



**HAL**  
open science

# Évaluation des impacts d'une infrastructure de données satellitaires : application à la gestion des coupes rases en France

Amadou Niang, Helene Rey-Valette, Pierre Maurel, Kenji Ose, Chadi Jabbour, Jean-Michel A Salles

► **To cite this version:**

Amadou Niang, Helene Rey-Valette, Pierre Maurel, Kenji Ose, Chadi Jabbour, et al.. Évaluation des impacts d'une infrastructure de données satellitaires : application à la gestion des coupes rases en France. *Revue d'économie régionale et urbaine*, 2021, 2021/3, pp.473-494. 10.3917/reru.213.0473 . hal-02609348

**HAL Id: hal-02609348**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02609348v1>**

Submitted on 28 Oct 2021

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Évaluation des impacts d'une infrastructure de données satellitaires : application à la gestion des coupes rases forestières en France

## *Impact assessment of a satellite data infrastructure: application to the management of forest clear-cuts in France*

Amadou NIANG

UMR SAD-APT, INRAE, AgroParisTech, Université Paris-Saclay

École de Management de Normandie

Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie

[amadou.niang@agroparistech.fr](mailto:amadou.niang@agroparistech.fr)

Auteur correspondant

Hélène REY-VALETTE

CEE-M Centre d'Étude de l'Environnement de Montpellier, Université de Montpellier,

CNRS, INRAE, SupAgro Montpellier

[helene.rey-valette@umontpellier.fr](mailto:helene.rey-valette@umontpellier.fr)

Auteur correspondant

Pierre MAUREL

TETIS, INRAE, AgroParisTech, CIRAD, CNRS, Université de Montpellier

Kenji OSE

TETIS, INRAE, AgroParisTech, CIRAD, CNRS, Université de Montpellier

[kenji.ose@teledetection.fr](mailto:kenji.ose@teledetection.fr)

Chady JABBOUR

CEE-M Centre d'Étude de l'Environnement de Montpellier, Université de Montpellier,

CNRS, INRAE, SupAgro Montpellier

[chadyjabbour@gmail.com](mailto:chadyjabbour@gmail.com)

Jean-Michel SALLES

CEE-M Centre d'Étude de l'Environnement de Montpellier, Université de Montpellier,

CNRS, INRAE, SupAgro Montpellier

[jean-michel.salles@umontpellier.fr](mailto:jean-michel.salles@umontpellier.fr)

### **Mots-clés**

Coupes rases ; évaluation économique ; GEOSUD ; images satellitaires ; infrastructure de données géographiques

### **Keywords**

Clear cuts; economic evaluation; geographic data infrastructure; GEOSUD; satellite images

**Classification JEL : Q5, Q2, L73, L88, R5**

## Résumé

Cet article propose un cadre d'évaluation des impacts économiques des Infrastructures de Données Géographiques et Spatiales (IDGS), à partir de l'exemple de GEOSUD et des cartes de coupes rases relatives à la gestion des forêts. L'évaluation est réalisée à partir d'une enquête en ligne auprès des services de l'État chargés du contrôle des coupes rases. Les effets portent sur les économies de coûts et de productivité, la valeur ajoutée créée à l'échelle de la chaîne de valeur liée à ces cartes et sur les processus d'innovation au sein des adhérents de GEOSUD. D'autres effets qualitatifs sur les propriétés des politiques forestières et plus généralement sur les dynamiques de développement territorial sont aussi appréhendés. Au total il apparaît que pour un euro dépensé pour le fonctionnement de l'IDGS (hors investissement initial), la valeur ajoutée créée directement et indirectement s'élève au maximum à 63€ et les coûts de transactions évités à 24 €.

