et de nombreux points au sol.

**Altitude de ces points à très haute résolution**

- résolution x,y : 25 cm
- précision Z : +/- 10 cm



Slideplayer.fr - Emile Josph - TP SOSE 1005 - Initiation aux géosciences - Slide 18 -

Cette technique permet de faire de la télémétrie, détermination de la distance de l'objet, en mesurant le délai entre l'émission d'une impulsion (laser impulsionnel) et la détection de l'impulsion réfléchiée en connaissant la vitesse de la lumière. Le terme « radar » est l'acronyme de l'expression anglaise « Radio detection and ranging » (détection par ondes radio et mesure de distance). Le radar émet des ondes électromagnétiques qui se propagent dans l'atmosphère à la vitesse de la lumière. Lorsque celles-ci rencontrent un obstacle, elles sont en partie réfléchies et l'antenne radar capte un écho en retour. L'avantage de ce capteur est qu'il passe à travers les nuages, ce qui en fait un outil très intéressant pour compléter les informations dans les zones à forte nébulosité. Une large gamme de capteurs spécialisés se sont développés et en particulier la spectro-imagerie qui exploite les différents canaux ou bandes spectrales (plus d'une centaine). Les spectromètres spécialisés permettent de distinguer

des longueurs d'ondes spécifiques qui correspondent alors à des objets en surface ou des gaz/particules atmosphériques et de mesurer leurs propriétés.

Bénéficiant des progrès de la miniaturisation, les satellites n'ont cessé de perdre du poids et du volume. Plus faciles à fabriquer en série et moins coûteux à propulser en orbite, les micro- (entre 10 et 500 kg), nano- (entre 1 et 10 kg) et même pico-satellites (moins de 1 kg) sont devenus tout à fait courants. Les observations à partir d'avions ou de drones télécommandés se multiplient et permettent une plus grande flexibilité en termes de capteurs embarqués et de programmation de prises de vues.





## La Wallonie

25

**D**ans les années 70, la photo-interprétation était utilisée couramment en Wallonie et de nombreux experts scientifiques et privés exploitaient ces techniques. Les premières photos orthorectifiées permettant une couverture complète de la région ont été acquises entre 1994 et 2000 mais des acquisitions à des dates plus anciennes sont également disponibles sur demande au service de la géométrie de la Géomatique. De nombreuses sociétés belges se sont spécialisées dans les acquisitions de données aériennes dans les années 80.

La Wallonie a vu l'émergence d'une unité très active en télédétection sous la direction du professeur J Wilmet dans les années 70. Les cours dispensés dans cette matière à des milliers d'étudiants exclusivement à l'Université Catholique de Louvain par le Pr Wilmet ont ensuite été dispensés dans d'autres universités belges. Un vivier de chercheurs s'est développé dans notre région grâce aux projets de recherche financés par le programme STEREO de BELSPO. Ces chercheurs ont également accédés à des postes clefs dans les institutions internationales mais ont aussi créé des sociétés privées.

L'administration wallonne a, depuis des années, la volonté de participer et d'exploiter ces technologies. Cette volonté s'est traduite par des

acquisitions de données aériennes de plus en plus fréquentes, poussées



par des obligations européennes comme le suivi de la Politique Agricole Commune mais aussi par d'autres objectifs liés aux métiers et missions de la région. Une récente enquête interne au Service Public de Wallonie démontre l'utilisation actuelle des ortho-photographies aériennes pour plusieurs usages tels que de la digitalisation des aménagements cyclables et piétons, la gestion des voies hydraulique, les applications des portails routiers, les intégrations dans la cartographie de base de la Wallonie (Projet Informatique de Cartographie Continue - PICC), la photo-interprétation dans le suivi des objectifs de Natura 2000, ... Le poster présentant le projet des éléments structurant du paysage est un exemple de la combinaison des données existantes en Wallonie mais aussi des collaborations entre services (géométrie en charge de l'acquisition des orthophotos et la DGO3 en charge du suivi de la Politique Agricole Commune - PAC) (Annexe 1)

En 2013 et 2014, un survol du territoire a exploité la technologie du LIDAR (acronyme anglais light detection and ranging) consistant à embarquer un appareil qui émet un faisceau laser et en reçoit l'écho (comme le radar), afin de déterminer la distance d'un objet. Cette technologie bien connue des radars routiers a permis de créer une image du relief de la Wallonie avec une précision suffisamment importante pour créer de nombreux usages dans les métiers de l'administration et des centres de recherche<sup>12</sup>. Ces applications couvrent des domaines allant de la topographie, la géologie/géomorphologie, la foresterie, l'archéologie, la détection d'obstacles pour le transport aérienne, l'hydrologie, les axes de ruissellement, l'agriculture, l'aménagement du territoire et autres domaines de la cartographie. Sur un poster présenté dans l'exposition, le SPW utilise ces données pour créer une carte des pentes (Annexe 2).

---

<sup>12</sup> <https://geoportail.wallonie.be/home/ressources/georeferentiel-de-la-wallonie/relief/FTL.html>

## Les deux groupes de travail et les usages

Face à ces avancées technologiques dans l'Observation de la Terre et la Télédétection, la Wallonie souhaite promouvoir ces formidables outils et vise, via sa participation à 2 groupes de travail et la réalisation d'une enquête, à coordonner et mieux connaître les besoins et usages en la matière.

Lancé en 2015 par l'Institut Scientifique de Service Public (ISSeP) et le pôle de compétitivité Skywin, le premier Groupe de travail en OT (Earth Observation - EO) appelé GT EO rassemble les acteurs wallons (privé, public, académique) investis dans l'Observation de la Terre.

Le second groupe de travail s'appelle GT CoWal, il a été créé dans la foulée du GT EO et rassemble les services publics wallons intéressés par l'observation de la terre. Ce Groupe de Travail Commun d'Observation de la Terre pour les Services publics wallons, est le lieu de rencontre et de discussion des acteurs du spatial dans l'administration. Participer à ces rencontres permet de s'informer des avancées de ce domaine et de découvrir les usages de cette technologie par les différents services et organismes publics.

Il poursuit cinq objectifs<sup>13</sup>

- ▶ **FACILITER** l'usage de la télédétection au sein des administrations via de nombreux contacts avec les organes nationaux et internationaux pour mutualiser les besoins et concentrer les demandes
- ▶ **COORDONNER** les initiatives en matière de télédétection : en interne et vers les administrations locales via la réalisation d'une enquête débutée en 2018 et toujours accessible
- ▶ **VALORISER** les réalisations des administrations wallonnes en télédétection via la promotion des réalisations et activités via

<sup>13</sup> [https://geoportail.wallonie.be/files/PDF/brochure\\_GT\\_Cowal\\_2.pdf](https://geoportail.wallonie.be/files/PDF/brochure_GT_Cowal_2.pdf)

différents canaux tels que les réseaux sociaux, le Géoportail de la Wallonie, ...

- ▶ **SENSIBILISER** la hiérarchie et les décideurs de l'intérêt que représente la télédétection via l'organisation de conférences et de séances d'information à destination de l'administration et des mandataires.
- ▶ **PARTAGER** l'information auprès des membres et de la communauté géomatique via des documents de synthèse

## Le POGW et la géomatique en Wallonie

Le Plan stratégique géomatique pour la Wallonie (PSGW) établit la vision triennale du Gouvernement wallon pour la gestion de l'information géographique en Wallonie<sup>14</sup>. La géomatique, dont les racines sont "Géo", qui veut dire Terre, et "matique" qui vient de informatique, soit le traitement automatique de l'information géographique. Le PSGW traduit en stratégie le décret dit InfraSIG, relatif à l'infrastructure d'information géographique wallonne, ou décret géomatique wallon<sup>15</sup>, qui a été adopté le 22 décembre 2010 par le Parlement de Wallonie. Ce décret est en fait une transposition en Wallonie d'une directive européenne de 2007, baptisée INSPIRE<sup>16</sup>, qui a pour objectif de créer un cadre commun pour la gestion de l'information géographique en Europe. Sur la base de ce décret,



le premier Plan stratégique géomatique trisannuel a été approuvé par le Gouvernement wallon le 8 mai 2014 et couvrait la période 2014-2016. Le deuxième PSGW, approuvé par le Gouvernement wallon le 16 février 2017, couvre la période 2017-2019. La mise en œuvre des objectifs de ce plan est

<sup>14</sup> <https://geoportail.wallonie.be/PSGW>

<sup>15</sup> <https://geoportail.wallonie.be/decret-geomatique-wallon>

<sup>16</sup> <https://geoportail.wallonie.be/INSPIRE>

concrétisée par un plan opérationnel de la géomatique wallonne <sup>17</sup> (POGW), approuvé par le Gouvernement wallon le 16 février 2017.

Sur les 22 actions que compte le plan opérationnel, seules les actions 4 et 5 prennent en compte l'utilisation de la télédétection, les données ortho-photos. Les données LiDAR sont référencées dans le géoréférentiel et des études pilotes doivent réfléchir à l'utilisation des techniques de télédétection dans la création de nouvelles géodonnées pour la Wallonie. Vu l'intérêt des différentes administrations wallonnes dans le GTCOWAL, cette technologie devrait prendre plus de place dans le prochain POGW, ou plan opérationnel de la géomatique wallonne.

