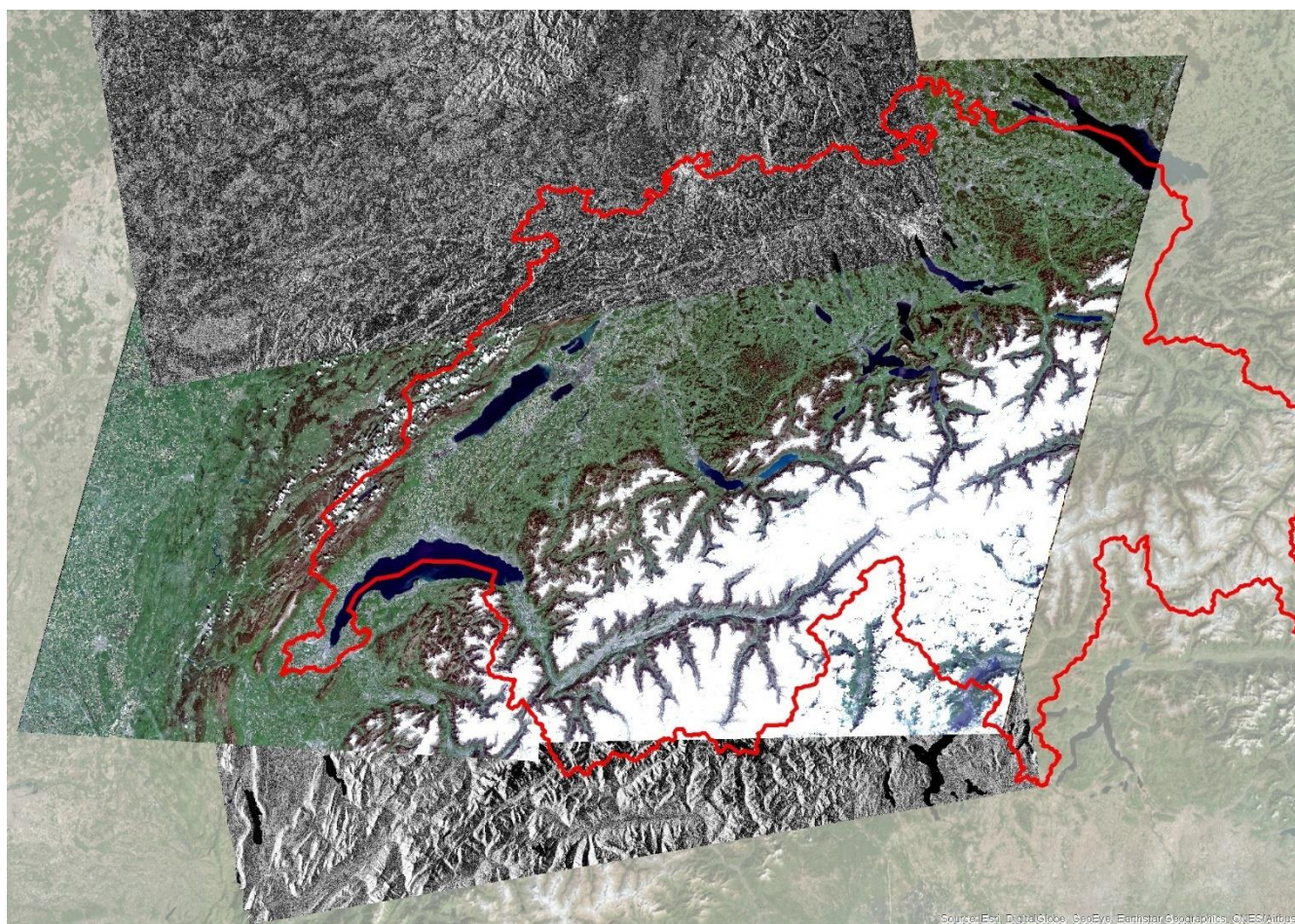


Utilisation de l'observation de la Terre par satellite pour aider les autorités à exécuter leurs tâches

Liste de vérifications / Guide

Version « autorisée à la publication » du 10.07.2017



Mosaïque d'images satellitaires de la Suisse reposant sur l'imagerie mondiale Esri World Imagery, données modifiées d'un satellite Sentinel du programme Copernicus (couleur : S2a du 10.05.2017 ; niveaux de gris : S1a du 03.07.2017) et limites communales (G2L17, Office fédéral de la statistique (OFS), GEOSTAT), traitées par EBP

Mandant :

Office fédéral de l'environnement (OFEV), Section
Observation de l'environnement, CH-3003 Berne
L'OFEV constitue un service du Département fédéral de
l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication
(DETEC).

Mandataire :

EBP Schweiz AG
Zollikerstrasse 65
8702 Zollikon
Téléphone +41 44 395 11 11
info@ebp.ch
www.ebp.ch

Auteurs :

Tamara Dousse
Christina Dübendorfer
Ivo Leiss
Risch Tratschin

Suivi de l'OFEV : Markus Wüest, chef de la section

Observation de l'environnement

Remarque : cette étude / ce rapport a été
rédigé/e sur mandat de l'Office fédéral de
l'environnement (OFEV). Seul le mandataire est responsable
du contenu.

Photo en page de couverture :

Mosaïque d'images satellitaires de la Suisse reposant sur :

- les limites communales G2L17, Office fédéral de la statistique (OFS), GEOSTAT
- en couleur : données issues de la mission Sentinel-2a du programme Copernicus du 10.05.2017, traitées par EBP
- en niveaux de gris : données issues de la mission Sentinel-1a du programme Copernicus du 03.07.2017, traitées par EBP
- à l'arrière-plan : Esri World Imagery (Esri, DigitalGlobe, Earthstar Geographics, CNES / Airbus DS, GeoEye, USDA FSA, USGS, Getmapping, Aerogrid, IGN, IGP et communauté des utilisateurs du système d'information géographique SIG)

Table des matières

1.	Bienvenue dans ce guide	1
2.	Brève explication de l'observation de la Terre par satellite	3
2.1	Plates-formes et orbites	4
2.2	Instruments	4
2.3	Résolution	6
2.4	Traitement et formats des données	7
2.5	Informations complémentaires	8
3.	Exemples d'applications pratiques	9
3.1	Exemples d'applications internationales	9
3.2	Exemples d'applications par des autorités en Europe	10
3.3	Exemples d'applications potentielles en Suisse	11
4.	Questionnaire/auto-vérification	15
4.1	Indications sur le système	16
4.2	Partie 1 : Système actuel	17
4.3	Partie 2 : Conditions marginales	20
4.4	Partie 3 : Un système optimal	22
5.	Initialisation d'un projet	24
5.1	Description de l'état réel	25
5.2	Description de l'état théorique	28
5.3	Élaboration et évaluation de solutions alternatives	32

1. Bienvenue dans ce guide

Collectez-vous des données spatiales sur la Suisse ? Par exemple sur les processus se déroulant sur terre, dans les cours d'eau ou dans l'atmosphère ? Décrivez-vous un état sur la surface de la Terre à l'aide de relevés (inventaire) ? Ou observez-vous des modifications territoriales (surveillance) ? Ou exploitez-vous peut-être des données pour établir des prévisions ?

Jusqu'à une date récente, l'emploi opérationnel de l'observation de la Terre assistée par satellite était limité à quelques applications spéciales. En raison du nombre croissant de satellites d'observation de la Terre, notamment aussi du nouveau programme européen de satellites Copernicus¹, un flux accru de données est toutefois mis à disposition, de plus en plus même à titre gratuit. En outre, les vitesses de transmission des données et les puissances de calcul plus élevées permettent d'analyser de grandes quantités de données (mégadonnées) à l'aide de méthodes fortement automatisées (p. ex. par apprentissage automatique). Il en résulte subitement de nouvelles possibilités d'utilisation.

Remplacement, complément ou nouveau relevé ?

Mais des satellites peuvent-ils suppléer à un relevé local (p. ex. d'embouteillages sur les routes suisses) ? Probablement pas. Des données d'observation de la Terre par satellite peuvent néanmoins **compléter votre relevé actuel**. Par exemple pour

- obtenir des informations entre les périodes de collecte,
- rassembler des renseignements sur des zones difficilement accessibles,
- établir des comparaisons avec des zones voisines,
- étendre des mesures ponctuelles sur des surfaces,
- améliorer les modèles existants avec des données d'entrée supplémentaires.

Toutefois, l'observation de la Terre par satellite sous sa forme actuelle ouvre également des possibilités inexplorées, c'est pourquoi nous croyons que de **nouvelles applications** peuvent aussi voir le jour. Une région de la Suisse est désormais soumise quasi quotidiennement à une prise de vues à haute résolution, ce qui permet de surveiller des processus ne pouvant pas être saisis jusqu'à présent ou sinon uniquement au prix d'un déploiement disproportionné de moyens. En outre, les cadences élevées de prise de vues offrent aussi de nouvelles possibilités pour les applications en temps quasi réel (p. ex. pour diffuser une alarme).

Ce guide s'adresse aux décideurs effectuant des tâches en rapport avec le territoire et aux spécialistes en matière de collecte de données des autorités suisses (Confédération, cantons, grandes villes) ainsi qu'à leurs presta-

1 <http://www.copernicus.eu/>

taires de service lors du recueil des données. Il présente une structure modulaire visant ainsi à mieux prendre en compte vos connaissances préalables et vos intérêts. Vous pouvez savoir si vous devez lire un module à l'aide du questionnaire suivant.

Qu'est-ce que l'observation de la Terre par satellite et quelles sont les données enregistrées ?

Le module 1 « Brève explication de l'observation de la Terre par satellite » (chapitre 2) explique les principes essentiels tout en exposant ainsi les plates-formes et les instruments de prise de vues existants.

Quelles sont de nos jours les applications pratiques dans d'autres pays et quelles applications seraient envisageables en Suisse ?