## Abstract

This paper proposes a framework for assessing the economic impacts of Spatial Data Infrastructures (SDIS), based on a case study of GEOSUD and the clear-cut maps related to forest management. The valuation is based on an online survey covering the state services responsible for the clear-cutting operations control. The main impacts are the cost and productivity savings, the added value created across the value chain related to the clear-cut mappings and the innovation processes within the GEOSUD SDI members. Other qualitative impacts on the forest policies' properties and more generally on territorial development dynamics are also considered. In addition, for every euro invested in the functioning of the SDI (excluding initial investment), the direct and indirect added value created amounts to a maximum of 63€ and 24€ as avoided transaction costs.

## Points clés

Un cadre d'évaluation de l'impact économique des images satellitaires intégrant l'ensemble de la chaîne de valeur.

Estimation de l'impact économique des cartes de l'IDS GEOSUD dans le cas de l'application créée pour la gestion des coupes rases forestières.

La création de valeur ajoutée et les gains de coût de transaction sont estimés entre 1,6 et 4,2 M€ par an.

Le rapport de ces effets aux coûts de fonctionnement de la plateforme d'information démontre l'intérêt de ce type d'infrastructure.

Outre les effets quantitatifs, l'enquête témoigne de l'existence d'effets de synergie sur les réseaux et la gouvernance ainsi que de processus d'innovation ouverte.

-1-

## Introduction

Longtemps limitées à un usage scientifique, les images issues des satellites sont de plus en plus utilisées par les instances chargées de la gouvernance territoriale et de la mise en œuvre des politiques publiques (Crompvoets *et al.*, 2004 ; CNIG, 2005). Cette amélioration significative de la connaissance et du suivi permet d'améliorer les politiques publiques, notamment en matière d'aménagement du territoire et d'urbanisme, de gestion publique de la

forêt et de l'agriculture, de prévention et de suivi des risques ainsi que de protection de la biodiversité (Kazmierski *et al.*, 2014 ; Maurel *et al.*, 2015 ; Tonneau et Maurel, 2016). L'infrastructure de données spatiale GEOSUD<sup>1</sup> dotée d'un terminal de réception des satellites SPOT 6-7 avec un portail Web d'accès aux images et à des services associés (Maurel *et al.*, 2015) répond à ces attentes. Elle contribue à l'animation du pôle THEIA<sup>2</sup> qui fédère la communauté nationale des experts et usagers publics de la télédétection appliquée à l'observation des surfaces continentales (Baghdadi *et al.*, 2015). Au total fin novembre 2018, 517 organismes publics étaient adhérents à GEOSUD (162 structures de recherche et d'enseignement, 139 structures territorialisées de l'État, 105 collectivités territoriales, 44 autres établissements publics, 67 organismes divers et associatifs).

Peu d'études analysent l'impact économique des IDGS, en termes de gain de productivité ou d'innovations (Rey-Valette *et al.*, 2017). Cet article vise à analyser les effets de GEOSUD en tant que plateforme de mutualisation et d'innovation pour les politiques publiques à partir de l'exemple de la fourniture des cartes de coupes rases<sup>3</sup> pour le contrôle de la réglementation liée à la gestion des forêts. La forêt française métropolitaine occupe 30 % du territoire soit 16,5 millions d'hectares dont 11,7 millions de propriétés privées (IGN, 2014) et génère environ 440 000 emplois directs et indirects pour un chiffre d'affaires de la filière bois de près de 60 milliards d'euros (MAAF, 2016). On note que la forêt métropolitaine est sous-exploitée du fait d'une politique forestière orientée historiquement sur la conservation et la préservation d'un patrimoine (Attali *et al.*, 2013) avec un renouvellement insuffisant pour son aptitude à fixer le carbone. De façon à favoriser une gestion durable, le code forestier et la Loi d'Orientation Forestière de 2001 (LOF) encadrent l'exploitation en réglementant les autorisations de coupes qui sont accompagnées d'une obligation de reconstitution naturelle ou de replantation dans un délai de cinq ans (Barthod *et al.*, 1999). Les infractions sont sanctionnées d'une amende de 1200 € par hectare pour la non-reconstitution des coupes rases et entre 20 000 et 60 000 €/ha pour les coupes illicites et abusives. La gestion durable des forêts privées impose des Plans Simples de Gestion (PSG) au-delà de 25 hectares et un Code de Bonnes Pratiques Sylvicoles pour les forêts de petite taille. Le contrôle de ces dispositions est effectué par les services territorialisés de l'État (DRAAF)<sup>4</sup> et DDT(M)<sup>5</sup>, lors de visites de terrains qui ne permettent pas un contrôle exhaustif. Il s'agit d'étudier dans quelles mesures l'usage de « l'application coupes rases » de GEOSUD (Osé et Deshayes, 2015) génère des gains de productivité et de compétences pour les structures utilisatrices mais aussi comment ces effets impactent l'économie de la filière bois et améliorent certains services écosystémiques rendus par les forêts (Berger et Peyron, 2005).

