

Infrastructures de données spatiales

Évaluations économiques : concepts,
méthodes et retours d'expérience

Hélène Rey-Valette, Chady Jabbour,
Pierre Maurel, Jean-Michel Salles



Infrastructures de données spatiales

Évaluations économiques:
concepts, méthodes et retours
d'expérience

Hélène Rey-Valette, Chady Jabbour,
Pierre Maurel, Jean-Michel Salles

Collection *Guide pratique*

Petit guide de l'observation du paysage
J.-P. Deffontaines, J. Ritter, B. Deffontaines, D. Michaud
2019, 36 p.

Guide de gestion des dunes et des plages associées
L. Gouguet
2018, 224 p.

Mieux intégrer la biodiversité dans la gestion forestière
M. Gosselin, Y. Paillet
2017, 160 p.

Insectes et acariens des cultures maraîchères en milieu tropical humide
Reconnaissance, bioécologie et gestion agro-écologique
P. Ryckewaert, B. Rhino
2017, 152 p.

Cet ouvrage a bénéficié du soutien financier de TETIS-INRAE,
du Laboratoire CEE-M de l'université de Montpellier
et du laboratoire CEE-M d'INRAE.

© Éditions Quæ, 2022
ISBN papier : 978-2-7592-3514-8
ISBN PDF : 978-2-7592-3515-5
ISBN epub : 978-2-7592-3516-2

Éditions Quæ
RD 10
78026 Versailles Cedex

www.quae.com
www.quae-open.com

Cet ouvrage est diffusé sous licence CC-by-NC-ND 4.0.

Sommaire

Remerciements	5
Introduction	7
Un guide sur l'évaluation socio-économique des infrastructures de données spatiales	7
Un guide pour qui ?	9
Un guide pour quoi ?	10
Un guide comment ?	11
1. IDS, information géographique, télédétection	13
Quelques définitions et éléments de cadrage	14
Contexte des IDS en France et dans le monde	18
Modèles de développement des IDG et IDS	24
Périmètres fonctionnels des IDG et IDS vues par les concepteurs et les usagers	25
Des études économiques peu nombreuses	29
Absence de formations à l'évaluation économique des IDG/IDS	31
2. Enjeux, démarche et périmètre d'étude	35
Modèles économiques des IDS	36
Enjeux des évaluations socio-économiques	38
Approche économique de la valeur	39
Valeur des IDS	41
Catégories d'effets des IDS et types d'approches	47
Périmètre de l'évaluation : secteurs, filières, chaînes de valeur	52

3. Estimation de la valeur de l'imagerie satellitaire	55
Principes	56
Protocole de mise en œuvre d'une évaluation contingente	58
Cas de l'évaluation des images haute résolution de l'IDS Geosud	63
4. Évaluation des retombées économiques	67
Principes	68
Protocole d'enquête et de mesure	71
Cas de l'évaluation des cartes de coupes rases et d'occupation du sol	77
Approches fondées sur la comptabilité nationale	83
5. Approches multicritères et participatives	87
Principes	88
Protocole d'enquête et de mesure	94
Exemples d'effets organisationnels et institutionnels	96
Conclusion	105
Rappels des enjeux et du positionnement du guide	105
Limites des évaluations	107
Perspectives d'évolution	108
Recommandations	109
Bibliographie	111
Glossaire	115
Liste des sigles	117

Remerciements

Ce guide a été développé dans le cadre du projet Tosca MISE-IDS (Mesure des impacts socio-économiques des infrastructures de données spatiales) financé par le CNES (Centre national d'études spatiales) en 2018 et 2019. Ce travail a aussi bénéficié d'une aide de l'État gérée par l'Agence nationale de la recherche au titre du Programme d'investissements d'avenir, projet Equipex Geosud portant la référence ANR-10-EQPX-20 et qui s'est déroulé de 2010 à 2020.

Les auteurs tiennent à adresser tous leurs remerciements aux différentes personnes qui ont répondu aux enquêtes (entretiens semi-directifs, questionnaires) pour l'évaluation d'infrastructures de données spatiales (Geosud, pôle Theia) et de produits associés (cartographie des coupes rases en forêt, cartes d'occupation des sols) dont certains résultats sont repris dans ce guide. Ils remercient aussi Georges Aboueldahab et Camille Cousin qui ont effectué leurs stages de master sur ces projets.

Le contenu de ce guide découle également de travaux préliminaires engagés dès 2015 en collaboration avec l'association SIG-LR, la société Edater et le Conseil national de l'information géographique (CNIG). Qu'ils en soient ici remerciés.



Figure 0.1. Image SPOT-7, 26/08/2019. Baie de Somme – © Airbus DS 2019, reproduction IGN, INRAE, IRD, en vertu de la licence Airbus DS.

Introduction

Un guide sur l'évaluation socio-économique des infrastructures de données spatiales

Les infrastructures de données spatiales (IDS) permettent de fournir un ensemble de prestations techniques et de services mutualisés relatifs aux données issues de la télédétection. Il s'agit de faciliter la mise à disposition et l'accès à ces images en offrant, par exemple dans le cas du pôle national Theia (voir section « Des études économiques peu nombreuses ») dédié à l'observation des terres émergées par télédétection, les services suivants :

- acquérir, traiter et distribuer les données spatiales, créer les produits génériques et les outils nécessaires à l'ensemble de la communauté utilisatrice ;
- assurer l'archivage à long terme de ces données ;
- contribuer à la capitalisation des méthodes thématiques développées par les différents centres d'expertise scientifique ;
- assurer la diffusion des données, produits, outils et méthodes par le portail de Theia ;
- fournir un support technique aux différents centres d'expertise scientifique, et plus largement à la communauté scientifique.

Cette information satellitaire possède des caractéristiques particulières (précision, régularité des mises à jour, taille des images, etc.) et ses usages se multiplient et se diversifient très rapidement à diverses échelles. Il s'agit bien évidemment de contribuer aux problématiques globales d'aménagement du territoire pour les services de l'État ou pour les collectivités territoriales ou diverses institutions, en appui aux nombreux observatoires territoriaux et aux choix d'implantation optimale de diverses infrastructures ou activités. D'autres problématiques plus spécifiques sont concernées, telle la gestion des risques, de la biodiversité, de la qualité de l'environnement et des paysages ainsi que, de plus en plus, des problématiques sociales pour par exemple planifier les activités de secours à la suite d'une catastrophe ou évaluer la contribution du cadre de vie et des infrastructures au bien-être des habitants. Enfin, ces informations participent aussi à l'anticipation des crises par le suivi de phénomènes environnementaux et à l'évaluation et au contrôle de la mise en œuvre des politiques publiques, comme c'est le cas depuis longtemps pour le suivi des mesures agroenvironnementales européennes. Ces multiples applications découlent de recherches et de développements publics et privés qui permettent de passer des images brutes à des produits commerciaux très largement diffusés. On peut citer les services proposés à la filière agricole, par exemple Coptical[®] de la société Geosys, pour une mise à jour quotidienne à l'échelle de la parcelle d'indicateurs issus des images satellites, ou Farmstar[®], proposé par un consortium (Airbus Defence and Space, Arvalis, Terres Inovia) pour optimiser l'apport d'intrants aux caractéristiques des parcelles, ou encore l'application Oenoview[®], proposée par la société

TerraNIS et le groupe ICV pour estimer la vigueur de la vigne. La création de ces services spécifiques conduit très souvent à associer plusieurs types d'images, issus de satellites, mais aussi de drones ou de photos aériennes, et à les coupler avec d'autres types de données géographiques (ex. : cadastre, données météo), parfois au moyen de modèles (ex. : agrométéo, épidémiologique). La figure 0.2 précise les principales étapes pour passer de l'image brute à un produit spécifique.

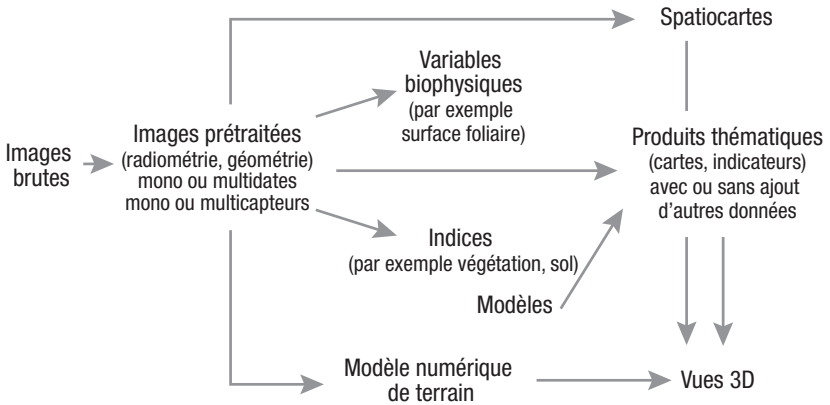


Figure 0.2. Principales étapes de fabrication pour des produits de télédétection.

Par ailleurs, ce développement de l'usage des informations spatiales est renforcé par le contexte de numérisation massive de nos sociétés, avec un accroissement exponentiel du volume des données issues de l'ère du big data et des techniques de l'intelligence artificielle. Outre la constitution d'un réseau d'entreprises et de start-up, le développement des IDS a élargi le périmètre de leurs adhérents et par suite des utilisateurs de ces images, en passant d'une **approche axée sur l'information de base à une approche de plus en plus centrée sur les produits et services à valeur ajoutée**. Ces évolutions, stimulées par l'activité des IDS telles que Geosud ou le pôle Theia en France, sont portées par **un contexte international très actif et de plus en plus concurrentiel, avec le déploiement des grands systèmes d'observation de la Terre**. On peut citer par exemple le programme américain Landsat démarré dans les années 1970, le programme européen Copernicus, la création de globes virtuels par des sociétés commerciales (Google Earth, Planet) et l'arrivée des acteurs du *New Space* avec l'émergence des micro- et nano-satellites (SpaceX, Blue Origin, Firefly Space, etc.). Le développement de ces IDS s'accompagne d'investissements importants, tant financiers qu'humains (fonctionnement des stations de réception, exploitation des satellites, gestion du personnel, maintenance, etc.), et nécessite d'importants budgets majoritairement issus de subventions publiques, même si des missions satellitaires entièrement privées commencent à voir le jour. Dès lors, comme pour tout investissement dans le champ de l'innovation, la question se pose, d'une part, de sa **justification socio-économique** en matière de retour sur

investissement selon la diversité de ses produits et usagers et, d'autre part, des **formes possibles de tarification**. Il est couramment admis en matière d'évaluation économique d'appréhender un investissement sur la base du flux de valeur ajoutée nette qu'il génère; ce qui implique dans le cas d'une IDS de pouvoir identifier et mesurer l'importance et la répartition des effets générés. La multiplication des IDS et de leurs fonctions conduit à **s'interroger sur leurs effets et leur contribution à la croissance et au développement durable des économies**, posant la question classique du « modèle économique » des IDS, c'est-à-dire de la justification et de la pérennisation de leur plan de financement.

S'agissant d'information, cette question du modèle économique et de la gratuité des données de base renvoie plus généralement au rôle de l'information et à la question des biens publics. Dans un contexte d'économie de la connaissance (Foray, 2018), où la contribution de la connaissance aux performances économiques, mais aussi à l'organisation sociale et à la démocratie devient une problématique centrale, les IDS tendent de plus en plus à être considérées comme des biens publics constituant **un capital informationnel** (Parker et van Alstyne, 2017). Leurs fonctions et leurs modalités de gestion s'inscrivent alors dans la problématique des « communs » (Ostrom et Baechler, 2010). Ainsi, au-delà des potentiels de croissance et d'emploi, la production et l'accessibilité à l'information spatiale contribuent à améliorer les décisions publiques et jouent un rôle essentiel dans le suivi d'une pluralité d'enjeux environnementaux et pour l'adaptation des principes et des stratégies de développement territorial aux changements globaux.

Un guide pour qui ?

L'objectif de ce guide est de présenter les concepts et méthodes opérationnelles pouvant être mobilisés pour évaluer les effets et la valeur des IDS d'un point de vue socio-économique. Il s'adresse à l'ensemble des acteurs concernés par les IDS, qu'il s'agisse :

- des services de l'État, collectivités territoriales, associations ou toute autre institution utilisant les images ou produits issus de l'information satellite et, à ce titre, pouvant être adhérents à une ou plusieurs IDS;
- des gestionnaires et salariés d'IDS ou d'observatoires territoriaux;
- des organismes publics ou privés impliqués dans le financement des IDS;
- des bureaux d'études et sociétés participant à la fourniture d'images ou à la construction et à la gestion de satellite;
- des chercheurs concernés par la production d'images ou de produits dérivés ou impliqués dans des travaux sur l'élaboration ou le suivi de politiques publiques mobilisant ce type d'outils;
- des formateurs intervenant dans ce domaine;
- ainsi que plus généralement des citoyens ou des *think tank*, souhaitant mieux appréhender la diversité des rôles des IDS ainsi que les effets et les évolutions générées par l'usage des informations spatiales.

Un guide pour quoi ?

Réalisé dans le cadre d'un contrat du programme Tosca financé par le CNES, ce guide vise à familiariser les opérateurs et usagers divers liés au monde de l'information satellitaire aux dimensions socio-économiques requises pour caractériser et mesurer les effets résultant des IDS.

Il s'agit d'offrir un niveau minimum de compréhension de ces processus de façon, selon les types de lecteurs, à :

- prendre conscience de la diversité des effets et des composantes de la valeur des IDS ;
- orienter les choix méthodologiques pour des études futures en fonction des questions posées, en particulier s'agissant de la rédaction de futurs cahiers des charges d'études dans ce domaine ;
- comprendre et éventuellement vérifier la pertinence méthodologique de travaux d'évaluation réalisés dans ce domaine ;
- aider des équipes désireuses de réaliser des enquêtes pour évaluer divers dispositifs relevant des IDS.

Plus précisément, les méthodes d'évaluation présentées dans ce guide pourront permettre :

- d'analyser les différentes dimensions socio-économiques des IDS et de l'information spatiale ;
- d'identifier les chaînes de valeur et les acteurs concernés en vue de contribuer à une meilleure organisation et structuration de ces chaînes de valeur au sein des communautés concernées ;
- de contribuer à la création de nouvelles formes de coopération, externes et internes aux IDS, notamment pour créer de nouvelles dynamiques de marché, identifier de nouvelles technologies, produits et services en fonction des besoins des utilisateurs finaux ;
- de promouvoir une approche orientée « innovation ouverte » des IDS en mettant l'accent sur la diversité des effets au sein des communautés d'utilisateurs et sur le rôle de l'innovation comme mécanisme de création de valeur et de compétitivité ;
- de justifier les investissements auprès des financeurs en étudiant les bases d'un modèle économique adapté et en explorant diverses modalités de tarification ;
- de renouveler l'approche technique des IDS comme producteurs d'images et hébergeurs apportant de l'espace de stockage et des capacités de traitement au profit d'une approche :
 - organisationnelle, mettant l'accent sur leur rôle d'intermédiaire facilitateur pour l'engagement des acteurs dans des collectifs de co-innovation et pour la coordination et la structuration de l'organisation industrielle autour des IDS,
 - institutionnelle, appréhendant les IDS comme des « biens communs » participant à l'amélioration de l'efficacité et de la gouvernance des politiques publiques.

Un guide comment ?

Le guide est structuré en cinq chapitres sur des sujets distincts et complémentaires, complétés par un glossaire (mots avec *), qui offrent au lecteur les possibilités d'une lecture à la carte en fonction de ses centres d'intérêt et de son niveau de connaissance en économie.

Ce document se veut être un guide opérationnel et sa rédaction a été conçue de façon pragmatique et la plus pédagogique possible pour le rendre accessible à un public largement diversifié.

Nous avons veillé à ce qu'il soit accessible à des personnes n'ayant pas de compétences spécifiques en économie ou dans le domaine de l'information satellitaire. De ce fait, il évite de discuter des débats méthodologiques entre experts et propose au contraire différents types d'encadrés pour faciliter différents niveaux de lecture.

Conventions de couleurs pour les trois types d'encadrés.

Précisions méthodologiques	Permet de préciser certaines notions ou méthodes	
Apports illustratifs	Exemples facilitant l'appropriation des notions ou méthodes	
Compléments d'informations	Propose d'approfondir un point précis	

Des exemples concrets et opérationnels sont systématiquement fournis sur la base de travaux réalisés par les auteurs à partir du projet de l'Equipex Geosud (voir section « Le projet Geosud ») et du pôle national Theia (voir section « Le pôle national Theia »). En particulier, deux produits dérivés d'images satellites ont fait l'objet d'évaluations détaillées pour illustrer l'évaluation des retombées économiques et les approches multicritères :

– **la cartographie des coupes rases en forêt** pour le compte du ministère de l'Agriculture. Les cartes de détection des coupes rases en forêt ont été produites par Geosud à partir de 2013 à la demande du ministère de l'Agriculture, suite à une directive de 2012 renforçant le suivi des plans de gestion des forêts (obligatoires au-delà de 25 hectares et volontaires à partir de 10 hectares). Les cartes produites permettent de disposer d'un inventaire exhaustif de ces coupes. Elles aident les services de l'État (Directions régionales de l'alimentation, de l'agriculture et de la forêt, Draaf, et Directions départementales des territoires et de la mer, DDTM) afin que les engagements de coupes pris par les propriétaires dans le cadre des plans de gestion des forêts (avec, dans certains cas, des droits à des subventions associés) sont bien respectés et, inversement, qu'il n'y a pas de coupes illicites, notamment en lien avec l'augmentation du prix du bois ces dernières années ;

– **la cartographie d'occupation du sol** (au niveau national et au niveau local) pour des utilisateurs multiples. Les images fournies par Geosud et le pôle

Theia ainsi que les recherches menées au sein de ce même pôle contribuent à améliorer les cartes d'occupation des sols, très utilisées pour l'aménagement du territoire ou la gestion des risques. La disponibilité d'images satellitaires à haute et très haute résolution spatiale a en effet permis de produire des cartes d'occupation des sols plus précises en matière d'échelle cartographique, mises à jour plus fréquemment et sur de plus grandes étendues territoriales.

Par ailleurs, **les démarches d'évaluation de la valeur des IDS** (chapitre 3) sont explicitées en s'appuyant sur les résultats d'une enquête menée à l'échelle des adhérents de Geosud/Theia. L'évaluation vise à déterminer la valeur des images satellites à haute résolution spatiale (HRS) perçue par les utilisateurs directs de cette IDS.

Après une partie introductive sur les IDS (chapitre 1) et une partie dédiée au cadrage du guide (chapitre 2), les trois grands types d'approches évaluatives possibles pour les IDS sont ensuite présentés :

- l'estimation de la valeur de l'information spatiale (chapitre 3) ;
- l'évaluation des retombées économiques quantitatives (chapitre 4) ;
- l'identification d'une diversité de retombées qualitatives par la mise en œuvre d'approches multicritères (chapitre 5).

Enfin en conclusion, les auteurs rappellent les enjeux de ces approches d'évaluation économique, les limites, mais aussi les perspectives compte tenu des évolutions technologiques et sociales, avant de proposer quelques recommandations pour soutenir le développement de ces approches.

1. IDS, information géographique, télédétection



Figure 1.1. Image SPOT-7, 25/08/2019. Mont-Blanc – © Airbus DS 2019, reproduction IGN, INRAE, IRD, en vertu de la licence Airbus DS.

Avec les progrès technologiques d'internet, les avancées en matière d'ouverture des données et l'arrivée de nouveaux acteurs issus du monde du numérique, les données géographiques, dont celles issues de l'imagerie satellitaire, sont de plus en plus gérées à travers des plateformes informatiques accessibles à distance. Des communautés d'experts et d'utilisateurs se développent et se structurent autour de ces plateformes, l'ensemble constituant les IDS et les infrastructures de données géographiques (IDG).

La multiplication de ces infrastructures à différentes échelles (locale, régionale, nationale, mondiale) soulève la question de leurs apports à la société au regard des investissements qu'elles nécessitent. Cette question générale amène à d'autres, plus précises, traitées dans les chapitres qui suivent : qu'est-ce qui confère de la valeur à l'information spatiale et aux IDS ? Comment cette valeur peut-elle être mesurée ou estimée ? Quels sont les modèles économiques envisageables pour pérenniser les IDS ?

Avant de développer ces différents points, nous présentons ici dans un premier temps les définitions que nous avons retenues pour cerner les objets traités dans le document et les articulations entre ces objets : donnée géographique et donnée spatiale, imagerie satellitaire, plateforme et infrastructure

de données, télédétection et géomatique. Nous donnons ensuite un aperçu de l'évolution du paysage des IDS en France, en Europe ainsi que celles de niveau mondial. Nous abordons alors la question de leurs modèles de développement, puis nous présentons un recensement succinct d'études socio-économiques déjà réalisées sur les IDS. Nous terminons ce chapitre par une analyse de la place accordée à la dimension socio-économique dans les programmes des formations en télédétection et géomatique en France.

Quelques définitions et éléments de cadrage

Information géographique, information spatiale, plateforme, IDG, IDS, etc., autant de termes qui reposent sur des définitions et des acceptions variables au fil du temps et selon les communautés qui les utilisent. Partant de ce constat, nous précisons ici les choix qui ont été faits dans l'utilisation de ces termes et leurs définitions pour la réalisation de ce document.

Selon l'Association française pour l'information géographique (Afigéo, 2015), « l'information géographique (IG) est définie comme l'ensemble de la description d'un objet et de sa position géographique à la surface de la Terre ». Elle peut être considérée comme :

- une information de base ou de référence (ex. : Référentiel à grande échelle d'IGN) ;
- une information thématique relative à un domaine particulier (environnement, transport, réseaux d'infrastructures, foncier, etc.) venant enrichir la description d'un espace ou d'un phénomène défini par des informations de base.

Les informations géographiques peuvent être produites à partir de différentes sources de données (enquêtes statistiques, relevés sur le terrain, capteurs au sol ou embarqués sur des plateformes aériennes ou satellitaires, savoirs locaux, etc.). Il s'agit de **données géographiques** à partir du moment où elles disposent d'attributs qui permettent de les localiser dans l'espace géographique. Parmi ces sources, la télédétection constitue un domaine spécifique qui se distingue par une forte dimension technologique, les caractéristiques des données acquises (encadré 1.1) ainsi que les spécificités des compétences mobilisées. C'est de plus un secteur en pleine évolution en matière de technologies et de modèles économiques avec l'arrivée de nouveaux acteurs issus du monde du numérique. Dans ce guide, nous nous intéresserons uniquement à un type particulier de données de télédétection, à savoir les images d'observation de la Terre prises à partir de capteurs embarqués sur des satellites. Nous utiliserons le terme englobant de **données spatiales** pour désigner à la fois les images satellites et les données dérivées de ces images. Nous considérons ici que les données spatiales constituent un type particulier de données géographiques. L'encadré qui suit récapitule les caractéristiques essentielles des images satellites.

Encadré 1.1. Principales caractéristiques des données de type imagerie satellitaire

Les images d'observation de la Terre proviennent de capteurs embarqués sur des plateformes satellitaires. Elles se caractérisent par différents paramètres qui varient suivant les satellites.

Résolution spatiale

Selon les satellites, la résolution spatiale (taille d'un point élémentaire de l'image ou pixel) varie de quelques dizaines de centimètres (image à très haute résolution, ou THRS, ex. : Pléiades) à plusieurs mètres (haute résolution, ou HRS, ex. : SPOT 6-7, Sentinel, Landsat), voire centaines de mètres ou kilomètres (basse résolution, ex. : Modis). La résolution spatiale détermine la taille des objets observables.

Résolution spectrale

La résolution spectrale (nombre et position des bandes spectrales d'observation) se calcule grâce à des **capteurs, dits passifs**, qui mesurent la part de rayonnement solaire réfléchi par la cible avec des bandes d'observation situées dans le visible (vision humaine) et l'infrarouge. Les mesures ne sont possibles que de jour et en l'absence de nuages. Selon le capteur, le nombre de bandes peut varier de quelques unités à plusieurs dizaines, voire centaines (capteur dit « hyperspectral »). D'autres **capteurs, dits actifs**, émettent leur propre rayonnement et mesurent le signal renvoyé par la cible. C'est le cas de capteurs radar et lidar. Ils fonctionnent de jour comme de nuit et le signal traverse les nuages. Ces différentes bandes spectrales sont toutes sensibles à certaines propriétés biophysiques et géométriques de la cible observée (couleur, humidité, biomasse, texture, structure, etc.).

Résolution temporelle

Quand un satellite est programmable (ex. : Pléiades, SPOT), la résolution temporelle (fréquence de retour au-dessus d'un même point) peut être ajustée. Pour les autres, elle dépend des caractéristiques et du nombre de satellites d'une même constellation et peut varier d'une journée (nanosatellites Planet) à plusieurs jours (5 jours pour Sentinel-2, 16 jours pour Landsat). Cette caractéristique détermine la capacité des satellites à observer des phénomènes plus ou moins dynamiques. Elle dépend aussi des conditions d'ennuagement pour les satellites passifs. Disposer sur une même zone d'images à plusieurs dates au cours d'une même saison ou d'une même année permet de mieux identifier et caractériser certains objets ou phénomènes. Des images acquises à plusieurs années d'intervalle et conservées en archive permettent de mesurer des changements et des dynamiques (ex. : coupes rases dans les forêts, artificialisation des terres).

Mode d'observation

Certains satellites observent la Terre de manière systématique et régulière (Landsat, Sentinel, etc.). D'autres sont programmables et peuvent orienter leurs capteurs afin d'observer des zones à la demande (Pléiades, SPOT 6-7). Ils permettent aussi d'acquérir des images d'une même zone avec des angles de prise de vue différents à partir desquels peuvent être produits des modèles numériques de terrain pour en restituer le relief.

Largeur des images

La largeur d'une image (ou fauchée) varie de quelques dizaines de kilomètres (20 km pour Pléiades, 60 km pour SPOT) à plusieurs centaines (185 km pour Landsat, 290 km pour Sentinel-2, 2 330 km pour Modis).

Volume des fichiers images

Les différentes résolutions d'une image conditionnent la taille des fichiers qui peut aller de quelques mégaoctets (Mo) à plusieurs gigaoctets (Go). L'arrivée des séries temporelles des satellites Sentinel a fait entrer la télédétection dans l'ère du big data. Ainsi, un an d'images Sentinel-2 sur la France métropolitaine représente 20 téraoctets (To) de données.

Coûts des images

Du fait de financements publics en amont, certaines images sont gratuites ou quasi gratuites et en accès ouvert complet (Sentinel, Landsat) ou pour des usages non commerciaux (Pléiades, SPOT 6-7). Les tarifs commerciaux des images peuvent varier de quelques euros par kilomètre carré à plusieurs dizaines d'euros par kilomètre carré dans le cas des images à très haute résolution spatiale.

Avec le développement d'internet, des technologies de l'information et de la communication, des logiciels libres, de standards de données et d'échanges ainsi que l'explosion du volume des données, la production, la gestion, la diffusion et l'utilisation de l'information géographique se réalisent de plus en plus sur des architectures informatiques ouvertes et distribuées qui s'éloignent de systèmes d'information centralisés ou de logiciels propriétaires.

Nous utilisons ici le terme de « plateforme » pour désigner ces nouvelles architectures informatiques. Les données de télédétection sont gérées au moyen de plateformes spécifiques qui se caractérisent par de très fortes capacités de stockage et de calcul ainsi que des services de traitement orientés images (traitement du signal et d'images, *machine learning*).

Les concepts d'IDG et d'IDS sont apparus au début des années 1990 pour mettre l'accent sur les aspects de coordination et d'échanges. Parmi les multiples définitions qui ont été proposées, nous pouvons citer par exemple celle de Cromptoets *et al.* (2004) :

"SDIs subsume technology, systems, standards, networks, people, policies, organizational aspects, geo-referenced data, and delivery mechanisms to end users."

« Les infrastructures de données spatiales (IDS) sont définies comme un ensemble de technologies appropriées, de politiques et de dispositions institutionnelles, qui facilitent la mise à disposition et l'accès aux données spatiales » (traduction des auteurs).

Ces infrastructures sont vues comme des organisations visant à encourager la mutualisation, l'innovation et la transparence autour des données géographiques. Elles constituent des centres de ressources et d'expertise technique, en matière de données et d'outils géographiques, mais également de formation, tout autant que des points focaux pour l'animation et les échanges transversaux. Même si les deux termes IDG et IDS sont souvent utilisés de manière indifférenciée, nous utiliserons dans ce guide **l'abréviation IDG pour désigner les infrastructures basées sur des données géographiques prises au sens large et l'abréviation IDS pour celles dédiées uniquement aux données de télédétection**. Nous utiliserons le terme de « plateforme » pour désigner les composantes données, technologie et informatique des infrastructures. La figure 1.2 présente les points communs et les spécificités entre les IDG et les IDS parmi les plateformes de services.

Plateforme de services

Plateforme permettant l'accès partagé aux données et la mutualisation de services

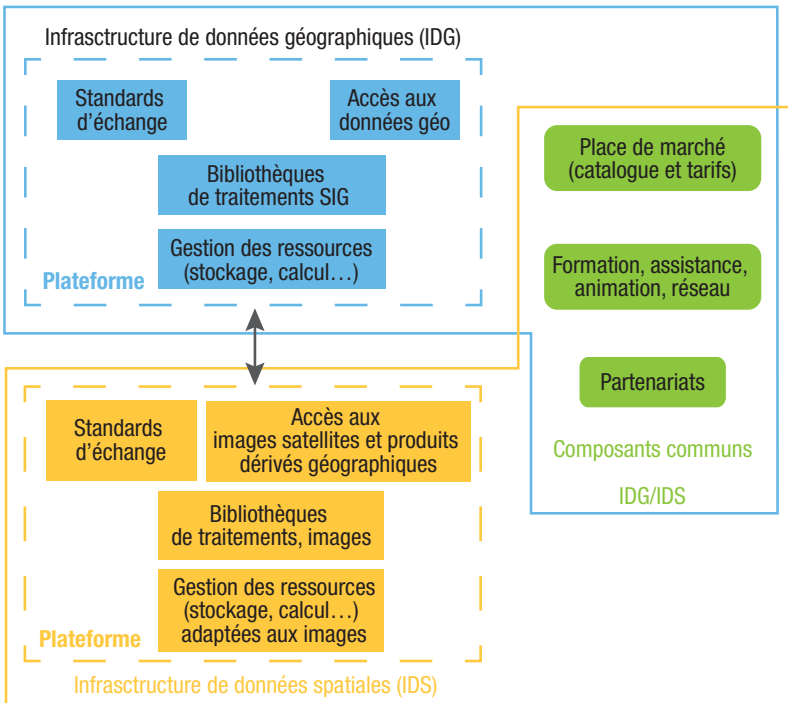


Figure 1.2. Points communs et spécificités entre les IDG et les IDS parmi les plateformes de services (SIG : systèmes d'information géographique).

Les IDS spécialisées télédétection et les IDG orientées données géographiques, plus généralistes, se complètent d'un point de vue technique (figure 1.3), les plateformes des IDS alimentant les IDG en nouvelles données et informations, et celles des IDG pouvant contribuer à améliorer l'interprétation et le traitement des images. Les communautés des IDS et des IDG sont également distinctes, mais complémentaires : télédéTECTEURS d'un côté, géomaticiens de l'autre.

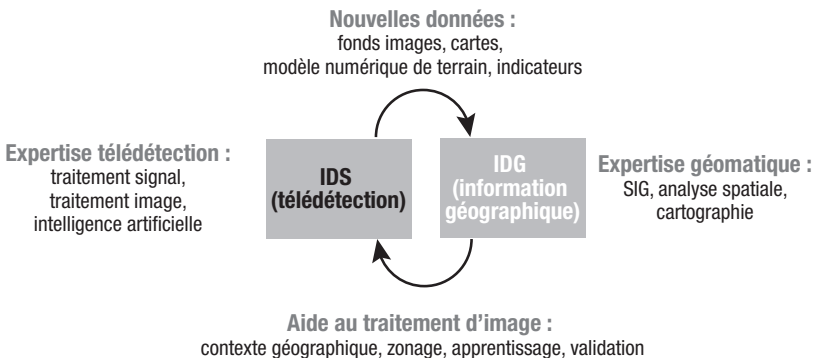


Figure 1.3. Complémentarité technique entre IDG et IDS.

Contexte des IDS en France et dans le monde

Les flux croissants et massifs de données spatiales acquises par les satellites d'observation de la Terre amènent à les gérer de plus en plus au moyen d'IDS à des niveaux nationaux ou internationaux. Comme le montre la figure 1.4, centrée sur les initiatives françaises et européennes, le paysage des IDS a très fortement évolué entre 2010 et 2020, avec la mise en place de nouvelles initiatives et l'arrivée de nouveaux acteurs appartenant pour la plupart au monde du numérique.

Degré de mutualisation, d'intégration

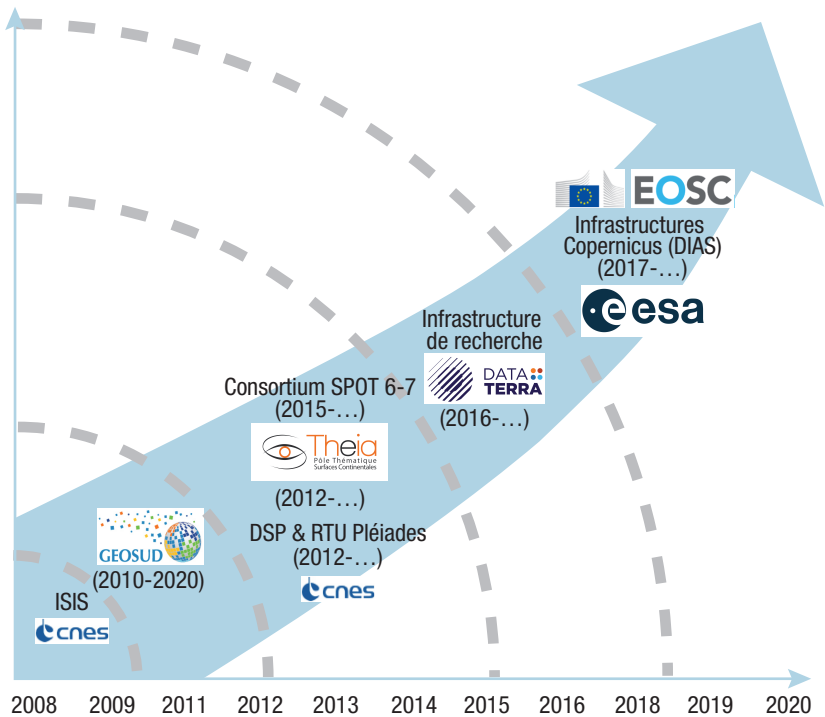


Figure 1.4. Évolution récente des IDS en France et en Europe.

En France, le CNES facilite depuis 1994 l'accès pour la communauté scientifique à l'imagerie satellitaire à travers le programme ISIS (Incitation à l'utilisation scientifique des images SPOT). En 2010, à l'initiative des partenaires de la Maison de la télédétection à Montpellier, le projet Geosud a vu le jour pour développer l'utilisation de l'imagerie à haute et très haute résolution spatiale (HRS et THRS) au moyen de différents leviers. Le CNES a poursuivi ses efforts en soutenant l'accès aux images THRS des satellites Pléiades lancés en 2012 au moyen d'une délégation de service public confiée à Airbus Défense and Space et du programme RTU (Recette thématique utilisateurs).