## L'utilisation de la télédétection par les services publics

Durant ces dernières années de nombreuses réunions et partages d'information sur la télédétection se sont déroulées en Wallonie. En novembre 2017, le Département de la Géomatique du Service public de Wallonie (SPW) a accueilli une séance d'information à destination des pouvoirs publics. Cette demi-journée était l'avant-dernière d'une série de 4 visant à appréhender la richesse, la diversité et les usages des données issues de la télédétection<sup>18</sup>. En septembre 2018, une matinée d'échange d'information sur l'utilisation de la thermographie s'est déroulée à Namur et a réuni plus de 100 personnes<sup>19</sup>. En effet, en cette année 2018, la capitale wallonne (Namur) et la cité ardente (Liège) ont fait la une de l'actualité en organisant le survol nocturne de leurs territoires dans le cadre d'un vol thermique. Motif : la thermographie, c'est-à-dire l'enregistrement par des capteurs thermiques de la chaleur résiduelle émise par les bâtiments. Au mois de mai une journée spéciale sur

<sup>17</sup> <https://geoportail.wallonie.be/POGW>

<sup>18</sup> <https://geoportail.wallonie.be/geodata-donwload/la-teledetection-au-service-des-pouvoirs-publics.html>

<sup>19</sup> <http://geoportail.wallonie.be/home/ressources/autour-du-geoportail/open-belgium-data-geoportail-1.html>

l'utilisation du lidar présentait les nombreux domaines d'application et les multiples acteurs exploitant les données télémétriques issues du vol Lidar réalisé par le Service public de Wallonie en 2014<sup>20</sup>. La conclusion de cette journée était qu'une nouvelle acquisition était souhaitable et la région wallonne a créé un marché pour permettre l'acquisition d'une nouvelle couverture lidar en 2019. Ce ne sont que quelques exemples, la panoplie des usages est bien plus large et fait l'objet de projets en Wallonie ou en Europe. L'inspiration chez nos voisins permet également de faire avancer la réflexion.

---

<sup>20</sup> <http://geoportail.wallonie.be/home/ressources/georeferentiel-de-la-wallonie/relief/FTL.html>

## 4

## La Belgique et BELSPO- STEREO

Sur la scène internationale, la Belgique se positionne comme un foyer de connaissance en matière d'observation de la Terre<sup>21</sup>. La Politique scientifique fédérale (Belspo) y soutient en effet une chaîne d'excellence, depuis un haut niveau de recherche fondamentale et une ingénierie de pointe en traitement et en interprétation d'images, jusqu'au développement d'applications opérationnelles pour un nombre toujours plus grand d'utilisateurs finaux.

Dès 1984, la Belgique a mis en place son propre programme national de recherche en observation de la Terre. Grâce à une continuité entre les différentes phases du programme (Telsat puis STEREO I, II et III), le pays a, depuis 30 ans, édifié un réseau unique de compétences dans le domaine.

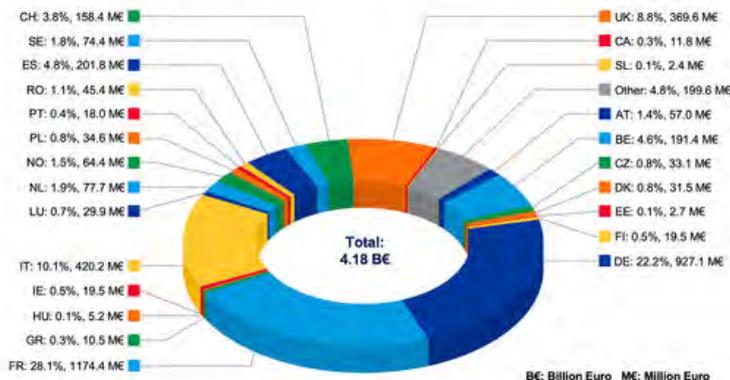
Notre pays est un membre contributeur éminent – le 5<sup>e</sup> en importance – de l'ESA (Agence spatiale européenne) (voir Figure 2). Il supporte les activités des organisations intergouvernementales ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) et EUMETSAT (European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites) en matière de prévision météorologique et climatique et de surveillance environnementale. La Belgique participe également activement au réseau scientifique EARSeL (Euro-pean Association of Remote Sensing Laboratories).

<sup>21</sup> [https://eo.belspo.be/sites/default/files/publications/Stereo2-FR-2015-A3-light\\_5.pdf](https://eo.belspo.be/sites/default/files/publications/Stereo2-FR-2015-A3-light_5.pdf)

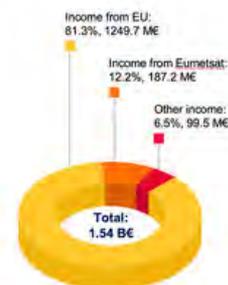
## ESA budget for 2019: 5.72 B€



### ESA Activities and Programmes



### Programmes implemented for other institutional partners



[www.esa.int](http://www.esa.int) - Space in images - 14/01/2019

La Belgique est à l'initiative de projets conséquents réalisés au sein de l'ESA, tels que la conception des satellites flexibles et innovants de la famille PROBA. Lancé par l'ESA en 2013, le satellite PROBA-V est le résultat d'une impulsion et d'un développement 100 % belges. De petite taille (140 kg pour moins d'1 m<sup>3</sup>), il a pour mission principale l'observation en continu de l'état de la végétation à l'échelle globale. À son bord se trouve une version améliorée du capteur VEGETATION, qui était présent sur les satellites SPOT-4 et SPOT-5. Ce capteur délivre quotidiennement des images à 1 kilomètre de résolution, en continuité avec les anciennes données, mais également des images plus précises à 300 mètres de résolution. Depuis mars 2015, PROBA-V a distribué tous les 5 jours une couverture complète de la Terre à 100 mètres de résolution. Il opère dans les bandes spectrales idéales pour distinguer les types de couvert végétal, les diverses variétés, les niveaux de croissance des plantes cultivées ou leur état sanitaire.

La Politique scientifique fédérale coopère également avec l'Unesco au travers de projets qui exploitent l'imagerie satellitaire pour améliorer la surveillance et la gestion de sites inscrits au Patrimoine mondial.

La Belgique maintient des collaborations bilatérales, notamment avec la France et participe au programme Pléiades, une constellation de satellites qui fournit des données à très haute résolution et dont la Belgique a acquis une couverture complète en 2013<sup>22</sup>. L'ensemble de ces initiatives s'inscrivent dans le cadre des priorités du programme européen Copernicus d'observation de la Terre pour l'environnement et la sécurité (voir section 1.6).

---

<sup>22</sup> <https://geoportail.wallonie.be/catalogue/421ec568-f15e-425d-9f49-6f5eebb51c91.html>





## La Commission Européenne et son programme Copernicus : la révolution Sentinel

35

**L**e programme Copernicus, avec ses satellites Sentinel, place l'Europe à la pointe dans le domaine spatial à niveau plus que similaire aux Américains et aux Russes: des données interopérables –gratuites et accessibles, des couvertures exhaustives de l'ensemble d'un territoire très vaste, des cartes répétées pour une analyse dans le temps, des réponses à nos questions environnementales de gestion des forêts, de biodiversité, de l'imperméabilisation des sols, de la préservation des espaces humides, ... l'intérêt des données de télédétection n'est plus à démontrer pour étudier le « bien-être » de notre Terre.

Le programme Copernicus constitue la pierre angulaire de l'effort de l'Union européenne pour assurer un suivi de la



Terre et de ses nombreux écosystèmes, tout en garantissant que ses habitants sont préparés et protégés face aux crises et catastrophes naturelles ou d'origine humaine. Bâti sur des fondations scientifiques solides résultant de décennies d'investissement de l'Union européenne en recherche et développement technologique, le programme Copernicus est une illustration emblématique de la coopération stratégique européenne en matière de recherche spatiale et de développement industriel.<sup>23</sup>

Le programme est coordonné et géré par la Commission européenne. Il est mis en œuvre en partenariat avec les États membres, l'Agence

<sup>23</sup> [https://www.copernicus.eu/sites/default/files/2018-10/Copernicus\\_brochure\\_FR\\_web\\_Oct2017.pdf](https://www.copernicus.eu/sites/default/files/2018-10/Copernicus_brochure_FR_web_Oct2017.pdf)

spatiale européenne (ESA), l'Organisation européenne pour l'exploitation de satellites météorologiques (EUMETSAT), le Centre européen de prévisions météorologiques à moyen terme (ECMWF), les agences de l'Union et Mercator Océan. De vastes quantités de données mondiales provenant de satellites et de systèmes de mesure terrestres, aériens et maritimes (données appelées in-situ c'est-à-dire locales ou sur site) sont utilisées pour fournir des informations aux prestataires de services, aux autorités publiques ainsi qu'à d'autres organisations internationales afin d'améliorer la qualité de vie des citoyens européens. Les services d'information fournis sont librement et ouvertement accessibles à tous.<sup>24</sup>

L'innovation de Copernicus est d'avoir non seulement lancé des satellites mais également d'avoir associé à ces satellites des services opérationnels chargés de répondre aux besoins de politiques européennes et à créer des services « aval » (c'est-à-dire en extra par rapport aux services européenne et réalisés à une échelle plus grande, sur une zone plus locale).