Dans une première partie, nous présenterons notre cadre d'analyse des effets et la logique de l'application pour le suivi des coupes rases avant de détailler dans une seconde partie notre méthodologie d'enquête. La présentation des résultats s'effectue ensuite par type d'impacts en précisant les hypothèses d'évaluation retenues avant d'en proposer une synthèse dans la dernière partie de discussion.

## -2-

---

<sup>1</sup> <http://ids.equipex-GEOSUD.fr/>

<sup>2</sup> <https://www.theia-land.fr/>

<sup>3</sup> Les coupes rases constituent un mode d'aménagement sylvicole passant par l'abattage de la totalité des arbres d'une parcelle d'une exploitation forestière.

<sup>4</sup> DRAAF : Direction Régionale de l'Agriculture et de la Forêt

<sup>5</sup> DDT(M) : Direction Départementale des Territoires (et de la Mer)

## **L'information satellitaire et l'IDGS GEOSUD comme source de productivité et d'innovation.**

En France le numérique est l'un des outils stratégiques du projet de modernisation de l'action publique visant à améliorer l'efficacité des politiques et des services publics, à maîtriser les dépenses publiques ainsi qu'à renforcer la gouvernance des territoires et la gestion durable de l'environnement (Masser et Cropvoets, 2010 ; AFIGEO, 2013). Il répond aussi à la directive 2007/2/CE INSPIRE qui promeut la fourniture gratuite de données géo-spatiales. Il existe en France de multiples Infrastructures de Données GéoSpatiales nationales ou régionales par rapport auxquelles Hennig *et al.* (2013) ou Noucher (2013) estiment qu'il est difficile d'identifier les usages et les besoins. Concernant les forêts, la télédétection est utilisée principalement pour le suivi annuel des coupes rases et des défrichements (Maurel *et al.*, 2015 ; Jolly *et al.*, 2014). Elle peut permettre aussi l'évaluation des dégâts causés par les tempêtes, le suivi des risques et l'évaluation des dégâts d'incendies, le suivi de l'état de santé des forêts et l'inventaire des ressources forestières (Jolly *et al.*, 2014 ; Beguet, 2014).