En 2012 également, la structuration de la communauté nationale s'est renforcée avec la création par plusieurs organismes du pôle national Theia, dédié à l'observation des surfaces continentales par télédétection. Cette structuration s'est poursuivie avec la mise en place progressive à partir de 2016 de l'infrastructure de recherche Data Terra dans le cadre de la stratégie européenne et nationale en matière d'infrastructures.

Parallèlement à ces efforts nationaux, l'Europe a lancé à la fin des années 2000 le programme d'observation de la Terre GMES (Global Monitoring for Environment and Security), renommé depuis Copernicus. Il s'est traduit par le développement, le lancement et l'exploitation d'une constellation de différents types de satellites d'observation de la Terre, les satellites Sentinel. Pour faciliter l'exploitation des images Sentinel et d'autres missions complémentaires, l'Europe a financé des consortiums industriels pour le développement d'IDS appelés « DIAS » (Data and Information Access Services).

Parmi les autres acteurs majeurs d'IDS, il faut noter les projets privés portés par les GAFA (Google, Apple, Facebook, Amazon), en particulier Google depuis la fin des années 2000 (Google Map, Google Earth et Google Earth Engine) et plus récemment Amazon (Amazon Web Services).

Ces différents projets sont présentés plus en détail ci-dessous.

Le programme européen Copernicus

L'ambition du programme Copernicus, lancé en 2001 par l'Union européenne et son agence spatiale (ESA), est de doter l'Europe d'une capacité autonome d'observation et de surveillance de la Terre, en particulier en promouvant le développement de services opérationnels d'accès aux informations environnementales. Il s'agit du volet européen du Geoss (Global Earth Observation System of Systems), un programme mondial d'observation de la Terre initié par l'Union européenne, les États-Unis, le Japon et l'Afrique du Sud.

Les six premiers satellites Sentinel spécifiquement développés pour Copernicus ont été lancés récemment : Sentinel-1A et 1B (imagerie radar haute résolution ; lancés respectivement en 2014 et en 2016), Sentinel-2A et 2B (imagerie optique haute résolution ; lancés respectivement en 2015 et en 2017), Sentinel-3A et 3B (imagerie optique, radar, altimétrie à haute précision ; lancés respectivement en 2016 et en 2018). Les futures missions Sentinel-4, 5 et 6 sont déjà planifiées.

Les données et informations fournies par les infrastructures Copernicus Space et Copernicus Services sont disponibles partout dans le monde **sur la base d'un accès libre, ouvert et gratuit** via les plateformes DIAS portées par des consortiums d'industriels et les Conventional Data Hubs.

Les GAFA

Les GAFA se sont fortement positionnés depuis quelques années dans l'exploitation et le développement de services basés sur la télédétection, et en particulier la télédétection satellitaire. Google Map, Google Earth et les

services associés sont des exemples bien connus; Google Earth Engine (GEE)¹ est une plateforme d'analyse géospatiale, basée sur le *cloud*, qui permet aux utilisateurs de développer des services de traitement pour visualiser et analyser les images satellites sur le globe. Les plateformes d'Amazon² offrent aussi des accès très performants à l'imagerie Sentinel.

Les missions commerciales à très haute résolution spatiale et l'avènement du *New Space*

L'accès à l'imagerie satellitaire à haute et très haute résolution spatiale (de quelques dizaines de centimètres jusqu'à quelques mètres), complémentaire des données « gratuites » Copernicus (Europe) ou Landsat (États-Unis), reste encore contrôlé par des entreprises commerciales avec une très forte concentration du secteur ces dernières années, liée à l'arrivée massive aux États-Unis d'acteurs du *New Space* (hybridation des secteurs du spatial, du numérique et des nouvelles technologies de l'information et de la communication, ou NTIC).

Le marché mondial est actuellement dominé par deux acteurs majeurs, Airbus Defence and Space (ADS) et PlanetLab.

D'un point de vue technique, au côté des missions spatiales classiques composées d'un nombre réduit de gros satellites (cas par exemple de Pléiades 1A et 1B ou de SPOT 6 et 7) se développent désormais des constellations de plusieurs dizaines de nano- ou microsattelites (cubes de 10 à 30 cm de côté) construits à partir de technologies à bas coût, mais offrant des capacités de surfaces couvertes et de revisites inégalées. C'est le cas de Planet, qui dispose d'une constellation de 150 nanosatellites entre 3 et 5 m de résolution capables de couvrir quotidiennement la surface terrestre.

Parmi les nouvelles missions, il est important de mentionner la constellation Pléiades Néo développée par ADS. Elle est composée de quatre satellites optiques à 30 cm de résolution; le lancement des deux premiers a été fait en 2021 et celui des deux autres est programmé pour 2022. Ces satellites offriront une réelle alternative à la prise de vue aérienne, par exemple en France pour la couverture du territoire national, renouvelée actuellement tous les trois ans par l'IGN (BD Ortho®).

Le projet Geosud

À la fin des années 2000, face au constat récurrent de sous-utilisation de l'imagerie satellitaire, les partenaires de la Maison de la télédétection à Montpellier ont initié le projet Geosud³ (Geoinformation for Sustainable Development), tout d'abord *via* un financement CPER/Feder Languedoc-Roussillon 2007-2013, puis un financement d'Equipex 2011-2020 dans le cadre du Programme d'investissements d'avenir.

1. Google Earth Engine: <https://earthengine.google.com/>

2. Amazon Web Services: <https://registry.opendata.aws/sentinel-2/>

3. <http://ids.equipex-geosud.fr/>

Le projet Geosud repose depuis le début sur une stratégie de mutualisation et sur la mise en place d'une IDS pour l'accès à l'imagerie satellitaire à haute et très haute résolution spatiale et son traitement. Il repose sur un certain nombre de composants : des licences tout acteur public hors activité commerciale; l'acquisition de couvertures nationales annuelles et d'images *ad hoc* sur le monde entier à l'aide d'une station de réception installée en 2014 à Montpellier (figure 1.5); une infrastructure de stockage, d'archivage, de catalogage, de diffusion des images et de services de traitement en ligne; la conception de supports pédagogiques et de sessions de formation, dont une partie en ligne.



Figure 1.5. Station de réception Geosud/Dinamis à Montpellier.

En 2014, six partenaires du pôle Theia se sont associés pour doter la station de réception satellitaire Geosud d'une capacité de réception SPOT 6-7 afin de poursuivre l'acquisition de couvertures nationales annuelles, d'acquérir à la demande des images sur le monde entier et de répondre encore mieux aux besoins des utilisateurs. Les archives Geosud comptent fin 2020 près de 17 000 images à très haute résolution couvrant plus de 15 millions de km².

Le pôle national Theia

Le pôle national Theia⁴ rassemble la communauté française qui travaille sur l’observation des surfaces continentales par télédétection. Il est issu d’une large concertation qui a conduit fin 2012 à la signature d’une convention⁵.

Les objectifs du pôle sont multiples : accroître l’utilisation de la donnée spatiale en complémentarité de données *in situ* et aéroportées par la communauté scientifique et les acteurs publics ; structurer la communauté des experts en télédétection sur le plan national (via un réseau de centres d’expertise scientifique, CES) ; mutualiser des outils, des données et des méthodes ; produire et mettre à disposition des données et produits à valeur ajoutée issus de la télédétection spatiale complémentaires à l’offre européenne Copernicus ; animer les communautés d’experts et d’utilisateurs (via un réseau d’Animation régionale Theia, ART).

Le projet Geosud et le pôle Theia se sont développés en étroite collaboration. Fin 2019, le réseau Geosud/Theia comprenait 573 structures adhérentes (dont 148 services de l’État, 125 collectivités territoriales, 173 laboratoires de recherche) et plus de 1 000 comptes utilisateurs (figure 1.6).

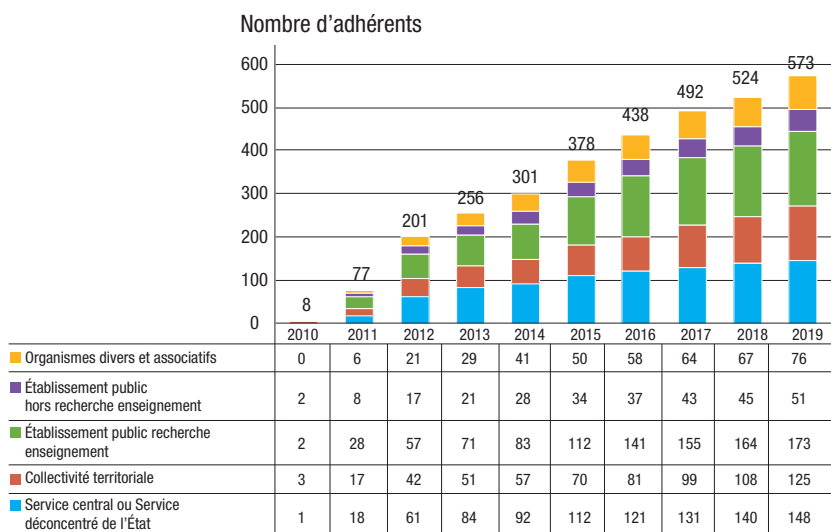


Figure 1.6. Évolution et catégorisation du nombre cumulé d’adhérents de Geosud/Theia.

Des rapprochements entre le pôle Theia et les plateformes régionales d’information géographique (encadré 1.2) ont été menés ces dernières années afin de renforcer la place de la télédétection dans ces communautés régionales spécialisées en géomatique. Plusieurs de ces plateformes sont désormais (co-) porteuses dans leur région des ART.

4. <https://www.theia-land.fr/>

5. Signée par neuf établissements publics : CEA, Cirad, CNES, CNRS, IGN, Inra, IRD, Irstea, Météo-France, auxquels se sont ajoutés par la suite l’Onera, le Cerema et AgroParisTech.

Encadré 1.2. Des IDG régionales: les plateformes régionales en information géographique

Les régions se sont dotées depuis plusieurs années de plateformes en information géographique fédérées au sein d'un réseau national animé par l'Afîgeo¹. Ces plateformes permettent de mutualiser des moyens pour acquérir, gérer et diffuser des données géographiques à destination de leurs adhérents (collectivités territoriales, bureaux d'études, associations, laboratoires, etc.). On peut citer par exemple des structures comme OPenIG en Occitanie, GéoGrandEst dans la région Grand-Est et le Crige-PACA dans la région Sud.

¹ <http://www.afigeo.asso.fr/>

L'infrastructure de recherche Data Terra

Depuis plus de vingt ans, la France a contribué à organiser et structurer une centaine d'infrastructures nationales et européennes qui ont transformé les pratiques de recherche et ont permis des avancées scientifiques majeures. C'est la vision énoncée par la Direction générale de la recherche et de l'innovation (DGRI) du ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation (Mesri) en introduction de la feuille de route nationale des infrastructures de recherche.

L'infrastructure de recherche (IR) système Terre, rebaptisée récemment Data Terra, a été initiée en 2016. Elle vise à organiser de manière intégrée l'observation du système Terre en mettant à disposition les données, produits et services *via* les quatre pôles de données : atmosphère (Aeris), terre solide (Form@Ter), océans (Odatis) et surfaces continentales (Theia). Elle comprend aussi des composants transversaux comme Dinamis (figure 1.7) pour l'accès mutualisé à l'imagerie satellitaire et Ozcar pour les données *in situ*. Elle s'appuie pour cela sur une architecture informatique semi-distribuée (grille de données et de traitements) en cours de mise en place. Cette architecture repose sur une trentaine de centres de données et de services répartis sur le territoire national, dont huit principaux du fait de leurs fortes ressources informatiques (stockage, calcul) et de leur expertise.

Le dispositif Dinamis

Pour pérenniser et simplifier encore plus l'accès à l'imagerie satellitaire, les principaux partenaires porteurs des initiatives françaises présentées ci-dessus (CNES, CNRS, IGN, IRD, Cirad, Irstea puis INRAE) ont décidé à l'issue d'un groupe de travail démarré en 2016 de mettre en place au sein de l'IR Data Terra un dispositif unifié intitulé Dinamis (Dispositif institutionnel national d'approvisionnement mutualisé en imagerie satellitaire) sans équivalent dans d'autres pays.

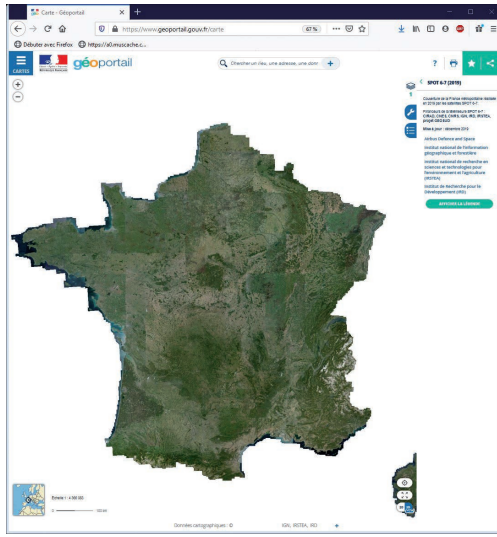


Figure 1.7. Mosaique de la couverture nationale SPOT 6-7, 2019 (Geosud/Dinamis).

Centré uniquement sur les services d'accès à l'imagerie satellitaire, ce dispositif permet d'accompagner les utilisateurs nationaux, en particulier les équipes des quatre pôles thématiques de l'IR, et sous certaines conditions des utilisateurs étrangers, dans le choix et l'accès à des images d'archives ou à de nouvelles acquisitions en fonction de leurs besoins. Il donne un accès gratuit, ou à des tarifs préférentiels permis par la mutualisation, à un bouquet d'images aux résolutions complémentaires, combinant des images commerciales (ex. : SPOT 6-7, Pléiades, archives SPOT 1-5) et des images gratuites (ex. : Sentinel-1 et 2, Landsat 8). Il offre également l'accès aux archives de l'ensemble de ces images au moyen d'un méta-catalogue. L'équipe de Dinamis assure la gestion technique des images Pléiades et SPOT 6-7 en lien avec ADS (acquisition, catalogage, stockage, archivage), les autres images continuant à être gérées par ailleurs (ex. : plateforme PEPS du CNES pour les images Sentinel).

Modèles de développement des IDG et IDS

Les modèles de développement des plateformes numériques d'intermédiation entre, d'une part, des développeurs de produits et services et, d'autre part, des utilisateurs ont été largement étudiés par les sciences économiques et de gestion pour réorienter les stratégies de développement des entreprises. Les principaux enseignements de ces travaux peuvent se résumer ainsi :

- les plateformes sont conçues comme de nouvelles formes organisationnelles qui permettent de dépasser les stratégies classiques reposant uniquement sur la conception ou la technologie du produit, tout en établissant une gestion d'interactions au sein des communautés qui vont au-delà des frontières traditionnelles (Boudreau, 2010) ;

- elles sont associées à de nouvelles formes de collaboration et d'innovation, ainsi que de nouvelles formes de dynamique concurrentielle (Gawer, 2009) ;
- la réussite d'une plateforme passe par sa capacité à fédérer le plus d'acteurs possible pour conforter la richesse de son offre, son attractivité, sa visibilité, voire éliminer progressivement les solutions concurrentes.

En revanche, les modèles de développement propres aux IDG et aux IDS restent encore peu étudiés. Cela suppose au préalable, d'une part, de bien cerner les fonctions et les services que les promoteurs souhaitent faire remplir à ces infrastructures et ceux attendus par les utilisateurs et, d'autre part, d'évaluer leur potentiel de retombées socio-économiques.

Périmètres fonctionnels des IDG et IDS vues par les concepteurs et les usagers

Les fonctions des IDS se sont progressivement diversifiées ces dernières années en intégrant de plus en plus les usagers finaux et en alimentant en aval de nouveaux dispositifs hybrides qui bouleversent les schémas classiques de l'innovation et du transfert (figure 1.8).

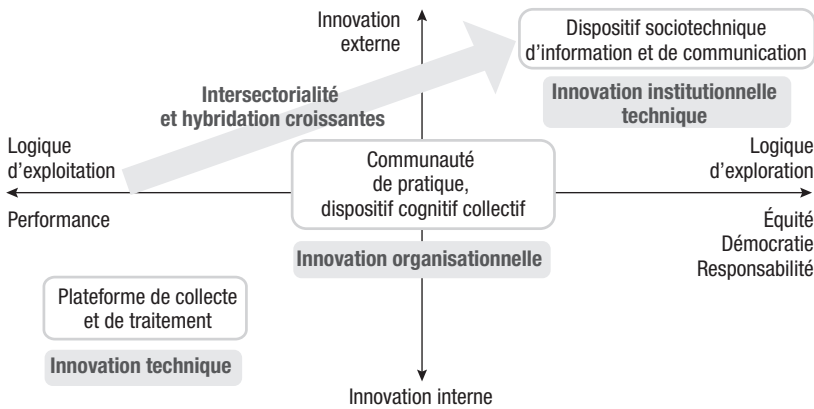


Figure 1.8. Évolution des fonctions des IDS.

Comme cela a été vu plus haut, les innovations numériques et technologiques de ces dix dernières années ont profondément modifié et décuplé les performances des missions satellitaires et des plateformes de traitement pour en exploiter les données. Ces innovations techniques se sont progressivement enrichies d'innovations organisationnelles pour fédérer des communautés d'acteurs qui jusque-là ne collaboraient pas ou peu, que ce soit au sein même des experts en télédétection, ou entre télédéTECTEURS et géomaticiens, ou encore entre spécialistes de l'information géographique et utilisateurs thématiques. L'exemple du développement du pôle national Theia présenté plus haut est révélateur de cette évolution.

Mais, indépendamment de la sphère en télédétection, de nouvelles formes d'organisations collectives sont également apparues ces dernières années dans lesquelles les agencements classiques entre différents types d'institutions et leurs rôles respectifs se retrouvent modifiés. Ces nouvelles organisations constituent en elles-mêmes des innovations institutionnelles.

C'est par exemple le cas des *living lab* territoriaux, où se mêlent usagers finaux, chercheurs, entreprises, collectivités, services de l'État pour explorer collectivement la recherche de nouvelles solutions face à certains problèmes au moyen d'interactions en boucles courtes. Des dispositifs sociotechniques d'information et de communication sont proposés pour accompagner ces dynamiques collectives, dispositifs au sein desquels les NTIC et la mobilisation de données variées, y compris celles issues des IDS, tiennent une place importante (encadré 1.3).

Encadré 1.3. Un dispositif pour la cartographie collaborative de services écosystémiques

La figure 1.9 illustre un dispositif basé sur un usage très simple d'image satellitaire (ici Pléiades) par un collectif d'acteurs hétérogènes du territoire de Thau, près de Montpellier (élus, agriculteurs, environnementalistes, aménageurs, chercheurs), pour identifier et cartographier différents types de services écosystémiques à prendre en compte pour l'aménagement du territoire.



Figure 1.9. Exemple d'usage participatif des images satellitaires. Crédit : L. E. Ruoso.

La communauté scientifique s'intéresse de plus en plus à la compréhension des fonctions attribuées et effectivement remplies par les IDG et les IDS, que ce soit du point de vue de leurs concepteurs et promoteurs ou de celui des utilisateurs. Dans le champ des IDG, en France, un observatoire des IDG (encadré 1.4) permet d'étudier les types d'usages et l'évolution des pratiques générées par l'information géographique ainsi que les effets de structuration et d'innovation qui en résultent.

Encadré 1.4. Un observatoire des IDG pour en mesurer les effets transformateurs

L'Association française pour l'information géographique (Afigéo), qui fédère au niveau national les professionnels de ce secteur d'activité, a mis en place depuis une dizaine d'années des annuaires des plateformes d'information géographique¹ renseignés sur une base de volontariat par leurs porteurs et régulièrement mis à jour. Les promoteurs de ces plateformes mettent en avant la capacité des IDG à décroquer les silos de données grâce à des standards d'interopérabilité, réduisant ainsi les risques de rétention d'information et les jeux de pouvoir afférents et facilitant les dynamiques collaboratives. Selon eux, l'augmentation des flux de données dus aux IDG serait donc un vecteur de démocratie en améliorant la transparence, et de développement économique en favorisant l'innovation.

Afin d'étudier ces processus, des chercheurs du GDR Magis (Groupement de recherche sur les Méthodes et applications pour la géomatique et l'information spatiale) ont proposé de mettre en place un observatoire des données géographiques circulant sur le Web² (Noucher *et al.*, 2019). Ce type d'observatoire est appréhendé comme un dispositif sociotechnique en réseau pour caractériser et étudier les flux de données géographiques à l'échelle de territoires. Il doit permettre de rendre tangibles les patrimoines informationnels immatériels des territoires et de comprendre les déterminants, les pratiques et les usages des données géographiques en lien avec les dynamiques socio-économiques et environnementales de ces territoires. Un prototype d'observatoire a été développé en créant une base de données à partir de métadonnées figurant dans les géo-catalogues de 39 IDG opérationnelles de niveau national ou régional figurant dans les annuaires de l'Afigéo. Deux périodes ont été prises en compte (2016 et 2017) pour suivre l'évolution des patrimoines de données. Les chercheurs exploitent désormais cet observatoire complété par des enquêtes pour étudier les discours des promoteurs des IDG et les transformations effectives qu'elles induisent selon quatre dimensions : l'accès aux données, l'interopérabilité des outils, la mise en réseau et l'équité informationnelle des territoires.

¹ Annuaires des plateformes d'information géographique de l'Afigéo : <http://observatoire-des-plateformes.afigeo.asso.fr/index.php>

² <http://gdr-magis.imag.fr/actions-prospectives/theoriser-observer-analyser-modeliser-le-geoweb/>

Concernant l'intérêt d'adhérer aux IDG et IDS, un exemple issu de l'évaluation de l'association régionale SIG-LR (devenue depuis Open-IG) met en évidence les attentes des utilisateurs en matière de fonctions d'animation et de mise en réseau (encadré 1.5).

Dans le cas du projet Geosud propre à la télédétection, le tableau 1.1 récapitule les différents motifs (sur une échelle de 1 à 10) qui ont poussé les utilisateurs de l'IDS Geosud à adhérer à cette infrastructure. Cette étude a confirmé l'importance de la gratuité d'accès aux images, les types d'images les plus utilisés étant SPOT 6-7, Landsat, Sentinel, Pléiades, SPOT 1-5, RapidEye, avec des combinaisons courantes entre plusieurs sources et un recours plus fréquent aux images SPOT 6-7 et Landsat du fait de leur gratuité et de leur facilité d'accès. Outre cette fonction, on note aussi un très large éventail d'autres motifs d'adhésion importants. Enfin, il est apparu que le recours aux cartes d'occupation du sol dérivées des images satellites a entraîné un besoin de formation pour 30% des organismes.

Encadré 1.5. Perceptions de l'importance des services d'animation et de réseaux : IDG SIG-LR

Dans le cadre d'une enquête réalisée auprès des adhérents à l'infrastructure régionale de données géographiques SIG-LR, une évaluation qualitative des effets de mise en réseau et d'animation a été réalisée. Il convient tout d'abord de noter que 87% des adhérents participent de façon plus ou moins régulière (37% de façon très régulière) aux réunions, tandis qu'ils ne sont que 37% à participer aux opérations de formation proposées par l'infrastructure. Au niveau des effets organisationnels générés par l'IDS, on note que 25% des adhérents évoquent une augmentation de leur réseau, 23% une augmentation de leurs compétences, 19% une plus grande mutualisation des données, 12% un renforcement des innovations et 7% la définition de consortium sur des projets. Pour certains items évalués sur une échelle décimale, on note des résultats assez faibles, mais témoignant d'un large faisceau de types d'impacts (Rey-Valette *et al.*, 2017).

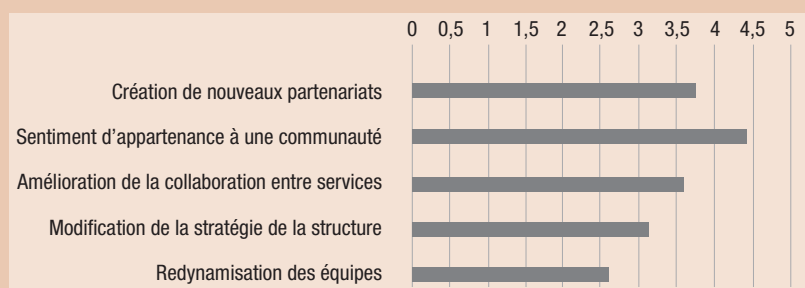


Figure 1.10. Exemple d'effets qualitatifs des IDS et EDG.

Tableau 1.1. Importance des motifs d'adhésion à Geosud/Theia (moyenne des scores de 0 à 10).

Caractéristique des images	Accès gratuit aux images satellites	9,1
	Accès à des images actualisées	8,2
	Accès à des images prétraitées (standard Référentiel grande échelle)	7,9
	Accès à des images d'archives	7,7
	Accès à des images de meilleure résolution	7,3
Facilité d'accès	Simplification des procédures administratives d'accès aux images	7,7
	Simplification des mécanismes d'accès aux images	7,6
Services d'appui et d'accompagnement fournis par l'infrastructure de données	Mise à disposition de guides méthodologiques	5,0
	Accès facilité à une expertise	4,9
	Services de traitement des images (plug-in, en ligne)	4,8
	Accès à un service d'accompagnement	4,7
	Accès à des formations	4,4

Source : enquête Tetis, 2018.

Des études économiques peu nombreuses

Si les IDG et IDS occupent une place croissante dans l'accès à la donnée géographique et le soutien à l'innovation, il existe encore peu de travaux portant sur leur évaluation économique, pourtant indispensable à l'élaboration de modèles de développement pérennes. Ce sont souvent des approches se limitant à des enquêtes qualitatives illustrant les difficultés de quantification de la valeur de l'information spatiale (Kruse *et al.*, 2017). Il faut bien distinguer en premier lieu les travaux selon qu'ils portent sur la **valeur de l'information géographique ou spatiale** ou sur les **retombées des IDS ou IDG**.

Dans les deux cas, il est nécessaire de disposer de données sur les formes d'usages et les conséquences de ces usages ; ce qui est un exercice complexe générant des difficultés de quantification. Les approches mobilisées se limitent le plus souvent à des enquêtes qualitatives ou centrées sur un seul type de produit ou un seul type d'effet (Rey-Valette *et al.*, 2017). C'est par exemple le cas du marché des services de géolocalisation (encadré 1.6) ou du cadastre (Borzacchiello et Craglia, 2013), de l'estimation du nombre de vies sauvées grâce à une technologie de type GPS, de l'étude du renforcement des capacités réglementaires du fait des possibilités de suivi par télédétection, de l'analyse d'effets sur l'environnement, etc. (Genovese *et al.*, 2010).

Encadré 1.6. Le positionnement par satellite du programme Galileo

Conduit par l'Union européenne et l'ESA, l'investissement du programme Galileo est estimé à 10 milliards d'euros au total. D'après une étude récente menée par PwC (2016), les retombées économiques durant les vingt premières années du programme sont estimées à 90 milliards d'euros. D'après l'Union européenne, 7 % du produit intérieur brut* (PIB) européen dépendrait des systèmes de positionnement par satellite, et ce taux pourrait atteindre 30 % d'ici 2030, avec actuellement 1 000 emplois directs et 20 000 à 140 000 emplois indirects. Le marché international du positionnement par satellite (GPS) devrait atteindre 600 milliards d'ici 2025, et ses marchés associés croissent déjà de 25 % par an. Selon ses promoteurs, les retombées économiques devraient largement compenser les investissements réalisés, avec de nombreux débouchés commerciaux pour des services dans divers secteurs : voitures autonomes, transports, agriculture, assurances, etc.

Parmi les approches quantitatives, on peut citer l'étude de Tasman (2008) en Australie, qui recourt à un modèle d'équilibre général calculable (encadré 4.5, chapitre 4) pour évaluer le poids économique de l'information géographique dans l'ensemble des secteurs de l'économie australienne. À l'échelle régionale, des études qualitatives ont été menées pour appréhender l'impact socio-économique d'IDG dans le cas de la Lombardie en Italie (Craglia et Campagna, 2010) ou pour identifier l'ensemble des effets générés dans le cas de la Catalogne en Espagne (Almirall *et al.*, 2008) (tableau 1.2). Enfin, quelques travaux proposent une mesure de la valeur de l'information spatiale à partir des gains de productivité réalisés dans des secteurs utilisant cette information, comme l'étude de Sawyer *et al.* (2016) sur la gestion des forêts en Suède.

Tableau 1.2. Exemple de l'évaluation de l'impact des IDS : approche par questionnaire.

	Catalogne (Almirall et al., 2008)	Lombardie (Campagna et Craglia, 2012)
Méthode	(1) Enquête par questionnaire et validation par <i>focus group</i> (2) Quantification de certains effets et validation par <i>focus group</i>	(1) Identification des acteurs et des processus à étudier (2) Entretien de cadrage (3) Enquêtes en ligne
Indicateurs	90 indicateurs élaborés de façon participative à partir de statistiques officielles, de données administratives, d'enquêtes auprès des usagers. Seulement une vingtaine a été évaluée.	Étude orientée vers les effets non marchands, notamment les impacts sociaux (et démocratie), pour compléter les travaux réalisés en Catalogne.
Type d'effets évalués	<p>Recettes et valeur ajoutée (VA) Diversification et augmentation des ventes, gains de VA, rationalisation de la collecte des taxes, gains de qualité des produits.</p> <p>Rentabilité, efficacité Productivité en gains de temps (trajet et travail) pour les structures et les citoyens, mutualisation des données, gains de maintenance et d'administration des données, rationalisation des procédures.</p> <p>Satisfaction des usagers Qualité, sensibilisation, participation accrue.</p> <p>Effets qualitatifs d'ordre social et politique Réduction de la disparité d'accès aux technologies pour les petites municipalités. Facilité d'accès à l'information, transparence de l'action publique.</p>	<p>L'étude porte sur trois domaines : – les processus de gouvernance ; – les études d'impacts environnementaux ; – les impacts économiques.</p> <p>Elle est menée pour 18 professions (architectes, géologues, ingénieurs, géomètres et autres spécialistes) auprès de l'ensemble des acteurs concernés (secteur public, secteur privé et ménages). Elle a été réalisée par entretiens (administrations régionales pour l'aménagement du territoire, centres de protection de l'environnement, organisations fournissant des services informatiques aux petites municipalités, etc.).</p>
Principaux résultats	Investissement évalué à 1,5 million d'euros (sur 5 ans) et rentabilisé en 6 mois. Les principaux effets concernent l'efficacité et l'efficacité interne des administrations publiques (gain de temps pour le personnel lors des requêtes, temps gagné dans les procédures internes et réorganisation des processus) et la satisfaction des citoyens (temps gagné par le public dans l'obtention des réponses).	Effets qualitatifs sur les processus de gouvernance (gains de temps pour la planification spatiale, lisibilité des données du fait de leur standardisation, facilité de réutilisation des données, transparence des politiques). Amélioration de l'évaluation de l'impact environnemental. Au total, on observe des coûts évités de l'ordre de 11 à 12 % et des gains de temps de 17 à 19 %, ce qui conduit à une économie globale de 3 millions d'euros/an.

Soulignons récemment la création à Montpellier d'une dynamique de recherche associant les UMR Tetis (unité mixte de recherche pour les Territoires et l'environnement par la télédétection et l'information spatiale) et le CEE-M (Centre d'économie de l'environnement de Montpellier) sur ces questions d'évaluation autour de l'Equipex Geosud. Plusieurs cas d'études ont été explorés à travers notamment des stages sur le cas des coupes rases (Niang, 2016) et des cartes d'occupation du sol (Aboueldahab, 2018) ainsi qu'un projet de recherche (Jabbour *et al.*, 2019 ; 2020). Ils ont permis d'approfondir les enjeux et les usages des IDS et de développer des protocoles méthodologiques adaptés (Rey-Valette *et al.*, 2016 ; 2017 ; 2020 ; Niang *et al.*, 2021).

Tandis que ces travaux portent spécifiquement sur les effets économiques des IDG/IDS, notamment au travers des usages observés chez les acteurs publics, une thèse réalisée à l'université de Strasbourg (Dahmani, 2019) a permis de quantifier les usages de l'information géographique par les entreprises des chambres de commerce et d'industrie d'Alsace, du Grand-Est et des Hauts-de-France et d'évaluer le poids économique d'une partie du secteur sur la base des entreprises et des structures affiliées au réseau Afigéo.

Absence de formations à l'évaluation économique des IDG/IDS

Le peu d'études économiques sur la valeur de l'information spatiale et sur l'estimation des effets des IDG et IDS peut s'expliquer par le développement récent de ces infrastructures et également par le manque de sensibilisation et de formation des professionnels de ces secteurs aux dimensions socio-économiques.

Une analyse succincte des formations dans les domaines de la télédétection et de la géomatique en France (tableau 1.3) semble confirmer cette deuxième hypothèse. Sur le site des formations spatiales géré par l'Issat (Institut au service du spatial, de ses applications et technologies) depuis 2005 avec le soutien du CNES⁶, 107 formations sont recensées en 2020 sur le thème 15 « Observation de la Terre, télédétection, systèmes d'information géographique (SIG), géomatique », et 29 formations sur le thème 19 « Droit et ingénierie des affaires: droit, réglementation, norme, gestion, finances, mercatique, coûts, achats, contrats, propriété intellectuelle ». L'analyse des programmes pédagogiques qui figurent sur les sites de ces formations montre qu'aucun module ne traite des questions de valeur de la donnée géographique, des méthodes d'évaluation, des modèles économiques des IDG ou des IDS.

L'élargissement du champ de la recherche au numérique en général permet de faire ressortir quelques formations. Elles restent toutefois très peu nombreuses et ne portent pas spécifiquement sur l'information spatiale et les IDS.

6. <https://www.formations-spatiales.fr/>

Tableau 1.3. Exemples de formations en socio-économie dans les domaines de la télédétection, de la géomatique et du numérique en France.

Intitulé de la formation	Organisme porteur	Lien
Double master Économie du numérique : innovation et modes de financement ; et Sociologie du numérique et des territoires	Université Côte d'Azur Mastère adossé au Gredeg	http://univ-cotedazur.fr/fr/education/trouver-sa-formation-1/masters/parcours/economie-du-numerique/PlaqueletteDOUBLEMASTER2018.pdf http://unice.fr/isem/contenus-riches/documents-telechargeables/offre-de-formation/Fly2_RVB.pdf
Master Droit, économie et gestion mention économie, parcours Stratégies économiques, numériques et données	CNAM	http://formation.cnam.fr/rechercher-par-discipline/economie-numerique-1085755.kjsp?RF=newcat_themes
Master 2 Network Industries and Digital Economics	Institut polytechnique de Paris	https://www.ip-paris.fr/master-2-network-industries-digital-economics/
Master Économie industrielle et des réseaux (parcours économie numérique)	Université de Montpellier, master adossé à l'équipe MRE (Montpellier Recherche en économie)	https://formations.umontpellier.fr/fr/formations/droit-economie-gestion-DEG/master-XB/master-economie-industrielle-et-des-reseaux-program-master-economie-industrielle-et-des-reseaux-2.html
MBA Aerospace, parcours Space business and applications (10 jours, 60 heures)	Toulouse Business School	https://www.tbs-education.com/program/aerospace-mba/what-is-the-tbs-aerospace-mba/strong-specialized-tracks/space-business-and-applications/

*

Les flux croissants et massifs de données spatiales acquises par les satellites d'observation de la Terre amènent à les gérer de plus en plus au moyen d'IDS à des niveaux nationaux ou internationaux. Ce paysage de l'observation de la Terre est en forte mutation avec l'arrivée de nouveaux acteurs appartenant pour la plupart au monde du numérique. Nous avons présenté dans ce chapitre quelques-unes de ces IDS en France (Geosud, Theia, Dinamis) et à l'étranger (plateformes DIAS du programme européen Copernicus, plateformes de GAFA). Ces IDS fédèrent des communautés d'experts de la télédétection et d'utilisateurs et se situent en amont d'infrastructures plus généralistes, les IDG, les deux s'enrichissant mutuellement.