Le module 2 « Exemples d'applications pratiques » (chapitre 3) montre comment l'observation de la Terre est utilisée dans d'autres pays, exemples à l'appui. Une attention particulière est portée en l'occurrence aux applications gérées par les autorités ainsi qu'aux domaines d'utilisation potentiels en Suisse.

Pouvez-vous mieux accomplir la collecte de données nécessaires à votre tâche à l'aide de l'observation de la Terre par satellite ou à un moindre coût ?

Le module 3 « Questionnaire/auto-vérification » (chapitre 4) vous permet de déterminer le potentiel offert par l'application de l'observation de la Terre par satellite pour exécuter votre propre tâche à l'aide de 25 questions.

Percevez-vous le potentiel de l'observation de la Terre par satellite et tenez-vous à clarifier plus précisément l'emploi de cette technologie, à analyser la faisabilité ?

Le module 4 « Initialisation d'un projet » (chapitre 5) vous indique comment décrire l'état réel (le recueil actuel de données) sous une forme structurée, mettre en lumière les possibilités d'amélioration et évaluer le recours à l'observation de la Terre par satellite (que ce soit à titre de remplacement, de complément ou de nouvelle collecte de données).

2. Brève explication de l'observation de la Terre par satellite

Les contenus de ce chapitre reposent sur le lexique de la télédétection².

Les **systèmes d'observation de la Terre** (aussi appelés systèmes de télédétection) sont des systèmes à capteurs installés sur une plate-forme servant à enregistrer le rayonnement électromagnétique émis par la surface de la Terre, les océans et l'atmosphère en vue d'acquérir des images ou non.

Les systèmes d'observation de la Terre peuvent être classés d'après différents points de vue. Suivant la source du rayonnement reçu, il est fait une distinction entre systèmes passifs et systèmes actifs (Figure 1).

- **Les systèmes passifs** utilisent le rayonnement existant par nature tel que la lumière solaire ou les rayons émis par des corps à la surface de la Terre elle-même.
- **Les systèmes actifs** génèrent eux-mêmes leurs rayons et mesurent ensuite le rayonnement réfléchi par la surface de la Terre.

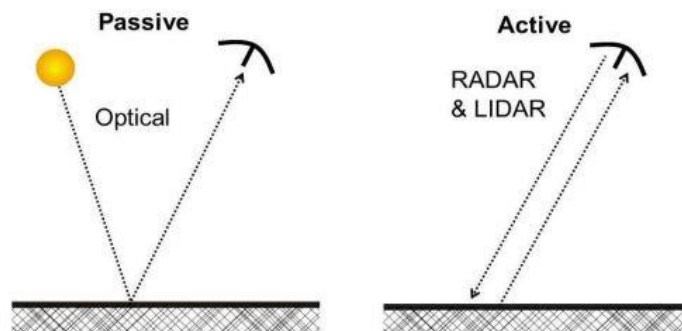


Figure 1 : Systèmes passifs et actifs

Pour effectuer des observations à partir de l'espace, des satellites, des fusées, des vaisseaux spatiaux ou des stations spatiales servent entre autres de **plates-formes**. Pour réaliser des observations dans l'atmosphère, il est fait usage de plates-formes aériennes telles que des avions, des hélicoptères, des ballons et des drones.

Cette introduction se limite par la suite à décrire les systèmes d'observation de la Terre par satellite.

2 <http://www.fe-lexikon.info/lexikon-e.htm>

2.1 Plates-formes et orbites

Les satellites peuvent se différencier selon le type de leur orbite autour de la Terre, sachant que parmi les multiples possibilités, seules les plus fréquentes sont décrites en l'occurrence :

- un satellite *géostationnaire* « se tient » à une altitude d'env. 36 000 km au-dessus de l'Équateur et se déplace avec la Terre à une vitesse lui permettant d'accomplir un tour de la Terre par jour. Les satellites météorologiques comme Meteosat sont typiques des satellites géostationnaires. Il est ainsi possible d'enregistrer une image de tout l'hémisphère visible du satellite à des intervalles rapprochés.
- En *orbite polaire*, le satellite vole autour de la Terre de pôle en pôle à une altitude de quelques centaines de kilomètres. Le plus souvent, le plan de l'orbite est toutefois légèrement incliné par rapport à l'axe de rotation (orbite quasi polaire).
- En orbite *solaire synchrone*, la direction du Soleil par rapport au satellite et le plan de son orbite sont toujours identiques. Cela présente l'avantage que le satellite survole constamment un endroit donné sur la surface de la Terre à la même heure locale de la journée.

2.2 Instruments

Une autre classification des systèmes d'observation de la Terre résulte du type des récepteurs de rayonnement utilisés (instruments). Les systèmes les plus importants pour observer la Terre par satellite sont les suivants :

- Les *systèmes optiques* constituent des capteurs passifs servant à enregistrer le rayonnement électromagnétique dans le spectre de la lumière visible ou les fréquences situées à proximité dans les plages ultraviolette ou infrarouge. Les systèmes travaillant avec ces capteurs exploitent l'énergie rayonnante naturelle dans la plage des longueurs d'onde entre 0,3 et 3 μm (micromètres) ainsi que le rayonnement thermique spécifique des objets de 3-14 μm .
- Les *scanners multispectraux* à balayage optomécanique peuvent enregistrer simultanément les données dans des canaux spectraux individuels. Le rayonnement incident est séparé par des moyens techniques (prismes, réseaux, miroirs dichroïques) et transmis à des détecteurs. Cette méthode permet de saisir des données dans les spectres du proche ultraviolet, de la lumière visible, de l'infrarouge réfléchi et de l'infrarouge thermique.
- Les *capteurs thermiques* passifs permettent d'évaluer les effets de la température, sachant que le rayonnement thermique émis par la Terre dans l'infrarouge est mesuré. Les capteurs thermiques peuvent être imageurs, mais aussi non imageurs. Les radiomètres et les spectro-

mètres constituent des capteurs non imageurs. Les spectromètres permettent de choisir et de séparer une certaine plage de longueurs d'onde infrarouges. Les données sont présentées la plupart du temps sous la forme d'images en noir et blanc. Pour faciliter l'interprétation, les valeurs de gris sont souvent codées en couleurs, de sorte que chaque couleur corresponde à un palier de température. Différents types de radiomètres à balayage sont employés pour enregistrer les données thermiques provenant de satellites.

- Les *systèmes radars* sont des systèmes actifs d'observation de la Terre, pourvus d'émetteurs pour dissiper l'énergie et d'antennes pour recevoir le rayonnement réfléchi (par la surface de la Terre ou par les particules en suspension dans l'atmosphère) à l'intérieur de la plage des micro-ondes.
- Les *radiomètres* constituent des systèmes passifs à micro-ondes pour enregistrer le rayonnement à micro-ondes naturel, émis par la surface de la Terre.
- Les *altimètres* sont des appareils mesurant l'altitude au-dessus d'une certaine surface. Les procédés radars installés sur des satellites sont souvent utilisés pour explorer la surface de la mer afin d'en déduire la hauteur du niveau de la mer.
- Les *scatteromètres* constituent des instruments radars non imageurs à haute fréquence, dédiés à l'enregistrement quantitatif du coefficient de rétrodiffusion de la surface du sol en fonction de l'angle d'incidence. Lorsque la surface de la mer est éclairée activement par un radar à visée latérale, des ondes influencent l'intensité du signal rétrodiffusé, ce qui permet de tirer des conclusions quant aux conditions de vent.

La restitution de la surface de la Terre est déterminée, d'une part, par les propriétés du capteur et, d'autre part, par le rayonnement électromagnétique réagissant sur le capteur lors de l'enregistrement. L'intensité du rayonnement et sa composition spectrale sont fonction de l'éclairage du terrain et des propriétés de réflexion des objets. Les capteurs n'enregistrent qu'une petite partie du spectre électromagnétique (cf. Figure 2).

Les satellites d'observation de la Terre transportent souvent à bord plusieurs de ces systèmes à capteurs construits pour enregistrer divers objets d'observation. Des technologies de détection variées sont utilisées à cette fin, p. ex. un système radar imageur actif pour cartographier la surface de la Terre et les océans, un altimètre radar pour déterminer la hauteur par rapport au sol, un appareil à micro-ondes passif pour mesurer la température ainsi qu'un radiomètre imageur pour étudier scientifiquement la surface terrestre, l'atmosphère, les océans et la cryosphère.

En plus des instruments d'enregistrement, les satellites d'observation de la Terre sont encore équipés d'autres systèmes tels que le système de transmission des données, le système de télémétrie et les instruments servant à déterminer la position.