À la demande du Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation (MAA), l'IRSTEA a mis au point un algorithme simple pour la cartographie systématique des coupes rases à partir des couvertures nationales annuelles à haute résolution (de 1.5 à 6 m) réalisées par GEOSUD (Osé et Deshayes, 2015 ; Ferrer, 2015). Ces cartes sont mises gratuitement à disposition des services de l'État adhérents, ainsi qu'un guide méthodologique, des formations et l'animation d'un réseau d'utilisateurs. Plusieurs types d'impacts peuvent être attendus en fonction des acteurs de la chaîne de valeur liée à l'information géographique. On peut distinguer notamment (i) la valeur ajoutée créée pour les fournisseurs de données, c'est-à-dire Airbus Defence & Space (ADS) en amont et GEOSUD, (ii) des gains de productivité (temps de travail, coûts évités) et des recettes supplémentaires (amendes) pour les structures adhérentes chargées du contrôle des coupes rases et (iii) la valeur ajoutée créée en aval dans la filière bois en lien avec l'accroissement des volumes produits. Enfin à l'échelle de la société, il existe des gains de valeur environnementale au niveau de la conservation ou de l'accroissement de certains services écosystémiques ainsi qu'une amélioration de la gouvernance des politiques publiques du fait d'effets positifs de la télédétection sur le diagnostic, la prise de décision, la légitimité ainsi que l'acceptation de ces décisions (Tonneau et Maurel, 2016). Plus généralement, les analyses relatives aux structures de mutualisation ou plateformes intermédiaires dans le domaine de la connaissance et de l'innovation distinguent deux types de fonctions ou d'effets selon que ceux-ci concernent la gestion de l'information ou la gestion des connaissances. Ainsi Barlantier *et al.* (2016) caractérisent d'une part les plateformes dites *Technological Transfers Offices* (TTO) et les *Research Technological Organisation* (RTO). Les plateformes TTO ont des effets de nature organisationnelle en termes d'économie de coût de transaction à travers des gains de productivité ou des économies résultant de la mutualisation et du partage de l'information. En revanche, les structures de types RTO interviennent plutôt au niveau du partage des connaissances et de la diffusion des savoirs faire, en facilitant les innovations, notamment les processus d'innovation ouverte, impliquant des processus et apprentissages partagés au sein de plateformes associées à des réseaux (Isckia, 2011) qui permettent d'organiser et de stimuler les échanges de connaissances. L'association d'acteurs relevant de statut multiples, bureaux d'études, services de l'État, laboratoires de recherche, collectivité territoriales permet de renforcer les processus d'hybridation des connaissances et d'offrir des conditions favorables à des processus d'innovation ouverte (Teece, 2010). La transposition de ces approches à la plateforme GEOSUD conduit à évaluer d'une part ses effets positifs sur les coûts de transactions autour de l'usage de l'imagerie satellitaire mais aussi à identifier les effets d'innovation plus diffus pour les adhérents résultant des activités d'animation et d'appui à la montée en compétences en accompagnement de la fourniture des images. Ainsi GEOSUD et les

infrastructures de données spatiales et géographiques associées à des horizons différents les deux facettes des plateformes d'information distinguées par Barlantier et *al.* (2016).

-3-

## Méthodologie de l'évaluation pour la gestion des coupes rases

Notre évaluation des impacts de l'usage des cartes satellites de GEOSUD pour la gestion des coupes rases relève d'une analyse de la chaîne de valeur appliquée à l'information géospatiale. Ce type d'approche permet d'identifier et de quantifier les effets à l'échelle de l'ensemble des acteurs impliqués directement et indirectement le long de la chaîne des activités. L'estimation des impacts au sein des structures utilisatrices de ces cartes satellites a nécessité d'effectuer une enquête en ligne auprès des 62 DRAAF et DDT(M) adhérentes à GEOSUD. Les effets à l'échelle de la filière ont été évalués en mobilisant des données de référence pour la filière bois. Enfin, l'estimation des impacts économiques de la « méthode coupes rases » sur les structures productrices et fournisseuses de données, c'est-à-dire ADS et l'IDGS GEOSUD, a été réalisée en croisant les informations relatives à la demande des images coupes rases et les données comptables de fonctionnement de GEOSUD.

### 3.1. Élaboration du questionnaire et réalisation de l'enquête

Le questionnaire élaboré à l'issue d'entretiens individuels avec diverses personnes ressources, comportait 44 questions réparties entre 6 rubriques :

- présentation de la structure ;
- moyens internes liés aux activités de suivi des coupes rases sans usage d'images satellitaires ;
- impacts économiques de GEOSUD sur les activités liées aux coupes rases ;
- impacts de GEOSUD sur les compétences, le réseau et la gouvernance ;
- impacts du suivi des coupes rases par imagerie satellitaire sur la filière forêt-bois et sur l'environnement ;
- perspectives d'usage des images satellitaires pour la gestion durable des forêts.