Malgré le succès croissant des IDS auprès des utilisateurs du fait des nombreux intérêts à adhérer à ce type de dispositif, les modèles de développement des IDS sont pour la plupart loin d'être stabilisés et dépendent largement de financements publics en amont.

Très peu de travaux ont encore été menés sur les modèles des IDS/IDG et, plus fondamentalement, sur la compréhension de la valeur de l'information spatiale et de ses effets transformateurs. Parmi les rares études réalisées, les approches mobilisées se limitent le plus souvent à des enquêtes très qualitatives ou centrées sur un seul type de produit ou un seul type d'effet.

De plus, une analyse succincte de l'offre de formation en France dans les champs de la géomatique, de la télédétection et plus largement de l'économie du numérique montre que les dimensions socio-économiques des IDS et IDG ne sont quasiment jamais abordées dans les parcours pédagogiques, à l'exception de très rares formations non spécifiques à l'information spatiale.

Ainsi, les enseignements tirés de ce premier chapitre militent pour l'intérêt de développer un document à visée opérationnelle et pédagogique sur la question de la valeur de l'information spatiale et des méthodes d'évaluation socio-économique des IDS.

2. Enjeux, démarche et périmètre d'étude

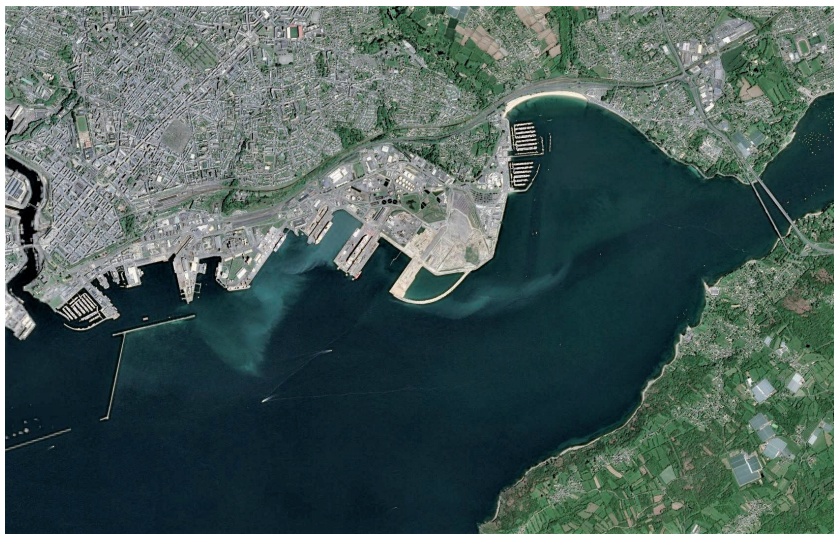


Figure 2.1. Image SPOT-7, 13/05/2019. Brest – © Airbus DS 2019, reproduction IGN, INRAE, IRD, en vertu de la licence Airbus DS.

L'économie et la gestion de l'information spatiale font naître de nouvelles questions qui reflètent le développement accéléré de ce secteur. Un contexte international très actif, avec le déploiement des grands systèmes d'observation de la Terre, la création de globes virtuels par des sociétés commerciales, la mutualisation en amont d'achat d'images commerciales à haute et très haute résolution spatiale et l'arrivée des acteurs du *New Space* bouleversent les modèles économiques classiques.

Dans ce chapitre, nous présentons en premier lieu un aperçu des logiques économiques qui président au financement et à la gestion des IDS ainsi que les enjeux liés à leur évaluation socio-économique. Nous introduisons ensuite quelques notions de base sur l'approche économique de la valeur, suivies d'une présentation du cadre d'analyse et des méthodes applicables aux IDS. Nous précisons les différents types de valeurs liés aux IDS, avant de terminer avec la comptabilisation de ces effets suivant la nature des différents acteurs de la chaîne de valeur liée à l'information spatiale.

Modèles économiques des IDS

La notion de modèle économique renvoie aux dispositifs de financement mis en œuvre pour assurer le développement et le fonctionnement des IDS. L'évaluation des avantages apportés par les IDS est un élément important de la légitimité d'un modèle économique qui implique des fonds publics. Selon que ces avantages sont susceptibles de donner lieu à une valorisation marchande, relèvent de contributions à la production de biens publics*, sont à même de lever des verrous ou d'avoir des effets démultiplicateurs sur le développement économique, l'importance et la forme des aides publiques légitimes et pertinentes ne sont pas les mêmes. Les modèles économiques des IDS sont eux-mêmes inévitablement influencés par l'histoire de ces technologies et leurs caractéristiques. L'histoire des IDS a d'abord été marquée par les enjeux de l'information spatiale pour les autorités publiques, militaires et civiles. Le développement de capacités de production et de gestion de cette information a ainsi été largement entrepris par les besoins de défense et d'administration des territoires, et a été soutenu par des financements publics. Selon les pays et les contextes, ces financements ont été attribués à des structures publiques ou parapubliques, ou à des entreprises privées sous contrat avec les autorités publiques. Rappelons que les fonctions des IDS ne se limitent pas à gérer le stockage et la mise à disposition de l'information spatiale, mais contribuent également à en réaliser ou à en gérer le traitement pour la production de biens et services à valeur ajoutée, correspondant à des demandes spécifiques. Elles comprennent des plateformes gérant l'interface entre les acteurs qui produisent l'information satellitaire et ceux qui développent des moyens de traitement de cette information (chapitre 1).

Les IDS atteignent aujourd'hui un stade de développement et de maturité qui tend à leur conférer une position centrale au sein d'un écosystème de structures et d'activités. Ces activités concernent de multiples acteurs et utilisateurs ; leur développement leur donne accès à une diversité de financements qui ne peut plus reposer exclusivement sur des budgets publics. L'ouverture de l'espace aux nouveaux acteurs, avec l'extension des objectifs technologiques spatiaux, affecte de plus en plus les modèles économiques et organisationnels traditionnels existants. Rendu possible par une série de facteurs réglementaires, géopolitiques et technologiques, le libre accès à l'espace a permis de réduire les coûts et d'augmenter la capacité des acteurs spatiaux impliqués. On peut citer quelques faits marquants du contexte économique :

- l'accroissement du nombre d'entreprises privées impliquées dans la commercialisation des activités spatiales (chapitre 1) ;
- les nouveaux entrants, issus souvent du monde du numérique, qui investissent tout au long de la chaîne de valeur de l'industrie spatiale, depuis les processus de lancement de satellites jusqu'au développement de produits et services à valeur ajoutée très en aval de la simple vente d'images ;

– l'émergence de nouvelles logiques économiques liées à la mise en place d'IDS mobilisant des financements publics/privés (ex. : plateformes DIAS du programme européen Copernicus) ou entièrement privés (ex. : satellites SPOT 6-7, IDS OneAtlas d'ADS, IDS GoogleEarth Engine, constellation de nanosatellites de Planet Labs).

Ces IDS sont orientées vers des capacités d'acquisition massive de données d'observation de la Terre et de production industrielle de produits et services accessibles en ligne, de plus en plus *via* des abonnements. À ces nouvelles logiques économiques correspondent de nouveaux modèles d'innovation. Les acteurs du spatial ne s'adressent plus uniquement aux utilisateurs finaux. Les IDS sont conçues pour attirer aussi des communautés de développeurs apporteurs de valeur ajoutée en mettant à leur disposition des boîtes à outils logicielles, des jeux d'images, des ressources de calcul et de stockage ainsi que des places de marché pour rendre visibles leurs offres auprès des communautés d'utilisateurs (Jabbour *et al.*, 2019). Les modèles économiques de ces nouvelles IDS se développent à côté, en complémentarité ou en concurrence avec ceux des acteurs historiques du spatial, qui les font évoluer eux-mêmes pour s'adapter à ce nouveau contexte (encadré 2.1).

Encadré 2.1. Présentation du principe des marchés bifaces

La notion de marché biface (Rochet et Tirole, 2006) a été définie comme une situation dans laquelle une ou plusieurs plateformes permettent des transactions entre deux catégories d'utilisateurs de services différents (les deux faces du marché : exemple, un journal vend du contenu aux lecteurs et des espaces publicitaires aux annonceurs) en leur proposant un dispositif de mise en relation. Le marché biface présente des effets de réseau croisés (ou externalités* croisées) : l'utilité qu'un agent d'un côté du marché retire de sa participation au service offert par la plateforme dépend du nombre de participants de l'autre côté du marché, nombre qui dépend lui-même des décisions de prix de la plateforme. En général, les plateformes détiennent un pouvoir de marché bilatéral : elles décident du prix demandé pour chaque côté du marché. Le volume de transactions entre les deux types d'utilisateurs dépend davantage de la structure des prix pratiqués par la plateforme pour les deux catégories d'utilisateurs que du niveau des prix que pratique la plateforme pour chaque catégorie. Pour un utilisateur, il est en effet intéressant d'adhérer à une plateforme offrant un ensemble d'outils, de fonctionnalités et d'applications, de même que les développeurs de produits nouveaux ont intérêt à cibler un maximum d'utilisateurs potentiels. Ainsi, le mode de tarification incitatif, voire gratuit, au sein d'un réseau largement ouvert d'utilisateurs des images satellites tend à favoriser la croissance des unités de développeurs de nouveaux produits ou services liés à cette donnée spatiale, avec des rendements d'échelle croissants. La structure optimale de prix entre les deux faces du marché est un défi propre à chaque plateforme (Hagiu, 2009 ; Weisman, 2010). Ce mécanisme peut conduire à ce que l'un des groupes d'utilisateurs bénéficie d'accès gratuits.

Enjeux des évaluations socio-économiques

L'évaluation socio-économique des IDS revient à s'interroger sur l'importance des investissements réalisés en identifiant et en caractérisant les bénéfices qu'en retirent leurs utilisateurs directs et, *in fine*, l'ensemble de la société. De multiples outils de calcul économique public, notamment les analyses coût-avantage (encadré 2.2), et d'évaluation des politiques publiques peuvent être mobilisés, en les adaptant aux caractéristiques et spécificités de l'information spatiale. Ces outils et méthodes permettent notamment de rendre compte des types de modèles économiques pour la pérennité de ces infrastructures en lien avec les problématiques suivantes :

- dans quelle mesure le maintien des subventions publiques de ces infrastructures peut-il être justifié ?
- quelles formes et niveaux de tarification ou de contrats public/privé peuvent être mis en œuvre ?

Encadré 2.2. Principes des analyses coût-avantage

L'analyse coût-avantage consiste en une comparaison des flux présents et futurs des gains engendrés par un projet ou un investissement, avec les flux futurs des coûts. Elle permet également une comparaison chiffrée et objective entre différents projets d'investissement sur un même périmètre d'effets. On peut identifier quatre étapes fondamentales :

- il s'agit en premier lieu d'identifier les acteurs concernés par un projet et de préciser la nature des effets pour chacun d'entre eux ;
- une fois les effets identifiés, on doit, autant que possible, les quantifier ;
- il faut ensuite procéder à leur valorisation en termes monétaires, selon le type d'effets (marchands, non marchands, présence d'externalités*, etc.) ;
- enfin, on doit agréger l'ensemble des avantages et des coûts qui interviennent à des périodes différentes et doivent être ramenés à leur valeur « actuelle » grâce à un calcul d'actualisation*.

Les effets n'ayant pas pu être monétarisés font l'objet d'une présentation séparée, et les données et étapes de calcul doivent être présentées de manière détaillée pour faciliter la compréhension des parties prenantes. L'analyse coût-avantage doit être menée en raisonnant par comparaison avec l'option de référence (par exemple, la situation en l'absence du nouveau projet). Elle doit être menée sur la base des effets exprimés en valeur réelle, c'est-à-dire corrigés de l'inflation (en utilisant l'indice des prix du PIB, l'indice des prix à la consommation, l'indice des travaux publics, etc.). Si les décisions d'investissement se fondent *a priori* sur les prix de marché des facteurs de production et la rentabilité financière prévisible, l'évaluation des coûts et avantages des choix publics ne doit pas se baser sur des prix de marché. Lorsque des prix existent, ils ne reflètent pas les coûts et les bénéfices sociaux parce qu'ils ne prennent pas en compte les pouvoirs de marché et d'éventuelles externalités ; ils peuvent en outre être biaisés par des asymétries d'informations ou être régulés par des autorités publiques.

Il s'agit de produire des indicateurs de performance ou de cohérence utiles pour orienter la prise de décision, par exemple sur des choix d'investissement ou de niveau de subvention, mais aussi des éléments de suivi des effets visant à orienter l'usage et la forme des informations produites. Schématiquement,

on peut identifier trois approches complémentaires selon que l'évaluation permet de mesurer :

- la valeur d'une infrastructure d'information (chapitre 3);
- les retombées socio-économiques à diverses échelles territoriales (chapitre 4);
- les effets organisationnels et institutionnels (chapitre 5) sur :
 - les interactions entre les acteurs liés à ces infrastructures (effets de mise en réseau, facilitation de l'innovation),
 - la qualité des diagnostics, décisions et politiques menées à partir de l'information produite.

Ces différents champs impliquent des problématiques différentes et, par là, des outils, indicateurs et méthodes différentes.

Approche économique de la valeur

L'idée de valeur est présente dans de multiples domaines avec des significations spécifiques (encadré 2.3). Elle renvoie en général à un jugement relatif à l'importance attachée à des actions ou à des choses. Lorsque cette importance se mesure à l'aune de la conformité avec des principes éthiques, on parle de valeurs morales, ou déontologiques, en particulier si on se place dans le cadre d'une communauté professionnelle. Mais l'importance et la valeur peuvent renvoyer à des aspects beaucoup plus matériels, comme le rôle d'un organisme vivant dans un écosystème (valeur écologique) ou la mesure des émissions de dioxyde de carbone liées à la production, l'utilisation ou l'élimination d'un bien ou d'un service.

La valeur économique d'un bien ou d'un service est un indicateur de l'intérêt qu'un agent porte à ce bien ou service. C'est en général une notion subjective qui dépend de la psychologie de cet agent et du contexte. Mais certaines écoles de pensée (physiocrates, classiques, marxistes) ont essayé dans le passé de définir une notion objective de valeur économique, notamment en se basant sur la quantité de travail nécessaire à la production des biens et services.

La valeur économique se distingue du prix qui est ce qu'un agent doit payer pour obtenir ce bien ou service auprès d'un autre agent. Les prix sont donc des indicateurs des tensions dont les variations tendent à équilibrer l'offre et la demande des biens et services.

Dans les modèles qui font l'hypothèse que les marchés sont complets (tous les biens qui ont de la valeur peuvent s'acheter ou se vendre; il n'existe donc pas d'externalités* ou de biens publics*) et en concurrence pure et parfaite (aucun agent n'a le pouvoir d'influencer significativement les marchés), les prix expriment alors les valeurs économiques des biens et services. La distinction entre prix et valeur reflète donc les conditions institutionnelles et technologiques qui déterminent quels biens et services sont effectivement régulés par les marchés, et dont la réalité peut être très éloignée de ces modèles.

Encadré 2.3. La notion économique de valeur

La valeur économique est définie comme une relation d'équivalence subjective entre les biens qui dépend de leur utilité* et de leur rareté. Les biens sont dits « utiles » s'ils contribuent positivement au bien-être, et « rares » si la satisfaction de la demande implique un coût d'opportunité* non nul. L'utilité renvoie aux préférences des agents, postulées préexistantes et stables, mais qui ne s'observent que dans les choix concrets, en fonction des techniques disponibles, des institutions et des normes sociales.

La mesure empirique de la valeur des biens et services soulève donc de multiples difficultés et implique le recours à un ensemble de méthodes spécifiques qui sont aujourd'hui assez bien balisées. Une distinction fondamentale porte sur le caractère marchand ou non des biens à évaluer.

Pour les biens qui s'échangent sur des marchés, l'analyste peut observer des prix afin de construire un indicateur de la valeur. Ces prix doivent toutefois être corrigés pour tenir compte des effets liés aux imperfections des marchés réels : pouvoirs de marché (monopoles, monopsones, etc.), externalités* (effets sur la valeur non prise en compte par le marché, notamment du fait de l'incomplétude des dispositifs légaux), biens publics* (encadré 2.4) et un ensemble de situations qui se rapprochent de ces cas.

Encadré 2.4. Les différents types de biens économiques

Un bien est dit « rival » si son utilisation par un agent rend son utilisation par d'autres plus difficile ou impossible (cas des biens consommables ou des biens collectifs avec encombrement). Un bien est dit « exclusif » ou « excluible » s'il est techniquement et légalement possible d'en réserver l'usage à son détenteur, qui en devient alors propriétaire légalement ou de fait.

Les économistes appellent des biens publics* (au sens classique de Samuelson, 1954) les biens non rivaux et non excluables. Les biens non excluables mais rivaux sont les biens communs, et les biens non rivaux mais excluables sont les biens de club.

Dans le cas des IDS et de l'information, il convient de souligner la propriété particulière de l'information, qui ne se consomme pas au sens où son usage par un individu serait exclusif et ferait disparaître le bien ; au contraire, l'information se partage, même si le fait d'être largement partagée peut conduire à l'instituer comme une information commune qui peut perdre sa valeur stratégique, au sens où elle n'implique plus de différence.

Dès lors, le rôle d'intermédiaire de l'IDS est donc avant tout celui d'un facilitateur du partage de la jouissance de ces biens entre plusieurs usagers (en l'occurrence des usagers publics). De surcroît, le bien considéré ici – l'information spatiale – a des caractéristiques de bien public* : il n'est pas rival et il est imparfaitement exclusif (comme dans le cas des images Sentinel et des produits/services Copernicus basés sur ces images). En pratique, il est parfois géré par des mécanismes de contrats et de licences comme un bien de club dont les avantages sont réservés à des catégories d'utilisateurs ou aux adhérents d'une plateforme ou d'un réseau.

Cependant, bien que l'utilisation des images soit juridiquement limitée aux ayants droit, des accords avec les fournisseurs peuvent être trouvés pour partager les images avec d'autres services, d'autres institutions publiques, voire les mettre à disposition provisoirement à des agents privés, le plus souvent des bureaux d'études ou associatifs, pour des tâches bien définies, par exemple des études de recherche-développement ou des prestations pour des acteurs publics.

Pour les biens non marchands, il n'y a pas *a priori* d'information simple accessible, et les économistes ont développé un ensemble de méthodes visant à produire des équivalents-prix, c'est-à-dire des indicateurs tenant compte à la fois de l'utilité* et de la rareté de ces biens et services, souvent désignés par la notion de consentement à payer* (CAP) (sous-entendu : si ces biens étaient offerts sur un marché) (encadré 2.5).

Encadré 2.5. La notion de CAP

Directement issu de la théorie du consommateur, le CAP évalue le montant maximal que les consommateurs ou usagers d'un bien sont prêts à payer compte tenu de la satisfaction que chacun retire de ce bien. Dans le cas des biens marchands, comparée au prix réel observé, l'évaluation du CAP permet par différence de mesurer le surplus du consommateur*.

Valeur des IDS

Il s'agit à présent de préciser comment appliquer ce cadre d'analyse et ces méthodes aux IDS.

De la valeur de l'information à la valeur d'une infrastructure d'information spatiale

Bien que les enjeux économiques des IDS soulèvent différents problèmes, une base commune repose sur la valeur économique de l'information. Depuis les années 1970, l'économie de l'information occupe une place centrale dans le domaine de l'organisation industrielle, où il s'agit avant tout de mieux comprendre les enjeux des asymétries d'information entre agents et comment en réguler les effets dommageables. Dans une société qui multiplie les dispositifs d'observation et accroît à un rythme accéléré sa capacité de stockage, de transformation et de diffusion, les questions de valeur de l'information se posent avec une acuité particulière. L'information peut être utilisée sans être consommée, reçue sans le vouloir, ayant ainsi des caractéristiques de bien public*. **Du point de vue économique, la valeur de l'information reflète l'importance de sa contribution à l'amélioration des décisions**, c'est-à-dire au fait qu'elle permet de mieux guider les choix vers des situations socialement préférables. Dans cette perspective, la valeur d'une IDS est donc celle d'un investissement qui permet de générer et de gérer l'amélioration

de l'information. **La valeur d'une IDS se calcule donc comme la somme actualisée des avantages futurs espérés de ces gains informationnels (Δinfo):**

$$V_{IDS} = \sum_{t=0}^{t=T} V_t(\Delta \text{info}) / (1+a)^t$$

T étant la durée de vie de l'IDS ou de l'investissement considéré, a le taux d'actualisation*. En adaptant l'équation classique qui définit la valeur actualisée nette (VAN), l'évaluation *ex ante* de l'investissement dans une IDS devient:

$$VAN_{IDS} = -I + \sum_{t=0}^{t=T} (V_t(\Delta \text{info}) - C_t) / (1+a)^t$$

I étant l'investissement initial et C_t les coûts annuels de fonctionnement et de maintenance.

Cette présentation, qui peut paraître évidente, doit cependant être considérée avec discernement. Les recherches en sociologie de la décision ont mis en évidence la difficulté d'identifier le moment où sont faits les choix, et les théories économiques de la décision analysent comment, avec une information donnée, prendre les meilleures décisions telles qu'elles ressortent de critères généraux (comme la maximisation de l'espérance d'utilité*). Le problème de l'acquisition de l'information ne vient qu'ensuite, et la valeur de l'information est souvent restée une question un peu académique qui l'assimile aux avantages retirés de la possibilité de réviser ses choix lorsqu'une amélioration de l'information met en évidence que cette révision est avantageuse. Ce gain est exprimé par le concept de « valeur d'option » (Hanemann, 1989) (encadré 2.6).

Encadré 2.6. Précisions sur le concept de valeur d'option

La valeur d'option est l'avantage, mesuré en gain d'espérance d'utilité, de la préservation d'une option de choix future. Ce gain est *a priori* positif ou nul, et il est étroitement lié à l'amélioration de l'information entre deux moments: celui où le choix est fait et celui où une option sera définitivement réalisée (une fois l'information sur ses conséquences connue). La valeur d'option prend de l'importance si le contexte de la décision remplit trois conditions:

- incertitude sur la réalisation future des états du monde;
- information croissante;
- irréversibilité de certaines options de choix.

La notion d'irréversibilité joue ici un rôle central. Elle est définie comme le fait que certaines options ont pour effet de réduire l'éventail des choix futurs. Son importance tient à ce que l'amélioration de l'information dans le futur devrait conduire à souhaiter changer d'options, mais la disparition de ces options rendrait ce changement adaptatif impossible. La valeur économique de l'information serait donc nulle puisque l'on ne pourrait pas en tirer avantage. Si toutes les options sont réversibles sans coût spécifique (si la réversibilité est coûteuse, on est ramené au cas irréversible avec des calculs un peu plus compliqués), alors la valeur de l'information se mesure par l'anticipation de l'amélioration potentielle de la situation qui résultera de sa prise en compte. Cette anticipation suppose de pouvoir représenter tous les scénarios probables et d'en évaluer les conséquences; ce qui est évidemment une hypothèse très contraignante et explique que la mesure empirique de la valeur de l'information est un art délicat.

En pratique, l'approche par la valeur d'option est de moins en moins mobilisée au profit d'une approche par la flexibilité, mettant en exergue la capacité de réactivité et d'adaptation des systèmes économiques, de plus en plus complexes et évoluant dans des contextes soumis à de multiples facteurs d'incertitude.

Par ailleurs, l'évolution des pratiques en matière de décision, avec le développement de la concertation et l'élargissement des parties prenantes associées aux stratégies directement ou implicitement en recherchant leur acceptabilité, conduit à une décision négociée avec des compromis complexes et souvent évolutifs. Cette évolution est particulièrement déterminante dans le domaine de l'aménagement du territoire, où l'information géographique est au cœur des différents dispositifs de gestion publique.

L'importance économique de l'information (géographique, spatiale ou autre) et donc d'une IDS concerne aussi d'autres éléments que ceux directement liés à une amélioration du bien-être social vu par le décideur. Outre les critères directement économiques, l'apport d'information permet aussi de rendre des comptes *a posteriori* (logique d'*accountability*, nécessaire pour toute action ou dépense publique dans une démocratie) ou d'explicitier et de justifier des choix *ex ante*, donc de les rendre plus acceptables (par exemple s'ils sont perçus comme socialement efficaces, ou socialement équitables ; ce qui constitue des éléments favorisant l'acceptabilité).

Dans le contexte actuel de complexité et de partage croissant des décisions en matière d'aménagement et plus généralement de décision territorialisée, la mise à disposition d'informations spatialisées à l'ensemble des parties prenantes est non seulement un facteur d'acceptabilité, mais, avant tout, de gestion d'une pluralité de compétences et de légitimités qui doivent conduire à de meilleures décisions.

Spécificités économiques des modalités d'accès à l'information : valorisation des IDS et tarification des produits

L'un des apports souvent mis en exergue en matière de fonctions des IDS concerne les gains liés à la mutualisation des traitements et des images. Dans une perspective statique, la mutualisation des images permise par une IDS est cependant assez ambiguë : en première approximation, on pourrait considérer que l'IDS ne joue qu'un rôle d'intermédiaire entre les producteurs d'images et une large diversité d'utilisateurs, sans autre effet que de maîtriser un réseau de diffusion.

En l'absence d'IDS, on peut penser que les producteurs d'images essaieraient de les vendre directement aux utilisateurs potentiels, à leur coût marginal* (qui peut être assez élevé, bien que très difficile à calculer, encadré 2.7) ou bien à des prix incitatifs assez arbitraires ou liés à une politique commerciale pour développer l'usage de ces produits.

Encadré 2.7. Précisions sur la notion de tarification au coût marginal

La notion de tarification au coût marginal a été discutée et clarifiée dans les années 1950-1960, en particulier en réponse aux questions soulevées par la tarification de l'électricité en France. Pierre Massé et surtout Marcel Boiteux ont été les principaux contributeurs à ce débat international. La tarification au coût marginal, principe traduisant l'efficacité économique, est confrontée au « paradoxe du voyageur de Calais » (Allais, 1989), parabole qui met en évidence que le coût marginal d'un voyageur supplémentaire dans un train sur le trajet Paris-Calais dépend de la situation de référence: quasi nul s'il y a des places libres, mais s'élevant en fonction du niveau d'investissement (voiture supplémentaire, train supplémentaire, voie supplémentaire) éventuellement nécessaire pour l'accueillir. La solution, parfois qualifiée de « coût marginal de développement », consiste à intégrer dans le coût marginal l'amortissement des investissements¹ rendus nécessaires (ou considérés comme tels dans les scénarios de développement retenus) par une demande croissante.

¹ On s'écarte donc ici d'une vision « naïve » de l'approche marginale qui exclut les coûts fixes, en considérant que, sur une trajectoire de développement d'un secteur, les investissements résultant de l'adaptation de la capacité de production à une demande en développement doivent être intégrés au coût marginal.

Dans le cas de l'information spatiale, la difficulté résulte évidemment dans l'importance des investissements consentis, qui ne sont pas divisibles et qui impliquent donc de définir une règle d'affectation de ces coûts dans un contexte où ils revêtent des aspects de biens stratégiques (dans la compétition États-Unis, Europe, Chine, etc.), voire d'indépendance ou de souveraineté (ce qui se traduit par une prise en charge significative par des financements publics).

Au niveau de la demande, la diversité des usages conduit dans de très nombreux cas les usagers de ces images, publics et privés, à ne pas pouvoir valoriser suffisamment ces produits pour en assumer le coût. La théorie économique analyse ce type de situations à travers le modèle du monopole discriminant (encadré 2.8) pour maximiser la valorisation d'un produit concernant une pluralité d'usagers.

Encadré 2.8. Précisions sur la notion de monopole discriminant

On parle de discrimination par les prix lorsqu'un bien homogène est vendu à des prix différents selon l'acheteur, le but pour l'offreur étant d'accroître son profit. Cette situation suppose que l'offreur détient un pouvoir de marché (dans le cas simple, il est en situation de monopole). On peut définir trois types de discriminations, selon que l'offreur peut fixer le prix en fonction de l'acheteur, que le prix est le même pour tous les acheteurs qui ne sont distingués que par la quantité achetée, ou que l'offreur a la possibilité de segmenter la clientèle en sous-marchés qui ont chacun un prix propre.

Importance économique de la mutualisation et de la mise en réseau

Dans le cas des IDS, la valeur de la mutualisation pour les adhérents tient à plusieurs facteurs :

- un prix négocié et des droits concédés supplémentaires à travers des licences⁷ dans le cas d'images exploitées commercialement ;
- le partage du coût d'accès aux images qui n'est acheté qu'une seule fois auprès des producteurs et qui supprime tous les coûts de transaction chez les adhérents (connaissance des produits et guichets, commande, suivi de la commande) ;
- la mise en commun de l'ensemble des données spatiales (images et produits dérivés) qui augmente le potentiel d'observation et élargit les champs d'application ;
- la mise à disposition plus rapide des données ;
- l'archivage des données qui rend possible leur accessibilité dans le temps et diversifie les champs d'application (mesures de changements) ;
- la mise en réseau des usagers qui permet des échanges de pratiques, de nouveaux partenariats, et qui est source d'innovation.

Pour les utilisateurs, les gains liés à la mutualisation sont d'autant plus importants que le nombre et la diversité des adhérents augmentent, ainsi que la diversité des produits et la facilité d'accès grâce à l'interopérabilité entre plateformes.

Ces différents gains, qui relèvent en partie de coûts de transaction (encadré 2.9), sont *a priori* largement fonction du type d'organisation de l'IDS (parfois imposée par les conditions de licence ouverte⁸), qui fonctionne alors comme gestionnaire d'un « club » (au sens des biens de club) en achetant les images et en gérant l'accès par les mécanismes d'adhésion à l'IDS (encadré 2.4).

Une conséquence évidente de l'existence d'une IDS ou d'une IDG se situe au niveau des gains de temps pour l'accès aux données, qui peuvent être très significatifs, comme en témoigne l'exemple de l'accès aux données cadastrales par la métropole de Montpellier (encadré 2.10).

7. Le fait que les IDS se positionnent comme intermédiaires entre les producteurs d'images et les utilisateurs leur confère un certain pouvoir de marché dont elles peuvent tirer avantage et faire bénéficier leurs usagers (réciproquement, on peut imaginer que dans une négociation entre un offreur et un demandeur, uniques et liés aux autorités publiques, les intérêts de l'offreur, qui doit parvenir à équilibrer ses comptes pour assurer la continuité de son service, peuvent également être pris en compte).

8. C'est le cas de Geosud et bientôt de Dinamis du fait qu'une partie des images partagées sont exploitées commercialement (SPOT 6-7, Pléiades, etc.). L'atténuation de ces gains serait moindre pour des IDS basées uniquement sur des images en licence ouverte comme Sentinel ou Landsat. Mais, d'un autre côté, les gains seraient moins élevés du fait d'une gamme moins riche d'images et donc d'un potentiel d'usages moindre. De plus, ces IDS nécessitent quand même la mise en place d'une organisation pour gérer techniquement la plateforme, animer les communautés, etc.

Encadré 2.9. Actifs spécifiques et coûts de transaction

La notion de coûts de transaction a été largement formalisée par l'économie néo-institutionnelle (Williamson, 1989) pour rendre compte des différentiels de performance entre formes de coordinations (marché, contrat, intégration, etc.), et plus particulièrement dans des contextes d'incertitude et d'asymétrie d'information. Dans ce cadre, Williamson définit **les coûts de transaction comme l'ensemble des coûts qui résultent de la relation contractuelle**. Ils peuvent être *ex ante* (recherche de marché, accès à l'information, élaboration du contrat, négociation, standardisation et certification des produits, etc.) ou *ex post* (coûts de contentieux, de surveillance, de renégociation, d'opportunité des actifs destinés à garantir le respect du contrat, par exemple une caution, etc.). Ces coûts sont la conséquence de la rationalité limitée des individus, de l'instabilité des préférences, des asymétries d'information et des comportements opportunistes. Selon cette approche, la forme de coordination est liée au contexte ou à l'environnement de la transaction (type de produit, possibilité de substitution, régularité des transactions, etc.), notamment au degré de confiance et aux institutions et facteurs encadrant la transaction. Par ailleurs, ces coordinations s'expliquent aussi largement par le degré de spécificité de certains actifs mobilisés dans le cadre de ces interactions. **Un actif est dit « spécifique » lorsqu'il comporte des caractères originaux de telle sorte qu'en dehors de la transaction à laquelle il est associé, sa valeur d'échange sur le marché est réduite**. Cette spécificité peut avoir quatre origines : l'implantation géographique (spécificité de site), les attributs physiques originaux du produit (spécificité de l'actif physique), les compétences exceptionnelles du personnel (spécificité de l'actif humain), l'affectation de l'actif à un usage précis (actifs dédiés à la transaction). Selon Williamson, la spécificité des actifs incite à l'intégration verticale, car plus une entreprise est dotée d'actifs spécifiques, plus elle dépend de ses fournisseurs et de ses clients. Williamson propose ainsi une typologie des formes de transactions et de contrats :

- classique pour des transactions courantes passant par le marché ;
- personnalisé de long terme entre deux entités qui introduit une relation d'association ;
- avec arbitrage externe, par la présence d'un tiers expert choisi dès l'origine pour arbitrer les différends sans recours systématique aux tribunaux.

Le choix entre ces formes dépend du niveau d'incertitude, de la fréquence des transactions, mais aussi de leur idiosyncrasie, c'est-à-dire l'indice de spécificité de la transaction en fonction de la spécificité des actifs ; ce qui conduit à la typologie suivante des formes d'organisation :

Tableau 2.1. Formes de coordination en fonction des coûts de transaction.

	Investissement non spécifique	Investissement moyennement spécifique	Idiosyncrasie
Fréquence de transaction faible	Marché	Structure trilatérale avec arbitrage	
Fréquence de transaction forte		Structure bilatérale contrat personnalisé	Intégration avec contrat personnalité

Source : Williamson, 1989.

Encadré 2.10. Illustration des gains de temps d'accès dans le cas du cadastre de Montpellier

Une évaluation de l'amélioration de l'accès aux données en matière de temps d'accès, qui s'accompagne également d'économie de coûts administratifs, a été réalisée dans le cas de données de cadastre à l'échelle de la métropole de Montpellier (Rey-Valette *et al.*, 2016). À partir de l'exploitation des dates de commandes à la Direction générale des Finances publiques (DGRFiP) et des dates de réception sur une période de cinq années, on observe qu'en moyenne la durée totale pour l'obtention des données s'élève à 43 jours, contre 6 jours si la structure s'adresse à SIG-LR, soit un gain de 37 jours qui témoigne d'un accès très largement facilité.