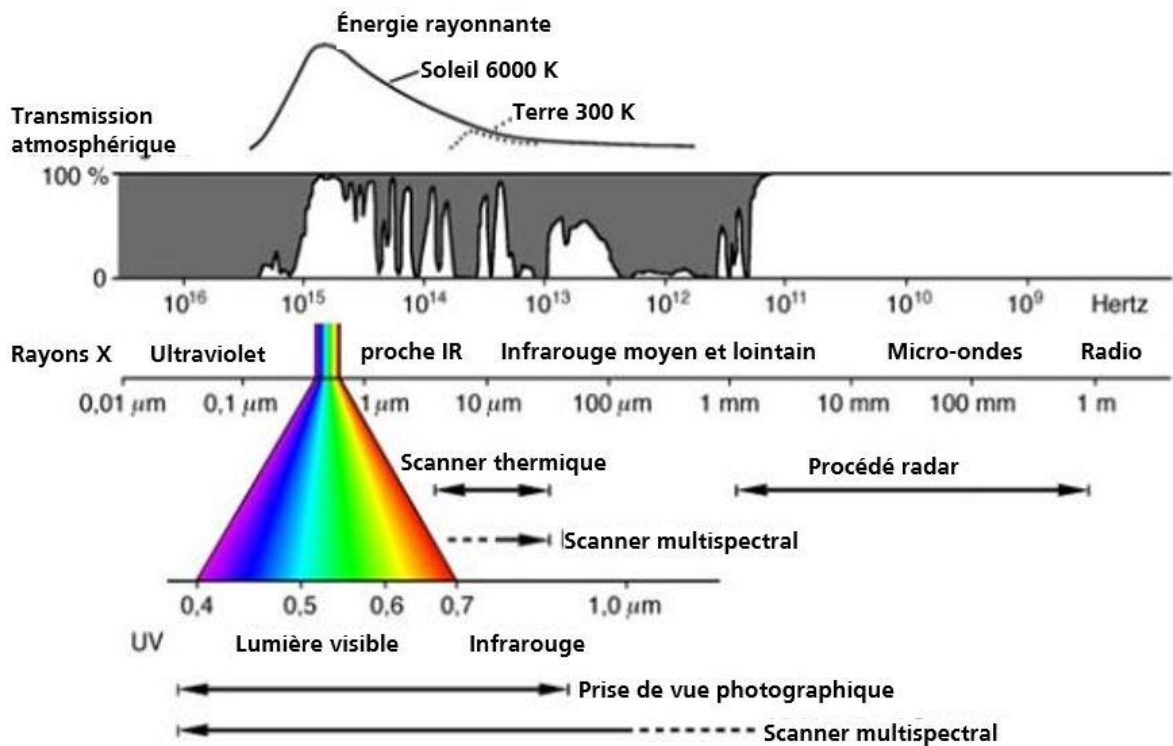


Figure 2 : Le spectre électromagnétique et les plages couvertes par les différents capteurs

2.3 Résolution

Différents types de résolution sont distingués dans le cas des systèmes d'observation de la Terre :

- La *résolution spatiale* indique la surface couverte par un pixel à la surface de la Terre (par exemple Landsat TM : 30x30 m). Les systèmes aéroportés atteignent généralement une résolution spatiale d'un ordre de grandeur variant du centimètre au décimètre. Assistés par satellites, les systèmes parviennent à des tailles de pixel se situant entre 0,5 m (haute résolution) et 1 km (grande échelle).
- La *résolution spectrale* caractérise le nombre de canaux spectraux d'un capteur (ainsi que sa largeur de bande spectrale) (par exemple Landsat TM : sept canaux spectraux). Divers systèmes sont alors différenciés : panchromatiques (1 canal spectral), multispectraux (entre 2 et environ 10 canaux spectraux) et hyperspectraux (entre 10 et plusieurs centaines de canaux spectraux).
- La *résolution temporelle* indique la durée entre deux survols d'une seule et même région (par exemple Landsat TM : 16 jours). Les systèmes d'enregistrement météorologiques procèdent en partie à plusieurs prises de vues durant une journée (notamment les satellites géostationnaires), tandis que les intervalles temporels des satellites environnementaux et d'observation de la Terre typiques varient entre 1 jour (entre autres MODIS) et plusieurs semaines.

- La *résolution radiométrique* indique le nombre de niveaux de gris discernables d'un capteur (par exemple Landsat TM : 8 bits ou 256 niveaux de gris). La plupart des systèmes de télédétection quantifient les données enregistrées en 8 ou 12 bits.

2.4 Traitement et formats des données

Les données satellitaires sont traitées en plusieurs phases pour générer des produits de qualité supérieure. Ces « niveaux de traitement » (aussi appelées Levels) se différencient selon l'instrument utilisé.

Dans le cas d'instruments optiques, les phases du traitement peuvent se présenter de la manière suivante (à l'exemple du satellite Sentinel-2 à imageur multispectral MSI) :

- Niveau 0 : données brutes compressées servant de base au traitement du niveau 1
- Niveau 1A : données brutes décompressées
- Niveau 1B : données d'image après corrections radiométriques (p. ex. suppression du bruit d'image ou de valeurs de pixel défectueuses) ; la géométrie continue de correspondre à la géométrie enregistrée (avec des distorsions affectant les bords de l'image), et le rayonnement coïncide encore avec la valeur mesurée à la limite supérieure de l'atmosphère (top of atmosphere).
- Niveau 1C : image après correction géométrique au moyen d'un modèle d'altitude numérique (orthophotographie) dans un système prédéfini de coordonnées présentant une résolution uniforme au sol (p. ex. 10 m) ; ces données sont ainsi utilisables directement dans un système d'information géographique (SIG).
- Niveau 2A : orthophotographie améliorée par radiométrie, sur laquelle l'influence de la position du Soleil, de l'exposition du terrain ainsi que de l'atmosphère a été corrigée ; ce rayonnement cadre avec la valeur mesurée au sol (bottom of atmosphere), les prises de vues étant comparables de ce fait dans l'espace et dans le temps.

Dans le cas de systèmes radars, les phases du traitement peuvent se dérouler comme suit (à l'image du satellite Sentinel-1 SAR).

- Niveau 0 : données brutes compressées et non focalisées servant de base au traitement du niveau 1
- Niveau 1 : il existe en l'occurrence deux types de produits prétraités : Single Look Complex (SLC) ou Ground Range Detected (GRD).
- Niveau 2 : Ocean (OCN) : le vent, les vagues et les courants sont déduits des données d'imagerie radar SAR.

Les formats tels que Raw, (Geo)Tiff, HDF, NetCDF, NITF (usage militaire) ou Jpeg2000 sont utilisés pour les données d'image. Les formats (Geo)Tiff et Jpeg2000 peuvent être alors représentés directement avec des programmes usuels de traitement d'images ou dans un système SIG.

Les métadonnées (p. ex. date d'enregistrement, paramètres de calibrage, informations sur la population) sont souvent mises à disposition dans des fichiers aux formats XML ou GML et sont visualisables avec un éditeur de texte ou un système SIG.

2.5 Informations complémentaires

D'autres sources fournissant des informations plus détaillées sur l'observation de la Terre par satellite sont regroupées dans le Tableau 1.



Titre	Éditeur	Lien
What is Remote Sensing ? (Qu'est-ce que la télédétection ?) (Uniquement en anglais)	ESA eduspace	https://www.esa.int/SPECIAL/S/Eduspace_EN/SEMF9R3Z2OF_0.html
Earth Observation from Space: the Optical View (Observation de la Terre depuis l'espace : point de vue optique) (cours en ligne gratuit, uniquement en anglais)	Agence spatiale européenne (ASE) (European Space Agency (ESA))	https://www.mooc-list.com/course/earth-observation-space-optical-view-futurelearn
Copernicus training videos (vidéo-formation, uniquement en anglais)	European Commission	http://copernicus.eu/news/wealth-copernicus-training-videos-your-disposal
Newcomers Earth Observation Guide (Uniquement en anglais)	European Space Agency (ESA)	https://business.esa.int/newcomers-earth-observation-guide
Tutoriel : Fundamentals of Remote Sensing (Les principes fondamentaux de la télédétection) (site Internet, en anglais et français)	The Canada Centre for Mapping and Earth Observation (Centre canadien de cartographie et d'observation de la Terre)	http://www.nrcan.gc.ca/node/9309
An Introduction to Remote Sensing (Une introduction à la télédétection) (vidéo-formation, uniquement en anglais)	Hexagon Geospatial	https://www.youtube.com/watch?v=39nniy5HLLw

Tableau 1 : D'autres informations sur l'observation de la Terre par satellite

3. Exemples d'applications pratiques

3.1 Exemples d'applications internationales

Le Tableau 2 contient diverses sources, où des exemples d'applications de l'observation de la Terre par satellite sont expliqués et illustrés émanant d'autorités et d'entreprises privées du monde entier.

Imagerie	Description	Lien
	Copernicus – Le regard de l'Europe sur la Terre : exemples d'applications du programme européen d'observation de la Terre Copernicus.	http://www.copernicus.eu/sites/default/files/documents/Brochure/Copernicus_Brochure_DE_WEB.pdf
	Site Internet Eurisy : présente des applications satellitaires dans le monde entier et leur importance économique. (Uniquement en anglais)	http://www.eurisy.org/
	Landsat Science : comment Landsat, la plus longue mission d'observation de la Terre en continu, peut s'avérer utile. (Uniquement en anglais)	https://landsat.gsfc.nasa.gov/how_landsat_helps/
	DigitalGlobe : exemples d'applications des données satellitaires de très haute résolution du fournisseur commercial DigitalGlobe (mission contributive de Copernicus). (Uniquement en anglais)	https://www.digitalglobe.com/resources/case-studies
	Space for Smarter Government Programme : exemples d'applications en Grande-Bretagne. (Uniquement en anglais)	http://www.spaceforsmartergovernment.uk/case-studies/
	Airbus Defence and Space : exemples d'applications des satellites SPOT, TerraSAR et Pléiades du fournisseur commercial Airbus Defence and Space (mission contributive de Copernicus). (Uniquement en anglais)	http://www.intelligence-airbusds.com/en/6986-case-study-categorie


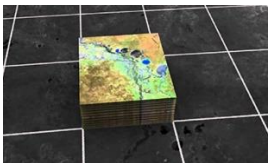

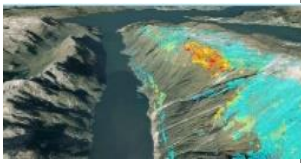

Imagerie	Description	Lien
	<p>Satellite Earth Observations (Observations de la Terre par satellite) : Serving Society, Science & Industry : (Au service de la société, de la science et de l'industrie) Brochure d'information du comité sur les satellites d'observation de la Terre CEOS. (Uniquement en anglais)</p>	<p>http://ceos.org/document_manage/Publications/Data_Applications_Report/DAR_Summary-Brochure_Digital-Version_Dec2015.pdf</p>
	<p>Geoscience Australia : exemples d'applications en provenance d'Australie. (Uniquement en anglais)</p> <p>Data Cube Australia</p>	<p>http://www.ga.gov.au/scientific-topics/earth-obs/case-studies</p> <p>http://nci.org.au/research-news/nci-today-case-studies/</p>

Tableau 2 : Exemples généraux d'applications de l'observation de la Terre par satellite

3.2 Exemples d'applications par des autorités en Europe

Les exemples d'applications figurant ci-après dans le Tableau 3 sont issus du rapport « Exemples d'applications de l'observation de la Terre par satellite pour aider les autorités à exécuter leurs tâches - Analyse des applications en Autriche, en Norvège et en Grande-Bretagne »³.