Les services de Copernicus s'appuient sur des données émanant d'une constellation de satellites développés dans le cadre du programme, et dénommés de « Sentinel », ainsi que sur des dizaines de satellites tiers qualifiés de « missions contributrices », complétées par des mesures in situ.

## La révolution : un accès gratuit et une assurance de données sur le long terme

La politique de Copernicus en matière de données favorise l'accès, l'utilisation et le partage des informations et des données Copernicus sur une base complète, gratuite et ouverte mais également durable puisque la CE s'engage à poursuivre son programme sur une longue période de

---

<sup>24</sup> [https://www.copernicus.eu/sites/default/files/2019-03/General%20factsheet%2022012019%20FR\\_0\\_0.pdf#page=1&zoom=auto,-15,842](https://www.copernicus.eu/sites/default/files/2019-03/General%20factsheet%2022012019%20FR_0_0.pdf#page=1&zoom=auto,-15,842)

temps. Il n'y a aucune restriction d'utilisation, de production ou de redistribution, avec ou sans adaptation, à des fins commerciales ou non.

L'accès total, ouvert et gratuit aux données de Copernicus doit soutenir les efforts régionaux, nationaux, européens, et internationaux qui visent à identifier, répondre, et s'adapter à des phénomènes globaux tels que le changement climatique, la gestion des territoires, la pollution atmosphérique, l'état des mers, pour n'en citer que quelques-uns. En renforçant les responsabilités de l'Europe en tant qu'acteur global impliqué dans le maintien de la paix, la gestion des urgences, et l'aide humanitaire, Copernicus bénéficie aux citoyens de l'Union européenne autant qu'à la communauté internationale.

Outre sa contribution à la protection de l'environnement et à la sécurité des citoyens, Copernicus va stimuler le développement des entreprises européennes en leur permettant d'explorer de nouvelles opportunités de croissance et de développement commercial tout en favorisant la création d'emplois. L'impact positif de Copernicus sur l'économie européenne en termes de retombées financières et de création d'emplois a été souligné par trois études indépendantes <sup>25</sup>

Quelle est la valeur ajoutée du système Copernicus?

- ▶ A l'écoute des utilisateurs
- ▶ Garantie de service offrant une couverture spatiale mondiale;
- ▶ Données en temps quasi réel fournies gratuitement aux utilisateurs finaux;
- ▶ Intégration des données (spatiales et in situ) et des analyses;
- ▶ Images de haute résolution;
- ▶ Validation régulière et systématique des données;
- ▶ Temps de réaction réduit pour permettre une meilleure réponse aux catastrophes naturelles ou causées par l'homme;

---

<sup>25</sup> SpaceTec Partners (2013) Injection paper: Preliminary Note in Preparation for Copernicus Impact Assessment; SpaceTec Partners (2012) Assessing the Economic Value of Copernicus: "European Earth Observation and Copernicus Downstream services Market Study»; Booz&Co (2011) Cost-Benefit Analysis for GMES

- ▶ Approche globale / paneuropéenne de la surveillance de la Terre
- ▶ Des services opérationnels pour répondre aux directives
- ▶ Un programme à long terme et donc durable

## Les satellites Sentinel

Le programme Copernicus est alimenté par une famille de satellites dédiés qui appartiennent à l'Union européenne – les Sentinels – spécialement développés pour répondre aux besoins des services Copernicus et de leurs utilisateurs. Depuis le lancement du premier de ceux-ci – Sentinel-1A – en 2014, l'Union européenne a mis en mouvement un processus visant à mettre en orbite une constellation de près d'une vingtaine de satellites au cours des dix prochaines années. Les Sentinels assurent une source cohérente et indépendante de données de haute qualité pour les services Copernicus et pour les utilisateurs bénéficiaires du programme.

Quelle que soit la situation météorologique, de jour comme de nuit, les satellites Sentinel-1 fournissent un ensemble unique d'images radar haute résolution, à utiliser pour la surveillance



terrestre et océanique. Sentinel-1B a été mis en orbite en 2016. Les satellites Sentinel-2 fournissent des données basées sur leur capteur optique multi spectral, tandis que les satellites Sentinel-3 transportent une suite d'instruments optique et radar pour des applications terrestres, océaniques et atmosphériques. Les deux constellations ont été placées sur orbite entre 2015 et 2018. Sentinel-5P et son capteur de composition atmosphérique ont été lancés en 2017. Les autres missions Sentinel (Sentinel-4, Sentinel-5 et Sentinel-6) seront lancées dans les prochaines années et couvriront progressivement tous les domaines de l'observation de la Terre.

Copernicus utilise également des infrastructures spatiales existantes : les satellites opérés par l'Agence Spatiale Européenne (ESA), l'Organisation européenne pour l'exploitation de satellites météorologiques (EUMETSAT6), les Etats Membres de l'Union européenne ainsi que d'autres pays partenaires ou fournisseurs commerciaux. Appelées « missions contributrices », elles fournissent des données satellitaires au programme depuis sa création. Elles continueront à alimenter le programme, particulièrement dans les cas où des données à très haute résolution sont nécessaires, particulièrement pour les applications de gestion des urgences ou pour les services dans le domaine de la sécurité

## Les services Copernicus européens

Avec 12 terabytes de données par jour, 45 tb/an à l'échelle de la Wallonie, Copernicus est un fournisseur de gros volume de données "big data". Pour que ces données soient utilisables elles nécessitent d'être pré-traitées, nettoyées, filtrées, croisées avec d'autres informations et distribuées dans des formats qui leur permettent d'être interprétées dans des usages qui ne sont pas seulement les usages de la Commission elle-même. La mise en place de différentes portes d'accès à ces données (data hub), et en particulier de plusieurs DIAS (Data and Information Access Services) par le programme Copernicus démontre que l'utilisation et l'interprétation de ces données demandent des étapes de stockage et pré-traitement indispensables qui ne sont pas accessibles à tout utilisateur.

Copernicus collecte également des informations à partir d'une multitude de capteurs in situ positionnés en mer ou dans les airs. Ces données proviennent d'organisations européennes et non européennes, ainsi que des États membres.

Copernicus surveille: il stocke les informations et assure le suivi des changements ou des phénomènes récurrents. Cela constitue une grande

quantité d'informations fiables et actualisées sur le statut de notre planète.

Copernicus analyse: les données sont analysées de manière à générer des indicateurs utiles pour les chercheurs et les utilisateurs finaux, fournissant des informations sur les tendances passées, présentes et futures. Ils peuvent analyser, par exemple, la qualité de l'air dans nos villes et détecter les augmentations visibles et perceptibles de la pollution de l'air (fumée, poussière, brouillard dû à la pollution) ou encore analyser la hausse du niveau de la mer dans le monde

Quels sont les services? Les services abordent six domaines thématiques :

- ▶ Un service de surveillance de l'atmosphère entièrement opérationnel depuis juillet 2015;
- ▶ Un service de surveillance de l'environnement marin entièrement opérationnel depuis mai 2015;
- ▶ Un service de surveillance des terres entièrement opérationnel depuis janvier 2013;
- ▶ Un service de lutte contre le changement climatique entièrement opérationnel depuis juillet 2018;
- ▶ Un service de gestion des urgences pleinement opérationnel depuis avril 2012; Un service de sécurité opérationnel depuis 2016
- ▶ Une service sécurité

Le Service de surveillance de l'environnement marin a fourni des données aux autorités italiennes pour étayer les calculs du scénario de déversement d'hydrocarbures lors du chavirement du Costa Concordia.

Lors des terribles incendies de forêt survenus en Suède en juillet 2018, le Service de la gestion des urgences a fourni des cartes de référence et une description des incendies de forêt dans les zones touchées;

Copernicus joue également un rôle important dans la création d'opportunités commerciales pour les petites et moyennes entreprises, génératrices d'emplois et de croissance. On estime que le programme pourrait créer environ 48 000 emplois directs et indirects sur la période 2015-2030 .





## L'Europe et l'association Nereus

### Les objectifs de l'association

43

La Wallonie est membre de l'association de régions NEREUS (Network of European REgion Using Space technologie) qui regroupe à ce jour 22 régions (dont la Région Wallonne et la Région de Bruxelles)

Cette association a été créée à la suite d'un projet financé par la Commission Européenne (FP7) piloté par la Région Wallonne – DGO6 (Projet ERA-STAR) analysant les moyens de développer l'utilisation des données satellitaires (Observation de la terre, Géo-positionnement, Télécom, ..) par les régions européennes pour accroître l'activité des entreprises et des Centres de Recherche qui développent ces nouveaux services.