Tableau 2.2. Comparaison des temps d'accès en fonction des modes d'accès.

	Temps d'accès moyen avant la commande	Temps d'accès moyen après la commande	Total
DGRFiP	31,5 jours	11,75 jours	43
SIG-LR	3 jours	3 jours	6

Source : Rey-Valette *et al.*, 2016.

Du fait du contexte de leur mise en place (rappelé plus haut) avec le soutien de fonds publics, les IDS ont souvent bénéficié de subventions récurrentes dont les adhérents tirent évidemment un avantage supplémentaire, qui peut aller jusqu'à la gratuité des images (cas de l'IDS Geosud) ou des tarifs fortement préférentiels (cas des images Pléiades financées par le CNES).

Dans une perspective plus dynamique, le rôle de l'IDS ne se limite pas à organiser cet accès, mais plus encore à gérer les relations entre deux groupes d'utilisateurs de ces produits : les usagers finaux d'informations spatiales et les développeurs de chaînes de traitements et d'applications qui transforment les images brutes en produits à valeur ajoutée plus spécifique. L'IDS remplit ici le rôle central d'une plateforme sur un marché biface* en organisant un écosystème d'innovation (encadré 2.1).

Catégories d'effets des IDS et types d'approches

Comme évoqué précédemment, les types d'effets et de méthodes sont liés aux problématiques et questions que l'on se pose et, donc, à la nature des impacts que l'on cherche à évaluer. On peut, grossièrement, identifier trois types d'approches bien distinctes.

– **La valeur d'une infrastructure d'information** correspond au cadre d'analyse présenté dans la section précédente. On évalue l'importance d'une IDS par sa capacité à améliorer le bien-être social tel qu'il est appréhendé par l'économie standard, c'est-à-dire à travers son impact théorique sur le système de prix. Dès lors que les informations produites ne sont pas directement marchandes, l'analyse s'efforce de produire des indicateurs monétaires pour ces effets non marchands.

Plusieurs approches ont été développées pour construire ces indicateurs (inférence à partir de coûts observables, préférences révélées par les comportements, préférences déclarées dans le cadre de protocoles d'enquête). Ces indicateurs, qui visent à refléter les prix qui résulteraient d'une régulation marchande, sont généralement désignés comme CAP* des usagers pour l'accès à cette information (chapitre 3);

– L'évaluation des **retombées socio-économiques et de la contribution au niveau d'activité économique** (souvent qualifiées d'effets ou d'impacts socio-économiques) implique de mesurer les changements au niveau des produits et des pratiques résultant de l'usage des produits issus de l'IDS en matière de coûts évités et de valeur ajoutée (encadré 2.11) créée par rapport à la situation de référence sans ces informations (chapitre 4).

Encadré 2.11. Définition de la valeur ajoutée

La valeur ajoutée représente l'excédent de la valeur des produits par rapport à la valeur des biens et services consommés pour réaliser cette production. La somme des valeurs ajoutées de toutes les unités résidentes d'un pays constitue le PIB*, dont l'augmentation dans le temps est appelée la croissance économique.

– L'évaluation des **effets qualitatifs organisationnels et institutionnels** implique des enquêtes pour identifier l'ensemble des changements observés et des évaluations sur la base de scores impliquant diverses métriques (chapitre 5). Des approches multicritères peuvent être mobilisées (encadré 2.12).

Encadré 2.12. Principe des approches multicritères

Les analyses multicritères sont des méthodes d'aide à la décision visant à hiérarchiser un ensemble d'options. La notion de « multicritère » renvoie à l'idée que les différents aspects des conséquences de chaque option sont exprimés dans des systèmes de valeur distincts et que leur combinaison pour élaborer une hiérarchie s'efforce de préserver leur importance spécifique en évitant de les fondre dans un critère unique comme en produit, par exemple, le système de prix. Ces outils d'aide à la décision visent à faire la lumière sur les enjeux de divers problèmes impliquant plusieurs options possibles et à aider à diagnostiquer et à faciliter la prise de décision stratégique ou opérationnelle dans des environnements imprécis et/ou incertains. Ils peuvent s'appuyer sur des méthodes mathématiques d'analyse multicritère et des algorithmes; on peut notamment citer les méthodes Électre ou Prométhée (chapitre 5).

L'ensemble de ces évaluations implique des enquêtes au cours desquelles il s'agit de raisonner en comparant des situations avec et sans l'information satellite ou avant et après son usage, qu'il s'agisse de comparer le scénario avec et sans information pour évaluer le CAP ou d'identifier la nature des changements générés dans les produits et les pratiques. Soulignons qu'il est souvent difficile :

– d'identifier les effets spécifiques liés à la plus grande précision, mise à jour ou échelle d'approche que permet l'information satellitaire par rapport à une information géographique plus classique, voire une absence d'information géolocalisée;

- de comparer les pratiques utilisant cette information à des pratiques sans ces informations, car ces pratiques sont souvent très anciennes et ne sont donc pas strictement comparables ;
- d’isoler les effets de l’information satellite, car elle est souvent associée avec d’autres sources de données (ex. : photographies aériennes ou cartes existantes) ou des connaissances de terrain qui permettent de mieux interpréter, voire de valider les informations.

Tandis que le détail des trois grands types d’approches sera développé dans les chapitres ci-après, les tableaux suivants offrent une synthèse des principaux types d’effets (tableau 2.3) et des méthodes utilisées (tableau 2.4) en fonction des problématiques (Rey-Valette *et al.*, 2017).

Tableau 2.3. Principaux types d’effets.

Catégories	Exemples des modalités d’évaluation
Valeur de l’information	
Évaluation monétaire	Approche globale par les consentements à payer ; coûts de production de l’information (Genovese <i>et al.</i> , 2010)
	Approche ciblée sur la sécurité : nombre de vies sauvées grâce au GPS en fonction du coût de la vie humaine (Oxera, 2013)
Valeur ajoutée et retombées économiques	
Variation du chiffre d’affaires	Effet de qualité ou de quantité (Genovese <i>et al.</i> , 2010 ; Borzacchiello et Craglia, 2013) Vente facilitée (JRC, 2008)
	Création de nouveaux produits et services associés, par exemple services de planification territoriale (Genovese <i>et al.</i> , 2010) ; nouveaux partenariats
Productivité des structures	
Gains de productivité (approche globale)	Modèle d’équilibre général calculable (Tasman, 2008) ; différentiels de productivité (Landsat Advisory Group, 2014) Coût global de production des données (Genovese <i>et al.</i> , 2010)

Tableau 2.3. Principaux types d'effets (suite).

Catégories	Exemples des modalités d'évaluation
Gains de productivité liés au temps de travail	Temps de mise à jour des données (Cooote et Smart, 2010) et de traitement des demandes (Waterhouse, 1995)
	Temps de maintenance (JRC, 2008)
	Temps de trajet par la réduction des visites de terrain (Oxera, 2013 ; JRC, 2014), défini par enquête et évalué au coût horaire
Gains de productivité liés aux coûts évités	Coûts administratifs liés aux licences et aux actions de protection (JRC, 2008 ; Génovèse <i>et al.</i> , 2010) ; temps de recherche pour l'acquisition des données
	Mutualisation de données entre services (Campagna et Craglia, 2012)
	Facilité d'accès aux données (Génovèse <i>et al.</i> , 2010)
	Réduction des coûts des intrants (fournitures, carburant, etc.)
Gains de productivité liés aux effectifs et aux compétences	Variation des emplois et des compétences au sein des structures Formations suivies
Effets qualitatifs sur les politiques et la gouvernance locale	
Efficacité des politiques publiques	Meilleure qualité de vie
	Meilleure qualité de l'environnement (Génovèse <i>et al.</i> , 2010)
Création d'emplois induits	Emplois locaux supplémentaires (JRC, 2014 ; Castelein <i>et al.</i> , 2010)
Gouvernance territoriale	Facilité de partage des données (JRC, 2014)
	Réduction de la durée moyenne des processus de planification (JRC, 2014)
	Augmentation de la collaboration et de la coordination entre parties prenantes locales (JRC, 2014)
Démocratie territoriale	Amélioration de la transparence de l'action publique pour les citoyens
	Engagement facilité des citoyens (Crompvoets <i>et al.</i> , 2006)

Source : Rey-Valette *et al.*, 2016.

Tableau 2.4. Types de méthodes.

Type	Principe	Type de résultat
Valeur subjective de l'IDS en fonction des CAP		
Évaluation contingente	Mesure du CAP* pour un scénario avec IG/scénario sans IG	Valeur d'utilité et pas évaluation des effets monétaires distribués dans l'économie
Valeur des retombées économiques ou des effets des changements de pratiques sur la valeur ajoutée		
Modèle d'équilibre général calculable	Modélisation intersectorielle des interdépendances entre marchés à l'échelle nationale (régressions économétriques des fonctions d'offre et de demande)	Évaluation de l'IG par la valeur ajoutée créée et par le poids dans les différents secteurs du PIB
Enquête quantitative auprès des usagers	Mesure des différentiels d'écart de temps de travail ou de coût Élaboration de ratio/données globales de la structure (%/chiffre d'affaires, %/emploi (équivalent temps plein, %/données, etc.)	Ratio d'effet unitaire extrapolé au secteur en fonction du nombre de structures ou de citoyens concernés
Évaluation à dire d'expert	Définitions et extrapolation de ratios moyens estimés à partir d'études de cas ou des connaissances de personnes ressources	Extrapolation en fonction de variables structurelles de référence
Analyse qualitative des changements		
Enquête qualitative auprès des usagers	Différents types d'usagers et d'enquêtes (face-à-face, <i>focus group</i> , en ligne) Évaluation ordinale (échelle de Likert ou note relative de 1 à 10)	Évaluations multicritères pour ordonner l'importance relative des effets
Étude de satisfaction		
Enquête de satisfaction	Évaluation ordinale pour identifier les points positifs et les points critiques	Qualification des types d'effets et évaluation du niveau de satisfaction

Source : Rey-Valette *et al.*, 2016.

Périmètre de l'évaluation : secteurs, filières, chaînes de valeur

La comptabilisation des flux pour rendre compte des performances de la croissance économique implique un système de classement de référence des flux et des agents qui offre une partition disjointe entre des ensembles homogènes du point de vue des comportements. Ainsi, un secteur⁹ regroupe des unités de production ayant une même activité principale et chaque unité ne peut appartenir qu'à un seul secteur.

Cependant, l'analyse non plus comptable mais économique des déterminants des performances des entreprises et de l'organisation des flux a introduit de nouvelles notions permettant notamment de rendre compte de l'importance des interactions externes entre unités sur les résultats. À l'origine, ces interactions ont conduit à définir la **notion de filière ou encore de chaîne de valeur**, qui exprime le cheminement de l'ensemble des stades techniques de production et de distribution qui concourent depuis la matière première initiale à la satisfaction d'une demande finale. Selon Morvan (1985), la notion de filière permet de rendre compte de l'enchaînement d'activités successives telles que les productions des unes constituent une consommation intermédiaire pour les autres.

Plus récemment, le champ des acteurs ayant un rôle déterminant dans les stratégies d'entreprises s'étant élargi avec la notion de parties prenantes, est apparue la notion d'**écosystème d'entreprises** ou d'**écosystème d'affaires**, qui permet de rendre compte des liens et interactions à l'échelle d'un ensemble très diversifié de partenaires impliqués plus ou moins directement dans les choix stratégiques d'une activité ou d'un secteur, y compris, notamment avec le développement durable, des relations qui relèvent des impacts sociaux ou écologiques de l'entreprise par exemple sur un territoire.

Concernant les IDS et l'information spatiale, l'approche de la chaîne de valeur peut être appliquée pour évaluer la valeur et les avantages sociétaux de ce type particulier de données. Elle intègre également les usages de l'information spatiale dans les systèmes d'aide à la décision, conduisant aux actions des décideurs. La valeur fournie par l'augmentation marginale de l'information pourrait provenir d'une ou de plusieurs parties de l'offre de la chaîne de valeur. En conséquence, des techniques économiques pourraient être appliquées pour monétiser le bénéfice marginal d'un résultat avec information par rapport à un autre sans information.

Pour une IDS, plusieurs types d'effets peuvent être présents en fonction des acteurs de la chaîne de valeur liée à l'information spatiale. Il est ainsi possible de représenter de façon simplifiée la chaîne de valeur de la production et de l'usage des données spatiales autour des IDS depuis les fournisseurs d'images jusqu'aux utilisateurs finaux (figure 2.2) dans le cadre du pôle national Theia. Les liens entre les adhérents de l'IDS et les utilisateurs finaux

9. Par contre, la branche regroupe l'ensemble des fractions d'entreprises ou d'établissements qui ont la même activité, que ce soit à titre principal ou secondaire ; ce qui conduit une entreprise dont la production est diversifiée à appartenir à plusieurs branches.

peuvent constituer une chaîne plus ou moins longue et complexe, la diversité des types d'images, de leurs combinaisons et des produits dérivés conduisant à une très large diversité d'usages et donc de types d'acteurs impliqués à différents stades. Il peut s'agir par exemple d'un bureau d'études qui produit des cartographies pour le compte d'une collectivité territoriale, d'un service de l'État ou d'un établissement public spécialisé, ou encore d'une entreprise innovante qui utilise des données issues du pôle Theia pour alimenter un outil d'aide à la décision à destination des acteurs du domaine de l'agriculture de précision (figure 2.2).

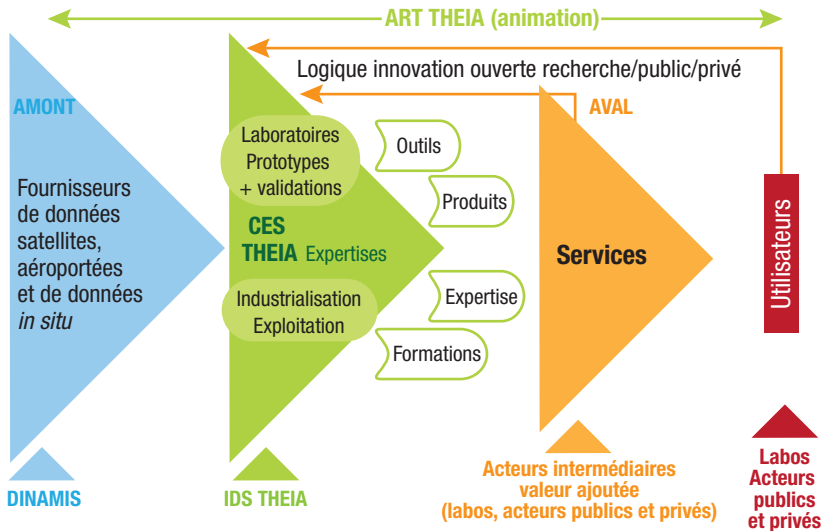


Figure 2.2. Exemple de chaîne de valeur liée aux IDS. Positionnement du pôle Theia dans la chaîne de valeur.

CES: centre d'expertise scientifique; ART: Animation régionale Theia.

*

Après un aperçu du périmètre des IDS et le constat de la faiblesse des évaluations et des formations quant aux aspects socio-économiques, ce chapitre vise à préciser le périmètre, les contours, les approches et les enjeux de l'évaluation de ces plateformes d'information. Les IDS relevant de projets publics, leur évaluation reste un exercice difficile qui implique la maîtrise d'un cadre conceptuel précis et de méthodes parfois lourdes ou complexes.

Ce chapitre permet donc aux lecteurs non économistes une certaine acculturation avec les concepts et méthodes du calcul économique public adapté aux spécificités des infrastructures et des produits liés aux données spatiales.

Il s'agit d'appréhender les fondements de la notion de valeur économique de ce type d'information, ainsi que l'utilité des dispositifs qui lui sont affiliés, c'est-à-dire des IDS, mais aussi les formes d'organisation et de régulation de l'accès et des flux qui conditionnent les usages de ces infrastructures. Il s'agit

aussi de préciser l'éventail des outils et des protocoles d'évaluation et de mesure pour accompagner les décisions publiques, dans un contexte où les enjeux relatifs aux modèles économiques et aux formes de tarification pour ces IDS revêtent un caractère stratégique, et ce à différentes échelles compte tenu de la densification et de la diversification des écosystèmes d'affaires et de chaînes de valeur liées à ces IDS.

Dans un contexte d'innovations et de concurrences fortement croissantes, la définition d'outils, de protocoles et d'indicateurs pour orienter les choix publics devient cruciale compte tenu des conséquences qui peuvent en résulter en matière de croissance, mais aussi d'équité par rapport à l'accès à ces informations. Ce chapitre présente la logique des différentes approches qui sont ensuite chacune développées dans le cadre des chapitres suivants.

3. Estimation de la valeur de l'imagerie satellitaire



Figure 3.1. Image SPOT-7, 14/07/2019. Vignoble bordelais – © Airbus DS 2019, reproduction IGN, INRAE, IRD, en vertu de la licence Airbus DS.

Comme d'autres grands projets technologiques, les IDS ont été développées avec des finalités multiples dont l'efficacité économique n'était qu'une composante parmi d'autres. Leur rôle croissant et le degré de maturité qu'elles atteignent aujourd'hui conduisent à renforcer l'importance des questions d'efficacité, en particulier dans un contexte où la pluralité des initiatives induit une compétition entre plateformes, malgré une situation dans laquelle les données spatiales sont majoritairement gratuites.

Il apparaît donc important de mener des études d'évaluation économique de l'information spatiale et des IDS pour plusieurs raisons : justifier l'existence de ces ressources, attirer de nouveaux financements vers ce type particulier d'infrastructures que sont les IDS et contribuer au développement de ce secteur.

Nous présentons tout d'abord dans ce chapitre un aperçu des méthodes d'évaluation économique pouvant être mobilisées dans le domaine de l'information spatiale. Nous détaillons ensuite une approche basée sur l'évaluation contingente à travers l'illustration des différentes étapes de mise en œuvre d'une telle méthode. Nous terminons ce chapitre par un exemple relatif à la valeur économique des images satellites à haute résolution perçue par les utilisateurs directs de l'IDS Geosud.

Principes

Estimer la valeur de l'information spatiale vise à élaborer un indicateur de l'importance de la production et de la mise à disposition de l'imagerie satellitaire et des produits et services dérivés auprès d'une population qui peut aller d'une liste définie de bénéficiaires jusqu'à l'ensemble de la société. Cette valeur peut, pour partie, être réalisée par les producteurs ou des intermédiaires à travers une tarification de l'accès aux données spatiales. Mais cette valorisation est inévitablement incomplète, car ces prix ne peuvent capter qu'une partie de la valeur. Pour appréhender la valeur de façon plus complète, et d'autant plus lorsqu'il n'y a pas de tarification marchande, les études peuvent mobiliser un ensemble de méthodes relevant de l'évaluation des biens non marchands.

En effet, plusieurs spécificités justifient ces approches :

- comme on l'a souligné (chapitre 2), l'information a des caractéristiques de bien public* ou de bien de club si le cadre légal permet de définir des droits exclusifs, comme pour les adhérents à une infrastructure de données, voire d'externalité* ;
- par ailleurs, **la tendance croissante au libre accès** des images satellites pose la question de leur valorisation avec une acuité particulière (Pearlman *et al.*, 2016) ;

Ainsi que l'a montré la revue de la littérature, les études basées sur des méthodes d'évaluation non marchande sont encore peu développées (Kruse *et al.*, 2017). Soulignons que la question de l'évaluation de la **valeur d'une image satellite** doit être appréhendée en s'interrogeant sur les bénéficiaires et les usages de cette image.

Dans la littérature récente, la valeur des images satellites est souvent appréciée qualitativement, comme dans le cas des images Landsat et Sentinel (Macaulay, 2006 ; NASA, 2013), et, plus rarement, quantitativement. Sur un thème ou pour une application donnée, elle est parfois appréhendée à travers des approches indirectes en matière de gain de productivité, de réduction de l'incertitude ou de coûts évités. Ainsi, on note l'existence d'analyses économiques pour lesquelles la valeur des informations spatiales est estimée à partir de l'évaluation des gains de la productivité agricole ou forestière, de l'optimisation de l'utilisation et de la gestion des terres, de l'impact sur la qualité de l'air et de l'eau, etc. Ces approches centrées sur un usage particulier ne permettent pas d'évaluer globalement la valeur des images produites à l'échelle d'une IDS (Liew, 2007).

On distingue classiquement quatre types de méthodes d'évaluation des biens non marchands, selon qu'elles se basent sur :

- **des coûts observables.** Le changement dans les conditions d'accès et de diffusion des données satellitaires peut entraîner des coûts effectifs, en particulier si ce type particulier d'information concerne des activités marchandes qui se traduisent par une baisse de la productivité. Symétriquement, les pertes de production liées à l'absence d'information satellitaire peuvent être considérées comme une mesure de leur valeur ;

- **les préférences révélées.** Le principe est de s'appuyer sur des comportements effectifs dont on suppose qu'ils sont révélateurs de préférence. Les préférences susceptibles d'être révélées par les comportements correspondent aux seules valeurs d'usages réels ;
- **les préférences déclarées.** Elles reposent sur des déclarations recueillies dans le cadre d'enquêtes par questionnaire. On distingue les **évaluations contingentes** (encadré 3.1), qui permettent d'obtenir directement des CAP* sur des marchés hypothétiques, des **méthodes de choix conjoints** (*discrete choice experiment*), qui infèrent les CAP à partir de comparaisons de situations hypothétiques et permettent d'évaluer aussi les préférences et la valeur accordée aux attributs* de cette information (ex. : facilité d'accès, capacité de mise à jour, accès à des archives, précisions). Dans les deux cas, il s'agit de mesurer une variation d'utilité entre un scénario virtuel impliquant le bien à évaluer et une situation de référence sans changement, qui est exprimée par le consentement à payer (CAP) pour la mise en œuvre du scénario virtuel ;
- **les transferts de valeur,** qui consistent à utiliser les résultats obtenus pour une situation étudiée vers une autre similaire pour laquelle on ne dispose que d'informations superficielles ; l'expérience montre qu'il est généralement préférable de transférer une fonction (exprimant la valeur à partir de paramètres observables) que la valeur numérique obtenue.

Encadré 3.1. La méthode d'évaluation contingente

L'évaluation contingente permet d'analyser les valeurs de biens non marchands à partir de préférences déclarées. En l'absence de prix observables, elle consiste à proposer une transaction virtuelle à des individus sous forme de questions de consentement à payer ou à recevoir. Elle est issue de la rencontre entre l'économie du bien-être et les méthodes d'enquête quantitatives. Elle consiste à décrire un scénario hypothétique (les valeurs obtenues sont donc contingentes à la réalisation de ce scénario), puis à demander aux sujets enquêtés ce que serait leur consentement maximal à payer pour obtenir une option favorable. Cette méthode s'est développée au milieu des années 1960 pour des analyses visant à mesurer la valeur d'usage récréatif de forêts aux États-Unis, avant d'étudier les valeurs de non-usage des biens environnementaux. Aux États-Unis, dans les années 1980, elle fut pour la première fois intégrée dans les procédures de décision publique et reconnue par les tribunaux pour évaluer des dommages environnementaux, notamment autour des débats sur les indemnités consécutives à la marée noire de l'*Exxon Valdez* en 1989.

Pour l'évaluation globale de la valeur de l'information satellite, du fait de la difficulté d'inférer des valeurs à partir de coûts ou de comportements observables, les approches les plus appropriées relèvent des **méthodes fondées sur les préférences déclarées** (Laxminaryan et Macauley, 2012), à savoir les évaluations contingentes ou les approches de choix conjoints, qui permettent d'estimer le CAP* des utilisateurs pour cette information.

Bien que la méthode d'évaluation contingente soit très largement utilisée dans d'autres domaines (Mitchell et Carson, 2013), elle n'a été appliquée au domaine de l'information satellitaire qu'en 2015 à propos des images Landsat (Loomis *et al.*, 2015) et, récemment, aux images à haute résolution accessibles à travers l'Equipex Geosud (Jabbour *et al.*, 2020).

Protocole de mise en œuvre d'une évaluation contingente

La réalisation d'une évaluation contingente implique la mise en œuvre d'un protocole d'enquête avec des niveaux d'échantillon, des types de questions et des formulations très spécifiques. Celles-ci ont été précisées sur la base de nombreux retours d'expérience et publications, et **le respect de ces normes conditionne la qualité de l'évaluation**.

Ainsi, le questionnaire doit suivre un ensemble de règles et contraintes quant à l'ordre des questions, à la construction du scénario, au choix du mode de paiement, etc. Il s'agit d'amener les sujets enquêtés à exprimer leurs préférences en termes monétaires en déclarant leur CAP pour un scénario donné. Une des difficultés principales tient à la nécessité de créer un contexte d'enquête favorable pour que les enquêtés soient en capacité de formuler leurs préférences et/ou limiter le plus possible les biais qui pourraient exister. En effet, les informations recueillies sur une base déclarative peuvent ne pas correspondre à la réalité des préférences du fait d'un ensemble d'effets conscients ou pas, qualifiés de « biais ». Dans le cas des évaluations contingentes, la littérature scientifique en identifie plusieurs catégories (encadré 3.2).

Plusieurs conditions de mise en œuvre de ces enquêtes doivent être rigoureusement suivies pour éviter ou limiter le plus possible les biais.

Les conditions liées à l'échantillon enquêté

En premier lieu, l'effectif et la structure de l'échantillon qui sera enquêté doivent être définis de façon à **satisfaire aux conditions de représentativité et de significativité des traitements économétriques**. Ainsi, les évaluations contingentes nécessitent *a priori* au moins 250 à 300 sujets enquêtés. Pour les approches de choix conjoints, la question de la taille de l'échantillon est plus délicate et dépend du nombre de choix entre scénarios et de la précision avec laquelle on veut discriminer les choix. Pour des situations de choix très simples, l'analyse peut se satisfaire d'effectifs un peu plus faibles.

Par ailleurs, une question centrale pour ce type d'évaluation est de savoir si on cherche à **évaluer la valeur d'usage**, en limitant l'enquête aux usagers, **ou la valeur économique totale**; ce qui suppose d'enquêter aussi des non-usagers en étendant l'enquête à l'ensemble de la population et le questionnaire à des avantages non restreints à l'usage direct. Dans le cas de l'information satellitaire et des IDS, les avantages non liés aux usages apparaissent marginaux et les évaluations ont été réalisées en se limitant aux usagers et, dans le cas de l'exemple développé dans ce chapitre, aux adhérents de l'IDS Geosud.

Les conditions de conception générale du questionnaire

Il est nécessaire en premier lieu de fournir à l'enquêté une description précise du bien, ici le type d'image, pour lequel il doit déclarer son consentement à payer, et les scénarios entre lesquels doit s'effectuer son choix :

Encadré 3.2. Les risques de biais dans les évaluations contingentes

Incitations à déformer les réponses	
Biais hypothétique	L'enquêté répond en ayant conscience que le contexte n'est pas réel; ce qui peut conduire à un CAP plus élevé que ce que ses ressources lui permettent de dépenser vraiment pour ce motif.
Biais stratégique	L'enquêté peut avoir un comportement stratégique et ne pas révéler son CAP réel.
Biais d'enquêteur	L'enquêté cherche à acquérir la considération d'un enquêteur ou à lui faire plaisir.
Signaux indicateurs de valeur	
Biais d'ancrage	L'enquêté est influencé dans la révélation de son CAP par la valeur initiale proposée.
Biais d'éventail	Le CAP déclaré par l'enquêté est influencé par l'éventail des montants potentiels proposés.
Biais relationnel	Le CAP déclaré par l'enquêté est influencé par le fait que la description du bien présente des informations à propos de sa relation avec d'autres biens.
Biais de position	Le CAP déclaré par l'enquêté est influencé par la position ou l'ordre des questions d'évaluation pour différents niveaux du bien.
Mauvaise spécification du scénario hypothétique ¹	
Biais de mauvaise spécification théorique	Le scénario est incorrect vis-à-vis de la théorie économique, ou vis-à-vis des éléments techniques ou politiques du contexte.
Biais de mauvaise spécification du bien	Le bien évalué n'est pas perçu de la façon dont il est spécifié par l'enquêteur.
Biais de mauvaise spécification du contexte	Le contexte perçu de la mise en marché du bien est différent du contexte envisagé par l'enquêteur.
Effet d'inclusion (proche de la notion de biais hypothétique)	Le CAP pour un même bien varie selon que le bien est évalué pour lui-même ou considéré comme une part d'un ensemble plus large.

Source : Mitchell et Carson, 2013.

¹ Ces biais interviennent lorsque l'enquêté ne répond pas au scénario tel qu'envisagé par l'enquêteur.

- la poursuite de la situation de référence sans information satellite et ses conséquences ;
- le scénario avec information satellite et ses conséquences.

Ces informations préalables sont primordiales, car il est nécessaire que les enquêtés comprennent bien les caractéristiques du bien et les conséquences

des différents scénarios. **La formulation de ces éléments doit être suffisamment neutre pour ne pas modifier les préférences des sujets supposées préexistantes.** Dans ce but, il peut être utile de fournir des illustrations (photos ou schémas) pour faciliter l'identification des caractéristiques du bien à évaluer. Par ailleurs, des modules visant à caractériser les types et la fréquence des usages, les caractéristiques sociodémographiques des enquêtés ou des organisations et structures doivent être appréhendés pour caractériser ensuite les différences de consentement en fonction des profils (tableau 3.1). Il est aussi possible d'explorer de façon plus approfondie leurs valeurs et leurs motifs d'attachement et d'engagement par rapport à des problématiques sociétales ou techniques liées au champ du bien à évaluer. Ce type de questionnaire, dont les réponses seront ensuite traitées économétriquement, **implique des questions majoritairement fermées dont les modalités doivent être testées au préalable.**

Tableau 3.1. Structure préconisée pour le questionnaire d'une évaluation contingente (organisation des modules).

1	Sensibilisation à la question Perception des acteurs Importance des usages et types d'images utilisées et/ou souhaitées Niveau de connaissance
2	Présentation du scénario
3	Évaluation du CAP* (attention aux biais !)
4	Questions de contrôle (faux zéro, motivations, lassitude, etc., contrôle des biais)
5	Données sociodémographiques sur l'utilisateur et/ou la structure

Les modules spécifiques du questionnaire

La partie spécifique à l'évaluation contingente comprend quatre groupes de questions :

- celles liées à la façon de faire exprimer aux enquêtés leur CAP*, souvent dénommée « véhicule de paiement » ou « vecteur de paiement », qui recouvrent deux sous-questions :
 - la façon de formuler l'éventail des montants à choisir, sachant que l'on ne demande pas directement aux enquêtés « combien êtes-vous prêt à payer », mais que l'on utilise des approches formalisées sous forme soit d'une carte de paiement proposant de choisir dans une liste de montants croissants, soit de systèmes d'enchère,
 - le choix de l'institution chargée de recouvrir ces montants pour mettre en œuvre le scénario, car un manque de confiance dans cette institution peut entraîner un refus de contribuer ;
- celles visant à explorer les motivations du CAP* ou du non-consentement (CAP nul) ;
- celles destinées à vérifier la bonne compréhension des questions et la qualité des réponses, par exemple le niveau de complexité, la « lassitude » des sujets enquêtés ;

- celles destinées à évaluer le budget des structures ou le revenu des personnes enquêtées.

Concernant l'expression du consentement à payer (indicateur de la valeur), c'est le plus souvent un **système d'enchère** qui est choisi (encadrés 3.3 et 3.4). Ce système nécessite de définir les bornes de valeur minimale et maximale, ainsi que les intervalles entre les montants de façon à avoir un éventail pertinent permettant une distribution équilibrée des réponses.

Cette méthode propose à l'enquêté une valeur de départ pour laquelle il lui est demandé s'il est disposé à payer cette somme. Si sa réponse est positive, la question est réitérée selon un système d'enchère ascendante jusqu'à atteindre le consentement à payer maximal ou la borne supérieure proposée. Si la réponse initiale est négative, on procède en sens inverse, en diminuant la valeur de l'enchère et par essais successifs jusqu'à la borne inférieure. Si chaque sujet se voit proposer le même montant de départ, il y a un risque de biais d'ancrage en faveur de cette valeur qui risque d'être plus fréquemment choisie.

En général, le nombre d'itérations est limité à 2 ou 3 choix, prenant chaque fois la dénomination de choix dichotomique doublé ou triplé (Heberlein et Bishop, 1986). Ce type de formulation offre une incitation à la révélation des préférences et évite les observations aberrantes (Bateman *et al.*, 2004).

Encadré 3.3. Exemple de formulation de questions pour le système d'enchère

S'il n'existait pas de dispositif de mutualisation vous permettant d'accéder gratuitement à des images à haute résolution spatiale (HRS), seriez-vous prêt à payer un montant de :

XX € pour une image HRS de 60 × 60 km², soit Y €/km² (= XX €/3 600 km²)

(montant initial choisi dans une liste de quelques montants pour éviter l'effet d'ancrage)

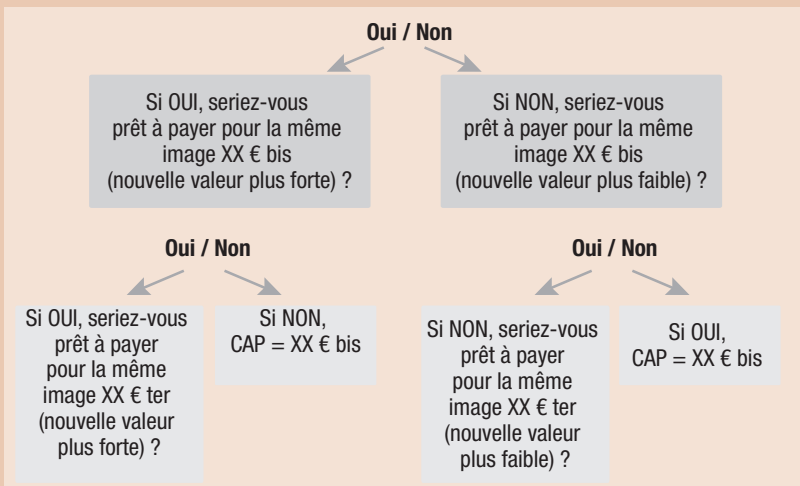


Figure 3.2. Structure du système d'enchère.

Et éventuellement on continue les enchères (nouvelle itération).

Encadré 3.4. Exemple de formulation de question sur une échelle de montant monétaire

	0 €	5 €	20 €	50 €	100 €	200 €	300 €	400 €	500 €
Vous êtes complètement sûr(e) de donner au moins	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vous pensez que vous donnerez	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

NB : Dans ce type d'approche, la question est posée deux fois de façon différente pour vérifier la stabilité du choix.