Imagerie	Description	Lien
	<p>Autriche : Land Information System Austria (LISA)</p>	<p>https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/zustand/publikationen-zum-umweltzustand/studien.html, paragraphe 2.1.2</p>
	<p>Norvège : surveillance et détection précoce de dangers naturels</p>	<p>https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/zustand/publikationen-zum-umweltzustand/studien.html, paragraphe 2.2.2</p>
	<p>Norvège : surveillance de l'infrastructure critique</p>	<p>https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/zustand/publikationen-zum-umweltzustand/studien.html, paragraphe 2.2.2</p>


³ Dousse, T., C. Dübendorfer, I. Leiss, R. Tratschin, 2017 : Exemples d'applications de l'observation de la Terre par satellite pour aider les autorités à exécuter leurs tâches - Analyse des applications en Autriche, en Norvège et en Grande-Bretagne. Rapport établi sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV). En préparation.

Imagerie	Description	Lien
	Norvège : surveillance des modifications des glaciers	https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/zustand/publikationen-zum-umweltzustand/studien.html , paragraphe 2.2.3
	Grande-Bretagne : cartographie des plantes cultivées (Crop Map UK)	https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/etat/publications-etat-de-l-environnement/studien.html , paragraphe 2.3.2
	Grande-Bretagne : inventaire national des forêts (National Forest Inventory UK)	https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/etat/publications-etat-de-l-environnement/studien.html , paragraphe 2.3.3

Tableau 3 : Exemples d'applications de l'observation de la Terre par satellite pour exécuter les tâches des autorités en Europe

3.3 Exemples d'applications potentielles en Suisse

Dans le rapport « Exemples d'applications de l'observation de la Terre par satellite pour aider les autorités à exécuter leurs tâches - Analyse des applications en Autriche, en Norvège et en Grande-Bretagne »⁴, les auteurs parviennent à la conclusion que les exemples d'applications suivants possèdent un potentiel fort ou moyen en Suisse (Tableau 4).

Imagerie	Description	Type
	Statistique de la superficie La statistique de la superficie est établie de nos jours, à peu près tous les 12 ans. D'une part, l'intervalle du relevé pourrait être raccourci ou les coûts pourraient être réduits, dans la mesure où l'observation de la Terre par satellite permettrait d'éliminer les zones où des modifications ont effectivement eu lieu (Change Detection). D'autre part, certaines catégories issues du relevé existant pourraient être améliorées.	Extension de l'application existante

4 Dousse, T., C. Dübendorfer, I. Leiss, R. Tratschin, 2017 : Exemples d'applications de l'observation de la Terre par satellite pour aider les autorités à exécuter leurs tâches - Analyse des applications en Autriche, en Norvège et en Grande-Bretagne. Rapport établi sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV). En préparation.

Imagerie	Description	Type
	<p>CORINE Landcover :</p> <p>Le relevé servant à contribuer au jeu de données européen est déjà établi aujourd'hui, à l'aide de l'observation de la Terre par satellite.</p>	<p>Nouvelle application</p>
	<p>Détection et surveillance de zones dangereuses :</p> <p>Les éboulements, les glissements de terrain, les modifications du pergélisol, les ruptures de lacs glaciaires et les effondrements de glacier constituent des dangers pertinents en Suisse. Une application servant à la détection précoce pourrait compléter les instruments existants de gestion des dangers naturels.</p>	<p>Extension de l'application existante</p>
	<p>Saisie automatisée des demandes de subvention dans l'agriculture :</p> <p>Les possibilités d'utilisation des données satellitaires sont restreintes en raison des petites parcelles. L'observation de la Terre assistée par satellite pourrait cependant aider les agriculteurs lors de l'enregistrement de demandes de subvention en proposant automatiquement des cultures. En outre, ceux-ci pourraient donner des renseignements aux contrôleurs des communes et des cantons sur les surfaces devant être inspectées en priorité avec des méthodes plus précises. Mais aucune directive émanant de l'UE ou de la Confédération n'existe actuellement à ce sujet.</p>	<p>Extension de l'application existante</p>
	<p>Optimisation de la gestion des engrais dans l'agriculture :</p> <p>La surveillance de l'épandage de lisier en présence de sols gelés, trempés ou enneigés n'est pas parfaitement résolue de nos jours. L'observation de la Terre par satellite pourrait jeter les fondements d'un système d'information des agriculteurs permettant de déterminer le moment approprié de la fertilisation en fonction du lieu. Elle pourrait servir également aux organes de contrôle à détecter rapidement des cas problématiques.</p>	<p>Nouvelle application</p>
	<p>Prévisions météorologiques :</p> <p>Des données satellitaires sont d'ores et déjà utilisées. Les méthodes peuvent être cependant encore affinées. De même, la recherche est déjà pratiquée dans la climatologie satellitaire appliquée.</p>	<p>Extension de l'application existante</p>
	<p>Mesure de la qualité de l'air :</p> <p>Un réseau d'observation très évolué des polluants atmosphériques est disponible, tandis que la coopération avec les cantons et les villes est bien rodée. Il existe un grand potentiel en la matière, si les missions des satellites Sentinel-3 et -5 sont pleinement exploitées.</p>	<p>Extension de l'application existante</p>



Imagerie	Description	Type
	<p>Analyse de l'ampleur d'inondations ou de dommages causés par les tempêtes :</p> <p>La cartographie rapide assistée par satellite se prête à l'emploi en Suisse surtout dans le cas d'événements nationaux et donc rares (dommages causés par des tempêtes, grandes avalanches, incendies de forêt, tremblements de terre). Des applications de cartographie rapide à l'étranger (aide en cas de catastrophe) sont déjà en partie mises en œuvre aujourd'hui, mais elles pourraient dispenser de meilleurs services à l'avenir.</p>	<p>Extension de l'application existante</p>
	<p>Énergie renouvelable</p> <p>L'observation de la Terre par satellite pourrait servir à choisir des sites appropriés pour des éoliennes dans le pays et en pleine mer. La mesure de l'exposition au vent fait partie des critères servant à identifier les sites adéquats, et elle est exécutable via l'observation de la Terre.</p>	<p>Complément, nouveau</p>

Tableau 4 : Applications potentielles en Suisse

Les hypercubes ou « Data Cubes » offrent une autre possibilité d'application (Figure 3)⁵. Les mesures spatiotemporelles, assistées par satellite y sont recueillies. Les utilisateurs peuvent consulter l'évolution d'un paramètre concernant un endroit donné. Les hypercubes se distinguent ainsi du type de données traditionnelles reposant sur l'imagerie par la manière dont les utilisateurs accèdent aux données d'observation de la Terre et les exploitent.

Le réseau de la base de données sur les ressources mondiales du programme des Nations Unies pour l'environnement PNUE/GRID de Genève a fourni le prototype d'un hypercube à la Suisse conjointement avec des partenaires et des organisations de soutien variés⁶ sur la base des données Landsat⁷. Le consortium a ainsi poursuivi les travaux de Geoscience Australia. Des conversations ont lieu en ce moment concernant le moyen de faire fonctionner un tel hypercube suisse sur le plan opérationnel.

5 Vidéo avec d'autres informations consultable sur le site <https://www.youtube.com/watch?v=AYB5Sw80Vfs>

6 Organisations partenaires : Office fédéral de l'environnement OFEN, Université de Genève, programme des Nations Unies pour l'Environnement. Organisations de soutien : Geoscience Australia, comité sur les satellites d'observation de la Terre (CEOS), secrétariat du groupe sur l'observation de la Terre (GEO)

7 <http://sdc.unepgrid.ch>

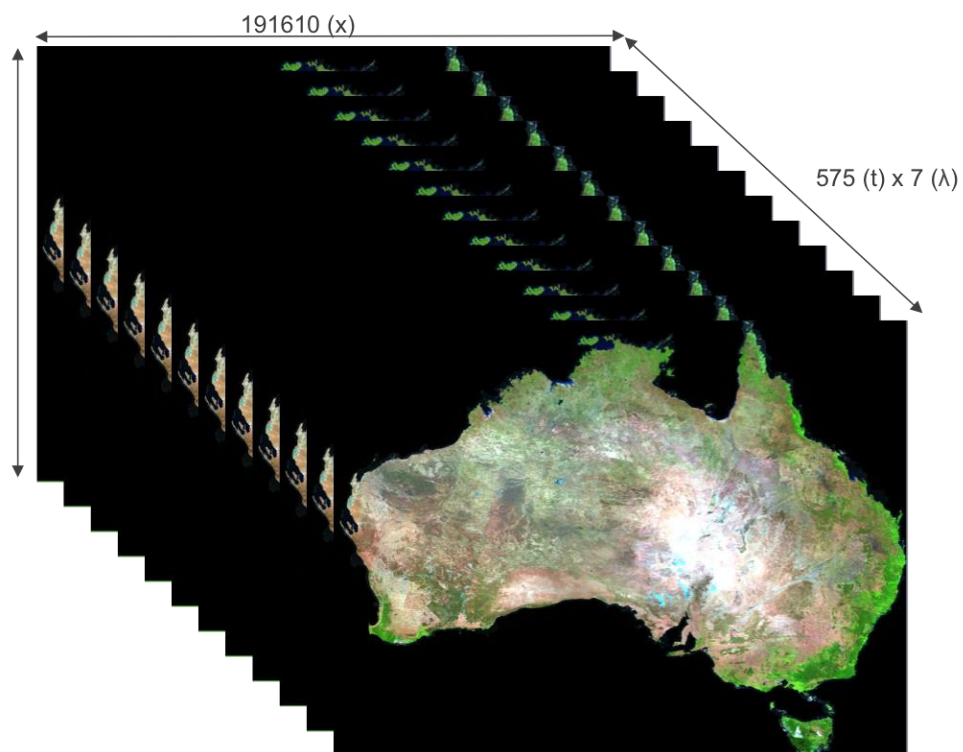


Figure 3 L'hypercube de l'Australie a été réalisé par Geoscience Australia. Il renferme les données collectées par les satellites Landsat-5 et -7 sur une période de 15 ans (source de l'image : <http://nci.org.au/2013/12/11/data-cube-future-earth-observation/>).