Les statuts de cette Association Internationale Sans But Lucratif (AISBL) disponibles en ligne sont enregistrés sous la loi du 27/06/1921 concernant les associations et fondations. Le siège est à Bruxelles. Les objectifs de cette association sont

- ▶ D'introduire le niveau régional dans les programmes spatiaux,
- ▶ De promouvoir les partenariats transfrontaliers pour développer des approches communes et complémentaires,
- ▶ De remplir les besoins des utilisateurs de services d'Observation de la Terre (OT),
- ▶ D'assurer l'utilisation des services dans toutes les régions afin d'exploiter le potentiel des technologies spatiales,

- ▶ D'améliorer la promotion du secteur spatial dans l'économie globale
- ▶ D'augmenter la participation des citoyens dans les dimensions politiques et économique du secteur spatial européen

NEREUS propose de récolter et diffuser à ses membres de l'information sur les sources de financement, d'organiser des conventions, des séminaires et des activités d'éducation, de promouvoir et d'éduquer les utilisateurs sur les bénéfices du spatial, d'identifier et mieux comprendre les utilisateurs, de superviser des études scientifiques, des plans pour diffuser la connaissance sur les technologies spatiales et d'exprimer des opinions des régions dans des instances européennes.

NEREUS assure un lien dans ce domaine entre les Régions et la Commission Européenne ainsi que, depuis peu, un lien entre les Régions et l'Agence Spatiale Européenne (ESA). Pour rappel, les membres de l'ESA sont les Etats et non les Régions. Selon l'article d'Ilaria D'Auria intitulé "Can satellites link happy civil servants to citizen confidence ?" <sup>26</sup>, beaucoup d'employés des administrations publiques à travers l'Europe ne connaissent même pas les données satellitaires et en particulier le programme Copernicus de la Commission Européenne et par conséquent ne l'utilisent pas. NEREUS ainsi que d'autres acteurs identifient des obstacles dans l'appropriation de Copernicus. Ces obstacles vont des barrières politiques aux contraintes de marché en passant par des difficultés de gouvernance ou des difficultés techniques (en particulier la gestion des grandes quantités de données, l'accès aux données, la formation).

---

<sup>26</sup> <https://www.geospatialworld.net/article/can-satellites-link-happy-civil-servants-to-citizen-confidence/>

## Les liens avec les autorités locales et régionales

L'article précité pose l'hypothèse que le changement dans l'utilisation de ces données doit se faire par, dans, et à travers les services publics. C'est en effet par le secteur public que la décision publique et le gouvernement adresse les besoins des citoyens. Le secteur public et ses "serviteurs", les employés des services publics, sont les acteurs clefs du processus d'appropriation. Ce sont aussi bien des producteurs que des utilisateurs des données satellitaires mais aussi des données du terrain. Le déploiement de cette technologie dépend directement de la mission de l'administration publique. Celle-ci est responsable de la formulation des politiques publiques et de leur implémentation dans la gestion de territoire.

Publié en novembre 2017, la dernière publication de NEREUS<sup>27</sup> rassemble 99 illustrations d'utilisation des données Copernicus en Europe. Pas moins de trois histoires ont été développées spécifiquement pour notre région et quatre sont portées par des acteurs wallons. Ces 99 histoires ont toutes le même format, ce qui permet à chacun d'entre nous de les comparer et de voir très facilement si certaines peuvent être utiles et appliquées dans notre région. Après la description du défi à relever et donc du besoin qui est à l'origine de l'histoire, chaque article explique la solution proposée avec les données Copernicus. L'article précise ensuite les bénéfices pour les citoyens et les perspectives futures.

Ces histoires sont classées en cinq niveaux de maturité selon leur adoption actuelle et/ou future par les autorités locales. Plus de la moitié sont encore expérimentales mais considérées comme intéressantes pour les services publics. Au niveau maturité, précisons encore que 40 histoires se rapportent à des solutions que les autorités sont progressivement en

---

<sup>27</sup> <https://nereus-regions.us11.list-manage.com/track/click?u=a98ef6b55af2c979120ecec62&id=d5ff6be91a&e=821f07c274>

train d'incorporer dans leurs processus et que 15 d'entre elles sont déjà standardisées par les services publics.

Outre le niveau de maturité, les 99 histoires sont aussi répertoriées selon huit thématiques qui illustrent des similarités même si elles ne sont jamais tout à fait semblables puisque spécifiques aux régions. 32 histoires appartiennent à la première catégorie touchant à l'agriculture, à l'alimentation, aux forêts et à la pisciculture. Les trois catégories suivantes comptent chacune environ 15 histoires. Cela fait pas mal d'inspiration!

C'est en associant les données satellitaires avec d'autres que les acteurs développent des produits spécifiques qui répondent aux besoins des autorités locales et régionales. Ces histoires peuvent en inspirer d'autres et introduire ces données dans le travail de tous les jours des services publics. En Wallonie, quatre histoires ont été sélectionnées.

Les deux premières sont portées par le CRA-W (Centre wallon de Recherches agronomiques, Unité Systèmes agraires, Territoire et Technologies de l'Information) dans la thématique de l'agriculture. En collaboration avec le SPW-DGO3, Direction générale opérationnelle de l'Agriculture, des Ressources naturelles et de l'Environnement) et financé par le SPW, l'histoire explique le projet SAGRIWASENT (Figure 3 du livre et Annexe 3). L'organisme payeur wallon (OPW) de la DGO3 est le destinataire, le support financier et le partenaire de ce projet de recherche et d'application. Ce projet doit aider l'OPW à transformer un système de contrôle des déclarations en système de suivi et soutien des agriculteurs. Les données fréquentes et récurrentes des Sentinelles permettent un système de détection des changements cultureux qui doit faciliter l'encodage des demandes de subsides.



### AGRICULTURE MONITORING USING SENTINEL IMAGES

*The general aim is to provide objective and timely information to the Walloon authorities to help farmers as well as to protect CAP funds.*



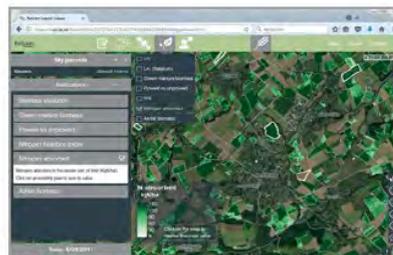
Two examples of change detections inside of agricultural parcels based on NDVI standard deviation (two crops on left side, a new road on the right side)

Une contribution conjointe du CRA-W (Unité Systèmes agraires, Territoire et Technologies de l'Information) et de l'Université Catholique de Louvain (UCL, ELIE) présente le projet BELCAM financé par BELSPO (Belgian Federal Science Policy Office) (Figure 4 du livre et Annexe 4). L'intégration des données Sentinelles avec des données de terrain au travers d'une plateforme collaborative est mise en évidence pour une gestion optimale des apports azotés.

47

### A FARMSOURCING PLATFORM FOR A SMART NITROGEN MANAGEMENT

*BELCAM is an EO-based collaborative platform designed for public authorities and farmers for crop monitoring based on the joint use of field observations and Copernicus satellite data.*



Snapshot of the BELCAM collaborative ("farmsourcing") platform

Deux contributions, sont proposées par l'ISSeP dans le domaine de la gestion territoriale. La première étudie les friches industrielles (Figure 5 et Annexe 5) et est rédigée par une équipe de l'ISSeP. Le SPW et en particulier la DGO4 sous la supervision de Christophe Rasumny, voient l'intérêt de la récurrence des images Sentinelles pour identifier des indicateurs de changement dans les sites industriels abandonnés et ainsi réduire les coûts d'inventaire de ces sites.

### CHANGE DETECTION ANALYSIS ON WALLOON BROWNFIELD SITES

*Change detection analysis based on Sentinel-2 data in order to update the inventory and quantitatively assess the evolution of brownfield sites in time and space.*

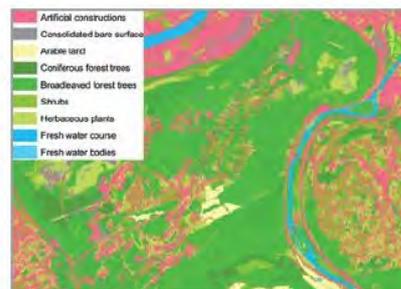


Urban renovation in Seraing (West of Liège, Wallonia). Former colliery site reconverted into commercial and service area. (Source: Walonmap – SPW)

La seconde combine les informations satellitaires avec des données de population et des modèles de simulation des changements d'occupation et d'utilisation des sols pour prévoir les risques futurs (Figure 6 et Annexe 6). Le projet SmartPop, financé initialement par l'ISSeP et BELSPO, a une suite financée maintenant par l'administration régionale qui a donc été convaincue des résultats de l'étude pilote pour une application opérationnelle à l'échelle de la région..