Le module du CAP est suivi de questions visant à comprendre et identifier les motivations expliquant le consentement à payer. Un des principaux objectifs est de distinguer :

- les CAP* **véritablement nuls** (correspondant à des « vrais zéros »), qui correspondent au fait que la personne n'accorde aucune valeur à l'image ;
- les CAP* **nuls, que l'on dénomme faux zéro** et qui correspondent à des situations pour lesquelles les personnes ne veulent pas payer non pas parce que les informations n'ont pas d'utilité pour elles, mais parce qu'elles ne sont pas d'accord avec les conditions décrites. C'est par exemple le fait qu'elles trouvent que le scénario proposé n'est pas crédible, ou qu'elles n'ont pas confiance dans la structure qui propose ces images, ou qu'elles trouvent que le support ou les conditions d'accès ne sont pas adaptés, ou qu'elles pensent que ce n'est pas à la structure de payer, etc., les types de motifs et de questions étant à adapter aux types de scénario et de structure (encadré 3.5).

Encadré 3.5. Exemple de formulation de questions sur les motivations des choix

Pourriez-vous justifier votre choix à partir de cette liste ?

1. C'est un bien qui doit être fourni gratuitement sur financement public.
2. Ma structure n'a pas de budget suffisant.
3. Ma structure a la possibilité d'exécuter les mêmes tâches avec d'autres outils que les images HR.
4. Ma structure n'est pas prête à payer pour une image satellitaire HR.
5. Autre : à préciser.

Il convient aussi de proposer des questions visant à vérifier l'existence de biais de compréhension ou de lassitude (encadré 3.6).

Encadré 3.6. Exemple de formulation de questions de vérification de la compréhension et de la crédibilité des scénarios

Comment avez-vous trouvé les choix entre les scénarios ?

Très faciles Plutôt faciles Plutôt difficiles Très difficiles Ne sait pas

Comment jugez-vous la crédibilité du scénario décrit si on ne fait rien ?

Très crédible Plutôt crédible Plutôt pas crédible Pas du tout crédible
Ne sait pas

Selon les réponses, il peut être nécessaire de supprimer un ou quelques questionnaires lors des traitements

Les traitements économétriques

Ces analyses impliquent de mobiliser des méthodes d'économétrie de type Logit spécifiques aux variables qualitatives et souvent de reconstituer une base de traitement structurée en choix binaire (0 ou 1). Le modèle dichotomique Logit admet pour variable expliquée la probabilité d'apparition d'un événement conditionnellement aux variables exogènes du modèle. Dans le cas des IDS, c'est la probabilité d'acheter une image satellite. L'objectif consiste alors à expliquer la survenue de cet événement considéré en fonction d'un certain nombre de caractéristiques observées pour les individus de l'échantillon. La performance globale du modèle doit également être testée à l'aide de méthodes statistiques.

Les conditions d'extrapolation des résultats

Les réponses recueillies permettent d'évaluer, en excluant les faux zéros (généralement remplacés par le CAP moyen), les consentements individuels en fonction de certaines caractéristiques, et d'établir une courbe de consentement en fonction du prix des images. Il est important de tester la sensibilité des CAP au niveau de revenu ou de budget des enquêtés.

Pour obtenir la valeur globale à l'échelle de l'ensemble de la population ou des usagers, il convient ensuite d'extrapoler ces données en tenant compte éventuellement de la stratification de l'échantillon.

Cas de l'évaluation des images haute résolution de l'IDS Geosud

Contexte de l'étude

Deux types de consentements à payer ont été appréhendés : la valeur d'une image de référence : $60 \times 60 \text{ km}^2$, et la valeur de l'adhésion des utilisateurs à l'IDS en fonction du volume d'images téléchargé. Il s'agissait donc d'évaluer la valeur des images considérées comme un bien de club, accessible uniquement aux organisations adhérentes.

L'application de l'évaluation contingente non pas à des individus autonomes pour leur choix, mais à des salariés de structures qui pouvaient, selon les types de structure, ne pas être totalement en mesure de faire des compromis entre les priorités budgétaires implique des risques de biais spécifiques sur la crédibilité des arbitrages des choix de montant.

Pour pallier cette contrainte, il a été demandé aux enquêtés de tenir compte de la façon dont les arbitrages pouvaient être faits au sein de leur structure et de raisonner à budget constant.

Structure du questionnaire et réalisation de l'enquête

Le questionnaire comportait trois parties principales :

- des questions sur le type de structures et l'usage des images ;
- des questions sur l'estimation du CAP ;
- des questions sur les modalités de paiement.

Compte tenu de la diversité des facteurs pouvant influencer les CAP, le questionnaire a été conçu en collaboration entre des économistes (choix du format dichotomique, questions fermées), des techniciens du traitement d'images (choix de la résolution des images, taille standard à évaluer), des responsables commerciaux (choix des bornes de prix) et des opérateurs de la plateforme Geosud (choix des modalités de paiement : paiement à l'image, paiement pour une adhésion, paiement au-delà d'un certain volume).

L'enquête a été réalisée en ligne à partir de la base des adhérents de Geosud, le questionnaire ayant été préalablement testé auprès de 75 utilisateurs. Au total, l'ensemble des adhérents à Geosud, soit 979 personnes, ont été sollicités avec, après plusieurs relances, un taux réponse de 36 %, soit 351 personnes.

Mesure du CAP moyen et de la courbe de demande pour les images

Les traitements économétriques réalisés à partir d'un modèle Logit ont permis :

- de construire une courbe de demande définissant la probabilité d'accepter de payer en fonction des montants proposés (figure 3.3) ;
- d'évaluer la valeur moyenne, soit 1 696 €, pour une image à haute résolution de $60 \times 60 \text{ km}^2$ (soit $0,47 \text{ €/km}^2$). Il apparaît que 43 % des enquêtés accepteraient de payer une telle somme pour ce type d'image.

En extrapolant pour les 7 500 images à haute résolution disponibles pour l'IDS Geosud, le surplus net compte tenu de la gratuité de l'adhésion à Geosud s'élève à 12,7 millions d'euros.

Ces résultats de CAP moyen doivent être comparés au prix commercial d'une image SPOT 6-7 de $60 \times 60 \text{ km}^2$, qui varie en général entre 13 500 € pour

une image déjà en archive et 16 500 € pour une image issue d'une demande de programmation spécifique du satellite¹⁰.

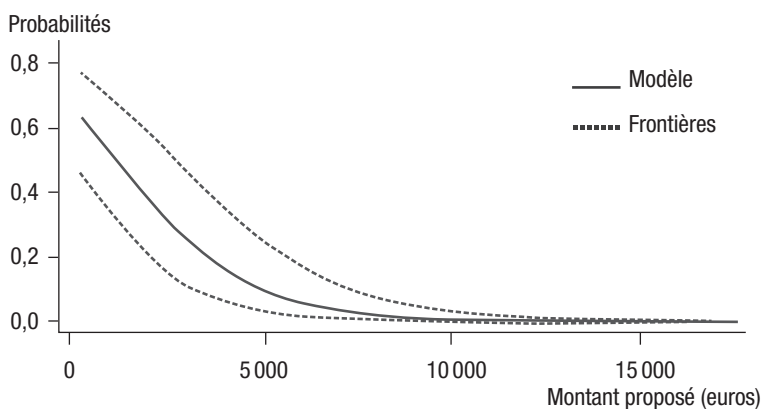


Figure 3.3. Courbe de demande (source: Jabbour *et al.*, 2020).

Différences de CAP selon le type d'usagers

Des différences significatives de valeur des images ont été enregistrées en fonction des catégories d'usagers (tableau 3.2).

Tableau 3.2. Valeur des images selon les différents secteurs significatifs.

Catégorie d'usagers	Type de structure	CAP moyen (€)
Institutions publiques non scientifiques	ONF, Cerema, IGN, CNES, gestionnaires de parcs naturels, agences de l'eau, ONCFS...	2 126
Services de l'État	Services déconcentrés de l'État, DDTM, Dreal, Draaf...	1 645
Autorités locales	Collectivités territoriales (régions, départements, communes, EPCI)	1 531

Source: Jabbour *et al.*, 2020.

On observe que ce sont les « institutions publiques non scientifiques » qui constituent la catégorie pour laquelle le CAP est le plus fort, avec la moitié des enquêtés de cette catégorie qui sont prêts à payer 1 860 € par image. L'interprétation de **ces différences renvoie pour partie à des différentiels d'importance de l'usage des images** entre les structures enquêtées. Mais

10. Notons qu'une réduction de 50 % est appliquée par ADS dans les cas où l'usage de l'image est destiné à la recherche, sachant que les organismes de recherche constituent une part importante (30 %) des adhérents à Geosud.

elle peut aussi être en partie liée à la **taille de l'image de référence choisie comme standard pour l'évaluation**. En effet, cette image de référence de $60 \times 60 \text{ km}^2$ correspond à une surface de $3\,600 \text{ km}^2$ qui peut être considérée comme trop large ou au contraire trop restreinte selon l'échelle des périmètres de compétences des structures enquêtées ; ce qui peut constituer un biais de cadrage pour certains enquêtés.

CAP pour une adhésion à un système de mutualisation d'images

Concernant le consentement à payer pour l'adhésion à l'IDS Geosud en fonction des modalités de tarification, il est apparu que les enquêtés préféreraient une cotisation sous la forme d'un montant annuel fixe plutôt qu'un paiement en fonction du nombre d'images téléchargées. Le montant moyen de consentement à payer pour l'adhésion à l'IDS s'élève à 3 022 €, avec 12 % des enquêtés qui accepteraient de payer jusqu'à 15 000 € de cotisation.

*

L'évaluation économique de l'information spatiale et des IDS n'en est qu'à ses débuts. Son importance s'accroît avec l'évolution d'un domaine d'activité en fort développement où la diversité de l'offre crée des conditions de compétition qui impliquent de pouvoir juger de l'efficacité des investissements, et elle s'inscrit dans une logique de rationalisation des choix budgétaires dans la mesure où les caractéristiques de la demande indiquent que des soutiens publics resteront utiles et pertinents. Il importait donc de clarifier au mieux les objectifs, les moyens et les enjeux de ces exercices qui vont sans doute se multiplier, afin d'en éclairer la signification et de favoriser la comparaison entre des exercices qui seront réalisés dans des contextes différents, avec des finalités et des méthodes qui ne sont pas toujours directement comparables.

L'évaluation économique n'est jamais une fin en soi et son importance réelle consiste essentiellement dans l'usage qui est fait de ses résultats. Elle n'est pas la seule source d'information pertinente pour éclairer des politiques et des choix économiques. Les prochains chapitres présentent deux autres perspectives qui peuvent également avoir un grand rôle à jouer.

4. Évaluation des retombées économiques



Figure 4.1. Image SPOT-7, 31/05/2019. Millau – © Airbus DS 2019, reproduction IGN, INRAE, IRD, en vertu de la licence Airbus DS.

La mesure des retombées économiques constitue une approche complémentaire de l'évaluation de la valeur de l'imagerie satellitaire abordée au chapitre précédent (chapitre 3). **En aucun cas les résultats de ces deux approches ne doivent être additionnés. Il s'agit de points de vue complémentaires.** En effet, pour l'évaluation des retombées économiques d'une IDS, on ne considère plus l'IDS sous l'angle de l'utilité par rapport aux avantages qu'elle offre, mais du point de vue de ses effets et impacts à une échelle territoriale donnée et en considérant l'ensemble de la chaîne de valeur des activités liées à l'IDS. Plus précisément, **il s'agit ici de mesurer les effets et impacts économiques sur les emplois et les gains de valeur ajoutée créés**, sachant que certains effets plus qualitatifs relevant des dimensions organisationnelles et institutionnelles (par exemple impacts sur l'innovation ou sur la gouvernance des politiques) et qui impliquent des approches qualitatives spécifiques seront abordés dans le chapitre 5, consacré aux approches multicritères.

Après avoir présenté les principes de ce type d'approche et défini les notions et métriques qu'elle implique, notamment la notion de valeur ajoutée et les typologies d'effets (directs, indirects et induits), nous présentons un aperçu des conditions de mise en œuvre de ces approches en exposant le protocole méthodologique à suivre dans le cas d'une évaluation de ces flux à partir

d'enquêtes. Deux exemples seront ensuite proposés à titre d'illustration, avant d'exposer les principes des évaluations se fondant sur les outils et les modèles issus de la comptabilité nationale.

Principes

La mesure des impacts économiques d'une activité à l'échelle d'un territoire, d'une région ou d'un État renvoie à l'évaluation de sa contribution au PIB, donc à l'économie nationale, voire régionale ou locale dans le cadre du développement territorial, même si la notion de PIB à cette échelle est moins bien appréhendée.

Ce type d'analyse s'effectue en fonction des nomenclatures et principes institués par la comptabilité nationale et communs à l'ensemble des pays pour rendre compte des opérations et des flux économiques intervenant entre les agents. L'approche renvoie à une vision de l'économie en matière de circuits reliant l'ensemble des flux d'offre et de demande, ou encore les productions, les revenus et les dépenses.

Mesure de la valeur ajoutée

La valeur ajoutée (VA) représente l'excédent de la valeur des produits par rapport à la valeur des biens et services consommés pour réaliser cette production. La somme des valeurs ajoutées de toutes les unités résidentes d'un pays constitue le PIB*. Pour une activité ou une entreprise donnée, elle se définit annuellement comme la différence entre le chiffre d'affaires (CA), ou la dotation budgétaire pour un établissement non marchand, et les consommations intermédiaires (CI), c'est-à-dire les biens et services qui sont consommés.

$$VA = CA \text{ (ou dotation budgétaire)} - CI$$

Il est important, en matière de répartition, mais aussi de suivi des types d'effets induits, de s'intéresser aux bénéficiaires de cette valeur ajoutée, c'est-à-dire à sa répartition entre les salariés, l'État et les collectivités, les établissements financiers et les entreprises (figure 4.2).

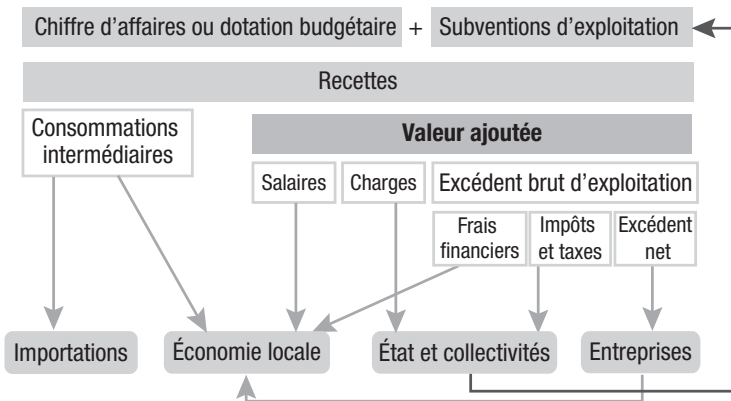


Figure 4.2. Structure de la répartition de la valeur ajoutée.

Dans le cas des plateformes IDS et des images satellitaires, la création de valeur ajoutée peut se faire de différentes façons, en fonction des changements générés par l'usage des images et autres produits et services issus des données satellitaires (cartes, indicateurs, applications). Ils peuvent intervenir au niveau des produits et services proposés (quantité, qualité, diversité) ou des processus (fonction de production). En simplifiant, on peut distinguer trois catégories de source de valeur ajoutée (tableau 4.1).

Tableau 4.1. Structure des effets économiques pour les usagers des images satellites.

Effets sur la valeur de la production	Effets sur la productivité	
	Temps de travail	Volume des consommations intermédiaires
<ul style="list-style-type: none"> – Augmentation des produits (variation quantitative). – Augmentation du prix des produits liée à un gain de qualité (variation qualitative). – Création de nouveaux produits ou services associés (diversification). 	<p>Économie de temps sur des tâches répétitives mutualisées dans l'IDS qui permet de développer de nouvelles tâches créatrices de valeur.</p> <p>Plusieurs cas possibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> – création d'emplois liés à des besoins de compétences nouvelles ou à l'augmentation du volume de l'activité; – perte d'emploi ou réaffectation du temps libéré avec, à prix constant des images, un transfert vers les bénéficiaires de la structure qui peut induire des investissements supplémentaires. 	<p>Coûts évités liés à des économies sur le volume des intrants (ex. : coûts de déplacement sur le terrain souvent évoqués dans la littérature).</p>

Une des hypothèses centrales expliquant la création de valeur par les IDS tient au fait que ces structures en tant que plateformes permettent généralement à leurs adhérents de bénéficier, d'une part, d'images et de produits dérivés gratuits ou à prix réduit permettant d'en développer l'usage et, ainsi, des ventes supplémentaires pour les fournisseurs d'images, et, d'autre part, de gains de productivité ou d'élargissement des marchés pour les usagers. **La base des évaluations est donc d'identifier les changements de pratiques et de produits au sein des usagers adhérents de l'IDS**, voire à l'échelle de l'ensemble de la chaîne de valeur en aval ou en amont de ces acteurs (figure 2.1). Soulignons que ces changements chez les adhérents de l'IDS sont dépendants de l'existence de l'IDS et des conditions d'accès aux images (tarifs, licences) qu'elle propose à sa communauté d'utilisateurs, car, au prix de base unitaire et aux conditions de licences proposées par les fournisseurs d'images commerciales, la demande, la diffusion et la réutilisation de ces images seraient moindres. Ces changements constituent donc des effets de l'IDS et peuvent être **évalués par rapport à une situation sans IDS** (sans se limiter au cas de gratuité de l'accès aux images, mais en tenant compte de l'ensemble des apports des IDS).

Il est cependant difficile d'évaluer une demande contrefactuelle correspondant à la situation sans IDS du fait d'un effet cliquet*, rendant irréversibles les changements organisationnels générés par les images. Enfin, notons que l'on raisonne ici au sein d'une entreprise ou d'une structure donnée, mais bien souvent une partie des effets, notamment de diversification, s'effectue *via* la création de start-up et conduit à un développement du nombre d'entreprises ou à un élargissement de leur offre, ainsi qu'à l'émergence d'une communauté d'utilisateurs pouvant associer une large diversité de partenaires publics et privés.

Distinction entre valeur ajoutée directe, indirecte, induite

La définition du périmètre pris en compte pour le calcul de la valeur ajoutée directe, indirecte ou induite varie selon les études ; ce qui nuit aux possibilités de comparaisons. Il existe un certain consensus sur la définition de **la valeur ajoutée directe** (ou retombées économiques directes) créée par l'activité des unités d'un secteur. **La valeur ajoutée** qualifiée d'**induite** ou d'**indirecte** peut en revanche donner lieu à des définitions différentes en fonction du périmètre considéré (figure 4.3). La définition la plus formalisée, mais peu souvent reprise, est celle proposée par la méthode dite « des effets » (encadré 4.1), qui qualifie l'ensemble de cette valeur ajoutée directe et indirecte de valeur ajoutée (ou effets) primaire. Elle définit aussi une valeur ajoutée secondaire qui correspond à la valeur ajoutée créée par la demande locale résultant des salaires liés aux emplois créés localement dans le secteur de référence, et souvent qualifiés d'effets induits. Le plus souvent, les approches ne distinguent pas ces catégories propres à la méthode des effets, et raisonnent en valeur ajoutée indirecte pour les flux internes à la filière productive et induite pour l'ensemble des autres retombées à l'échelle du territoire considéré.

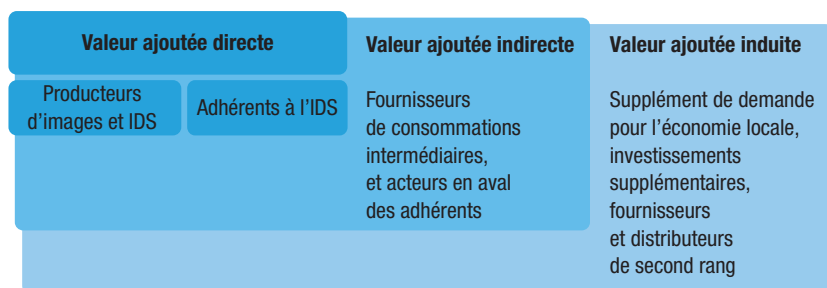


Figure 4.3. Les catégories de valeur ajoutée appliquées aux IDS.

Encadré 4.1. La méthode des effets

La méthode des effets a été élaborée par Marc Chervel¹ et la Caisse centrale de coopération économique (aujourd'hui l'Agence française de développement) en collaboration avec le ministère de la Coopération. Il s'agissait de proposer une alternative à la méthode des prix de référence utilisée par la Banque mondiale dans le cadre de l'évaluation des projets de développement. Tandis que la méthode des prix de référence met l'accent sur la rareté des ressources pour une économie et définit des prix de référence tenant compte de cette rareté, la méthode des effets met l'accent sur les retombées économiques en matière de valeur ajoutée créée.

La méthode des effets s'inscrit dans la logique du multiplicateur keynésien qui exprime la relation entre une variation de la dépense (notamment de dépenses publiques s'il s'agit de projets de développement) et la variation du revenu qu'elle génère, à travers l'augmentation de la demande et la hausse de la production induite. Ces deux approches renvoient aussi à des oppositions idéologiques entre une vision libérale de l'économie où les ajustements se font par les prix, et une vision plus interventionniste qui recherche l'efficacité de l'action publique. La principale limite de l'approche par la méthode des effets tient à l'existence de fuites liées aux importations, du fait de l'internationalisation des productions. Par ailleurs, si l'augmentation de la demande intervient pour un secteur dont les capacités de production sont saturées, elle induit aussi une demande d'investissement supplémentaire, et on parle donc de grappe de projets et d'effet accélérateur.

¹ <https://marc-chervel.fr>

Protocole d'enquête et de mesure

Identification des chaînes de valeur et stratégie d'enquête

Il s'agit d'identifier la chaîne de valeur liée à une IDS ou à un produit particulier, c'est-à-dire les fournisseurs de données et les usagers et bénéficiaires à différents stades des interactions autour des produits fournis par l'IDS. La stratégie d'enquête doit ensuite être établie en fonction des types d'opérateurs et des besoins d'informations. L'objectif est d'**identifier les changements et leurs impacts sur la valeur ajoutée**, à savoir les différentiels de chiffres d'affaires, de coûts, de valeur ajoutée, etc., par rapport à la situation de référence sans l'IDS. L'évaluation de ces changements suppose d'identifier, à travers des entretiens préalables à l'enquête, les pratiques et les principaux postes concernés, car il n'est pas possible de reconstituer et d'évaluer l'ensemble des changements par des enquêtes basées uniquement sur des questionnaires rétroactifs. Concernant l'IDS, il est nécessaire d'analyser précisément l'activité, les coûts et la part des différents produits et services au sein de l'activité. Lorsqu'on n'a pas accès à une comptabilité analytique, on adopte en général une répartition des coûts au prorata des produits et services.

Le tableau 4.2 décrit les types d'effets de l'IDS Geosud en fonction des catégories d'acteurs et de leur position dans la chaîne de valeur ajoutée. L'exemple de la cartographie des coupes rases est ensuite présenté dans la figure 4.4.

Tableau 4.2. Typologie des acteurs concernés et types d'effets générés par chaque catégorie d'acteur (exemple du projet Geosud).

Statut	Acteurs	Types d'impacts
Producteurs et fournisseurs d'images	Airbus Defence and Space (ADS)	Gains de chiffre d'affaires et de valeur ajoutée liés au développement des usages Simplification des procédures du fait de la centralisation des demandes par l'IDS
	IDS Geosud	Coûts évités liés à la mutualisation Emplois créés
Adhérents utilisant les images	Ensemble ou sous-ensemble des adhérents à classer en catégories les plus homogènes possible	Gains de coût d'achat des images liés à la mutualisation Coûts évités de fonctionnement: masse salariale économisée du fait des gains de temps de travail, économie de consommations intermédiaires Recettes supplémentaires (ex.: pénalités les premières années pour non-respect de la réglementation révélé par les images ¹)
Acteurs indirectement impactés	Filière des utilisateurs aval des adhérents à l'IDS (ex.: pour les coupes rases, les propriétaires forestiers, les scieries, etc.)	Volume supplémentaire d'activité générant des gains de chiffre d'affaires et de valeur ajoutée

¹ Une fois que le caractère systématique du contrôle est identifié par les individus concernés par la politique, il n'y a pratiquement plus de situations de non-respect; ce qui conduit à une amélioration de la mise en œuvre de la politique et, dès lors, à une très forte baisse des contraventions et pénalités.

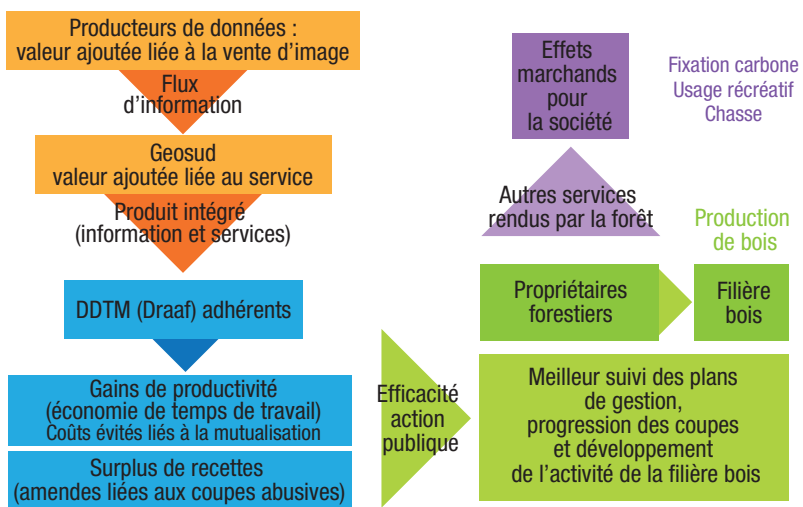


Figure 4.4. Cheminement des effets au sein de la chaîne de la valeur. Exemple de l'apport du projet Geosud à la gestion des coupes rases.

Élaboration d'une base de sondage stratifiée des adhérents de l'IDS

Ce type d'approche relève d'une enquête-cadre* visant à établir des ratios pour mesurer les effets et à les transposer à l'ensemble de la population des adhérents. Hormis lorsqu'il s'agit d'étudier les effets d'un type d'image particulier destiné à des adhérents spécifiques, comme le cas des cartes des coupes rases pour les services décentralisés de l'État en région (Draaf et DDTM), il faut établir une base de sondage stratifiée (tableau 4.3) pour tenir compte de l'hétérogénéité des adhérents.

Les classes doivent être les plus homogènes possible; ce qui conduit à croiser les statuts qui renvoient à différents types d'utilisateurs (services de l'État, collectivités territoriales, associations, organismes publics, laboratoires de recherche, bureaux d'études, etc.) avec, par exemple, un indicateur tel que le volume ou le type d'images utilisées. Ainsi, dans le cas des enquêtes auprès des adhérents de Geosud utilisant les images pour produire, ou faire produire, des cartes d'occupation du sol, le seuil de distinction des deux classes de quantité d'images utilisées (« Faible/moyenne » et « Forte ») a été fixé à 10 sur la base du nombre de téléchargements enregistrés depuis le début du projet Geosud en 2011. Ce seuil porte sur le nombre d'images (pour rendre compte de la fréquence) indépendamment de la superficie couverte par chaque image téléchargée.

Tableau 4.3. Exemple de la base de sondage des adhérents de Geosud utilisant les images pour produire des cartes d'occupation du sol.

Statut	Quantité d'images	Classe	Effectifs	
Service central ou déconcentré de l'État	Faible/moyenne	1	19	41
	Forte	2	22	
Collectivités territoriales	Faible/moyenne	3	10	18
	Forte	4	8	
Établissements publics hors recherche et enseignement	Faible/moyenne	5	4	8
	Forte	6	4	
Organismes associatifs et divers	Faible/moyenne	7	13	22
	Forte	8	9	
Établissements publics de recherche et enseignement	Faible/moyenne	9	17	31
	Forte	10	14	
Total Geosud			120	

Source : Aboueldahab, 2018.

Conception du questionnaire d'enquête au sein des adhérents à l'IDS

Ce type d'enquête-cadre implique un niveau de détail assez fin sur l'activité de la structure enquêtée, les types d'information satellite utilisés, les types d'usage. Deux catégories d'information doivent être collectées :

- les données structurelles de référence (situation de référence habituelle) ;
- les changements générés par l'adhésion à l'IDS et la disponibilité des données satellitaires fournies par l'IDS, c'est-à-dire l'identification et la quantification des changements générés au sein de la structure du fait de :
 - l'usage de ces informations satellites,
 - l'adhésion à l'IDS.

Ce type d'information doit être appréhendé par :

- des questions précises concernant l'identification des changements : par exemple nombre d'emplois créés ou supprimés, besoin de formation ou d'investissement supplémentaire, type de consommations intermédiaires économisées ou nouvelle consommation intermédiaire ;
- des proportions de changement à renseigner à dire d'expert à partir de grilles ou de tableaux présentant des proportions d'augmentation ou de réduction (encadré 4.2).

Il n'est pas possible dans ce type d'enquête d'avoir des données comptables précises. On peut par des entretiens plus ciblés avec quelques utilisateurs appréhender la structure détaillée des budgets et des postes de dépense ; mais bien souvent, l'absence de comptabilité analytique ne permet pas d'avoir des données très précises. Ainsi, il est recommandé de demander aux structures enquêtées qu'elles associent pour leur réponse au questionnaire un géomaticien spécialiste de l'usage de ces informations et une personne plus orientée sur la gestion et l'organisation du travail dans la structure ou le service.

Parmi les données de référence, le nombre d'emplois créés ou supprimés, le volume des images ou la taille des zones contrôlées doivent être renseignés de façon précise, car ils conditionnent la plupart des coûts afférents qui leur sont proportionnels. Les autres données peuvent être collectées sous la forme de pourcentages de variation.

Compte tenu de la diversité des situations et des effets, il est important d'intégrer des questions ouvertes grâce auxquelles les enquêtés peuvent préciser les types d'effets et donner leur point de vue sur les changements, l'existence éventuelle de seuils ou de leviers techniques ou organisationnels pour renforcer certains effets.

Traitement et extrapolation des effets au sein des adhérents à l'IDS

Les traitements statistiques, outre la description des usages et des changements, impliquent de calculer des ratios moyens ou médians par catégories ou strates pour tenir compte de la variabilité des réponses. Les ratios peuvent être définis en fonction du nombre d'emplois, du volume d'images ou de

Encadré 4.2. Quelques exemples de formulation de questions

1. Quel est le nombre total d'emplois affectés ou liés au traitement de l'information géographique en équivalent temps plein sur l'année?

2. Quel est le salaire moyen brut mensuel d'un spécialiste SIG dans votre service? €/mois

3. Le recours aux données et services proposés par l'IDS a-t-il conduit à des évolutions du personnel au sein de votre structure?

<input type="checkbox"/>	Embauche de personnel Nombre ETP:	<input type="checkbox"/>	Réduction de personnel Nombre ETP:	<input type="checkbox"/>	Aucun effet
--------------------------	--	--------------------------	---	--------------------------	-------------

4. Au cours des trois dernières années, pouvez-vous préciser quels ont été les coûts d'investissements spécifiques générés par le traitement et la gestion des données géographiques au sein de votre service?

Types d'investissements	Montants (€)
Ordinateur
Logiciel
Dispositifs de stockage de données
Autres achats:
Merci de préciser leur nature

5. Merci de cocher dans le tableau ci-dessous le pourcentage d'économies réalisées dans votre structure.

Économies réalisées en%/situation sans accès aux données et services de l'IDS							
0%	< 5 %	5 %	10 %	20 %	25 %	30 %	> 30% : montant: ...
Gains de temps et de productivité (personnel) en%/situation sans accès aux données et services de l'IDS							
0%	< 5 %	5 %	10 %	20 %	25 %	30 %	> 30% : montant: ...

6. Pouvez-vous préciser à quoi sont dues ces économies? (plusieurs réponses possibles)

- Réduction de certains postes de dépenses (intrants)
- Réduction des déplacements
- Réduction des coûts administratifs pour l'obtention des données

l'étendue des zones, qui sont des facteurs déterminants de l'activité, et plus généralement selon les strates dans le cas d'échantillons stratifiés (figure 4.5).

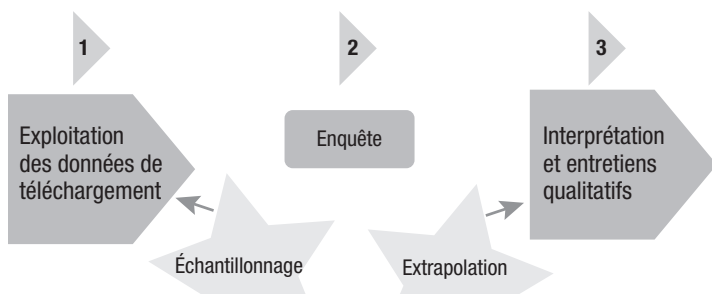


Figure 4.5. Articulation des phases d'échantillonnage et d'extrapolation pour l'évaluation.

Il s'agit ensuite, sur la base de ces ratios, d'extrapoler les changements observés à l'ensemble de la population concernée pour évaluer l'impact total. Cette extrapolation à la population de référence permet ainsi d'évaluer le niveau des retombées économiques.

Les effets à l'échelle des chaînes de valeur

Selon le périmètre de l'évaluation, il peut être nécessaire de tenir compte des impacts économiques directs sur les adhérents (effets directs), mais aussi plus largement des effets indirects sur l'ensemble des unités constituant la chaîne de valeur ou la filière économique en aval ou en amont des adhérents à l'IDS.

La démarche est la même, mais l'extension du périmètre au-delà des adhérents peut se heurter à des difficultés de mobilisation des structures à enquêter. Il est fréquent dans ce cas de recourir à des ratios de la comptabilité nationale.

Les effets non marchands pour la société

Il est aussi possible d'évaluer les effets générés au niveau des performances des politiques. Par exemple, au niveau des services écosystémiques rendus par les écosystèmes, on peut prendre en compte l'amélioration de la qualité des écosystèmes si la disponibilité de l'information améliore leur gestion. Dans ce cas, plutôt que la mise en œuvre de méthodes d'évaluation non marchande nécessitant des enquêtes complexes (chapitre 2), ce type d'effet est souvent appréhendé en extrapolant des ratios de référence issus des méta-analyses disponibles en économie de l'environnement (approche de type transfert de valeur).

Les effets liés à l'IDS

Grâce aux emplois créés au sein des IDS, ces plateformes génèrent des flux de valeur ajoutée qu'il convient d'intégrer dans l'évaluation. **Pour évaluer le taux de retour des flux de financement public en termes de valeur ajoutée**

créée (1 € investi génère X € de valeur ajoutée), il est nécessaire de confronter les flux de valeur ajoutée créée aux coûts de fonctionnement de l'infrastructure (voire en tenant compte de l'amortissement des investissements).

Cette approche, qui constitue un indicateur clé du modèle économique de ces plateformes, peut être réalisée globalement pour l'ensemble des produits de l'IDS, mais le plus souvent, du fait des besoins d'information sur les effets, elle est menée à l'échelle d'un type d'usager, d'un type d'image ou d'un type de produit dérivé des images.

Cas de l'évaluation des cartes de coupes rases et d'occupation du sol

Échantillons enquêtés et questionnaires

Les évaluations ont été réalisées dans les deux cas à partir d'une enquête en ligne après envoi par mail d'un courrier de présentation. Dans les deux cas, de nombreuses relances téléphoniques ont dû être faites pour obtenir des taux de réponse suffisants.