4. Questionnaire/auto-vérification

La présente auto-vérification sert à identifier le potentiel de l'application de l'observation de la Terre par satellite pour exécuter les tâches des autorités à l'aide d'une auto-évaluation. Elle suppose qu'au moins l'introduction (chapitre 1, Bienvenue dans ce guide) et le module 1 (chapitre 2, Brève explication de l'observation de la Terre par satellite) ont été étudiés au préalable.

Le questionnaire est centré sur la tâche concrète à exécuter, qui a une référence spatiale et est déjà assumée de nos jours. L'approche actuelle peut être alors très différente, même les sources d'informations et de données utilisées jusqu'à présent pouvant être de nature diverse.

Notions

Par souci de simplification, le terme « système » s'applique à toute forme de collecte de données dans le questionnaire. Exemples : questionnaire, observations sur le terrain, capteurs stationnaires ou mobiles, mensuration, restitution photogrammétrique.

La collecte de données sert directement ou indirectement à constituer un produit de données, désigné simplement par le terme « produit ». Exemple : statistique, carte, simulation, prévision.

*Avant de commencer à remplir la liste d'auto-vérification :
veuillez garder à l'esprit votre « système » actuel et votre
« produit » actuel selon la description susmentionnée.*

Les questions sont divisées en trois parties : le volet 1 se rapporte au système actuel, le volet 2 questionne sur les divers facteurs susceptibles de déclencher l'optimisation du système actuel, et le volet 3 se réfère à un système à venir optimal.

Analyse

Ce document ne présente que les questions destinées à l'auto-vérification. Pour analyser, c'est-à-dire répondre aux questions concernant le niveau du potentiel que l'application de l'observation de la Terre par satellite offre au « système actuel », il faut répondre en ligne aux questions figurant ici

<http://www.erdbeobachtung.ch/questionnaire>

4.1 Indications sur le système

Veillez choisir le domaine thématique convenant le mieux à votre exemple d'application, autrement dit à votre système parmi la sélection suivante :

- Circulation et transport
- Construction et immobilier
- Sécurité
- Climat et énergie
- Protection et observation de l'environnement (incluant les dangers naturels)
- Produits agricoles et denrées alimentaires
- Commerce
- Matières premières et production industrielle
- Mensuration nationale
- Protection civile et aide humanitaire
- Santé publique
- Aménagement urbain et régional
- Autre

4.2 Partie 1 : Système actuel

Les questions figurant dans ce volet se rapportent au produit du **système actuel**. Il est possible de répondre à toutes les questions en choisissant l'une des cinq options proposées. Celles-ci n'ont aucune portée directe pour déterminer l'adéquation avec l'application de l'observation de la Terre par satellite. Elles servent cependant de référence pour comparer un système à venir optimal et contribuent ainsi indirectement à l'appréciation.

La réponse convenant le mieux doit être sélectionnée pour chaque question.

Question 1.1 : Qu'est-ce qui constitue le fondement au sens d'une législation, d'un accord ou d'une décision à l'élaboration du produit actuel ?

1	2	3	4	5
Aucune base clairement définie	Base communale	Base cantonale ou intercommunale	Base nationale ou intercantonale	Convention ou accord sur le plan international

Question 1.2 : Quelle est l'origine de la source de données la plus importante servant à réaliser le produit ?

1	2	3	4	5
Aucune réponse possible	Envoi d'un questionnaire	Relevé effectué sur place par l'observation, la mensuration et le dénombrement	Analyse de données provenant de stations de mesure	Mesure à distance (drones, avion, satellite)

Question 1.3 : Avec quelle résolution spatiale le produit est-il disponible ?

1	2	3	4	5
Aucune réponse possible	<=1 m	de >1 m à 10 m	de >10 m à 100 m	> 100 m

Choisissez la catégorie décrivant le mieux votre système actuel. S'il ne s'agit pas d'un relevé assurant une couverture globale, sélectionnez « Aucune réponse possible ».

Question 1.4 : Quelle est la couverture spatiale du produit par rapport au territoire de compétence de l'institution (territoire communal, cantonal ou fédéral) ?

1	2	3	4	5
Parties du territoire	Le propre territoire de compétence	Le propre territoire ainsi que des territoires voisins du même niveau étatique	Le propre territoire ainsi que d'autres territoires (pas non plus voisins) du même niveau étatique	Le propre territoire ainsi que des territoires étrangers plus étendus, p. ex. le territoire de compétence complet d'un niveau étatique supérieur

Question 1.5 : À quels intervalles temporels, les données d'entrée les plus importantes du produit ont-elles été collectées ?

1	2	3	4	5
<= 1 heure	de >1 heure à <=1 jour	de >1 jour à <=1 mois	de >1 mois à <=3 ans	>3 ans

Question 1.6 : Avec quelle rapidité, le produit peut-il être accessible (temps écoulé entre la collecte des données et la disponibilité du produit) ?

1	2	3	4	5
<= 1 heure	de >1 heure à <=1 jour	de >1 jour à <=1 mois	de >1 mois à <=3 ans	>3 ans

Question 1.7 : Sur quels canaux, le produit est-il mis à la disposition des utilisateurs ?

1	2	3	4	5
Document interne	Site Internet public	Jeu de données sur demande/commande	Jeu de données à télécharger	Service de données pouvant être exploité par d'autres systèmes (p. ex. service web)

Sélectionnez la catégorie « supérieure » applicable à votre produit.

Question 1.8 : Quel est le rythme d'actualisation du produit ?

1	2	3	4	5
<= 3 heures	de >3 heures à <=3 jours	de >3 jours à <=3 mois	de >3 mois à <=10 ans	>10 ans

Question 1.9 : Comment évaluez-vous la précision du contenu des données d'entrée du produit ?

1	2	3	4	5
Prescriptions réglementaires non remplies	Prescriptions réglementaires remplies, mais propres objectifs non atteints	Objectifs et prescriptions réglementaires en partie remplis	Objectifs et prescriptions réglementaires remplis	Objectifs et prescriptions réglementaires dépassés

4.3 Partie 2 : Conditions marginales

Les questions posées dans ce volet se réfèrent aux conditions marginales possibles, susceptibles de déclencher ou d'influencer le renouvellement ou l'extension du système actuel. Il convient d'y répondre par oui ou non, sachant qu'un oui indique une meilleure adéquation avec l'application de l'observation de la Terre par satellite et un non une moindre adéquation.

Question 2.1 : De nouveaux besoins ont-ils été décelés dépassant le cadre des prescriptions actuelles et devant être observés à titre préventif ?

Oui Non

Question 2.2 : De nouvelles exigences réglementaires sont-elles en vigueur ou en perspective, requérant des collectes de données plus précises ?

Oui Non

Question 2.3 : Existe-t-il des aspirations (profondes) ou des obligations à la collecte de données harmonisées sur le plan international et/ou des besoins d'évaluation ?

Oui Non

Question 2.4 : La disponibilité de séries chronologiques, autrement dit la répétition de la collecte à des intervalles réguliers et selon la même méthode est-elle importante ?

Oui Non

Question 2.5 : Un relevé assurant une couverture plus globale par rapport au système actuel serait-il souhaitable ? (P. ex. mesures ponctuelles complémentaires apportant des enseignements sur la surface)

Oui Non

Question 2.6 : Y a-t-il des applications ou des travaux de recherche dans le domaine thématique, utilisant des systèmes d'observation de la Terre par satellite ?

Oui Non

La démarcation des systèmes d'observation de la Terre par satellite est expliquée dans le module 1 (chapitre 2). Les systèmes satellitaires de géo-localisation (GPS, GLONASS ; Galileo) ne font donc pas partie de cette catégorie.

Question 2.7 : Y a-t-il des applications ou des travaux de recherche dans le domaine thématique, établissant des évaluations automatisées ou auto-adaptatives ou bien des prévisions à l'aide de données de mesure empiriques ?

Oui Non

Question 2.8 : Le système actuel va-t-il atteindre la fin de son cycle de vie au cours des prochaines années (p. ex. en raison de mises à jour logicielles en suspens, de l'âge du matériel ou d'une assistance faisant défaut) ?

Oui Non

Question 2.9 : Des coupes du budget disponibles sont-elles attendues ou y a-t-il une pression sur les coûts ?

Oui Non

Question 2.10 : La modification du système n'induirait-elle aucun effet négatif (p. ex. travail moins exigeant, inintéressant) pour les ressources humaines, qui utilisent le système actuel ?

Oui Non

Question 2.11 : Une éventuelle surveillance ou observation accrue des activités humaines, susceptible d'accompagner une modification de système serait-elle acceptée ?

Oui Non

4.4 Partie 3 : Un système optimal

Les questions énoncées dans ce volet se rapportent au produit d'un **système à venir optimal**. Il est possible de répondre à toutes les questions en choisissant l'une des cinq options proposées. Une valeur numérique entre 1 et 5 est respectivement attribuée aux réponses, sachant que 1 laisse apparaître une faible adéquation avec l'application de l'observation de la Terre par satellite et 5 une forte adéquation.

La réponse convenant le mieux doit être sélectionnée pour chaque question.

Question 3.1 : De quelle résolution spatiale le produit optimal dispose-t-il dans l'idéal ?

1	2	3	4	5
Aucune réponse possible	<=1 m	de >1 m à 10 m	de >10 m à 100 m	> 100 m

S'il ne s'agit pas d'un relevé assurant une couverture globale, sélectionnez « Aucune réponse possible ».