### EO FOR SUSTAINABLE URBAN PLANNING

*Using Earth Observation (EO) and modelling tools to spatially plan population growth. Population maps are needed to support risk management and to shape the Smart Cities of tomorrow.*



INSPIRE compliant "Pure Component Land Cover" map on Sart Tilman, Seraing (2013).

## Les applications pour les pouvoirs publics régionaux et locaux

L'appropriation de ces données pour d'autres usages que ceux des services opérationnels de la CE, et en particulier les usages des services publics, c'est-à-dire les usages « aval », ne peut être envisagée à partir des images brutes. En effet, les images doivent non-seulement être pré-traitées mais également transformées dans de l'information permettant l'aide à la décision. L'intégration de ces images dans les processus décisionnels actuels nécessitent de changer la manière d'analyser

l'information en intégrant des séries temporelles, des interprétations croisées à multi-échelles, des fusions d'images, ... techniques peu utilisées par les services publics régionaux. Si les produits Copernicus alimentent les décisions prises au niveau de la Commission Européenne dans les différentes DG mais aussi dans les institutions nationales des Etats Membres, les autorités régionales et locales commencent seulement à prendre en compte ces technologies, comme le montre la faible mention des données de télédétection dans le POGW. La mobilisation récurrente de l'UE pour plus d'appropriation des données démontre que qu'il y a un travail de concertation des acteurs locaux qui doit se dérouler, les travaux du GTCOWAL vont dans ce sens.





## Les femmes dans les métiers de l'Espace

**Q**uelles est la place des femmes dans ce processus ? Il y a cinquante ans, Valentina Terechkova devenait la première femme cosmonaute et reste toujours la seule à avoir effectué un voyage en solitaire dans l'espace. Alors que nous venons de fêter le cinquantenaire de l'Europe Spatiale, et malgré leur présence à des postes clés, les femmes sont sous-représentées dans les carrières scientifiques et techniques avec une proportion de 17% en moyenne des ingénieurs en France. Les femmes sont en particulier très peu présentes dans la liste des astronautes du programme spatial.<sup>29</sup>



51

### La mixité et la visibilité des femmes

La visibilité des femmes dans les domaines scientifiques, dans la recherche et dans les postes de pouvoir reste faible même dans nos sociétés occidentales, sans parler de cette visibilité dans les régions du monde où celles-ci ne peuvent pas encore conduire ou ne peuvent sortir de chez elles sans l'autorisation d'un tuteur.

En décembre dernier, Donna Strickland est devenue la première femme à gagner le prix Nobel de Physique en 55 ans<sup>30</sup>. On peut imaginer

<sup>28</sup> Illustration : Valentina Tereshkova – Copyright : [www.spacefacts.de](http://www.spacefacts.de)

<sup>29</sup> <http://www.spacewomen.org/about/>

<sup>30</sup> <https://www.linkedin.com/pulse/were-women-science-scientists-helen-mets/>

qu'elle n'est pas la seule femme à avoir œuvré pour la science à un très haut niveau, mais la reconnaissance est une chose que les femmes ont des difficultés à obtenir. Si Donna n'était pas une femme, aurait-elle été décrite simplement comme une excellente scientifique ? Est-ce que son genre est une caractéristique anodine ou existe-t-il un fossé de genre dans les sciences ? Depuis l'établissement des prix Nobel en 1901, il y a eu seulement 20 lauréate en physique, chimie et médecine, c'est -à-dire seulement 3,3% des lauréats dans ces disciplines. Ces chiffres sont interpellants, ils expriment tous ces talents non reconnus mais aussi le défi qu'on les femmes dans leur développement scientifique.

Les études démontrent que les femmes sont moins représentées dans les domaines scientifiques et rencontrent des obstacles dans leur trajectoire de travail. Disponible sur l'exposition<sup>31</sup>, une étude intéressante de l'association interface3 de Namur vous propose de réfléchir aux stéréotypes de genre présents tout au long de notre vie : à l'école, lors du choix des études, dans les loisirs ou encore dans les carrières professionnelles. Selon cette études, 1 étudiante sur 8 entreprend des études dans les filières de formation menant à des métiers en lien avec l'informatique et le multimédia. Quant au marché de l'emploi elles ne sont qu'1 sur 6 professionnelles dans les carrières liées à ces métiers. Le carnet pratique qui vous est proposé est un outil de déstigmatisation de ces métiers, il est là pour vous interpeller et interpellé vos étudiants.

## L'exposition Femmes et filles : métiers de rêve

L'exposition de portraits « Grand format » intitulée « Space Girls Space Women » que vous pouvez visiter à l'Espace Wallonie de Liège jusqu'au 29 mars invite donc à réfléchir sur la sous-représentation des femmes dans le domaine spatial en démontrant qu'elles existent pourtant et font des métiers qui les enchantent. Cette exposition est donc une vision positive

<sup>31</sup> <http://www.interface3namur.be/documentation/carnet-mixite-metiers-informatiques/>

pour donner envie à des jeunes garçons et filles à faire des carrières dans ces domaines. Les portraits de filles qui sont présentés peuvent faire rêver à un futur dans le spatial mais aussi peuvent permettre de réfléchir à la place des femmes dans les métiers scientifiques.

Cette exposition de 36 photographies (grands formats) réalisées par Sipa Press est mise en œuvre dans l'Espace Wallonie de Liège par le Service public de Wallonie et du Département de la Géomatique dans le cadre de la collaboration avec l'association Nereus.<sup>32</sup> Ces portraits de femmes, actives dans le domaine spatial, sont pris sur leur lieu de travail et cette exposition a déjà pris place dans plusieurs grandes villes européennes (Milan, Leicester, Toulouse, ...), afin de sensibiliser le grand public sur les thématiques de la diversité des « jobs du spatial » avec une dimension de genre non négligeable.

A côté de cette exposition de portraits, les contributions wallonnes dans l'utilisation de la télédétection sont mises en avant par six posters scientifiques. Grâce à ces posters proposés par des équipes menées ou constituées de femmes, le visiteur découvrira la place non négligeable occupée par l'observation de la terre en Wallonie et en Europe par la mise à disposition de la brochure NEREUS. La télédétection est une technologie où l'Europe et la Wallonie sont très actives et une technologie qui a de nombreux usages au quotidien et encore et surtout un bel avenir.

---

<sup>32</sup> <http://www.nereus-regions.eu/2018/01/20/space-girls-space-women-exhibition/>



## Références

Les informations contenues dans ce dossier pédagogiques proviennent des sources suivantes:

- ▶ Begni Gérard, Richard Escadafal, Delphine Fontannaz et Anne-Thérèse Hong-Nga Nguyen, 2005. « La télédétection : un outil pour le suivi et l'évaluation de la désertification ». Les dossiers thématiques du CSFD. Numéro 2. 44 pp. [<http://www.csfd-desertification.org/actualites/item/dossier-surveiller-desertification-teledetection>]
- ▶ Wilmet Jules, Télédétection par satellite et espaces régionaux, L'Espace géographique Année 1981 10-2 pp. 89-98 [[https://www.persee.fr/doc/spgeo\\_0046-2497\\_1981\\_num\\_10\\_2\\_3622](https://www.persee.fr/doc/spgeo_0046-2497_1981_num_10_2_3622)],
- ▶ BELSPO, 2015, STEREO II, programme belge de recherche en observation de la terre, [https://eo.belspo.be/sites/default/files/publications/Stereo2-FR-2015-A3-light\\_5.pdf](https://eo.belspo.be/sites/default/files/publications/Stereo2-FR-2015-A3-light_5.pdf)
- ▶ Commission européenne, 2015, Brochure Copernicus, Direction générale de la communication, Office des publications de l'Union européenne



## Annexes

- ▶ 1: Mise à jour des éléments structurants du paysage (ESP)
- ▶ 2: Relief de la Wallonie : modèle numérique des pentes
- ▶ 3: Sagriwasent , suivi continu de l'agriculture wallonne
- ▶ 4: La plateforme BELCAM, pour une gestion raisonnée des apports azotés
- ▶ 5: Les projets SAR et SmartAirports
- ▶ 6: Les projets SmartPop et EO4LULUCF

## Annexe 1 : Mise à jour des éléments structurant du Paysage (ESP)

### Mise à jour des Eléments Structurants du Paysage (ESP) du LPIS (Land Parcel Identification System) dans le cadre de la Politique Agricole Commune

Florence Jonard<sup>1</sup>, Nathalie Stephenne<sup>1</sup>, Béatrice Leteinturier<sup>2</sup>, Emeline Jacquemin<sup>2</sup>  
Service Public de Wallonie, Direction de la Géométrie<sup>1</sup> et Direction des Surfaces Agricoles<sup>2</sup>

**Le LPIS est un outil FONDAMENTAL pour garantir des paiements corrects aux agriculteurs et sauvegarder les fonds de l'Union**

Besoins pour l'actualisation du LPIS	Photographies aériennes	Sentinel - Copernicus
Détection de changements des surfaces admissibles	oui	oui
Détection de changements des éléments du paysage	oui	non
Conversion des pâturages permanents	oui	oui
Diversification des cultures		oui
Pratiques culturales à un instant t		oui