Pour les cartes des coupes rases, compte tenu de la spécificité de ce type de produit, l'enquête a été menée auprès d'un ensemble homogène d'adhérents, à savoir les services de l'État chargés du contrôle des coupes rases en France: ensemble des Draaf et DDTM adhérents à Geosud (62 sur un total de 97 structures pour la France métropolitaine), dont une partie seulement avait déjà utilisé ces cartes.

Tableau 4.4. Présentation succincte des questionnaires et échantillons enquêtés.

	Coupes rases (2016)	Occupation du sol (2018)
Questionnaire	44 à 50 questions (une grande partie sous forme de tableaux)	
	Présentation de la structure, des types d'images satellites utilisés et des types d'usage Moyens internes des activités utilisant les images satellites et situation avant l'adhésion à Geosud/Theia (impacts sur les pratiques et les activités, impacts sur l'emploi et les compétences, impacts sur les coûts et les consommations intermédiaires) Impacts sur l'innovation et les partenariats Impacts sur les pratiques de gestion et la gouvernance des politiques publiques	
Nombre de réponses et taux de réponse	23 structures (taux de réponse de 37%) (11 structures déjà utilisatrices des images coupes rases de Geosud et 8 utilisant d'autres images)	59 structures Geosud (taux de réponse de 49%) et 15 structures du pôle Theia (taux de réponse de 17%*), soit un taux global de 35%

* Des différences de taux de relance expliquent les écarts de taux de réponse.

Dans le cas des images relatives à l'occupation du sol, l'enquête a été menée auprès de l'ensemble des adhérents Geosud ayant utilisé ce type d'information ainsi que des utilisateurs des cartes d'occupation des sols produites par le Cesbio (Centre d'études spatiales de la biosphère) dans le cadre du Centre d'expertise scientifique « Occupation du sol » du pôle Theia.

Il s'agit dans ce cas d'un ensemble au contraire très hétérogène d'organismes qui a nécessité, comme nous l'avons précisé, d'établir une base de sondage stratifié (tableau 4.4). La nature des questions, au-delà des modes de formulation, était largement similaire dans les deux enquêtes.

Soulignons que, si les taux de réponse peuvent être considérés comme satisfaisants pour des enquêtes en ligne, ils ne sont pas homogènes selon les types de questions et, malgré des compléments par des entretiens téléphoniques, certaines des questions précises sur les changements observés ont des taux de réponse plus faibles. Ainsi, dans le cas des coupes rases, seulement 17 % des structures ont renseigné les données relatives aux coûts d'investissement et de fonctionnement.

Évaluation des effets économiques à l'échelle des adhérents

Nous présentons ci-après quelques exemples des résultats en fonction de la nature des effets et des types d'indicateurs qui peuvent être proposés.

Les effets sur l'emploi

On observe dans les deux exemples (tableau 4.5) des économies de temps de travail qui relèvent des coûts évités, avec des effets de productivité ainsi que des créations d'emploi générant un gain de valeur ajoutée dans le cas des cartes d'occupation des sols. Ces créations d'emploi interviennent dans des proportions variables selon les types de structure; ce qui justifie la stratification de l'échantillon et une extrapolation différenciée.

Les effets sur les consommations intermédiaires et la productivité

Dans le cas des coupes rases, deux types d'effets de productivité (coûts évités) ont été mesurés, représentant un montant global de 1 667 k€ (Niang *et al.*, 2021). Il s'agit :

- des gains liés à la mutualisation des images, qui sont fonction des structures et qui seront extrapolés au prorata du nombre total de structures (encadré 4.3);
- des coûts évités liés à des économies de consommations intermédiaires (1,4 k€) et à des gains de temps (soit 17 k€ de masse salariale), qui sont fonction de la surface des forêts contrôlées (soit respectivement 0,00625 €/ha et 0,063 €/ha). Ces coûts évités ont donc été normalisés et extrapolés en fonction du nombre d'hectares contrôlés (11,761 millions d'hectares au total), soit au total 816 k€.

Tableau 4.5. Détail des effets sur l'emploi.

Cartes de coupes rases	Cartes d'occupation des sols
<p>Économie moyenne de 48 % pour les emplois liés au suivi et au contrôle (élaboration des plans de contrôle, collecte de données, instructions de coupe, constat des infractions). Augmentation moyenne de 10 % du temps de travail pour les services géomatiques. S'agissant d'emplois publics, ces gains de productivité sont réaffectés à d'autres tâches et n'entraînent pas de réduction du volume des emplois.</p>	<p>Le nombre d'emplois de géomaticiens représente en moyenne 20 % des effectifs des équipes utilisant les cartes d'occupation du sol. On observe des créations d'emplois pour 5 des 10 strates d'adhérents Geosud/Theia distinguées : 0,26 emploi en moyenne par structure avec des taux plus importants pour les organismes de recherche (0,6). Au total, on observe la création de 25 emplois et des gains de productivité avec réaffectation des emplois sur d'autres tâches qui concernent 22 autres emplois.</p>
<p>Sachant que les activités consacrées au suivi des coupes rases sans usage des images satellitaires représentent 0,92 équivalent temps plein par an et par structure, il est possible d'estimer les gains de productivité à 560 heures par an.</p>	
<p>Sur la base d'un salaire horaire brut moyen déclaré de 2 400 €, il est possible d'évaluer l'économie réalisée à 17 360 €/an/structure.</p>	<p>En tenant compte des différences de rémunération selon les structures (36 k€/an à 57,6 k€/an), les 25 emplois créés représentent une valeur ajoutée supplémentaire de 1 391 k€.</p>

Encadré 4.3. Exemple de l'évaluation des gains de mutualisation

L'évaluation des gains de mutualisation est effectuée en comparant un scénario d'achat mutualisé des images SPOT 6-7 pour la fabrication des cartes de coupes rases à partir d'une méthode de comparaison d'images acquises à deux dates et un scénario d'achat en direct des images par chaque structure.

Dans le **scénario « mutualisation »**, les opérations mutualisées concernent les coûts d'acquisition de la télémétrie, le fonctionnement de la station Geosud, le stockage des images et la formation des agents des Draaf et DDTM. Sachant que la couverture annuelle du territoire national avec des images SPOT 6-7 représente la moitié du volume de télémétrie SPOT 6-7 annuelle utilisée et traitée par Geosud et que 1/3 de cette couverture nationale est exploitable pour les coupes rases, alors 1/6 ($1/2 \times 1/3$) des charges de fonctionnement de la station Geosud (320 k€/an) est lié à la réception et au stockage des images pour les coupes rases, soit 53 k€/an.

La formation des utilisateurs est évaluée sur la base du montant forfaitaire payé annuellement par le ministère de l'Agriculture, soit 4 k€. Au total, le coût de fonctionnement de Geosud lié aux coupes rases est de 67 k€/an.

Dans le **scénario « achat en direct »**, on suppose que les 26 Draaf et DDTM sont actuellement concernées par les images utilisées pour les coupes rases et prennent en charge les coûts d'acquisition des images directement auprès d'ADS. Ce coût est évalué au prix marchand d'ADS (4,6 €/km²) pour les 55 000 km², soit 253 k€, auxquels il faut ajouter des disques durs pour le stockage (26 × 200 €), soit 5 200 €. Le coût des formations a été évalué au tarif du catalogue d'AgroParisTech, à savoir 1 430 € pour chacune des 26 DDTM, soit 37 k€. Au total, le coût de ce scénario est donc de 295 k€.

La différence entre les deux scénarios, soit 228 k€ (295 k€ – 67 k€), correspond aux coûts évités du fait de la mutualisation.

Dans le cas des cartes d'occupation du sol, l'usage des images satellitaires n'a pas permis d'économie de coûts de fonctionnement, mais s'est traduit au contraire par l'achat d'ordinateurs, de dispositifs de stockage et de logiciels, notamment pour les structures de recherche. Ces achats, estimés au total à 95 k€, génèrent sur la base du ratio VA/CA de la branche correspondante un surplus de valeur ajoutée de 33 k€.

Les effets sur les recettes

Dans le cas des cartes de coupes rases utilisées pour renforcer le contrôle, il existe pour les premières années (jusqu'à ce que les propriétaires fonciers prennent conscience du caractère systémique du contrôle) un surplus de recettes dû aux amendes supplémentaires, sachant par ailleurs que, dans de nombreux cas, les services de l'État ont privilégié la régularisation des infractions en incitant à replanter. L'estimation de ces recettes potentielles peut s'effectuer sur la base du nombre d'hectares en infraction constatés multipliés par le taux de pénalité prévu par la loi. Dans le cas des coupes rases, le montant de ce surplus de recettes potentiellement recouvrable a été estimé à 1,16 M€, mais n'a pas été intégré dans le total des effets du fait de son caractère transitoire.

Évaluation des effets économiques à l'échelle de l'IDS Geosud et des fournisseurs d'images

L'évaluation de la valeur ajoutée créée par l'IDS et les fournisseurs d'images (ADS) suppose en premier lieu, s'agissant de produits spécifiques, d'évaluer la part de l'activité de l'IDS liée aux types d'usages étudiés.

Dans le cas des cartes d'occupation du sol, on a comparé le nombre total d'images produites et diffusées par Geosud au nombre d'images pour lesquelles les adhérents avaient déclaré au moment du téléchargement vouloir les utiliser pour des tâches liées à l'occupation du sol.

Au total, le volume des images liées à l'occupation du sol représente 9,5 % des images Geosud, évalué sur l'ensemble de la période d'activité de Geosud pour éviter les variations interannuelles. L'application de ce ratio au total du budget de fonctionnement de la structure permet alors d'identifier les coûts liés à la production de ces images à finalité d'occupation du sol, soit 157 k€.

Évaluation des effets générés par les cartes de coupes rases sur la filière bois

Les impacts au sein de la filière bois (bûcherons et scieries) ont été évalués à partir de ratios issus de la bibliographie. La prise en compte de ces effets était importante, car la mise en place des cartes de coupes rases, en incitant les propriétaires à réaliser les coupes prévues, permet d'améliorer l'approvisionnement de la filière bois. Or cette amélioration constitue un axe prioritaire de la politique forestière française, avec un objectif d'augmentation du taux de prélèvement en forêt privée fixé à 16 % (CNPF, 2011). On a fait l'hypothèse que les 30 000 ha de coupes supplémentaires observées

sur l'année entre 2014 et 2015 résultaient de la disponibilité des cartes de coupes rases¹¹ ; ce qui correspond à un volume de bois supplémentaire de 147 840 m³ (MAAF, 2016). Sur cette base, il est alors possible d'évaluer le surplus de chiffre d'affaires en fonction des prix moyens de vente observés pour les scieries et pour la vente de bois à palette (sur la base des données techniques selon lesquelles 2 m³ de bois d'œuvre produisent 1 m³ de sciage et 1 m³ de coproduits). Le surplus de valeur ajoutée est ensuite estimé sur la base du ratio moyen VA/CA observé dans les deux secteurs. Au total, si on fait l'hypothèse que les cartes de coupes rases expliquent la totalité de l'accroissement des coupes réglementées, les effets indirects générés sur la filière aval s'élèvent à 4 171 k€.

Évaluation d'indicateurs de taux de retour de la VA créée par rapport aux coûts de fonctionnement

Il est usuel de rapporter les coûts, notamment les dépenses publiques liées aux subventions accordées, à la création de valeur ajoutée résultant du fonctionnement des structures ainsi soutenues. Pour ce faire, il faut évaluer :

- d'une part, les coûts de fonctionnement de l'IDS pour un type d'image avec ou sans l'amortissement des investissements en fonction de l'information disponible (voir section « Évaluation des effets générés par les cartes de coupes rases sur la filière bois ») ;
- d'autre part, le total de valeur ajoutée créée annuellement, directe, indirecte ou induite en fonction du périmètre d'étude, c'est-à-dire dans le cas des exemples traités respectivement 61,8 k€ pour la valeur ajoutée directe et indirecte liée aux cartes de coupes rases et 1 534 k€ pour les cartes d'occupation du sol (tableau 4.6).

Le rapport de la valeur ajoutée créée par rapport aux coûts de fonctionnement de l'IDS Geosud, qui s'élèvent respectivement à 67 k€ pour les cartes de coupes rases et à 157 k€ pour les cartes d'occupation du sol¹², permet de calculer un taux de retombée économique de l'IDS par rapport aux coûts.

Ce type d'indicateur est généralement présenté sous forme de ratio pour 1 € dépensé. Concernant les effets directs, ce taux de retour s'établit à 0,90 € pour 1 € dépensé pour les cartes de coupes rases et à 7,7 € pour 1 € dépensé pour les cartes d'occupation des sols. Dans le cas des cartes de coupes rases, si on tient compte de la valeur ajoutée indirecte générée dans la filière bois, le taux de retour atteint 63 € pour 1 €. Enfin, il convient de tenir compte aussi pour les cartes de coupes rases d'un gain de productivité de 24 € pour 1 € dépensés. Le tableau 4.7 récapitule les différents indicateurs de taux de retour de la VA pour les deux applications.

11. Il est bien évidemment impossible de vérifier une relation de cause à effet entre ces évolutions. On raisonne donc avec une hypothèse issue des entretiens et on peut ensuite faire des simulations en prenant plusieurs sous-hypothèses. Par exemple dans notre étude, on a considéré deux hypothèses de 100 % et 50 % d'augmentation liés à l'accès aux cartes produites par Geosud.

12. Sans prise en compte de l'amortissement des investissements.

Tableau 4.6. Synthèse de la valeur ajoutée créée dans le cas des exemples étudiés (en k€).

	Coupes rases (2016)	Occupation du sol (2018)
VA directe		
VA fournisseurs d'images (ADS)	4,6	110
Adhérents Geosud	53	1 099
Adhérents réseau Cesbio	Non calculé	325
Total	57,6	1 534
VA indirecte		
VA filière bois	4 171	Non calculé
Total VA directe et indirecte	4 228,6	

Tableau 4.7. Rapport des effets générés par rapport aux coûts de fonctionnement.

		Coupes rases	Occupation du sol
Budget de fonctionnement de Geosud rapporté aux images étudiées	a	67 k€	157 k€
VA directe créée	b	57,6 k€	1 209 k€*
Taux de retombée économique lié à la VA directe pour 1 € de budget de fonctionnement de l'IDS	b/a	0,90 €	7,7 €
VA indirecte dans la filière aval	c	4,2 k€	Non calculé
Taux de retombée économique lié à la valeur ajoutée directe et indirecte pour un 1 € de budget de fonctionnement de l'IDS	b + c/a	63 € + 24 € de coûts évités	

* Il s'agit du total sans la VA liée au réseau des utilisateurs des cartes d'occupation du sol du Cesbio, car l'évaluation des coûts de fonctionnement se limite à Geosud, ceux du Cesbio pour la production des cartes n'étant pas disponibles.

Approches fondées sur la comptabilité nationale

Utilisation du tableau des entrées et sorties

Les évaluations des retombées économiques sont le plus souvent effectuées à partir de la méthode dite des « remontées de chaîne de production », qui conduit à étudier la distribution et le niveau des flux de production et de valeur ajoutée au sein des chaînes de valeur liées à une activité ou à un projet donné. Pour avoir une approche plus systématique et globale de ces flux, notamment si leurs montants sont importants et s'ils affectent un très grand nombre de branches dans l'économie, il est aussi possible d'adopter une **approche macro-économique fondée sur les coefficients techniques du tableau des entrées et sorties (TES)** de la comptabilité nationale. Ces coefficients expriment les relations de demande de produits entre les différentes branches d'une économie (aussi appelée « analyse input-output »).

Tableau 4.8. Représentation simplifiée des cadres de la comptabilité nationale.

Matrice des consommations intermédiaires					
Produits	Branches d'activités				Total des CI par produit
	A	B	C		
A				... n branches ↔	
B					
C					
↓ n produits					
Total CI par branche					
Comptes de productions par branches					
Total CI					
Valeur ajoutée brute					
Production (issue du tableau des ressources)					

Légende: par exemple pour la case grisée, on a un coefficient technique qui exprime la quantité de consommation intermédiaire (CI) de la branche A qu'il a fallu utiliser pour la production du produit B.

Ce tableau, qui est au cœur de la comptabilité nationale, a été proposé à l'origine par W. Leontief en 1941. Il permet de reconstituer sur une base annuelle les flux d'une économie entre les ressources (production et importations), l'utilisation de consommations intermédiaires et les emplois finaux (au sens de la comptabilité nationale, c'est-à-dire consommation finale des ménages, exportation et formation brute de capital fixe*). Il est constitué de plusieurs tableaux emboîtés (tableau 4.8), dont une matrice des consommations intermédiaires (tableau des entrées intermédiaires, TEI), qui permet de calculer les **coefficients techniques, c'est-à-dire les coefficients d'interactions entre les branches qui permettent d'évaluer pour une production les demandes adressées à l'ensemble des autres branches**, et donc les effets générés par l'augmentation de la demande d'un produit sur l'ensemble des branches, y compris les consommations internes à la branche. Ainsi, des modélisations de ces coefficients permettent de prendre en compte l'impact d'une branche et d'un produit dans le reste de l'économie et d'évaluer les effets indirects par simple multiplication vectorielle (Garrabé, 1994). Néanmoins, il est alors nécessaire de distinguer, dans les consommations intermédiaires, celles qui sont produites à l'échelle étudiée, nationale ou régionale, de celles qui sont importées par l'inclusion des taux d'importation dans la matrice des consommations intermédiaires.

Utilisation des modèles d'équilibre général calculable

Il est aussi possible d'utiliser un **modèle d'équilibre général calculable (MEGC)** (encadrés 4.4 et 4.5). Ce type de modèle permet d'estimer les retombées économiques et la contribution à la croissance des données géospatiales en modélisant les impacts sur les autres branches de l'économie et le surplus total de production pour l'économie. Cette contribution économique peut être estimée par ce modèle en comparant la production totale dans un cas de référence qui inclut la production associée avec l'usage de ces données à un cas contrefactuel qui l'exclut. Afin d'appliquer ces modèles, il est nécessaire d'établir une matrice de comptabilité sociale. Cette matrice regroupe les principales statistiques économiques de la comptabilité nationale et d'autres statistiques relatives au domaine étudié. Elle fournit une description des flux économiques caractéristiques d'une économie nationale.

Dans le cas des IDS, ces modèles peuvent permettre d'évaluer les changements de productivité associés à l'utilisation de l'information géospatiale. Cependant, ils supposent de pouvoir **créer une nouvelle branche** (voir section « Protocole d'enquête et de mesure ») **réunissant l'ensemble des IDS et d'identifier l'usage des produits issus de ces IDS par les autres branches, d'une part, et, ce qui est plus facile, les productions et consommations de la branche des IDS, d'autre part**. De plus, selon les pays et la structuration des IDS, le contexte de statistiques lacunaires et de produits très diversifiés rend complexe la construction de la matrice de comptabilité sociale.

Encadré 4.4. Principes des modèles d'équilibre général calculable (MEGC)

Il s'agit de modèles macro-économiques qui opérationnalisent le modèle de référence d'équilibre général concurrentiel de Walras (1926), en proposant une maquette de l'économie rendant compte des interactions entre les branches et les marchés, c'est-à-dire entre les fonctions de production et de consommation (Guerrien, 1996). Ces modèles sont construits par l'agrégation des fonctions d'offre et de demande des différents acteurs et branches pour un vecteur donné de prix donné pour lequel on raisonne sur un équilibre entre les producteurs qui maximisent leur profit et les consommateurs qui maximisent leurs utilités. **Le fonctionnement du modèle est basé sur les variations relatives des prix, qui entraînent alors des modifications des fonctions d'offres et de demandes**, dont la répartition relative des productions entre les branches. Ils permettent, dans une logique de concurrence « parfaite » et à partir d'agents représentatifs, de simuler les effets des politiques et des innovations. Ils nécessitent des bases de données souvent difficiles à constituer, et, du fait des systèmes d'équations très importants, ils se présentent souvent sous forme très agrégée. Ils constituent un outil d'analyse performant qui assure une connexion entre les recherches théoriques portant sur l'extension des modèles de base de l'économie de l'information (concurrence imparfaite, équilibre intertemporel, etc.) et les problèmes concrets que posent les politiques de développement du numérique.

Encadré 4.5. Exemple de l'usage d'un modèle d'équilibre général calculable

Ce type d'approche a été utilisé en Australie (Tasman, 2008), c'est-à-dire dans le cas d'une économie insulaire plus facilement modélisable. L'analyse est basée sur la comparaison d'un scénario de base rendant compte de la situation courante et d'un scénario contrefactuel correspondant à une situation sans information spatiale. Elle permet de mesurer les gains de productivité identifiés à travers plusieurs études de cas sectorielles. Pour l'année étudiée (2008), le surplus de PIB lié à l'usage de l'information géographique est estimé à 1,164 million de dollars, soit 0,65 % du PIB du pays. Il apparaît que ce surplus est majoritairement dû à l'amélioration de productivité de l'économie (91 %, soit 1,055 million de dollars), l'augmentation de la consommation et de l'investissement des ménages ainsi que des exportations (+ 363 millions de dollars en 2008) étant marginale. L'analyse révèle l'absence d'effet sur la création ou la suppression d'emplois, mais une légère augmentation du niveau des salaires (0,63 %).

*

Alors que l'évaluation de la valeur des images satellitaires permet de révéler les préférences et l'utilité des usagers (voire des citoyens) pour ces images et, par là, d'éclairer les conditions de tarification pour l'accès à ces images, l'évaluation des effets ou des retombées économiques des IDS permet de mesurer ses impacts sur la croissance et le développement pour une échelle territoriale donnée et pour une année donnée. En termes de politique économique, il s'agit plutôt de légitimer les subventions et les efforts accordés aux IDS, selon une logique coût/avantage dont il est souvent rendu compte à travers un ratio de type « retour sur investissement ». Celui-ci exprime le montant des retombées générées pour l'économie par rapport par exemple à

1 € investi. La comparaison des deux exemples proposés (cartes de coupes rases et d'occupation du sol) témoigne de la diversité de la nature de ces effets, selon par exemple qu'il s'agit essentiellement de gains de productivité liés à des coûts évités ou à des gains de temps, ou qu'il existe des créations d'emplois ou de nouveaux produits.

Ce type d'approche keynésienne en termes de circuit économique est centré sur la notion comptable de valeur ajoutée créée pour un territoire donné, national ou régional. Menée par enquête ou en mobilisant la comptabilité nationale, elle suppose des mesures détaillées des flux en fonction des bénéficiaires (nature et localisation par rapport au périmètre de référence) et de leurs impacts sur les comptes sectoriels. Ces évaluations contribuent à éclairer les choix d'investissement, par exemple quant à l'implantation d'une nouvelle antenne satellite, ou à légitimer les incitations et subventions accordées au fonctionnement des IDS. Les IDS sont alors analysées comme une infrastructure de réseau ayant un rôle stratégique pour la compétitivité des autres secteurs économiques et plus généralement la croissance et l'aménagement du territoire. Ce rôle, historiquement largement observé pour les infrastructures énergétiques, de transport et de télécommunication, est rappelé par le projet d'avis récent du Conseil économique, social et environnemental (CESE) (Arav, 2020). Il nécessite de bien comprendre les interactions au sein des chaînes de valeur et l'évolution des écosystèmes d'affaires générés par les IDS, notamment pour envisager selon les domaines des formes d'association public/privé innovantes. Ainsi, parmi les préconisations du CESE (Arav, 2020), on peut noter le besoin :

- que l'État « renforce les garanties de souveraineté des infrastructures de réseaux, indispensables à notre rayonnement économique et structurant pour la cohésion sociale », et qu'il se dote d'une « stratégie multisectorielle et pluriannuelle de long terme avec une instance de coordination » ;
- de tenir compte des stratégies de concentration et des inégalités d'accès à ces infrastructures en adaptant en conséquence les tarifications ;
- d'instaurer un groupe de travail sur les méthodes d'évaluation, y compris au niveau financier sur la comptabilisation des actifs dans les bilans des structures tenant compte de leur usure et de leur adéquation aux évolutions des usages.

Dans le cas des IDS, les enjeux et donc les stratégies peuvent être multiples en fonction des produits et des informations, mais aussi des types d'usages ; ce qui conduit à proposer des protocoles spécifiques en fonction des questions sous-jacentes, sachant qu'au-delà de la mesure de ces flux, l'identification de leur nature et de leur distribution entre types d'agents permet de prendre conscience des chaînes d'effets et du rôle structurant des IDS. Soulignons que l'évaluation de certains effets qualitatifs implique des métriques spécifiques d'évaluation multicritère qui n'ont pas été abordées dans ce chapitre. Il s'agit notamment des effets internes aux structures ou réseaux en matière d'innovation ou des effets externes sur la qualité des outils d'ingénierie publique et, par-là, des politiques. Ces aspects seront abordés dans le chapitre suivant.

5. Approches multicritères et participatives



Figure 5.1. Séminaire Theia, 3/11/2016. © IRD, INRAE, IGN.

L'utilisation des analyses multicritères permet d'analyser divers types d'effets relevant de processus pouvant être très différents et tenant compte d'une pluralité de points de vue, complémentaires ou contradictoires, ainsi que de finalités et objectifs recherchés à travers l'association de plusieurs critères de jugement. Ce type d'approche s'est largement développé avec l'introduction du référentiel du développement durable, à la fois par l'hétérogénéité des objectifs dont il convient de rendre compte, mais aussi parce que l'introduction de préoccupations sociales et institutionnelles, plus difficiles à mesurer quantitativement, nécessitait une évolution des métriques. Ce type d'approche nécessite des formats d'enquêtes particuliers et s'avère propice pour identifier la présence et l'importance de certains effets des images satellitaires et des IDS. C'est en général le cas :

- des effets organisationnels au sein des structures utilisant l'information satellitaire, notamment les adhérents des IDS, pour lesquels il est possible d'appréhender ces effets par un volet qualitatif spécifique dans les enquêtes. Ces effets organisationnels recouvrent principalement des effets sur la productivité et sur la capacité d'innovation ;
- des effets institutionnels sur les territoires et les politiques publiques, résultants du fait que les adhérents des IDS sont principalement des acteurs publics et donc que l'amélioration des produits et des connaissances permises par l'imagerie satellitaire contribue à l'amélioration des politiques

publiques à l'échelle des territoires dont ils sont gestionnaires. Ces effets institutionnels recouvrent notamment des effets sur l'efficacité et la gouvernance territoriale des politiques.

Fréquentes dans le domaine de l'évaluation des politiques publiques, ces approches peuvent être menées de façon autonome, souvent avec une dimension participative importante, ou correspondre à un volet spécifique complémentaire au sein d'un questionnaire visant par exemple à détailler les usages ou à mesurer les retombées économiques et impliquant, s'agissant des effets institutionnels, de raisonner à des échelles de territoire plus larges.

Comme pour les chapitres précédents, nous détaillerons en premier lieu les principes et les différentes familles de méthodes, notamment selon que l'on se limite à révéler la diversité des positions et perceptions selon les critères ou que l'on cherche à pondérer et agréger ces points de vue. Nous précisons ensuite les conditions de mise en œuvre de ces types d'enquêtes et de traitements, avant de proposer quelques exemples illustratifs des types d'effets qui peuvent ainsi être mesurés. La dimension participative de ces approches étant importante, un exemple spécifique d'évaluation menée à travers l'animation d'un *focus group* complète les illustrations.

Principes

Issue de la recherche opérationnelle, l'analyse multicritère s'est développée en tant qu'outil d'aide à la décision. On peut la définir comme une évaluation qui « consiste à réaliser plus qu'une simple description à l'aide de plusieurs critères et donc à proposer une analyse et une interprétation sur la base d'une pluralité de critères » (Lairez *et al.*, 2015). Ces approches peuvent être utilisées *ex ante* pour éclairer des choix stratégiques ou *ex post* pour évaluer la diversité des effets et impacts qualitatifs d'un projet, d'un investissement ou d'une politique.

L'évaluation multicritère permet en effet d'éclairer les décisions en tenant compte de plusieurs critères, y compris des facteurs qualitatifs difficiles *a priori* à intégrer dans les analyses coûts/avantages. Il s'agit de faciliter et d'orienter les choix en fonction de plusieurs critères, parfois contradictoires, qui peuvent ainsi être simultanément pris en compte pour préserver la richesse informationnelle lors du processus de décision ou de l'évaluation *a posteriori*. Le recours à ce type d'approche complète des approches plus techniques ou strictement monétaires, pour identifier la solution la plus appropriée dans un contexte complexe, notamment du fait de la pluralité des points de vue en présence. À l'origine réservées aux choix d'investissement dans le domaine du calcul économique public, ces approches se sont massivement développées au cours des deux dernières décennies en lien avec :

- l’intégration du développement durable, qui oblige à tenir compte de plusieurs finalités et objectifs interactifs et non plus à se limiter à la maximisation de l’efficacité économique¹³ ;
- le développement de la participation des acteurs, qui conduit à une multiplication des points de vue et à une complexification des critères de choix.

On parle plutôt d’analyse multicritère que d’évaluation multicritère dès lors qu’il n’y a pas de synthèse et de hiérarchisation des critères. En effet, comme le soulignent Lairez *et al.* (2015), l’usage des approches multicritères ne se limite plus à l’aide à la décision. On assiste à un développement important de leurs usages pour améliorer la connaissance et les capacités de comparaison et de suivi relatives aux processus complexes, aux facteurs évalués à dire d’expert, aux dimensions qualitatives tels les effets sociaux ou institutionnels, mais aussi à des fins de communication, de certification, de sensibilisation et de médiation. Dans ce contexte, l’intérêt des approches multicritères tient à la facilité d’appropriation et d’interprétation. La logique de ces approches est de raisonner en classes sur des échelles discrètes, sachant qu’il est parfois nécessaire d’agréger les résultats. Elles sont souvent utilisées pour :

- les choix entre plusieurs types de projets qui interviennent *ex ante* par rapport à une décision ;
- l’élaboration de diagnostics multidimensionnels, pour lesquels la diversité des critères facilite les arbitrages et l’identification des points faibles et des atouts ;
- les systèmes de suivi des effets d’une action ou d’une politique par des indicateurs diversifiés de l’état d’un écosystème, voire plus largement d’un territoire dans le cadre par exemple d’observatoires du développement durable.

Plusieurs types de méthodes d’agrégation peuvent être appliqués. **Les méthodes d’agrégation complète** visent à aboutir à un indicateur unique pour se ramener à un problème traditionnel d’optimisation. Il s’agit de revenir à une échelle quantitative en convertissant les classes en scores (en effectuant ou pas une standardisation* de ces scores). Cette approche implique l’application d’une grille de notation. L’agrégation des scores pose ensuite la question de la pondération des critères, car cette agrégation s’effectue le plus souvent à travers une somme ou une moyenne des scores très souvent pondérée (moyenne arithmétique ou géométrique, voire harmonique). Il s’agit en effet de rendre commensurables des notations qui ne l’étaient pas *a priori*, notamment quand les écarts entre classes ne sont pas constants. On peut utiliser des méthodes plus spécifiques, comme l’Analytical Hierarchy Process (Saaty, 1980, cité par Lairez *et al.*, 2015), qui suppose de hiérarchiser les différentes dimensions d’un système complexe pour définir les pondérations des indicateurs en fonction des niveaux de hiérarchie dont ils relèvent, c’est-à-dire de leur importance relative pour une décision. Il existe aussi des **méthodes d’agrégation partielle** (encadré 5.1), basées sur une logique de surclassement, telles qu’Électre ou Prométhée. Très utilisées pour les choix *ex ante* entre plusieurs alternatives, elles sont en général instrumentées à travers des logiciels dédiés. Elles permettent de classer

13. Pour des conseils pratiques, notamment sur les procédures de traitements qualitatifs, on pourra se reporter au guide pour l’évaluation multicritère réalisé à propos de l’agriculture et du développement durable (Lairez *et al.*, 2015).

des projets ou des options les uns par rapport aux autres. Enfin, on observe des méthodes reposant sur des arbres de décision qui suppose des règles de décision et de priorisation entre critères.

Encadré 5.1. Principes des méthodes d'agrégation partielle

Ces méthodes (Lairez *et al.*, 2015), permettent d'étudier si un projet, ou une option, est supérieur à un autre par rapport à une majorité de critères (condition de concordance), sans être trop nettement inférieur par rapport aux autres critères (condition de non-discordance). Pour ce faire, il convient de comparer deux à deux toutes les alternatives pour chacun des indicateurs en définissant des seuils de surclassement pour chaque critère – matrice des jugements, qui peut être binaire (bon ou mauvais), ou avec des seuils de préférence, d'indifférence ou de veto fixes ou relevant de la logique floue. Les distinctions entre méthodes portent sur les façons de traiter la matrice des jugements, de définir les seuils de surclassement, et sur les modes d'agrégation pour synthétiser les résultats. La méthode Électre utilise la théorie des graphes pour analyser les indices de concordance et de discordance et, selon les cas, elle permet d'ordonner les projets ou les options par ordre décroissant (Électre I, II, III, IV) ou par catégorie (Électre TRI: très bon, bon, moyen, à rejeter, etc.). Les méthodes Prométhée (Preference Ranking Organisation Method for Enrichment Evaluation) introduisent une métrique de surclassement quantitative, entre 0 et 1, qui rend compte de l'intensité des préférences (linéaire, par palier, etc.) avec des partitions finales moins fines.

Lorsque l'objet des décisions revêt une dimension spatialisée, les scores des évaluations multicritères sont couplés avec un SIG pour spatialiser les résultats des critères, notamment dans le cadre d'observatoires. Par ailleurs, avec le développement des approches participatives, les méthodes d'analyse multicritère ne sont plus seulement utilisées comme un outil de synthèse des points de vue, mais aussi comme une procédure facilitatrice de la concertation et de la participation, en permettant par de simples représentations en radar (figure 5.2) de représenter et donc de discuter des différences observées pour chacun des critères, sachant que la hiérarchie des priorités accordées à chacun de ces critères varie en fonction des acteurs. Le plus souvent, s'agissant d'évaluer des effets qualitatifs, ces approches recourent des évaluations cardinales de l'importance des différents critères qui nécessitent des échelles discrètes et des méthodes de hiérarchisation spécifiques. La métrique d'évaluation repose sur des classes qui permettent d'apprécier un critère selon une hiérarchie d'ordre au sein d'un ensemble de modalités logiquement ordonné. Les classes sont conçues sur la base de plusieurs types d'échelles :

- de type Likert pour des appréciations qualitatives de type « tout à fait d'accord, d'accord, pas d'accord, pas du tout d'accord », etc. ;
- en classes numériques de 1 à 3, 1 à 5 ou décimales.

Des traitements *a posteriori* permettent ensuite le plus souvent de convertir des variables continues en classes ou d'attribuer des pondérations aux échelles de Likert pour revenir à une évaluation numérique. La principale difficulté des évaluations ordinales est de s'assurer que les écarts entre chaque classe sont perçus comme équivalents par les enquêtés. Il convient d'être attentif, d'une part, aux perceptions subjectives des individus quant à l'im-

portance des critères et, d'autre part, à l'influence des formats de présentation et des types d'échelles proposés; ce qui implique des efforts au niveau de la conception du cadre d'évaluation pour qu'il y ait le moins de sources d'interprétation possible.