Question 3.2 : Quelle est la couverture spatiale du produit optimal dans l'idéal par rapport au territoire de compétence de l'institution (territoire communal, cantonal ou fédéral) ?

1	2	3	4	5
Parties du territoire	Le propre territoire de compétence	Le propre territoire ainsi que des territoires voisins du même niveau étatique	Le propre territoire ainsi que d'autres territoires (pas non plus voisins) du même niveau étatique	Le propre territoire ainsi que des territoires étrangers plus étendus, p. ex. le territoire de compétence complet d'un niveau étatique supérieur

Question 3.3 : À quels intervalles temporels les données d'entrée majeures du produit optimal ont-elles été collectées dans l'idéal ?

1	2	3	4	5
<= 1 heure	de >1 heure à <=1 jour	de >1 jour à <=1 mois	de >1 mois à <=3 ans	>3 ans

Question 3.4 : Avec quelle rapidité, le produit optimal peut-il être accessible dans l'idéal (temps écoulé entre la collecte des données et la disponibilité du produit) ?

1	2	3	4	5
<= 1 heure	de >1 heure à <=1 jour	de >1 jour à <=1 mois	de >1 mois à <=3 ans	>3 ans

Question 3.5 : Sur quels canaux, le produit optimal est-il mis à la disposition des utilisateurs dans l'idéal ?

1	2	3	4	5
Document interne	Site Internet public	Jeu de données sur demande/commande	Jeu de données à télécharger	Service de données pouvant être exploité par d'autres systèmes (p. ex. service web)

Sélectionnez la catégorie « supérieure » applicable à votre produit.

Question 3.6 : Quel est le rythme d'actualisation du produit optimal dans l'idéal ?

1	2	3	4	5
<= 3 heures	de >3 heures à <=3 jours	de >3 jours à <=3 mois	de >3 mois à <=10 ans	>10 ans

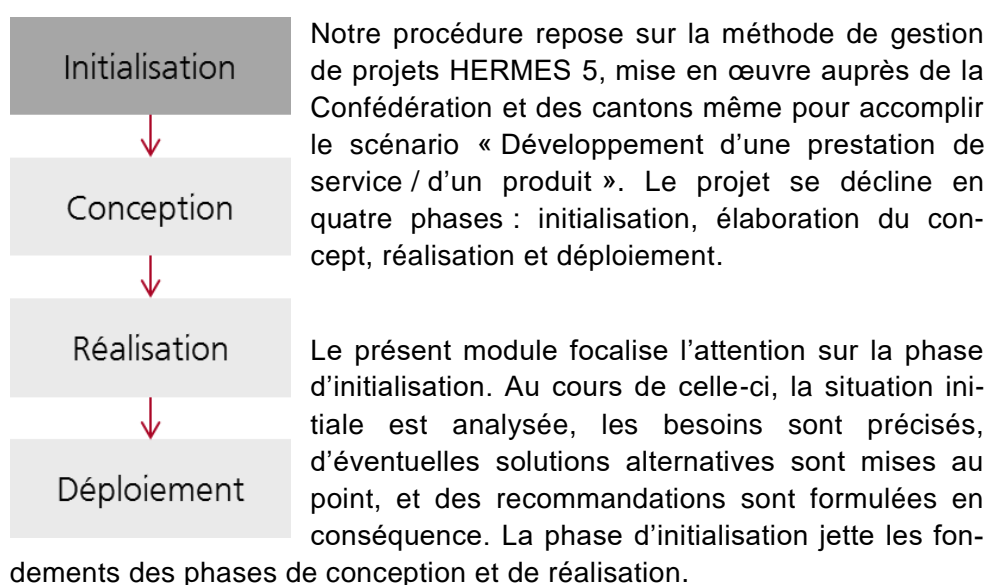
Question 3.7 : Quelle est la précision recherchée quant au contenu des données d'entrée du produit ?

1	2	3	4	5
Prescriptions réglementaires non remplies	Prescriptions réglementaires remplies, mais propres objectifs non atteints	Objectifs et prescriptions réglementaires en partie remplis	Objectifs et prescriptions réglementaires remplis	Objectifs et prescriptions réglementaires dépassés

5. Initialisation d'un projet

Percevez-vous le potentiel de l'observation de la Terre par satellite et tenez-vous à analyser plus précisément la faisabilité de cette technologie en vue de son emploi ? Ce module décrit les questions que vous devriez poser initialement et comment vous pouvez rassembler les résultats dans une étude.

Le chapitre suppose qu'au moins l'introduction (chapitre 1, Bienvenue dans ce guide) et le module 1 (chapitre 2, Brève explication de l'observation de la Terre par satellite) ont été étudiés au préalable. L'exécution de l'auto-vérification du module 3 (chapitre 4, Questionnaire/auto-vérification) est en outre recommandée.



La phase d'initialisation peut être divisée en trois étapes partielles :

- Description de l'état réel
- Description de l'état théorique
- Élaboration et évaluation de variantes de solution

Les paragraphes présentés ci-après mettent en lumière ces étapes partielles en abordant respectivement les aspects suivants :

- Objectifs
- Procédure et questions clés
- Conseils pratiques pour répondre aux questions clés

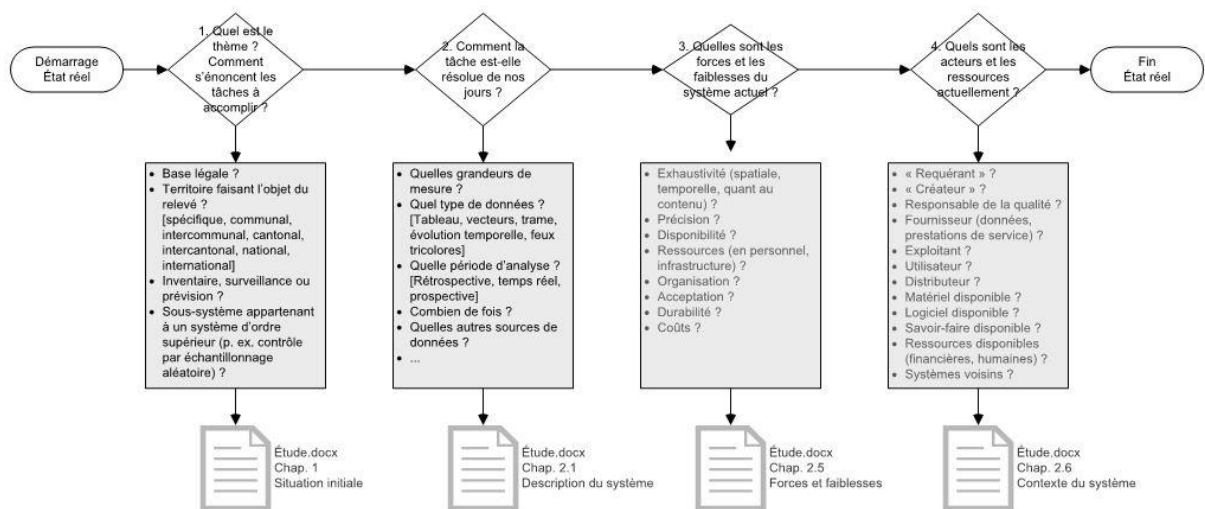
5.1 Description de l'état réel

Objectifs

Cette étape partielle décrit le système existant, présentant un intérêt ou un potentiel pour être remplacé ou complété par un système d'observation de la Terre par satellite.

Procédure

La procédure s'articule autour de quatre questions clés. Les réponses à ces questions peuvent être documentées dans le modèle HERMES « Étude ».



1. Quel est le thème ? Comment la tâche se définit-elle ?

Le thème doit être présenté, et les tâches à exécuter doivent être décrites en réponse à cette question. Les thèmes pourraient être : la circulation, l'énergie, l'urbanisme et l'aménagement régional, l'environnement etc. Il s'agit surtout de répondre à la question : qui fait quoi, où et pourquoi ?

Les aspects pouvant être abordés sont les suivants :

- Sur quelle base légale ou sur quel accord repose le système actuel ?
- Comment le territoire objet du relevé est-il défini ? P. ex. le long d'une unité administrative (commune, canton, toute la surface du pays) ? Ou s'agit-il d'un territoire d'étude spécifique (p. ex. une réserve naturelle) ?
- Est-il question d'un système servant à l'inventaire, à la surveillance (monitoring) ou à la prévision (forecast) ?
- Le système existant fait-il partie d'un système global ? P. ex. la « surveillance de demandes de subvention par échantillonnage aléatoire », déposées par les requérants au moyen d'un formulaire, serait un sous-système du système global « Versement des subventions demandées ».

2. Comment la tâche est-elle résolue ?

Le déroulement (organisationnel) et la réalisation technique du système existant doivent être décrits en réponse à cette question. Il s'agit en premier lieu de répondre à la question : quelle est la façon de procéder de nos jours ?

Les aspects pouvant apparaître lors de la mise en œuvre organisationnelle s'énoncent comme suit :

- Qui est responsable du relevé ?
- Qui est responsable de la gestion et de l'analyse des données collectées ?
- Qui est responsable de l'assurance de la qualité ?
- Qui est responsable de la publication des résultats ?
- Qui livre les données, les prestations de service ou l'infrastructure ?
- Qui est responsable de l'exploitation de l'infrastructure (infrastructure de mesure, de traitement de données et de distribution) ?
- Comment se déroule le cycle temporel en partant du relevé jusqu'à la publication des résultats ?