**Mise à jour des ESP et détection de changements sur l'ensemble de la Wallonie**

- La PAC et les primes liées aux surfaces, au Verdissement, (maintien des prairies permanentes, diversité des cultures, Surfaces d'Intérêt Ecologique (SIE)) et aux Mesures agro-environnementales et climatiques (MAEC)
- Le LPIS ou Système d'Identification des Parcelles Agricoles
  - Contrôle des déclarations + signalétiques géographiques
  - Détermination de la superficie admissible au paiement de base et caractérisation de l'occupation du sol
  - Détermination des éléments structurants du paysage
- Sources d'actualisation et respect des échéances
  - Calendrier et contraintes
  - Avantages et inconvénients des sources de données

**Prise en compte des déclarations via le LPIS et entretien des signalétiques géographiques**

**Détermination de la superficie admissible au paiement de base => un souci d'actualisation permanent**

Nécessité de détection automatique de changements pour

- la conversion des pâturages permanents
- la diversification des cultures
- les ESP

**Bénéfices pour les agriculteurs et les citoyens**

- ⇒ Un outil de suivi des éléments du paysage
- ⇒ Une méthode pérenne dans le traitement des données et donc une meilleure utilisation des budgets publics
- ⇒ Des bases de données plus cohérentes et intégrées dans le géoréférentiel wallon et en particulier dans le Projet Informatique de Cartographie Continue (PICC)

**Perspectives**

- Augmentation de l'utilisation de la télédétection dans la mise à jour des bases de données agricoles et environnementales
- Développement des produits de manière agile par les prestataires en s'adaptant aux besoins de l'administration
- Formation de l'administration à l'utilisation des techniques pour une meilleure appropriation des outils
- Détection des changements de couverture (prairies et terres arables) sur base des données Sentinel
- Détection des ESP sur base des orthophotographies, des Modèles Numériques de Terrain (MNT) et des données topographiques existantes

\*Pour plus d'informations, contactez Florence Jonard: florence.jonard@spw.wallonie.be

## Annexe 2: Relief de la Wallonie: modèle numérique des pentes

### Relief de la Wallonie: Modèle numérique des pentes classifiées

Nathalie Sondag<sup>1</sup>

équipe de réalisation: Frédéric Robinet<sup>1</sup> et Michel Jossa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Direction de l'Aménagement Foncier Rural, DGO3, Service Public de Wallonie, <sup>2</sup>SIREAL sa



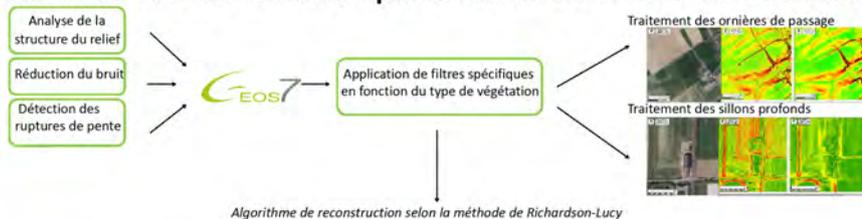
#### Contexte :

- Le territoire wallon est sensible aux inondations.
- La Direction de l'Aménagement Foncier Rural intervient lors de l'établissement de dispositifs destinés à la protection contre l'érosion des terres agricoles et à la lutte contre les inondations et coulées boueuses dues au ruissellement

#### Objectifs :

- Prévention par la détection des zones à risques
- Protection par la création de zones de retenues temporaires localisées sur des parcelles exploitables agronomiquement

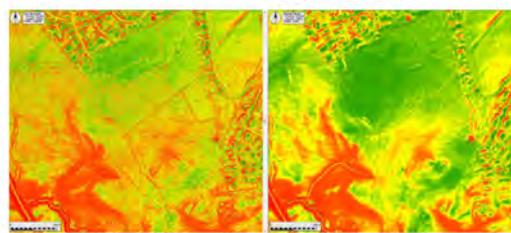
#### Utilisation du Modèle Numérique de Terrain LiDAR 2013-2014 résolution 1m:



#### Résultat:

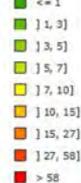


1. Orthophotoplan de la zone de travail 2. Visualisation du relief brut par application d'un filtre hillshade



3. Composition non filtrée de la carte des pentes 4. Résultat après traitement

5. Classe des pentes exprimée en %



#### Bénéfices pour les agriculteurs et les citoyens :

- ✓ Détection des zones sensibles au ruissellement et aux inondations sur base de la pente
- ✓ Détection des zones potentiellement aménageables avec des ouvrages de protection

#### Perspectives :

- Intégration des Axes de ruissellement concentrés (LIDAXES)
- Intégration des Eléments Structurants du Paysage (ESP)
- Carte des ruptures de pente
- Détection de variations structurées du relief
- Exploitation de la densité des mesures LiDAR lors de prochains vols

## Annexe 3: Sagriwasent, suivi continu de l'agriculture wallonne

# SAGRIWASENT : suivi continu de l'agriculture wallonne à partir d'images Sentinel 1 et 2



Emilie Beriaux, Cozmin Lucau-Danila, Viviane Planchon

Centre wallon de recherches agronomiques (CRA-W) - rue de Liroux 9, 5030 Gembloux - [beriaux@cra-wallonie.be](mailto:beriaux@cra-wallonie.be)



Les innovations actuelles en matière d'observation de la terre par télédétection spatiale permettent d'observer l'évolution de nos parcelles agricoles et d'y identifier les changements et les types de cultures en place.

L'observation de la terre par télédétection spatiale fait l'objet d'avancées spectaculaires notamment avec le nouveau programme européen COPERNICUS comprenant les satellites Sentinel 1 et Sentinel 2. Ces satellites offrent de grands avantages pour le suivi de l'agriculture:

- données RADAR insensibles aux nuages et à la lumière (Sentinel 1)
- données optiques multi-spectrales (Sentinel 2, 13 bandes)
- haute résolution spatiale
- haute résolution temporelle: période de revisite avec un même capteur de 2 à 5 jours.

60

Le projet SAGRIWASENT vise à valoriser les images issues des constellations de satellites SENTINEL 1 et 2 dans la transformation du système de contrôle des déclarations agricoles mis en place par l'organisme payeur wallon (OPW) en un **système de suivi et soutien des agriculteurs**.

Les méthodes développées permettent de détecter des changements au sein des parcelles agricoles, d'identifier les cultures en place et de suivre l'évolution des cultures et des pratiques culturales en champs.

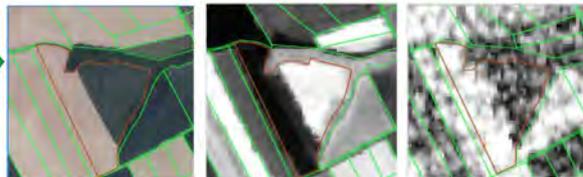
Possibilité de visualiser en continu les parcelles dont les dernières limites déclarées ne correspondent pas/plus à la réalité du terrain sur la Wallonie.

L'analyse statistique de la valeur des pixels à l'intérieur de chaque parcelle agricole déclarée permet d'identifier des parcelles au sein desquelles deux ou plusieurs occupations du sol différentes sont présentes.

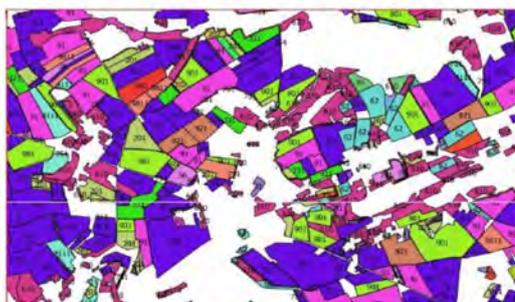
À partir d'images de l'indice NDVI dérivées des Sentinel 2 et des images de cohérence obtenues à partir de Sentinel 1.

→ Utilité pour les agriculteurs lors de leurs déclarations de superficie

→ Utilité pour l'OPW pour le suivi des déclarations

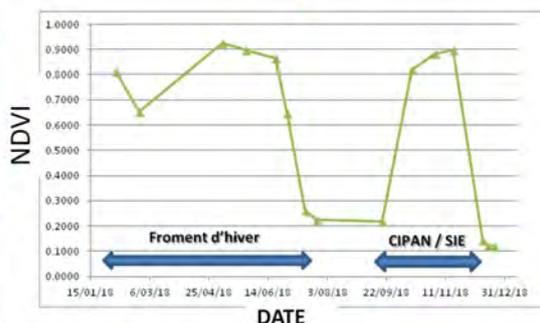


Parcelle sur fond d'orthophotographie aérienne (à gauche), d'une image de NDVI (au milieu - dérivée d'une image Sentinel 2 du 21/01/19) et sur fond de cohérence SAR (à gauche - obtenue à partir des images Sentinel 1 acquises en polarisation VV des 23/01/19 et 29/01/19). Certaines parcelles (délimitées en vert) ont des valeurs de pixels intraparcélaires homogènes, probablement qu'un seul type de couvert est présent. La parcelle délimitée en rouge a des valeurs de pixels inhomogènes, montrant deux types de couverts en place.