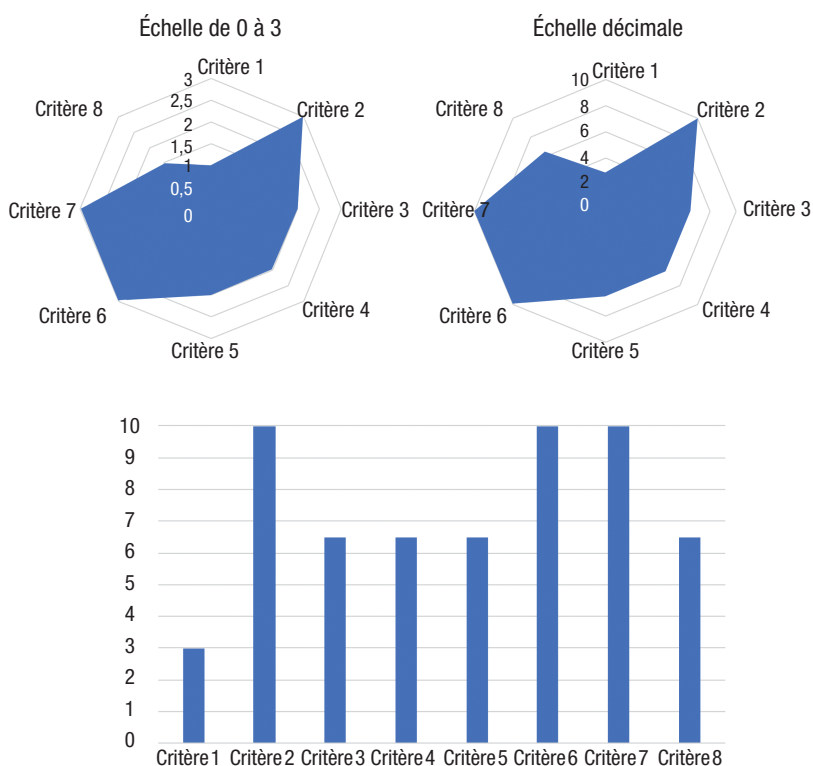


Figure 5.2. Exemples des formes de représentations des approches multicritères.

Ce type d'approche est particulièrement adapté pour intégrer certains impacts des IDS relevant de champs très qualitatifs, tels que les effets organisationnels ou institutionnels sur la qualité des politiques publiques et sur la gouvernance des territoires. Alors que les politiques publiques sont des dispositifs complexes et fortement interactifs, l'évaluation de certains impacts suppose de proposer des éléments faciles à comprendre, relativement indépendants et sur lesquels il est possible d'agir de façon significative. Généralement, on distingue les aspects qui relèvent de la conception (*design*) ou de la mise en œuvre des politiques publiques, sachant qu'il convient aussi de tenir compte des spécificités en fonction des types de politiques, et des échelles et catégories pour lesquelles on étudie les effets (parties prenantes, institutions, usagers, habitants, etc.).

Concernant le cas de l'apport de données spatiales et d'une infrastructure de type Geosud, plusieurs effets sur la gouvernance et les politiques publiques peuvent être identifiés en lien avec les propriétés spécifiques de

Encadré 5.2. Rappels sur l'évaluation des politiques publiques

Une des premières définitions de l'évaluation d'une politique a été donnée par le décret de 1990 relatif à l'évaluation des politiques publiques (décret 90-82 du 22 janvier 1990). Il s'agit de « rechercher si les moyens juridiques, administratifs ou financiers mis en œuvre permettent de produire les effets attendus de cette politique et d'atteindre les objectifs qui lui sont fixés ». Traditionnellement, l'évaluation des politiques publiques fait intervenir plusieurs critères de performance : efficacité, efficience, cohérence, pertinence, mais aussi, de plus en plus, durabilité, acceptabilité sociale, équité, etc. Concernant le champ des thèmes étudiés, ils relèvent de :

- la mesure des impacts de la politique ;
- l'identification des apprentissages et des savoirs ;
- l'analyse des outils de pilotage et de suivi nécessaire à l'adaptation *in cursus* ainsi que les moyens de contrôle et de sanction.

Il est important de ne pas assimiler l'évaluation, qui dans une logique réflexive vise à améliorer une politique et/ou à mesurer ses effets, et l'audit, qui relève d'une logique de contrôle. Ainsi, selon Baslé (2008), une « évaluation n'a du sens que si elle produit du changement en produisant de la connaissance ». De même, cet auteur précise qu'« évaluer c'est construire ensemble du sens [...] c'est une recherche d'intelligence collective ».

Pour plus de détails, voir le site de la Société française d'évaluation (<http://www.sfe-asso.fr>).

ces informations (chapitre 1), à savoir : une plus grande précision, une mise à jour plus régulière, la possibilité d'archivage permettant d'avoir des évolutions rétrospectives, la taille importante des surfaces considérées. On peut ainsi évoquer :

- des propriétés de neutralité et de transparence souvent évoquées à propos des images acquises de manière très automatisée, qui offrent une sorte d'effet de vérité favorable à une approche de l'aménagement et du développement territorial fondée sur des éléments tangibles difficilement contestables (*evidence based planning*, Maurel, 2012) ;
- des représentations de l'espace terrestre proches de la perception humaine ; ce qui rend leur interprétation relativement simple moyennant quelques clés de lecture et facilite les apprentissages participatifs. Ces représentations peuvent constituer des objets intermédiaires* favorables à l'appropriation des enjeux environnementaux par les parties prenantes et les citoyens (Bierry et Lavorel, 2016) ;
- une forme d'exhaustivité liée à la taille des images qui permet de situer une situation territoriale dans un contexte plus large et d'étudier les effets de bord et d'interdépendances ;
- la possibilité d'articuler différents niveaux de précision au moyen d'une seule image ou de plusieurs images aux résolutions spatiales complémentaires, permettant ainsi d'appréhender les situations territoriales locales de manière plus systémique en faisant prendre conscience, par exemple, de la multifonctionnalité des espaces, qu'ils soient naturels, agricoles ou urbains (Plant *et al.*, 2018).

Par exemple, le tableau 5.1 présente des motivations d'adhésion à Geosud dans le cas des structures utilisant les images satellitaires pour la connaissance de l'occupation du sol.

Tableau 5.1. Motivations d'adhésion à Geosud en fonction des propriétés des images (voir tableau 1.1).

	Score moyen	% notes 7 à 10
Accès gratuit aux images satellites	9,1	94
Accès à des images actualisées	8,2	82
Accès à des images d'archives	7,7	77
Simplification des mécanismes d'accès aux images	7,6	77
Accès à des images de meilleure résolution	7,3	71

Source : enquête Tetis/CEE-M, 2018.

L'apport spécifique des IDS concernant l'évaluation des politiques publiques tient bien évidemment à une meilleure élaboration et mise en œuvre des politiques de planification territoriale, et plus généralement d'aménagement du territoire, mais aussi aux possibilités de spatialisation des effets de la plupart des politiques. Par exemple, Bourdin et Ragazzi (2018) identifient les apports suivants de la géomatique à l'ingénierie territoriale :

- l'accessibilité, la fiabilité et la comparabilité des bases de données spatialisées pour observer et mesurer le plus précisément possible les variables ;
- la prise en compte des spécificités du territoire et des effets de localisation et de distance ;
- les possibilités d'identification et d'évaluation de l'impact d'une politique par rapport à des groupes de contrôle ;
- l'aide à la définition de l'échelle pertinente et l'identification des effets de voisinage ;
- la spatialisation des facteurs déterminants et l'identification des disparités territoriales ;
- l'étude de la connectivité et des dépendances régionales ou des effets multiplicateurs ;
- la mise en œuvre facilitée d'évaluations décentralisées et de suivi dans le temps, notamment certains effets environnementaux ;
- la prise en compte des différentiels d'impacts en fonction des types d'écosystèmes concernés ;
- certains effets sociaux, notamment d'inégalités territoriales en matière d'allocation ou d'accès à des ressources, d'exposition à des risques.

Ces atouts sont d'autant plus importants que les nouveaux outils issus de l'information géographique et satellitaire combinés aux progrès des NTIC permettent une précision de plus en plus grande. De plus, les processus d'innovation et de décision dans les territoires évoluent de plus en plus vers des formes d'apprentissages collectifs entre acteurs institutionnels et acteurs locaux. Les professionnels de la participation qui conçoivent des dispositifs sociotechniques d'information et de communication pour accompagner ces processus s'adaptent eux aussi à ces changements en élargissant leurs méthodes et leurs outils, dont certains à base de représentations spatiales

(images, cartes, indicateurs et modèles spatialisés, applications Web carto interactives, cartographies collaboratives, débats spatialisés, etc.). Les fonctionnalités qu'ils font jouer à ces dispositifs ne se limitent plus aux registres analytiques pour comprendre des situations territoriales ou opérationnelles et pour mettre en œuvre des plans d'actions sur le terrain. Les fonctionnalités recherchées peuvent être aussi de nature cognitive pour susciter des apprentissages individuels ou collectifs, ou créative pour sortir des solutions standards, ou encore relationnelle pour faire évoluer les réseaux d'acteurs et les rapports de pouvoir, et ceci à différentes échelles territoriales (Tonneau et Maurel, 2016). La figure 5.3 présente la diversité des registres et des fonctionnalités que peuvent jouer les représentations spatiales, dont celles issues de l'imagerie satellitaire. Ainsi, les IDS pourvoyeuses de ces représentations permettent d'aller vers des stratégies partagées en faveur d'un développement territorial maîtrisé et cohérent (Blanchard, 2017).

Par ailleurs, il est aussi possible de questionner plus précisément le rôle des IDS et des formats et propriétés de l'information satellitaire sur la gouvernance des politiques publiques, notamment dans le cadre de la gouvernance territoriale, la capacité de partage et de transparence des conditions de décisions et actions publiques.

Protocole d'enquête et de mesure

Nous aborderons de façon détaillée les approches fondées sur des enquêtes privilégiant les formes de question fermées. Cependant, ces types d'effets qualitatifs qui impliquent d'identifier des transformations au sein des structures ou dans leurs interactions avec les politiques territoriales peuvent aussi être appréhendés par des entretiens semi-directifs avec les acteurs ou, comme de plus en plus souvent, par des ateliers participatifs et/ou expérimentaux (*focus group* délibératif, jeu de rôle, *policy design*...) qui permettent de recenser et de confronter la diversité des points de vue en fonction des types d'acteurs. De plus en plus souvent, ces approches délibératives sont associées aux enquêtes et interviennent soit en amont de ces enquêtes pour mieux formaliser les questionnaires, soit en aval pour discuter et interpréter les résultats.

Formulation des enquêtes

L'évaluation des effets organisationnels et institutionnels, et plus généralement qualitatifs, implique des protocoles spécifiques nécessitant de définir des thèmes, des critères et des indicateurs appropriés. Ce type d'évaluation implique **une métrique rigoureuse** sachant qu'il s'agit de recueillir **des perceptions par définition subjectives et donc très sensibles aux effets de format des questionnaires**. Par exemple, nous avons vu que l'évaluation implique différents types d'échelles de notation. Or les enquêtés peuvent être plus ou moins à l'aise avec des échelles de Likert ou des échelles numériques. Il est possible de proposer alors par exemple la grille de correspondance suivante pour faciliter l'appropriation de l'échelle d'évaluation.

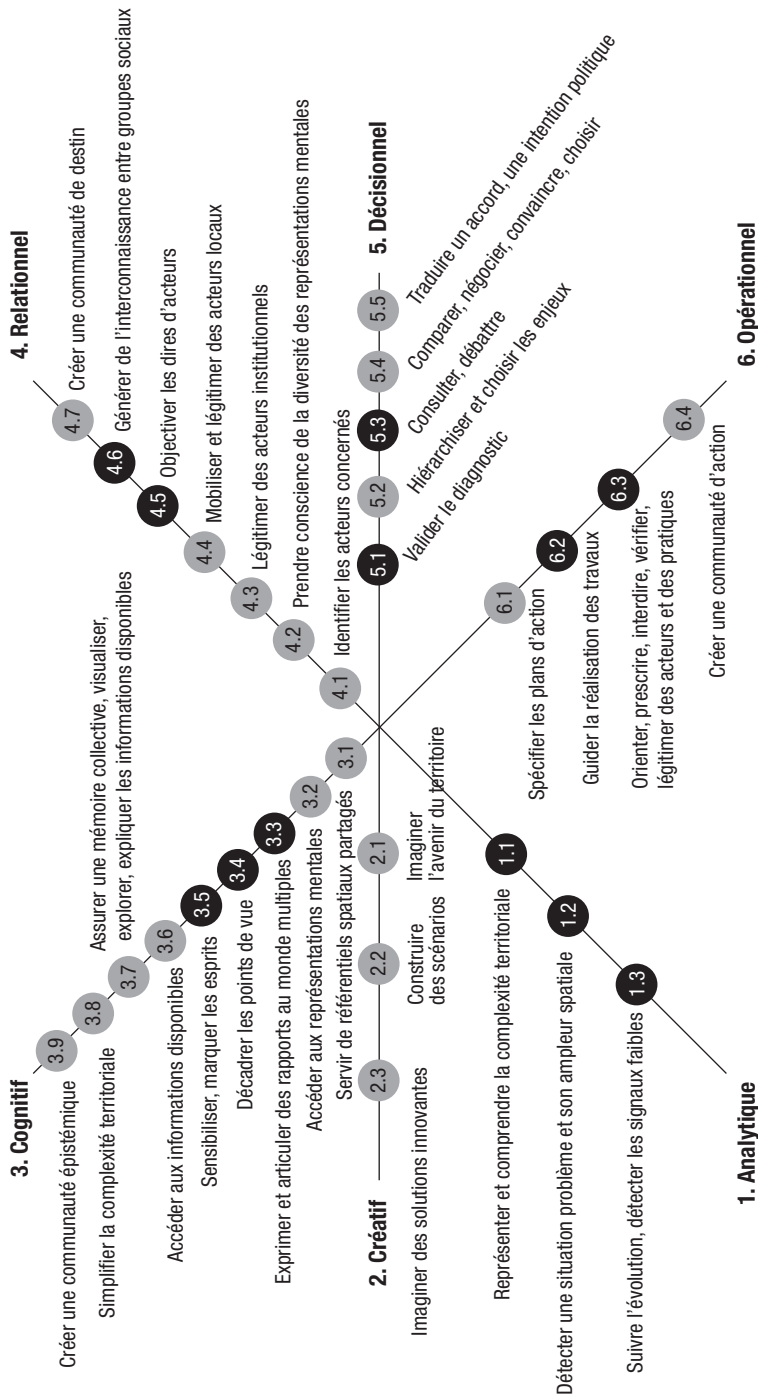


Figure 5.3. Caractérisation des fonctionnalités des représentations spatiales (en noir celles concernant la télédéttection) (d'après Tonneau et Maurel, 2016).

Tableau 5.2. Exemple de possibilité d’articulation entre échelles de Likert et décimale.

Extrêmement satisfait*	Très satisfait		Assez satisfait		Assez insatisfait		Très insatisfait		Extrêmement insatisfait
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

* Attention, le fait de commencer par 10 à gauche et 1 à droite ou l’inverse n’est pas neutre.

Selon les cas, le nombre de classes peut varier de trois, ou cinq... jusqu’à dix pour les échelles décimales (tableau 5.2). À ce niveau, il est préférable :
 – d’avoir un nombre de classes assez large pour appréhender les positions de façon plus nuancée (quitte à faire des regroupements ensuite pour certains traitements, notamment dans le cadre des analyses multivariées où le nombre de classes nécessite d’être réduit) ;
 – de choisir un nombre de classes pair de façon à éviter le « refuge de la moyenne pour les indécis »¹⁴.

Il est important d’associer des questions sur les caractéristiques socio-démographiques des enquêtés, notamment quand les enquêtes se situent à l’échelle de la population, pour pouvoir ensuite évaluer les motivations ou le rôle déterminant de certaines variables structurelles et culturelles.

Traitement des données

Au-delà des représentations traditionnelles des résultats, souvent sous forme de graphiques radars ou d’histogrammes, il est possible d’établir des moyennes ou des médianes, notamment pour comparer plusieurs critères et plusieurs terrains, ou d’établir une somme des scores ; ce qui est toujours préférable. Les principales difficultés de ce type d’approche interviennent dès lors que l’on souhaite agréger plusieurs critères pour avoir, par exemple, des résultats par composante ou par sous-groupe. En effet, toute agrégation suppose une pondération, sachant qu’une moyenne simple entre les critères revient à une pondération uniforme avec un poids équivalent à tous les critères. Des analyses en composantes principales, ou en composantes multiples quand on raisonne par classes, peuvent aussi permettre d’établir des partitions entre les perceptions et de proposer des pondérations basées sur les résultats statistiques.

Exemples d’effets organisationnels et institutionnels

Nous rendons compte ici de quelques résultats de plusieurs enquêtes, celles sur les coupes rases et les cartes d’occupation du sol présentées dans le chapitre précédent ainsi qu’une enquête menée sur les effets de l’IDG SIG-LR (Rey-Valette *et al.*, 2017), qui est une des plus anciennes infrastructures de

14. Il est recommandé de mettre systématiquement des options « sans avis » et « ne sait pas » pour éviter ce risque.

données spatiales françaises (créée en 1994) et qui dispose d'un nombre important et diversifié d'utilisateurs mis en réseau à travers une communauté de pratique*.

Exemples d'effets organisationnels d'une IDS

Selon les cas, les questions posées permettent d'appréhender :

- le nombre et donc la part des adhérents qui ont observé un type d'effet ou qui sont concernés par une pratique ;
- l'importance de cet effet ou de cette pratique, le plus souvent évalués sur une échelle décimale.

Ce type de format permet ensuite de calculer la proportion de ceux qui sont concernés et la part de ceux qui jugent l'effet ou la pratique très importants (en général par la part des notes de 7 à 10 ou de 8 à 10 selon la forme de la distribution et bien évidemment des scores moyens ou médians). Le tableau 5.3 illustre ce type de résultats dans le cas de l'enquête relative aux cartes d'occupation des sols, sachant que, par ailleurs, on a pu aussi recenser que ces cartes avaient permis pour 38 % des enquêtés d'élaborer de nouveaux produits, pour 26 % de mettre en place des approches collaboratives et pour 32 % de développer de nouveaux partenariats.

Tableau 5.3. Innovation générée par les cartes d'occupation des sols dérivées des images satellites.

Score moyen	Part des scores entre 7 et 10	% concerné
6,4	51 %	90 %

Source : enquête Tetis/CEE-M, 2018.

Ces effets d'innovation résultent principalement des actions de mise en réseau, d'accompagnement organisés par les IDS, et celles que l'on peut qualifier plus généralement de création de communautés de pratique* au sein des adhérents, ainsi coordonnés autour d'une information qui constitue un bien de club.

Les résultats observés dans nos enquêtes témoignent d'une importante dynamique de partage des compétences dans le cadre des réunions au sein des IDS ou à travers le réseau des groupes de travail de Theia, avec des taux de participation aux réunions très importants (50 à 80 %) et aux formations un peu moindres (autour d'un tiers selon les enquêtes). Outre ces taux de participation aux animations, il est possible, en fonction de la part des adhérents concernés, d'identifier les types d'effets générés par ces animations. Le tableau 5.4 présente les résultats pour les cartes de coupes rases et les adhérents de l'IDG SIG-LR.

Dans le cas des coupes rases où l'accès aux cartes s'accompagnait d'une formation spécifique organisée à la demande du ministère de l'Agriculture pour l'ensemble de ses services concernés (Draaf et DDTM), il a été possible de préciser les types de gain de compétence pour les services ayant répondu

à l'enquête. Ces gains étaient directement dus à la formation pour 36 % des enquêtés, mais aussi à la mise à disposition d'un guide méthodologique pour 33 %, et à l'accès facilité à une expertise du fait de la mise en place d'un support téléphonique pour l'accompagnement au traitement des images et au téléchargement des cartes pour 31 %. Plus généralement, dans le cas de SIG-LR, les apports organisationnels de l'IDG du point de vue des adhérents sont diversifiés, mais avec des niveaux plutôt moyens ou faibles (tableau 5.5).

Tableau 5.4. Exemples d'apports de la mise en réseau autour des cartes de coupe rases.

Cas des adhérents utilisant les cartes de coupes rases	
Renforcer la collaboration entre les services au sein des structures	26 %
S'insérer dans un réseau d'utilisateurs de données satellites	23 %
Renforcer l'image des structures auprès des exploitations forestières	19 %
Mutualiser les acquisitions de données	19 %
Renforcer la transparence et la collaboration avec les exploitations forestières	13 %
Cas des adhérents à SIG-LR	
Accroissement du réseau	25 %
Augmentation des compétences	23 %
Partage et mutualisation de données	19 %
Renforcement des innovations	12 %
Facilitation des consortiums sur des projets	7 %

Source : enquêtes Edater Lameta SIG-LR 2015 et enquête coupe rases Tetis, 2018.

Exemples d'effets institutionnels sur les politiques et la gouvernance territoriale

Comme précédemment, il s'agit d'évaluer sur la base des perceptions des adhérents les types d'effets dus à l'amélioration de l'information permise par les images satellites sur l'efficacité et la gouvernance des politiques. L'identification de l'importance de ces effets selon une échelle décimale ou de Likert permet seulement d'estimer des niveaux d'importance, principalement pour tester les différentiels de poids relatifs selon les items. Des entretiens plus poussés doivent être menés pour évaluer plus précisément les types d'effets. Le tableau 5.5 présente quelques résultats dans le cadre des enquêtes menées sur les cartes d'occupation des sols et SIG-LR; ce qui correspond à deux types de formats de restitution. Dans ce type d'évaluation, la liste

initiale et la formulation des intitulés peuvent potentiellement influencer les résultats. On note que les proportions d'adhérents concernés sont plus faibles pour les effets organisationnels (tableau 5.6), car il ne s'agit pas ici d'effets internes, mais de l'impact perçu par les producteurs de ces informations des changements générés et attribuables aux spécificités des produits et pratiques. Ainsi, certains enquêtés n'ont pas su répondre.

Tableau 5.5. Présentation des effets organisationnels de l'adhésion à SIG-LR (Rey-Valette *et al.*, 2017).

	Moyenne	Médiane
Effets sur l'activité		
Progression de l'activité résultant d'une actualisation des données	5,5	6
Progression de l'activité liée à de nouveaux usages et de nouveaux services	5,2	5,5
Progression de l'activité résultant d'une meilleure qualité des données	4,9	5
Création de nouveaux partenariats	3,8	3
Diversification des produits proposés à des structures ou des associations	3,6	3
Diversification des produits proposés aux usagers ou citoyens	3,4	3
Effets sur le fonctionnement de la structure		
Augmentation du sentiment d'appartenance à une communauté professionnelle	4,4	4,5
Amélioration de la collaboration entre les services	3,7	3
Modification de la stratégie	3,2	2,5
Besoin de compétences plus précis	3,2	3
Redynamisation des équipes	2,7	2

Source : enquête Edater/Lameta SIG-LR, 2015.

Tableau 5.6. Exemple d'effets institutionnels tels que perçus par les adhérents des IDS (métrique de 0 à 10).

	Moyenne	% de notes entre 7 et 10	% concernés
Efficacité des politiques liées à l'usage de cartes d'occupation du sol à partir d'images satellitaires			
Préservation de la biodiversité	4,4	28	58
Préservation de la qualité paysagère	4,3	29	57
Réduction de l'étalement urbain	3,9	26	58

Tableau 5.6. Exemple d'effets institutionnels tels que perçus par les adhérents des IDS (métrique de 0 à 10) (suite).

	Moyenne	% de notes entre 7 et 10	% concernés
Réduction de la consommation de ressources naturelles	3,8	22	61
Meilleure maîtrise des risques naturels	3,8	23	58
Amélioration de la séquestration de carbone	2,5	8	50
Gouvernance des politiques territoriales			
Effets de l'usage des cartes d'occupation du sol à partir d'images satellitaires			
Transparence de l'action publique	6,6	58	81
Confiance dans l'exactitude des informations	6,4	55	84
Meilleure appropriation des informations	4,7	28	73
Effets de l'information géographique proposée par SIG-LR		Moyenne	Médiane
Participation des partenaires facilitée		4,2	4
Amélioration de l'image de la structure		4,1	4
Amélioration de la connaissance (citoyens, parties prenantes)		3,9	4
Amélioration de la transparence de l'information pour les usagers		3,8	3
Participation des citoyens facilitée		2,5	2

Source : enquête Edater/Lameta SIG-LR, 2015.

Exemples d'évaluation participative dans le cadre de *focus group*

En partenariat avec le Syndicat mixte du bassin de Thau, des chercheurs du CEE-M et de Tetis ont élaboré puis animé en juin 2019 un atelier participatif avec une vingtaine d'acteurs du territoire (élus communaux, directeurs de service d'aménagement, gestionnaire d'espaces naturels, naturalistes et associations de protection de la nature) et des chercheurs, sur le territoire de Thau près de Montpellier (Rey-Valette *et al.*, 2020). L'objectif était d'évaluer l'apport de cartes détaillées d'occupation du sol et de services écosystémiques à partir d'images satellites (figure 5.4).

Cette carte détaillée d'occupation du sol sur le territoire de Thau a été produite par l'UMR Tetis à partir d'images Pléiades à très haute résolution

spatiale (50 cm en noir et blanc, 2 m en multispectral) dans le cadre d'un programme du CNES pour promouvoir l'utilisation de ces images (Dupaquier *et al.*, 2016). Des photographies aériennes et les limites cadastrales ont également été utilisées pour les espaces artificialisés. La nomenclature comprend quatre niveaux emboîtés – les trois premiers relevant de la nomenclature standardisée européenne Corinne Land Cover et le quatrième étant très détaillé (71 classes) – qui permettent de prendre en compte les espaces artificialisés et de répondre aux objectifs de suivi/évaluation de la planification territoriale (SCoT et SAGE).

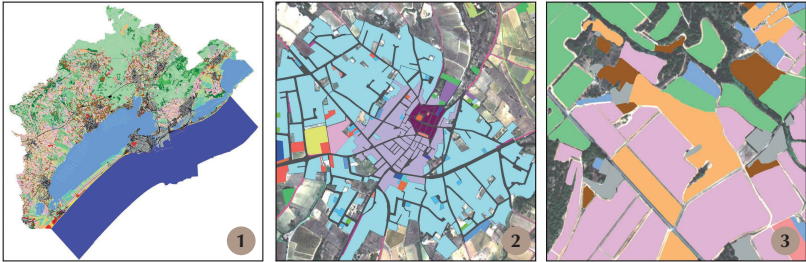


Figure 5.4. Carte à haute résolution pour l'occupation du sol du territoire du bassin de Thau. 1 : vue d'ensemble; 2 : extrait espaces artificialisés; 3 : extrait espaces agricoles et naturels.

L'atelier expérimental impliquait de spatialiser un scénario d'urbanisation consistant à organiser d'ici 2030 l'accueil de 30 000 nouveaux habitants, en aménageant 150 hectares (soit 50 m² par habitant). Ce scénario relève d'une logique d'étalement urbain en créant de nouvelles constructions pour l'habitat et des infrastructures pour organiser la mobilité (parking) et les conditions de vie (commerces/équipements sportifs) de ces habitants. Ce scénario, bien que fictif, correspondait à des enjeux réels pour le territoire qui, par sa position littorale et sa proximité avec la métropole de Montpellier, est soumis à une forte pression démographique. À l'issue de la simulation, un questionnaire a été distribué à chaque participant pour identifier les effets liés à l'amélioration de la précision et de la mise à jour des cartes d'occupation du sol. Ce questionnaire associait des questions fermées consistant à choisir et hiérarchiser des types d'effets possibles (avec plusieurs rubriques autres pour élargir la liste des effets pressentis) et des questions ouvertes permettant aux parties prenantes de donner librement leur point de vue.

Globalement, près de 70 % des participants ont évalué très positivement ce nouveau type de carte pour l'appui aux décisions publiques d'aménagement et de conservation environnementale en matière de cohérence, d'efficacité et d'acceptabilité de l'action publique, ainsi que pour la capacité de ces cartes à opérationnaliser des formes de gestion territoriale intégrée et concertée en accord avec les principes de développement durable (Rey-Valette *et al.*, 2020). Plus précisément, les avantages de la plus grande précision des cartes d'occupation du sol évoqués portaient sur :

- la possibilité d'avoir une meilleure vue d'ensemble des enjeux (53 % des participants);

- l'accès à une vision plus précise et plus rapide des enjeux (35%);
- le fait d'avoir une meilleure compréhension de la richesse du territoire (24%).

Seul un participant a émis des critiques sur la plus grande complexité des cartes, tandis qu'un autre ne notait aucune différence significative. Concernant l'acceptabilité des politiques, il est ressorti des discussions que ces cartes offrent à la fois une plus grande autonomie aux gestionnaires et aux participants des démarches concertées, en même temps qu'elles facilitent la transparence quant aux choix de sites.

*

La diversité des questions et effets pouvant être appréhendés par les approches multicritères explique l'importance de ces approches dont l'usage connaît à la fois un très fort développement et une grande plasticité concernant les modalités de mise en œuvre. Pour partie, la croissance de ces approches répond aux injonctions de diffusion des pratiques de suivi et d'évaluation des politiques publiques, en lien avec des attentes fortes de transparence de l'action publique, dans un contexte de complexité accrue de cette action publique.

Mais la croissance de ces approches s'explique aussi dans le cas des IDS par la diversification et la multiplication des usages de l'information satellitaire, notamment par les acteurs publics en appui aux politiques publiques. Les sauts technologiques réguliers et à venir associés à la réduction des coûts d'accès à ces images en général (Assemblée nationale et Sénat, 2019), et du fait de la présence des IDS, conduisent en effet à banaliser et démocratiser l'usage de ces images. Par exemple, 35 des 53 variables suivies dans le cadre du suivi climatique sont issues de l'information satellitaire (Assemblée nationale et Sénat, 2019). D'après Aubin *et al.* (2015), ce type d'approche permet notamment d'éviter le piège de nombreuses évaluations dont le champ est borné par la disponibilité ou la facilité de collecte et de mesure des indicateurs. Néanmoins, le choix des thèmes et la formulation des critères doivent faire l'objet de discussions et d'une attention particulière dans leur formulation par rapport aux enjeux, mais aussi à la subjectivité des perceptions en fonction de la taille des échantillons. Ainsi, comparativement aux méthodologies d'évaluation de la valeur ou des retombées de l'information satellitaire qui paraissent techniquement plus complexe à première vue, **il serait imprudent de penser que ces approches ne nécessitent pas de compétences spécifiques, tant dans la formulation des protocoles que dans la conception et l'animation de leur dimension participative.** Les repères méthodologiques et les illustrations fournies témoignent ainsi à la fois de la diversité des thématiques et problématiques, qui s'accompagnent chacune par ailleurs d'une certaine spécificité des questionnements et traitements.

Pour éviter les écueils de cadrage, ces approches multicritères sont souvent menées de façon participative à travers des ateliers, ou *focus group*. Cette dimension participative est souvent mobilisée en amont pour définir collectivement les critères de l'évaluation. Cependant, dès lors qu'elle intervient

aussi au niveau du processus même d'évaluation, il convient d'être vigilant quant aux outils d'expression et d'animation, notamment pour garantir l'équilibre des interventions. Ce champ de la participation s'est en effet progressivement fortement professionnalisé, avec par exemple dans le cas des politiques publiques l'introduction de « garants de la participation » (Guihéneuf, 2017), tandis que les évaluations de plus en plus nombreuses des apports de la participation témoignent aussi des risques et limites liés aux procédures. Enfin, dès lors que l'on veut comprendre et préciser les processus et les changements de pratiques, des entretiens approfondis avec les structures et les personnes concernées sont nécessaires et posent souvent la question de la montée en généralité de ces apports, généralement très contextualisés en fonction des échelles, des domaines et des métiers.

Conclusion

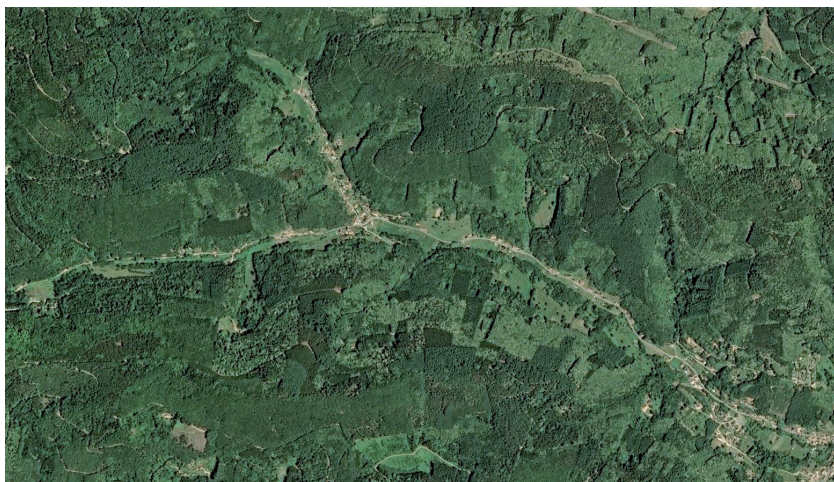


Figure C.1. Image SPOT-7, 27/6/2019. Massif des Vosges – © Airbus DS 2019, reproduction IGN, INRAE, IRD, en vertu de la licence Airbus DS.

Rappels des enjeux et du positionnement du guide

L'origine de ce guide est liée à la multiplication des attentes, sollicitations et interrogations relatives aux dimensions économiques, voire sociales des images satellitaires à deux niveaux, c'est-à-dire concernant :

- d'une part, la **structuration des données spatiales acquises par des satellites**, voire plus largement des infrastructures de données spatiales (IDS) dans un contexte où elles tendent à s'imposer comme forme d'organisation. Cette problématique recoupe les questions d'économies de coûts de coordination et de mutualisation générées en fonction de la diversité des services offerts en complément de l'accès aux images ;
- d'autre part, **l'évaluation de la valeur des IDS et des effets de l'usage de ces données** en matière de changement de pratiques à différentes échelles au sein des chaînes de valeur liées à l'information spatiale. Ces effets interviennent bien évidemment au niveau des adhérents de ces infrastructures de données satellitaires, mais aussi plus largement à l'échelle des politiques publiques en lien avec les caractéristiques spécifiques de l'information satellitaire, à savoir :
 - une résolution spatiale de plus en plus fine,
 - une régularité annuelle et interannuelle de l'observation accompagnée de possibilité d'archivage pour établir des dynamiques,
 - une échelle d'approche plus large, permettant d'appréhender les effets de bord et de faciliter les comparaisons entre territoires.

Ce guide intervient dans un contexte se caractérisant par la faiblesse des approches économiques autour de ces questions et leur caractère souvent parcellaire et descriptif. Il offre le plus pédagogiquement possible, pour des lecteurs *a priori* non économistes, **des outils à visée opérationnelle autour des formes d'évaluation et de mesure de la valeur de l'information spatiale et des retombées socio-économiques des IDS**. De tels outils pourraient être utilement intégrés dans l'offre de formation française en géomatique et en télédétection, voire dans le champ de l'économie du numérique où ces dimensions socio-économiques des IDS ne sont quasiment jamais abordées.