Les aspects pouvant se présenter lors de la mise en œuvre technique sont formulés comme suit :

- Comment les données sont-elles mesurées ou relevées (p. ex. postes de mesure à transmission automatique, relevé de terrain, questionnaire) ?
- Quelles sont les grandeurs de mesure saisies ?
- Quelles sont les données auxiliaires (p. ex. mesures de calibrage, modèle d'altitude) utilisées ?
- S'agit-il d'un relevé assurant une couverture globale (sur l'ensemble du territoire étudié) ? De mesures individuelles, interpolées par la suite ? De mesures individuelles, devant représenter certaines parties de territoire spécifiques ? D'échantillons (p. ex. pour contrôler une autre méthode de relevé) ?
- Sous quelle forme les données de mesure sont-elles gérées (tabulaire, sous la forme de points/lignes/surfaces avec des attributs, de cellules de trame, d'une série chronologique, de valeurs de feux tricolores) ?
- Quelle période est analysée ? P. ex. données issues du passé ? Données actuelles (p. ex. du jour) visant à réagir à court terme à des faits spécifiques ? Données actuelles visant à modéliser les faits à venir (prévision) ? Uniquement à certaines périodes de l'année (p. ex. au printemps) ?

- Quelle est la fréquence de mesure de nos jours ? À des intervalles réguliers (toutes les secondes, toutes les heures, tous les mois, ...) ? Des moyennes temporelles sont-elles enregistrées (p. ex. moyenne des données saisies toutes les dix minutes) ? À certains jours de l'année ? Ou « tous les x ans » ?

3. Quelles sont les forces et les faiblesses du système actuel ?

Les éventuels aspects revêtus par les forces et les faiblesses du système actuel pourraient être :

- Exhaustivité : l'ensemble du territoire étudié peut-il être enregistré avec le système actuel (p. ex. même des régions reculées) ? La totalité de la période requise pour exécuter le relevé peut-elle être couverte (p. ex. même en hiver) ? Tous les paramètres nécessaires peuvent-ils être enregistrés ?
- Précision : la différenciation ou la précision du relevé répond-elle (quant au contenu) aux exigences ? La résolution spatiale (densité de pixels mesurés) suffit-elle ? L'intervalle (temporel) du relevé est-il suffisant ?
- Disponibilité : les résultats du relevé sont-ils disponibles suffisamment vite ?
- Ressources (en personnel, infrastructure) : les ressources humaines (et le savoir-faire) existent-ils ? Le logiciel et le matériel sont-ils disponibles maintenant et à l'avenir ?
- Organisation : l'organisation actuelle permet-elle le déroulement efficace du relevé ?
- Acceptation : les résultats du relevé sont-ils acceptés ? La réutilisation des résultats du relevé sous la forme actuelle est-elle bien rodée ? La comparabilité avec d'autres relevés est-elle assurée ?
- Durabilité : la méthode de relevé sera-t-elle encore utilisable même dans dix ans ? Va-t-elle encore répondre également aux besoins dans dix ans ?
- Coûts : les coûts cadrent-ils avec l'avantage procuré ?

4. Quels sont les acteurs et les ressources de nos jours ?

Les acteurs suivants sont envisageables et devraient être documentés :

- Qui est impliqué dans le traitement des données (du relevé jusqu'à la publication) (cf. les aspects organisationnels ci-dessus) ?
- Qui est le « requérant » du relevé (assumant la responsabilité financière) ?
- Qui sont les utilisateurs des données et des informations ?

Autres ressources à prendre en considération :

- Matériel disponible (y.c. le réseau de mesure)

- Logiciel disponible (p. ex. pour la gestion et l'analyse des données)
- Savoir-faire disponible
- Ressources disponibles (financières, humaines)
- Systèmes voisins

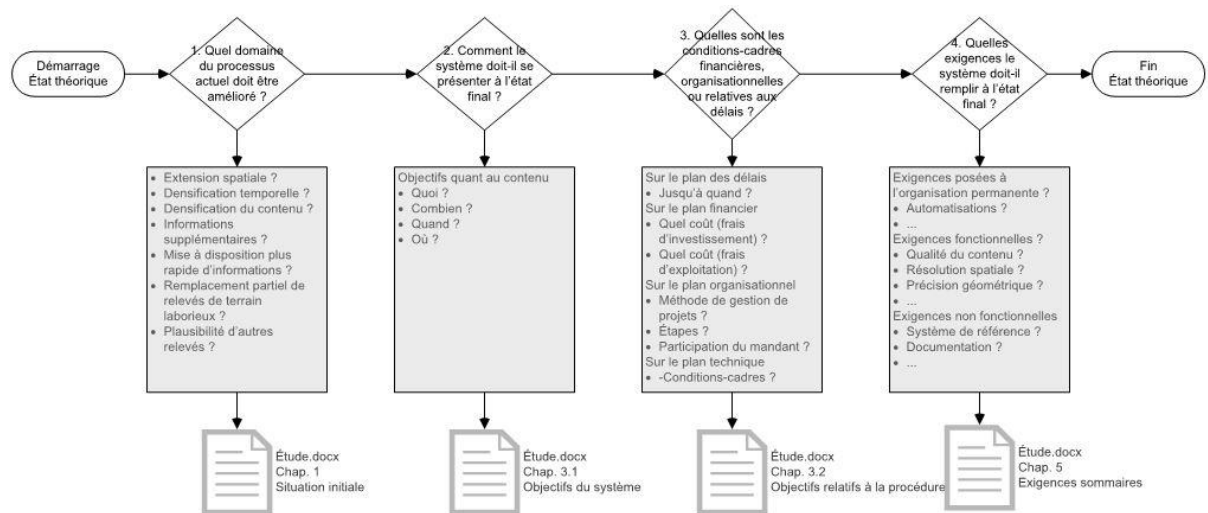
5.2 Description de l'état théorique

Objectifs

Cette étape partielle décrit le système à venir (souhaité).

Procédure

La procédure s'articule autour de quatre questions clés. Les réponses à ces questions peuvent être documentées dans le modèle HERMES « Étude ».



1. Quel domaine du processus actuel doit être amélioré ?

Les éventuels aspects devant être améliorés découlent habituellement des faiblesses constatées lors de l'analyse de l'état réel (cf. « 3. Quelles sont les forces et les faiblesses du système actuel ? »). Il est ainsi concevable de prendre les mesures suivantes :

- Extension spatiale d'un relevé (p. ex. dans des régions reculées ou pour combler les lacunes du relevé).
- Intensification temporelle des relevés de détails existants (p. ex. chaque année au lieu de tous les six ans).
- Densification du contenu des relevés de détails existants (p. ex. répartition des catégories actuelles en sous-catégories).

- Informations supplémentaires pour accroître la précision des relevés existants.
- Mise à disposition plus rapide d'informations (p. ex. lors d'événements).
- Remplacement partiel de relevés de terrain laborieux.
- Plausibilité d'autres relevés.

2. Comment le système doit-il se présenter à l'état final ?

Les objectifs du (nouveau) système quant au contenu doivent être définis en réponse à cette question. Il importe que toutes les parties prenantes soient prises en compte et qu'elles acceptent également les objectifs fixés. Une interaction entre les différents acteurs est donc vivement recommandée au cours de cette étape.

Les objectifs ne doivent pas décrire la solution, mais l'effet devant être atteint avec la solution encore inconnue (p. ex. réduction de..., augmentation de..., diminution..., etc.). Afin que le degré de réalisation des objectifs fixés pour les différentes solutions puisse être mesuré, les objectifs doivent être matérialisés sous une forme opérationnelle dans la mesure du possible. Cette approche repose notamment sur les éléments suivants :

- Contenu et propriété de l'objectif : QU'EST-CE QUI doit être atteint ?
- Ampleur de l'objectif : COMBIEN doit être atteint ?
- Référence temporelle : QUAND doit-il être atteint ?
- Référence au lieu : OÙ doit-il prendre effet ?

3. Quelles sont les conditions-cadres financières ou organisationnelles quant aux délais ?

Les objectifs du (nouveau) système quant à la procédure doivent être définis en réponse à cette question. Les mêmes remarques que celles soulevées à la question « 2. Comment le système doit-il se présenter à l'état final ? » s'appliquent en principe. Les objectifs relatifs à la procédure peuvent aborder les aspects suivants :

Sur le plan des délais

- Jusqu'à quand les résultats issus du nouveau système doivent-ils être disponibles ?

Sur le plan financier

- Combien peuvent coûter la collecte des données et/ou le développement du produit (frais d'investissement) ?
- Quel peut être le coût de l'actualisation du produit ou du fonctionnement d'un système (frais d'exploitation) ?

Sur le plan organisationnel

- Selon quelle méthode de gestion de projets le projet doit-il être exécuté / le produit doit-il être mis au point (p. ex. Hermes 5) ?
- En quelles étapes le projet et/ou la livraison du produit doivent-ils être divisés ? P. ex. zone pilote, puis unités de réalisation.
- Comment le mandant ou d'autres participants (p. ex. haute école, exploitant) doivent-ils être associés au processus de développement ?

Sur le plan technique

- Quelles conditions-cadres doivent être remplies pour réaliser les enregistrements (p. ex. position du soleil minimale admissible, exigences en matière de résistance aux intempéries, période de la collecte de données) ?

4. Quelles exigences le système doit-il remplir à l'état final ?

Les exigences posées au (nouveau) système doivent être formulées en réponse à cette question. Il importe que seules les exigences requises du produit final et non de la technologie employée soient définies. Les exigences se déclinent comme suit :

Exigences posées à l'organisation permanente :

elles décrivent la fonctionnalité et/ou le rôle du système du point de vue de l'organisation permanente.

- Comment l'interaction entre le système et l'utilisateur doit-elle se dérouler ?
- Quelles étapes sont automatisées ?
- Comment la qualité des données doit-elle être vérifiée ?
- Comment le produit doit-il être rendu accessible aux groupes d'utilisateurs ?

Exigences fonctionnelles :

elles décrivent le produit de données.

- Quelle qualité du produit est attendue quant au contenu (attributs, classes, précision de mesure) ?
- Quelle résolution spatiale le produit doit-il avoir, p. ex. taille de la trame, nombre de points de mesure) ?
- Quelle précision géométrique (position, hauteur) est indispensable ?
- Quelle fréquence d'actualisation est attendue ?
- À quel périmètre le produit doit-il se référer ?
- À quelle période (p. ex. saison, heure du jour) le relevé doit-il être effectué ?