Identification des cultures en place avec une exactitude globale atteignant 92% pour plus de 200.000 parcelles et 40 groupes de culture sur base d'images Sentinel 1.

Suivi continu des différents stades de développement des cultures principales et couverts hivernaux en suivant l'évolution de l'indice NDVI dérivé des images Sentinel 2



Centre wallon de Recherches agronomiques  
Répondre aux questions d'aujourd'hui et relever les défis de demain  
[www.cra.wallonie.be](http://www.cra.wallonie.be)

« Space Girls, Space women »  
Espace Wallonie de Liège  
22/02 - 29/03/2019

## Annexe 4: .La plateforme BELCAM, pour une gestion raisonnée des apports azotés



### La plateforme BELCAM : pour une gestion raisonnée des apports azotés



Viviane Planchon<sup>1</sup>, Cindy Delloye<sup>2</sup>, Pierre Defoumy<sup>2</sup>, Dimitri Goffart<sup>1</sup>, Yannick Curnel<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centre wallon de recherches agronomiques (CRA-W) - rue de Liroux 9, 5030 Gembloux – [v.planchon@cra.wallonie.be](mailto:v.planchon@cra.wallonie.be)

<sup>2</sup> Université catholique de Louvain (UCL – ELIE), Croix du Sud 2, 1348 Louvain-La-Neuve

#### La gestion raisonnée des intrants, une nécessité !

1. Augmentation du prix des fertilisants;
2. Pression des consommateurs pour des pratiques plus respectueuses de l'environnement;
3. Des contraintes environnementales plus strictes (e.g. directive 91/676/CEE « Nitrates »).

Assurer la rentabilité des exploitations dans ce contexte passe notamment par une **gestion des intrants** rationnelle et respectueuse de l'environnement.



#### L'azote (N) est impliqué dans la production de protéines et la photosynthèse:

- Une carence entraîne une réduction de la croissance (e.g. diminution du tallage et de la taille des tiges, épis et grains en céréales)
- Un excès génère un risque de pollution des nappes phréatiques, peut favoriser le développement de maladies...

Une gestion raisonnée de la fertilisation consiste à maîtriser les quantités d'azote apportées et leur répartition au cours du cycle cultural pour répondre aux besoins de la culture

L'imagerie satellitaire (e.g. constellations SENTINELS) peut être avantageusement utilisée dans le cadre de la gestion des apports azotés :

1. Etablissement de la dose totale prévisionnelle (via e.g. REQUAFERTI)
  - Cartographie des cultures principales et intercalaires (CIPAN/SIE);
  - Estimation de la biomasse des couverts hivernaux ;
  - Estimation de la matière organique du sol.
2. Ajustement des apports azotés en cours de saison (suivant les besoins de la culture).
3. Prise en compte de la variabilité intra-parcellaire pour une modulation plus fine des apports azotés.

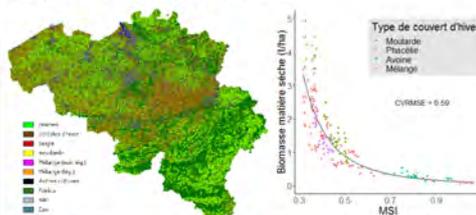


Schéma global d'estimation du complément azoté en cours de saison au départ d'images satellites SENTINELS (gauche), biomasse aérienne (centre, en t/ha) et azote absorbé (droite), en Kg/ha pour un ensemble de parcelles de froment situées à proximité de Gembloux en date du 26/05/2017. Source : Projet BELCAM - Extraction des images au départ de la plateforme BELCAM.

#### Avantages de l'imagerie satellitaire:

- Objectivité;
- Couverture globale de l'ensemble des parcelles de la région wallonne;
- Coûts réduits (gratuité des images satellitaires SENTINELS);
- Fréquence d'acquisition.

Développement de la **plateforme collaborative BELCAM** pour un échange continu:

- de données parcellaires de gestion (e.g. dates de semis, d'application d'engrais et de PPP, doses appliquées...) des agriculteurs ou centres pilotes vers les chercheurs;
- de produits/services développés (e.g. recommandation azotée) par les chercheurs vers les agriculteurs;
- d'expertises et de feedbacks sur les produits développés et à développer.

La plateforme informatisée, accessible gratuitement, permet d'accélérer la boucle d'échange d'informations !



Schéma global des interactions au sein de la plateforme collaborative BELCAM

## Annexe 5: Les projets SAR et SmartAirports



L'observation de la Terre au service de l'Environnement à l'ISSEP  
Détection de changements en zone urbaine



### Sophie Petit vous présente le projet SAR

#### Contexte

La problématique des sites à réaménager (SAR) est un enjeu pour l'aménagement du territoire, la gestion de la densification de l'habitat et l'économie de notre région. La reconversion des SAR permet d'améliorer l'attractivité du tissu local et régional en redynamisant certains quartiers. Cette reconversion comprend plusieurs étapes dont un inventaire précis des sites.

#### Objectifs

Le projet SAR a pour objectif de mettre en valeur la télédétection afin de faciliter la mise à jour de l'inventaire des SAR. L'utilisation de données satellitaires doit per-

mettre (1) d'automatiser une partie du traitement, (2) de diminuer la subjectivité du travail, (3) de mettre à profit l'ensemble des données acquises régulièrement sur le territoire wallon et (4) de mettre à jour régulièrement l'inventaire des sites selon la demande.

#### Méthodologie

Les évolutions technologiques récentes en télédétection (nouveaux satellites, nouveaux capteurs hyperspectraux, miniaturisation des systèmes...) permettent d'envisager le développement et la mise au point de nouveaux outils ou systèmes pour un inventaire plus systématique et plus efficient des

SAR. Dans ce cadre, le programme Copernicus de la Commission Européenne permet d'accéder à des données avec une récurrence de quelques jours ce qui permet d'envisager des analyses de séries temporelles pour l'identification de changements sur les sites.

#### Perspectives

Le développement d'un processus de détection des changements entièrement automatisé reste difficile car la photo-interprétation, c'est-à-dire l'intervention de la connaissance d'un expert, jouent toujours un rôle important dans l'outil actuel. Nous comptons développer des indices plus complexes/composites, notamment basés sur l'analyse des séries chronologiques mais également tester l'utilisation de données Sentinel-1 qui permettent de s'affranchir des problèmes de couverture nuageuse.



Anciens établissements Schröder à Ans. La destruction des bâtiments est clairement détectée par un indice de brillance (BI) contrairement à l'indice de végétation (NDVI)



### Laura Van de Vyvere vous présente le projet SmartAirports

#### Contexte

Quatorze millions de vols sont attendus en 2035 rien qu'en Europe. Pour accroître la capacité et la rentabilité des aéroports, l'optimisation de chaque étape de la chaîne de processus est nécessaire: outre l'augmentation des flux aéroportuaires (étudiée dans les projets SESAR), ce projet vise à minimiser les temps de rotation et à faciliter les opérations aéroportuaires.

#### Objectifs

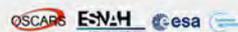
Les objectifs du projet en matière d'OT sont doubles. Premièrement, produire une carte aéroportuaire à haute résolution, précise et à jour. Deuxièmement, définir des indicateurs pertinents pour la gestion

des aéroports, qui répondrait aux besoins opérationnels de l'utilisateur, et proposer des méthodes de détection de changements.

#### Méthodologie

La combinaison de données provenant de multiples capteurs (optiques, radar, thermiques, hyperspectrales) et plates-formes (satellites, aéroportées, drones) avec des sources externes (ex. base de données aéroports AIXM) est étudiée. Afin de cartographier de manière précise l'aéroport, des images satellitaires, ou aéroportées, à très haute résolution spatiale sont complétées par des géométries et attributs sémantiques existants. Des techniques de segmentations, de classifications su-

persivées et enfin de fusion sont successivement utilisées. D'un autre côté, grâce à leur très haute résolution temporelle, les données Copernicus (Sentinel-1 et Sentinel-2) permettent l'actualisation rapide de l'aéroport afin d'en améliorer l'efficacité opérationnelle.