Nous avons en premier lieu rappelé l'importance du développement des flux de données d'observation satellite en présentant les types d'acteurs et l'organisation institutionnelle des IDS en France (Geosud, Theia, Dinamis) et à l'étranger (plateformes DIAS du programme européen Copernicus, plateformes de GAFA). Ces structures constituent des sortes d'écosystèmes d'affaires et de communautés d'experts autour de la mise à disposition et l'utilisation de ces données. Ces écosystèmes et communautés sont cependant soumis à des mutations continues résultant de la forte dynamique d'innovation qui caractérise ce champ d'activité. On peut citer en particulier l'hybridation des secteurs public et privé par des arrangements et formes d'associations innovantes et complexes, mais aussi les capacités croissantes apportées par le big data et l'intelligence artificielle à combiner des informations massives et hétérogènes. Différents types d'images satellitaires peuvent par exemple être croisés avec des photos de drone et des savoirs locaux issus de l'observation physique sur le terrain. Ce panorama introductif permet de montrer que les trajectoires de développement et de structuration des IDS et les modèles économiques qui leur sont associés sont loin d'être stabilisés et comportent de forts enjeux.

Cette analyse du paysage actuel témoigne d'**une large dépendance aux financements publics** en amont, lesquels sont de plus en plus questionnés ; ce qui justifie le besoin d'évaluer la valeur de l'information spatiale et de ses effets transformateurs sur les chaînes de valeur. Dans ce contexte, il s'agit d'étudier les conditions et les modalités de modèles économiques pertinents pour l'accès à l'information satellitaire en fonction des préférences des usagers et des retombées économiques générées.

Après un rappel des définitions et des problématiques sous-jacentes, le guide offre ainsi trois grandes approches possibles pour l'évaluation de la valeur et des effets des IDS, dont les exemples donnés témoignent de la diversité des types d'effets, qui renvoie elle-même à une diversité de méthodes d'évaluation. On peut ainsi distinguer en premier lieu des méthodes d'évaluation de la valeur des IDS basées sur les outils de l'évaluation économique non marchande, également des approches traditionnelles de calcul économique public fondées sur la logique coût/avantage, ou enfin des approches multicritères offrant des indicateurs plus diversifiés. Le calcul des gains de productivité, des coûts évités, des créations d'emplois ou de produits chez les usagers directs ramenés à 1 € investi dans les IDS (taux de retour d'un investissement) peut ainsi aider à justifier les subventions accordées. Elles peuvent aussi se justifier du fait des effets directs ou indirects à l'échelle des chaînes de

valeur et des politiques publiques dans une logique keynésienne en matière de circuit économique et de valeur ajoutée créée à différentes échelles territoriales. La diversité des effets observés dépend du périmètre des enquêtes menées et peut être systématique lorsque l'évaluation s'appuie sur les outils de comptabilité nationale à travers par exemple des modèles d'équilibre général calculable, mais qui restent assez lourds à mettre en place.

Rappelons que **les IDS appartiennent au domaine des infrastructures de réseau**, et qu'à ce titre elles peuvent déterminer la compétitivité d'autres secteurs économiques, même si pour l'instant les usages étudiés relèvent plutôt des politiques publiques et du secteur public. On peut évoquer le récent projet d'avis du Conseil économique, social et environnemental (Arav, 2020), qui préconise pour ces secteurs de renforcer les garanties de souveraineté de l'État, déterminantes en matière de rayonnement et de cohésion, de tenir compte des inégalités, notamment en lien avec les phénomènes et stratégies de concentration, et de s'interroger et d'accompagner l'évolution des usages.

Dans tous les cas, il est important pour le lecteur de prendre conscience **de la diversité et de l'importance des chaînes d'effets et du rôle structurant et transformateur des IDS**, montré notamment par les approches multicritères à l'échelle des structures et plus largement des territoires. Ce type d'évaluation multicritère concernant l'impact sur la mise en œuvre des politiques publiques permet de mettre en évidence le rôle des images satellitaires et des IDS sur la gouvernance des territoires, notamment en matière de transparence et d'*accountabilité* de l'action publique, dans un contexte de complexité accrue de cette action publique.

À cette échelle, le recours à des évaluations participatives avec les acteurs et les citoyens concernés permet de révéler l'existence d'une fonction de médiation de ces IDS et des produits proposés.

Limites des évaluations

Concernant les contraintes et limites liées aux approches d'évaluation socio-économique des IDS, quelques points clés du guide peuvent être retenus :

• Spécificités et diversité des IDS :

- il est nécessaire de bien **distinguer les effets de l'information spatiale de ceux des IDS**, ces derniers intégrant une large diversité de services conjoints variables selon les IDS ;
- les IDS se caractérisent par une diversité des formes de données, des types d'utilisateurs (sociétés privées, bureaux d'études, services divers de l'administration, collectivités territoriales, associations) et des domaines d'utilisation (urbanisme, risques, agriculture, réseaux, cadastre, aménagement, etc.) ;
- les **résultats** disponibles issus de l'ensemble des études sont **difficilement transférables, car** ils sont **spécifiques au contexte** du cas d'étude et peuvent difficilement être standardisés, du fait à la fois du faible nombre

d'observations, de l'absence de données relatives au contexte du secteur dans le pays étudié et du caractère qualitatif de certaines évaluations.

- **Difficultés à quantifier les effets :**

- les études sur les IDS soulignent les **difficultés d'évaluation monétaire des effets**, qui ne sont le plus souvent appréciés que sous l'angle des ordres de grandeur ou sous forme qualitative ;

- l'évaluation des IDS est **plus difficile quand elle porte sur les impacts sociaux ou institutionnels** des politiques et des services publics (gouvernance, transparence, participation, etc.) ainsi que plus généralement sur les effets non marchands qui impliquent des méthodes spécifiques ou des ratios de référence.

- **Limites liées aux protocoles de mesure :**

- les effets sont souvent mesurés seulement à l'échelle des utilisateurs directs et restent donc sous-évalués ;

- les effets de baisse des prix résultant de l'augmentation de l'offre ne sont pas pris en compte ;

- les images sont souvent utilisées en combinaison avec d'autres types d'informations ; ce qui nécessite d'établir des ratios en fonction de leur apport relatif à l'impact global ;

- l'absence de données de référence implique souvent un recours à des enquêtes spécifiques ;

- il est difficile d'établir des scénarios contrefactuels appropriés pour évaluer le différentiel apporté par les images satellites du fait de la généralisation de leur usage ou du caractère trop ancien des situations de référence sans images satellites.

Perspectives d'évolution

Les dimensions économiques des IDS sont d'autant plus importantes, voire stratégiques, que l'évolution technologique qui réduit régulièrement les coûts d'accès aux images satellitaires (Assemblée nationale et Sénat, 2019) ne manquera pas de conduire à **un usage croissant de ces images ainsi qu'à un élargissement de l'éventail des usagers bénéficiaires**. On peut alors s'attendre à un changement de « paradigme culturel » avec une très large démocratisation de l'accès aux images spatiales, notamment au sein des communautés scientifiques. Ainsi, après la période de quantification et de modélisation initiée dans les années 1970 (qui a conduit chaque discipline à distinguer un volet quantitatif telles l'économétrie ou la biométrie), l'usage massif et généralisé de ces images pourra générer de nouvelles formes de traitement et d'analyse guidées par les données, en lien avec les outils du big data, complémentaires des approches guidées par les modèles biophysiques.

Plus généralement, le développement massif de ces images va impacter l'accès, voire à terme le partage, à l'espace proche utile à l'implantation des satellites avec, comme pour le démantèlement des centrales, la question de leur récupération et de leur recyclage. Ces évolutions pourront transformer les conditions des modèles économiques sous-jacents et être porteuses d'innovations pouvant être radicales concernant l'accès et l'usage de

ces images. Or ces images pourront être déterminantes des conditions de résilience de nos sociétés, dont les trajectoires doivent de plus en plus être étudiées à des échelles globales et en lien avec les incertitudes des changements globaux. Ainsi, dans le futur, la question pourrait être moins celle du financement public dans l'absolu que du partage et de l'accès à ces données dans une logique d'équité, dans un contexte où le statut de ces images pourra osciller entre un bien public et un objet de plus en plus concurrentiel si les nouvelles technologies et le développement exponentiel des satellites et des capteurs facilitent la multiplication des initiatives privées, notamment à partir des nanosatellites. Dès à présent, soulignons que les contraintes budgétaires et la recherche d'opportunités économiques conduisent certains États et gouvernements à associer de plus en plus le secteur privé au financement des missions spatiales. Ces évolutions, notamment quant au rôle des plateformes et à la diversité des formes d'associations entre public et privé, peuvent renforcer la place et le pouvoir stratégique des GAFAs ou d'acteurs du *New Space* et induire des situations de dépendance en fonction des conditions d'accès.

Ces différentes tendances renforcent le besoin d'approches économiques, et notamment de typologies de référence des effets ainsi que le développement de nouveaux outils et indicateurs pour étudier et gérer ces évolutions en tenant compte de la diversité des modèles de coopération public-privé et des réorganisations des chaînes de valeur du fait de la croissance des produits et services à forte valeur ajoutée.

Recommandations

Concernant le champ de la **recherche**, il est nécessaire de multiplier les enquêtes et les études de cas pour analyser une plus large diversité de domaines, établir des ratios de référence, et standardiser le plus possible les méthodes d'évaluation en lien avec les travaux menés dans le champ des politiques publiques et du calcul économique. En particulier, une initiative interministérielle avec l'appui de l'Insee pourrait préparer des références pour développer des outils plus génériques fondés sur les ratios de la comptabilité nationale, à partir d'une matrice spécifique à l'information spatiale. Ces travaux d'évaluation devront s'articuler avec des **approches pluridisciplinaires** permettant notamment d'identifier et de caractériser les changements de pratiques, les processus d'innovation, les modalités d'appropriation et l'évolution des usages, les inégalités et les conditions d'accès. Il s'agit de créer une large base de connaissances associant une diversité de disciplines.

Au fur et à mesure des avancées scientifiques, il est essentiel de vulgariser ces travaux tant sur le plan des enjeux et des problématiques que des méthodologies. Cette vulgarisation pourra en partie s'effectuer par le **développement de formations** à destination de plusieurs cibles :

– les modules de formations spécifiques dans les écoles d'ingénieur et masters spécialisés en télédétection, en géomatique et en science de l'information ;

- les enseignements économiques, où les nouveaux enjeux liés à l’information et au rôle des plateformes sont déterminants dans de nombreux domaines;
- les actions de formation continue des collectivités territoriales et des services de l’État (ministères et directions décentralisées en région), de façon à optimiser les usages et planifier à moyen terme les stratégies d’intervention dans ce domaine.

Concernant **les gestionnaires et les citoyens**, il est essentiel de développer une meilleure compréhension des fonctions et des effets de ces images satellitaires et des IDS, notamment en diffusant les résultats des évaluations et en multipliant les études pilotes. Il s’agit d’**optimiser les outils actuels de planification territoriale, d’en créer de nouveaux favorisant les approches intégrées et participatives et surtout de renforcer la dimension de suivi-évaluation des politiques, souvent oubliée**. La généralisation de l’usage des images permettra d’améliorer les décisions publiques au niveau des stratégies de gestion, de mutualisation, d’investissement à différentes échelles territoriales. Enfin, au niveau des parties prenantes et des citoyens, il s’agit de généraliser la communication sur les avantages sociaux de l’usage de ces données, de façon à fonder son caractère de bien public et à en vulgariser les usages en vue de renforcer le bien-être social et l’intelligence territoriale.

Ainsi, quel que soit le domaine, la lecture de ce guide constitue une première pierre à la mise en œuvre de ces recommandations en faveur d’une meilleure compréhension de la valeur des IDS et des images satellites et des meilleurs usages qui pourront en découler.

Bibliographie



Figure B.1. Image SPOT-7, 30/06/2019. Plaine Beauce – © Airbus DS 2019, reproduction IGN, INRAE, IRD, en vertu de la licence Airbus DS.

Aboueldahab G., 2018. Impacts de la télédétection satellitaire pour la gestion et la planification territoriale. Cas des cartes d'occupation du sol issues des images Geosud/Theia. Mémoire M2 d'économie et management public, université de Montpellier, 98 p.

Afigéo, 2015. *Catalogue des IDG 2015*, Association française pour l'information géographique, 84 p.

Allais M., 1989. L'économie des infrastructures de transport et les fondements du calcul économique. *Revue d'économie politique*, 99 (2), 159-197.

Almirall P.G., Ros P.Q., Craglia M., Moix M., 2008. *The Socio-Economic Impact of Spatial Data Infrastructure of Catalonia*, Office for Official Publications of the European Communities.

Arav F., 2020. L'impact des infrastructures de réseau dans l'économie. Projet d'avis du Conseil économique, social et environnemental, section des activités économiques. *Journal officiel de la République française*, 26 mai 2020, 87 p.

Assemblée nationale et Sénat, 2019. Les satellites et leurs applications. Les notes scientifiques de l'office. Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, note n° 19, octobre 2019, 10 p.

Aubin J., Bockstaller C., Bouvarel I., 2015. Conclusion. Du développement durable aux services écosystémiques : bilan et perspectives. In Lairez J., Feschet P., Aubin J., Bockstaller C., Bouvarel I. (ed.), *Agriculture et développement durable. Guide pour l'évaluation multicritère*, Paris, Quæ/Educagri, 195-198.

Baslé M., 2008. *Économie, conseil et gestion publique : suivi et évaluation des politiques publiques et des programmes*, Paris, Economica, 180 p.

Bateman I.J., Carson R.T., Day B., Hanemann M., Hanley N., Hett T., Jones-Lee M., Loomes G., Mourato S., Ozdemiroglu E., Pearce D., Sugden R., Swansn J., 2004. *Economic Valuation with Stated Preference Techniques: A Manual*, Cheltenham, Edward Elgar, 480 p.

Bierry A., Lavorel S., 2016. Implication des parties prenantes d'un projet de territoire dans l'élaboration d'une recherche à visée opérationnelle. *Sciences Eaux & Territoires*, (4), 18-23.

- Blanchard G., 2017. Quelle traduction des stratégies territoriales de transitions énergétiques dans les choix opérationnels des projets d'aménagement? L'exemple de Bordeaux Saint-Jean Belcier. *Développement durable et territoires*, 8 (2), mis en ligne le 28 juillet 2017. <http://developpementdurable.revues.org/11752>
- Borzacchiello M.T., Craglia M., 2013. Estimating benefits of Spatial Data Infrastructures: A case study on e-Cadastres. *Computers, Environment and Urban Systems*, 41, 276-288.
- Boudreau K., 2010. Open platform strategies and innovation: Granting access vs. devolving control. *Management Science*, 56 (10), 1849-1872.
- Bourdin S., Ragazzi E., 2018. La science régionale et la performance des politiques publiques, retour sur les méthodes d'évaluation. *Revue d'économie régionale et urbaine*, (2), 225-242.
- Campagna M., Craglia M., 2012. The socioeconomic impact of the spatial data infrastructure of Lombardy. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 39 (6), 1069-1083.
- Castelein W.T., Bregt A., Pluijmers Y., 2010. The economic value of the Dutch geo-information sector. *International Journal of Spatial Data Infrastructures Research*, 5 (5), 58-76.
- CNPF (Centre national de la propriété forestière), 2011. *Contrat d'objectifs et de performance 2012-2016*, État/CNPF, Paris, France. <https://www.ofme.org/documents/ForetPrivee/COP-Etat-CNPF-2012-2016.pdf>
- Coote A., Smart A., 2010. The value of geospatial information to local public service delivery in England and Wales. The Local Government Association and Improvement and Development Agency (IDeA). Final Report, 158 p. www.lga.gov.uk/GIresearch
- Craglia M., Campagna M., 2010. Advanced Regional SDI in Europe: Comparative cost-benefit evaluation and impact. *International Journal of Spatial Data Infrastructures Research*, 5, 145-167. <https://doi.org/10.2902/1725-0463.2010.05.art6>
- Crompvoets J., Bregt A., Rajabifard A., Williamson I., 2004. Assessing the worldwide developments of national spatial data clearinghouses. *International Journal of Geographical Information Science*, 18 (7), 665-689.
- Crompvoets J., de Bree F., van Oort P.A.J., van Bregt A.K., Wachowicz M., Rajabifard A., Williamson I., 2006. Worldwide impact assessment of spatial data clearinghouses. *URISA Journal*, 19 (1), 23-32.
- Dahmani N., 2019. La valeur économique de l'information géographique sur le territoire. Thèse d'économie, Strasbourg, 176 p.
- Dupaquier C., Desbrosses A., Maurel P., Roussillon J.-P., 2016. Cartographie de l'occupation du sol sur le bassin de Thau. Rapport méthodologique, INRAE, Montpellier, 60 p.
- Foray D., 2018 *L'économie de la connaissance*, Paris, La Découverte, 128 p.
- Garrabé M., 1994. *Ingénierie de l'évaluation économique*, Paris, Ellipses, 256 p.
- Gawer A., 2009. *Platforms, Markets and Innovation*, Cheltenham, RU, Edward Elgar, 54 p.
- Genovese E., Roche S., Caron C., Feick R., 2010. The Ecogeo cookbook for the assessment of geographic information value. *IJSDIR*, 5, 120-144.
- Guerrien B., 1996. *Dictionnaire d'analyse économique*, Paris, La Découverte, 540 p.
- Guihéneuf P.-Y., 2017. *Garantir la concertation*, Paris, Charles-Léopold Mayer, 132 p.
- Hagiu A., 2009. Two-sided platforms: product variety and pricing structures. *Journal of Economics & Management Strategy*, 18 (4), 1011-1043.
- Hanemann W.M., 1989. Information and the concept of option value. *Journal of Environmental Economics and Management*, 16 (1), 23-37.
- Heberlein T.A., Bishop R.C., 1986. Assessing the validity of contingent valuation: Three field experiments. *Science of the Total Environment*, 56, 99-107.
- Jabbour C., Rey-Valette H., Maurel P., Salles J.-M., 2019. Spatial data infrastructure management: A two-sided market approach for strategic reflections. *International Journal of Information Management*, 45, 69-82. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2018.10.022>

- Jabbour C., Hoayek A., Maurel P., Rey-Valette H., Salles J.-M., 2020. How much would you pay for a satellite image? Lessons learned from a French spatial data infrastructure. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine*, 8 (4), 8-22.
- JRC (Joint Research Center), 2008. *Advanced Regional Spatial Data Infrastructures in Europe*, European Commission Joint Research Center, 133 p.
- JRC (Joint Research Center), 2014. Benefits approach for the European Union Location Framework (EULF). JRC Technical Reports, Draft version 0.9, 51 p.
- Kruse J.B., Crompvoets J., Pearlman F., 2017. *GEOValue: The Socioeconomic Value of Geospatial Information*, CRC Press, 356 p. <https://books.google.fr/books?id=p7A-DwAAQBAJ>
- Lairez J., Feschet P., Aubin J., Bockstaller C., Bouvarel I., 2015. *Agriculture et développement durable. Guide pour l'évaluation multicritère*, Versailles, Quæ/Educagri, 226 p.
- Lancaster K., 1966. A New Approach to Consumer Theory. *Journal of Political Economy*, 74 (2), 132-157.
- Landsat Advisory Group, 2014. The Value Proposition for Landsat Applications. Communication au *Landsat Advisory Group*, Update September 24 2014, CoChairs, Power point, 11 p. <https://slidetodoc.com/landsat-advisory-group-update-september-24-2014-cochairs/>
- Laxminarayan R., Macauley M.K., 2012. *The Value of Information: Methodological Frontiers and New Applications in Environment and Health*, Springer Science & Business Media, 303 p. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-4839-2>
- Liew A., 2007. Understanding data, information, knowledge and their inter-relationships. *Journal of Knowledge Management Practice*, 8 (2), 1-16.
- Loomis J., Koontz S., Miller H., Richardson L., 2015. Valuing geospatial information: Using the contingent valuation method to estimate the economic benefits of Landsat satellite imagery. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 81 (8), 647-656.
- MAAF (Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et de la Forêt), 2016. *Programme national de la forêt et du bois (PNFB) 2016-2026*, Paris, MAAF. <http://www.actu-environnement.com/media/pdf/news-26367-projet-plan-national-foret-bois.pdf>
- Macauley M.K., 2006. The value of information: Measuring the contribution of space-derived earth science data to resource management. *Space Policy*, 22 (4), 274-282.
- Maurel P., 2012. Signes, données et représentations spatiales : des éléments de sens dans l'élaboration d'un projet de territoire intercommunal. Application au territoire de Thau. Thèse de doctorat, spécialité Sociologie, Toulon, 598 p.
- Mitchell R.C., Carson R.T., 2013. *Using Surveys to Value Public Goods: The Contingent Valuation Method*, RFF Press, 484 p. <https://doi.org/10.4324/9781315060569>
- Morvan Y., 1985. *Fondement de l'économie industrielle*, Paris, Economica, 471 p.
- NASA, 2013. *Measuring the Socioeconomic Impacts of Earth Observation*. <https://appliedsciences.nasa.gov/system/files/docs/SocioeconomicImpacts.pdf>
- Niang, A., 2016. Impacts économiques de la télédétection satellitaire pour la gestion durable des forêts : exemple de l'application coupes rases du projet Geosud. Mémoire de master, Ingénierie des projets et des politiques publiques, Faculté d'économie Montpellier, 84 p.
- Niang A., Rey-Valette H., Maurel P., Ose K., Jabbour C., Salles J.-M., 2021. Identification des impacts économiques d'une infrastructure de données spatiales. *Revue d'économie régionale et urbaine*, 3, 475-494.
- Noucher M., Gourmelon F., Claramunt C., 2019. Pour un observatoire des données géographiques du Web-Expérimentation à partir des infrastructures de données géographiques françaises. *Revue internationale de géomatique*, 29 (1), 9-30.
- Ostrom E., Baechler L., 2010. *Gouvernance des biens communs*, Bruxelles, De Boeck, 301 p.
- Oxera, 2013. What is the value of Geo services? Prepared for Google, 42 p.
- Parker G., van Alstyne M., 2017. Innovation, openness, and platform control. *Management Science*, 64 (7), 3015-3032. <https://doi.org/10.1287/mnsc.2017.2757>

- Pearlman F., Pearlman J., Bernknopf R., Cote A., Craglia M., Friedl L., 2016. Assessing the socioeconomic impact and value of open geospatial information. US Geological Survey Open-File Report 2016-1036, 36 p. <http://dx.doi.org/10.3133/ofr2016103>
- Plant R.A., Maurel P., Ruoso L.E., 2018. Utilisation du concept de Service écosystémique pour une évaluation participative du rôle des terres agricoles péri-urbaines dans le sud de la France. In Plant R.A., Maurel P., Barbe E., Brennan J. (ed.), *Les terres agricoles face à l'urbanisation. De la donnée à l'action, quels rôles pour l'information?*, Versailles, Quæ/Educagri, 223-253.
- PwC, 2016. Study to examine the socio-economic impact of Copernicus in the EU. https://www.copernicus.eu/sites/default/files/2018-10/Copernicus_Report_Downstream_Sector_October_2016_0.pdf
- Rey-Valette H., Mielliet P., Pigache L., Maurel P., 2016. Étude de l'impact économique d'une infrastructure de données géographiques et spatiales en Languedoc-Roussillon. Rapport final Lameta/Edater, juin 2016, 89 p.
- Rey-Valette H., Maurel P., Mielliet P., Sy M., Pigache L., 2017. Mesurer les impacts des infrastructures de données géographiques (IDG) et des observatoires. Application à l'IDG SIG-LR. *Revue internationale de géomatique*, 27 (3), 375-397.
- Rey-Valette H., Maurel P., Jabbour C., Cousin C., Luque S., Billaud O., Salles J.-M., 2020. Apport de l'information géo-spatiale aux décisions d'aménagement du territoire: une expérimentation à partir de cartes de services écosystémiques. *Développement durable et territoires*, 11 (3).
- Rochet J., Tirole J., 2006. Two-sided markets: a progress report. *RAND Journal of Economics*, 37 (3), 645-667.
- Samuelson P.A., 1954. The pure theory of public expenditure. *The Review of Economics and Statistics*, 36 (4), 387-389.
- Sawyer G., Dubost A., De Vries M., 2016. *Copernicus Sentinels' Products Economic Value: A Case Study of Forest Management in Sweden*, The European Association of Remote Sensing Companies (EARSC), 51 p. <http://earsc.org/news/what-is-the-economic-value-of-satellite-imagery-the-case-of-forest-management-in-sweden>
- Tasman A., 2008. *The Value of Spatial Information: The Impact of Modern Spatial Information Technologies on the Australian Economy*, The Spatial Information Council, Australia. Prepared for the CRC for Spatial Information & ANZLIC, 221 p. <https://www.crcsi.com.au/assets/Resources/7d60411d-0ab9-45be-8d48-ef8dab5abd4a.pdf>
- Tonneau J.-P., Maurel P., 2016. L'imagerie satellitaire: un outil pour les territoires. In Baghdadi N., Zribi M. (ed.), *Observation des surfaces continentales par télédétection. Urbain et zone côtières*, Londres, ISTE, 108-144.
- Waterhouse P., 1995. Australian Land and Geographic Data Infrastructure Benefits Study. Economics Studies & Strategies Unit, Australia New Zealand Land Information Council, Rapport final, 73 p. https://www.fgdc.gov/policyandplanning/future-directions/action-plans/anzlic_pricewaterhousebenefitsstudy.pdf
- Weisman D.L., 2010. Optimal Price Allocations in Two-Sided Markets. *Review of Network Economics*, 9 (3), article 5, 10 p. <https://doi.org/10.2202/1446-9022.1220>
- Williamson O.E., 1989. Transaction cost economics. In: *Handbook of Industrial Organization*, 1, Elsevier, 135-182.

Glossaire

Actualisation : technique économique qui vise à transformer des flux financiers futurs en la valeur qu'ils auraient s'ils étaient disponibles immédiatement ; en pratique, elle consiste à multiplier la valeur future par un coefficient (le facteur d'actualisation) reflétant la dépréciation subjective d'un flux financier disponible à une date future. Si on suppose que la dépréciation est constante dans le temps, il suffit d'appliquer un taux annuel à des flux financiers portant sur des durées ou des horizons temporels différents pour les comparer ou les combiner.

Attribut : qualité ou caractéristique d'un produit rendant compte de la façon dont il est perçu par le consommateur. Cette notion est au cœur de la théorie élaborée par Kelvin John Lancaster en 1966 pour expliquer la satisfaction du consommateur par rapport à un produit défini par un ensemble d'attributs permettant de répondre à la fois à des besoins matériels et à des formes de consommation symbolique rendant compte d'un positionnement social.

Bien public : un bien économique est dit « public » s'il satisfait à deux critères : la consommation de ce bien par un agent n'entraîne aucune réduction de la consommation des autres agents (critère de non-rivalité), et il est impossible d'exclure quiconque de la consommation de ce bien (critère de non-exclusion) ; il est, par conséquent, impossible de faire payer l'usage de ce bien à sa valeur.

Communauté de pratique : groupe de personnes qui travaillent ensemble et qui sont en fait conduites à échanger et inventer collectivement des solutions locales aux problèmes rencontrés dans leurs pratiques professionnelles.

Consentement à payer (CAP) : prix maximal qu'un consommateur accepterait de payer pour un produit ou service.

Coût d'opportunité : concept économique qui désigne la valeur de la meilleure option alternative à laquelle on a renoncé en faisant un choix.

Coût marginal : coût induit par une variation marginale de l'activité, c'est-à-dire le supplément de coût engendré par la production ou la consommation d'une unité supplémentaire.

Effet cliquet : phénomène ou procédé qui s'oppose au retour en arrière d'un processus une fois un certain stade dépassé. Il est parfois lié à un « effet mémoire » : une consommation atteinte est difficilement réduite du fait des habitudes et des engagements qui ont été pris. Concrètement, lorsque le revenu d'un agent économique diminue, il n'ajuste pas (immédiatement) sa consommation à la baisse.

Enquête-cadre : enquête de référence pour les autres études de suivi d'un certain secteur.

Externalité : effet de l'activité ou de l'usage d'un agent économique sur le bien-être d'un ou plusieurs autres agents, sans contrepartie monétaire. Cet

effet peut être avantageux (externalité positive) ou défavorable (externalité négative), comme dans le cas des nuisances environnementales.

Formation brute de capital fixe (FBCF) : agrégat qui mesure, en comptabilité nationale, l'investissement en capital fixe (ensemble des actifs corporels ou incorporels destinés à être utilisés dans le processus de production pendant au moins un an) des agents économiques résidents.

Marché biface : type de marché dont l'agencement entretient – voire nécessite – l'existence de deux clientèles différentes quoique finalement interdépendantes l'une de l'autre pour les produits qui y sont échangés. Ces deux catégories d'utilisateurs interagissent à travers une ou plusieurs plateformes qui organisent des transactions en les mettant d'abord en relation, et peuvent accroître le volume de transactions par des structures de prix appropriées.

Objet intermédiaire : repère ou objet médiateur qui facilite les liens entre acteurs et favorise la coordination des connaissances au cours d'un processus de conception.

Produit intérieur brut (PIB) : indicateur macro-économique qui mesure la valeur totale de la production de richesse annuelle effectuée par les agents économiques résidant à l'intérieur d'un territoire. Il est égal à la somme des valeurs ajoutées par l'ensemble des agents économiques (entreprises, administrations, ONG) sur un territoire, en général celui d'un pays.

Standardisation : processus par lequel on réfère un indice à une norme afin d'en comprendre le sens intégré dans un tout représentatif. La standardisation peut s'appliquer à différents domaines, comme les normes techniques et standards industriels.

Surplus du consommateur : différence entre le consentement à payer d'un consommateur pour un bien et le montant effectivement payé.

Utilité : mesure économique du bien-être ou de la satisfaction retirée de la consommation ou l'obtention d'un certain nombre de biens et de services. C'est un concept central de l'économie du bien-être.

Liste des sigles

ADS Airbus Defence and Space

Afigéo Association française pour l'information géographique

ART Animation régionale Theia

AgroParisTech Institut des sciences et industries du vivant et de l'environnement

CA Chiffre d'affaires

CAP Consentement à payer

CEA Commissariat à l'énergie atomique

CEE-M Centre d'économie de l'environnement de Montpellier

Cerema Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement

CES Centre d'expertise scientifique

Cesbio Centre d'étude spatiale de la biosphère

CESE Conseil économique, social et environnemental

CI Consommation intermédiaire

Cirad Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement

CNES Centre national d'études spatiales

CNRS Centre national de la recherche scientifique

DDTM Direction départementale des territoires et de la mer

DGFIP Direction générale des Finances publiques

DGRI Direction générale de la recherche et de l'innovation

DIAS Data and Information Access Services

Dinamis Dispositif institutionnel national d'approvisionnement mutualisé en imagerie satellitaire

Draaf Direction régionale de l'agriculture, l'alimentation et la forêt

Dreal Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement

EPCI Établissement public de coopération intercommunale

Equipex Équipement d'excellence

ETP Équivalent temps plein

GAFA Google Apple Facebook Amazon

GDR Groupement de recherche

GEOSS Global Earth Observation System of Systems

GMES Global Monitoring for Environment and Security

HRS Haute résolution spatiale
IDG Infrastructure de données géographiques
IDS Infrastructure de données spatiales
IG Information géographique
IGN Institut national de l'information géographique et forestière
INRAE Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement
Insee Institut national de statistiques et d'études économiques
IR Infrastructure de recherche
IRD Institut de recherche pour le développement
Irstea Institut national de recherche en sciences et technologie pour l'environnement et l'agriculture
ISIS Incitation à l'utilisation scientifique des images SPOT
Issat Institut au service du spatial, de ses applications et technologies
JRC Joint Research Center
Magis Méthodes et applications pour la géomatique et l'information spatiale
MEGC Modèle d'équilibre général calculable
Mesri Ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation
NTIC Nouvelles technologies de l'information et de la communication
ONCFS Office national de la chasse et de la faune sauvage
Onera Office national d'études et de recherches aérospatiales
ONF Office national des forêts
PACA Provence-Alpes-Côte d'Azur
PEPS Plateforme d'exploitation des produits Sentinel
PIB Produit intérieur brut
RGE Référentiel à grande échelle
SAGE Schéma d'aménagement et de gestion des eaux
SCoT Schéma de cohérence territoriale
SIG Système d'information géographique
VA Valeur ajoutée
VAN Valeur actualisée nette
TES Tableau entrées sorties
Tetis Territoires, environnement, télédétection et information spatiale
THRS Très haute résolution spatiale
UE Union européenne
UMR Unité mixte de recherche

Coordination : Jérémie Salinger
Édition : Juliette Blanchet
Mise en page : Marie-Pierre Charbit
Dépôt légal : juin 2022
Imprimé en France

Les demandes et les usages des données spatiales satellitaires se développent et se diversifient de façon importante, en lien avec la précision, la fréquence des prises de vue et la taille des images. Ainsi, il convient de comprendre et de rendre compte des impacts de cette production croissante sur l'organisation et la rationalisation des structures qui les utilisent, mais aussi sur l'efficacité et la transparence des politiques publiques mobilisant ces informations. Les infrastructures de données spatiales (IDS) représentent des dispositifs essentiels : elles facilitent l'accès aux images (acquisition, traitement, archivage), ainsi que les processus de mutualisation et d'innovations méthodologiques. Elles constituent des biens publics informationnels et mobilisent des moyens croissants qui nécessitent de questionner les types de « modèles économiques » dont elles relèvent.

Ce guide, pédagogique et opérationnel, s'adresse à l'ensemble des acteurs liés à la production ou à l'usage des informations spatiales. Il permet une lecture à la carte en fonction des centres d'intérêt et des disciplines, à travers de multiples encadrés et exemples. Il présente les concepts et les méthodes d'évaluation économique appliqués à l'information spatiale, en détaillant trois types d'approches selon que l'on veut estimer la valeur de l'information spatiale, mesurer les retombées économiques d'une IDS ou caractériser ses impacts par des approches multicritères.

Hélène Rey-Valette est maître de conférences en Économie à l'université de Montpellier, spécialisée dans les problématiques de gouvernance et d'évaluation des politiques publiques, et travaille avec Géosud depuis 2015.

Chady Jabbour est docteur en Sciences économiques et chercheur au CNRS. Ses recherches portent sur les nouveaux modèles économiques de la donnée et des plateformes numériques.

Pierre Maurel est ingénieur des Ponts, des Eaux et Forêts à INRAE, directeur de l'UMR TETIS à Montpellier et coordinateur du projet Geosud. Ses recherches portent sur les usages et impacts de l'information géospatiale.

Jean-Michel Salles est directeur de recherche CNRS au Centre d'économie de l'environnement de Montpellier. Ses recherches portent principalement sur l'évaluation et la gestion des écosystèmes et de la biodiversité.

En couverture : Satellite Pléiades © CNES/EADS Astrium/Master Image Films/
Michel Régy, 2012



tetis
TERRITOIRE ENVIRONNEMENT TÉLÉDÉTECTION
INFORMATION SPATIALE



25 €

ISBN : 978-2-7592-3514-8

éditions
Quæ

INRAE



Éditions Cirad, Ifremer, INRAE
www.quae.com

ISSN : 1952-2770
Réf. : 02833