La structuration d'après la norme ISO 19113 peut être aussi mise à contribution pour exposer les exigences fonctionnelles (Figure 4).

Élément de qualité	Sous-élément de qualité
Exhaustivité	Sous-exhaustivité (oublis)
	Sur-exhaustivité (excès)
Cohérence logique	Cohérence au niveau conceptuel
	Respect des domaines (de valeurs)
	Cohérence de format
	Cohérence topologique
Précision géométrique (de positionnement)	Précision absolue
	Précision relative
	Précision des données de trame et de réseau
Précision temporelle (actualité)	Précision d'une mesure de temps
	Cohérence chronologique
	Validité des indications temporelles
Précision sémantique (thématique)	Exactitude de classification
	Exactitude des attributs non quantitatifs
	Précision des attributs quantitatifs

Figure 4 : Structuration des exigences fonctionnelles d'après la norme ISO 19113.

Exigences non fonctionnelles :

Elles décrivent les exigences de qualité posées au système et à ses produits (à quel point il doit être bon) et les conditions-cadres dans lesquelles le système doit fonctionner et le produit générer des avantages.

- Dans quel référentiel, dans quelles unités de livraison et dans quel format le produit doit-il être remis ?
- Quelles sont les exigences concernant la documentation de la méthode de relevé et du produit ?
- Quelles sont les exigences s'agissant de la compatibilité du produit avec d'autres relevés ?

La structuration d'après la norme ISO 25000 peut être aussi mise à contribution pour exposer les exigences non fonctionnelles (Figure 5).

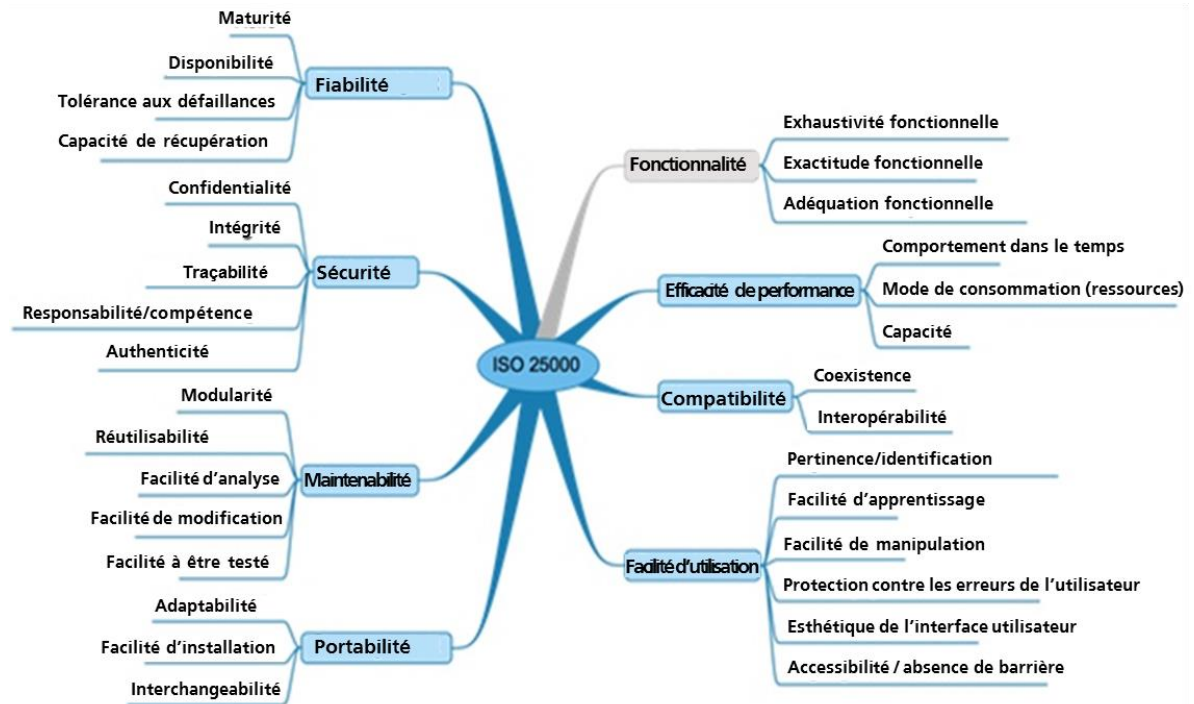


Figure 5 : Structuration des exigences non fonctionnelles d'après la norme ISO 25000

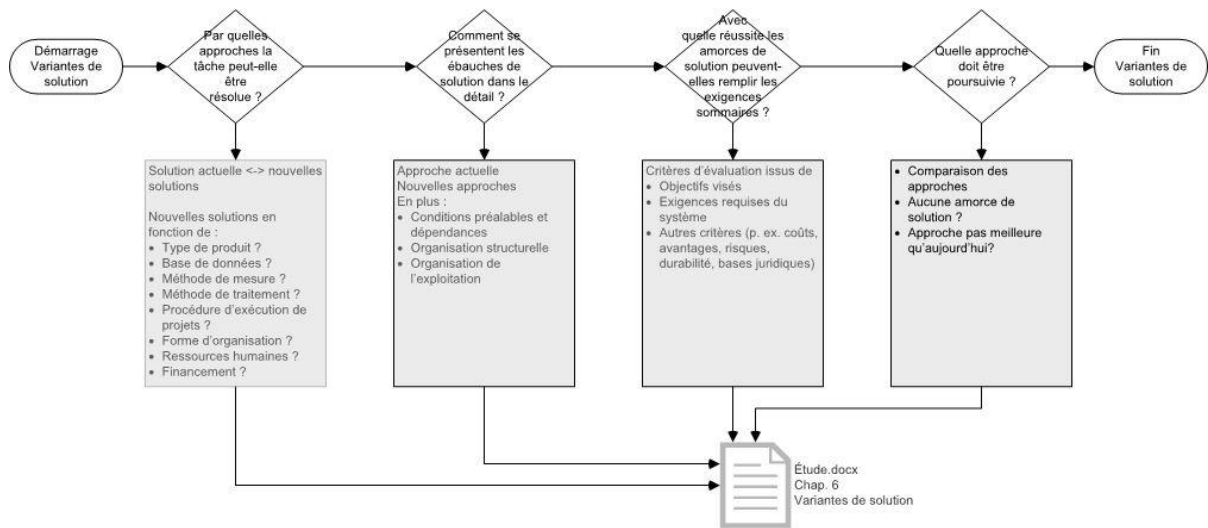
5.3 Élaboration et évaluation de solutions alternatives

Objectifs

Cette étape partielle identifie diverses solutions alternatives permettant de remplir les exigences sommaires. Les solutions envisageables sont décrites brièvement et comparées les unes aux autres. Finalement, une recommandation est formulée sur la variante de solution devant être approfondie dans le cadre de la phase de conception.

Procédure

La procédure s'articule autour de quatre questions clés. Les réponses à ces questions peuvent être documentées dans le modèle HERMES « Étude ».



1. Par quelles approches, la tâche peut-elle être résolue ?

Des approches en mesure de remplir les tâches (conformément aux exigences sommaires) doivent être identifiées en réponse à cette question.

L'approche actuelle est souvent intégrée aux réflexions en tant que variante 0 et elle peut servir d'« étalon de référence ». Les approches peuvent être différenciées selon divers domaines :

- Type de produit (remplacement intégral ou partiel d'un système existant, complément d'un système existant, nouveau développement)
- Base de données (p. ex. enquête, observation, mesure)
- Méthode de mesure (p. ex. par échantillonnage aléatoire ou couverture globale du territoire ; terrestre, aéroportée ou assistée par satellite)
- Méthode de traitement (p. ex. manuelle, semi-automatique, entièrement automatique)
- Procédure d'exécution de projets (p. ex. démonstration de faisabilité « Proof-of-Concept », projet pilote, parties de territoire)
- Forme d'organisation (responsabilités du relevé, gestion et analyse, assurance qualité, publication des résultats ; exploitation de l'infrastructure)
- Ressources humaines (p. ex. avec des spécialistes de la propre unité administrative, avec des spécialistes d'autres unités administratives, avec une haute école, avec des prestataires de services externes ou en partenariat)
- Possibilités ou stratégies de financement

Le nombre élevé de domaines susceptible de varier peut vite se traduire par une (trop) grande diversité de solutions alternatives. Les variantes sélectionnées doivent plutôt se différencier fondamentalement et couvrir aus-

si largement que possible l'espace des solutions. Plus de cinq variantes ont rarement fait leurs preuves dans la pratique.

2. Comment se présentent les ébauches de solution dans le détail ?

Les approches identifiées doivent être décrites en réponse à cette question.

La description aborde en règle générale les points mentionnés à la question 1 différenciant les variantes de solution, selon la dimension. Les aspects suivants devraient être exposés en plus (étant fréquemment oubliés) :

- Conditions préalables et dépendances
- Organisation structurelle
- Organisation de l'exploitation

3. Avec quelle réussite, les amorces de solution peuvent-elles remplir les exigences sommaires ?

Les diverses approches sont évaluées et comparées les unes aux autres en réponse à cette question.

D'éventuels critères d'évaluation découlent

- des objectifs fixés (d'après l'état théorique)
- des exigences posées au système (d'après l'état théorique)
- d'autres critères, dans la mesure où ceux-ci ne sont pas de toute façon pris en considération dans les objectifs définis et les exigences (p. ex. coûts, avantages, risques, durabilité, bases juridiques)

4. Quelle approche doit être poursuivie ?

La réponse à cette question résulte de la confrontation des différentes approches.

Il est bien sûr aussi concevable qu'aucune approche ne puisse réaliser les objectifs ou satisfaire les exigences. Il faut examiner dans ce cas si certains objectifs ou certaines exigences peuvent être assouplis. Sinon, la faisabilité n'est pas assurée.

Il se peut également qu'aucune approche ne soit mieux évaluée que le système actuel. Il est recommandé dans ce cas de ne pas poursuivre le projet et de le réévaluer dans quelques années, le cas échéant.