Aéroport de Liège (Google earth imagery)

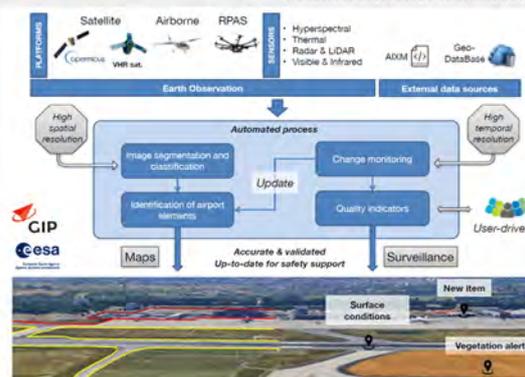


Schéma conceptuel du projet SmartAirports

SPACE GIRLS SPACE WOMEN

L'ESPACE À TRAVERS LE REGARD DES FEMMES

Cellule Télédétection et Géodonnées - Institut Scientifique de Service Public  
Rue du Chêne, 200 - 4000 Liège  
+32 (0) 229 83 16 - e.halliot@issep.be



## Annexe 6: Les projets SmartPop et EO4LULUCF



L'observation de la Terre au service de l'Environnement à l'ISSEP  
Outils de cartographie du territoire



### Coraline Wyard vous présente le projet SmartPop

#### Contexte

L'urbanisation atteint des niveaux sans précédent de par le monde. Plus de 50% de la population mondiale vit dans des villes et les projections annoncent que ce pourcentage pourrait atteindre les 70% d'ici 2050. Malgré les nombreuses opportunités qu'offrent les villes, celles-ci concentrent également les risques environnementaux et sanitaires. L'urbanisation augmente les pressions sur de nombreux secteurs et activités qui ont un impact direct sur notre manière de vivre, notre travail et l'environnement naturel. Pour faire face à ces nouveaux défis, les villes et les régions doivent développer des stratégies de gestion intelligentes et durables de leurs territoires.

#### Objectifs

Fournir des outils de cartographie et de modélisation précis et dynamiques aux autorités locales et régionales pour faire face aux risques environnementaux et sanitaires liés à l'urbanisation.

#### Méthodologie

Les principaux résultats de la recherche SmartPop sont :

- Cartographie semi-automatisée de l'occupation du sol sur Liège intégrant des images aériennes et satellitaires submétriques et des données géographiques vectorielles.
- Cartographie utilisation du sol à l'aide d'indicateurs spatiaux dérivés de l'occupation du sol ;
- Cartographies d'asymétrie et dynamique, par téléphonie mobile, de la distribution de la population ;

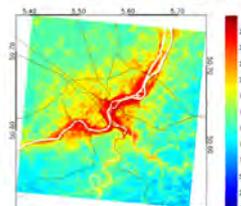
- Modèle de simulation des changements en utilisation du sol et en population sur le territoire wallon jusqu'en 2050 ;
- Modélisation de risques thématiques, tel que la production de cartes d'îlots de chaleur urbains par la ville de Liège.

#### Perspectives

Les travaux en occupation et utilisation du sol seront opérationnalisés à l'échelle de la Wallonie dans le cadre du projet Walous (2018-2020). Des séries temporelles de données Sentinel-1 et -2 seront intégrées à la classification pour en améliorer la précision thématique. Les nouvelles cartes permettront de mettre à jour et d'affiner la simulation sur 2050. Ces cartes, modèles et indicateurs permettront le suivi dynamique de l'état de l'environnement wallon et fourniront des outils d'aide à la décision pour les autorités locales et régionales.



Classification de l'occupation du sol sur la région de Liège



Prédiction du nombre de jours de canicule par été pour la période 2081-2100 selon UrbClim



### Odile Close vous présente le projet EO4LULUCF

#### Contexte

Les pays signataires de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques et du Protocole de Kyoto doivent faire un inventaire annuel national des émissions de gaz à effet de serre (GES). Cet inventaire inclut le suivi quantitatif des émissions liées au secteur de l'utilisation des terres, du changement d'affectation des terres et foresterie (Land Use, Land Use Change and Forestry - LULUCF). Pour permettre une estimation de ces variations de stocks de carbone, une représentation cohérente des superficies terrestres correspondant aux six catégories de terres définies par le GIEC est nécessaire.

#### Objectifs

Mise au point d'une méthode d'extraction d'informations afin de faciliter et d'améliorer les estimations des superficies des terres du secteur LULUCF. EO4LULUCF veut saisir les opportunités offertes par le programme Copernicus et ses satellites Sentinel pour la cartographie de l'utilisation des terres et la détection de changements

#### Méthodologie

Le projet exploite la richesse spectrale et temporelle des images Sentinel. La recherche en 2018 a débouché sur le développement d'une méthodologie automatique de classification de l'affectation des

terres à l'échelle régionale. L'approche intègre une série temporelle d'images Sentinel-2 sur les quatre saisons de 2016. La base de données LUCAS est utilisée comme référence « sol » pour la classification. Cette approche intégrant des données disponibles sur l'ensemble de l'Europe permettent d'envisager l'application de la méthode à d'autres régions et pays.

#### Perspectives

En 2019, la reproductibilité de la méthode sera testée sur 2017 et 2018. Le potentiel des données satellitaires dans le radar Sentinel-1, permettant l'acquisition d'information même en présence d'une couverture nuageuse, sera également testé. Enfin, les nouveaux outils développés seront discutés avec les acteurs des trois régions de Belgique pour une intégration effective dans leur reporting des émissions de GES.

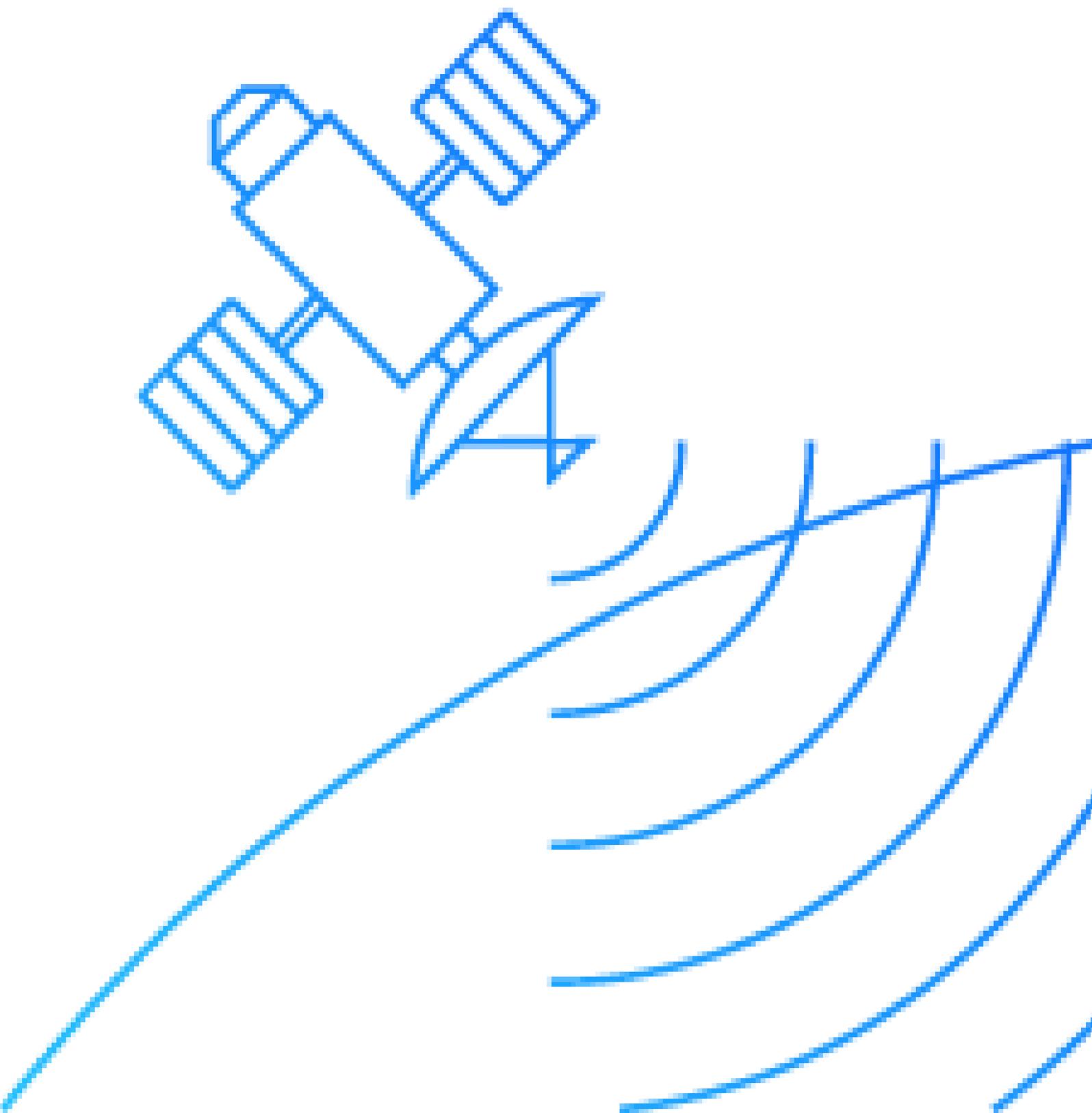


Grille d'inventaire actuellement utilisée pour le reporting des 5 classes d'affectation des terres



Cartographie de l'affectation des terres de 2016 sur la Wallonie au départ de données Sentinel-2





**Service public de Wallonie**

Secrétariat Général – Département de la géomatique

<https://www.wallonie.be>    <https://geoportail.wallonie.be>

**GT COWAL**

Groupe de Travail Commun d'Observation de la terre pour les Services publics wallons

<https://www.geoportail.wallonie.be/gtcowal>



**Wallonie**