Les enquêtés devaient comparer les pratiques (temps de travail) et les coûts de contrôle des coupes sans recours et avec recours aux images et services « coupes rases » de GEOSUD. Pour ce faire ils devaient évaluer les différentiels de coûts et de temps en pourcentage par rapport à la situation de référence sans recours à GEOSUD. En outre, ils devaient se prononcer en évaluant l'importance de certains impacts selon trois classes (marginal, important, très important).

Les questionnaires ont été envoyés par courriels aux 62 correspondants GEOSUD des DRAAF et DDT(M). De nombreuses relances ont été effectuées et certaines questions ont dû être complétées par entretien téléphonique.

### 3.2. Présentation de l'échantillon enquêté

Au total, 23 DRAAF et DDT(M) ont répondu à l'enquête, dont 11 utilisatrices des images « coupes rases » de GEOSUD (Tableau 1).

Tableau 1 : Détail des structures enquêtées en fonction des surfaces contrôlées (ha x 1000)

Utilisatrices des images coupes rases de GEOSUD	DRAAF : Rhône Alpes (1 762), Centre-Val de Loire (967), Bourgogne (1 018), Limousin (575), Lorraine (882)
---	---

	DDT(M) : Alpes de haute Provence (407), Saône-et-Loire (213), Nièvre (235), Aveyron (278), Rhône (75), Savoie(203)
Utilisatrices d'images autres que celles fournies par GEOSUD	DRAAF Poitou-Charentes (429)
	DDT(M) : Landes (565), Vosges (298), Charente (131), Vendée (44), Deux-Sèvres (55), Tarn-et-Garonne (64), Seine-Maritime (113)
Ayant suivi uniquement la formation coupes rases GEOSUD	DDT(M) : Yonne (230), Jura (247), Doubs (228), Haute-Saône (235)

Par ailleurs, nous avons identifié l'existence de pratiques d'échange (plus ou moins formels) des cartes satellitaires entre services ou structures qui augmentent les bénéficiaires des effets liés à l'information satellitaire. Ces pratiques existent surtout en interne, entre services d'une même structure ou entre DRAAF et DDT(M). Concernant les traitements des images fournies par GEOSUD, 65 % des structures affirment avoir plutôt recours à des compétences internes tandis que 13 % font intervenir des services d'opérateurs publics (principalement les DDT(M) qui s'appuient sur les services géomatiques des DRAAF ou des bureaux d'études. Notons en termes de renforcement des compétences que plus de 60 % des 23 DRAAF et DDT(M) de l'échantillon ont bénéficié des deux formations spécialisées proposées par GEOSUD.

-4-

## Détails de l'évaluation et des résultats par type d'impact

Différentes méthodes d'évaluation ont été mobilisées, selon la nature des impacts identifiés. Des méthodes de valorisation d'actifs marchands et non marchands, ainsi que des méthodes spécifiques d'estimation monétaire d'impacts de projets ou de politiques ont été utilisées. Les impacts qualitatifs plus difficilement quantifiables ont été hiérarchisés selon une échelle d'importance croissante de 0 à 10.

### 4.1. Impacts de la production et de la fourniture des images

Le croisement des informations relatives à la demande des images coupes rases et des données comptables de fonctionnement de GEOSUD a permis d'évaluer les impacts économiques pour les structures productrices et fournisseuses de données, c'est-à-dire respectivement ADS et GEOSUD.

#### 4.1.1. La valeur ajoutée générée par ADS

Dans le cadre d'un consortium et d'un marché pluriannuel, GEOSUD acquiert la télémessure des satellites SPOT 6-7 nécessaire à la production d'une cartographie satellitaire annuelle du territoire national métropolitain à un prix de 420 000 €/an en faveur d'ADS, pour qui ce montant constitue une recette. Les acquisitions des images de cette couverture nationale démarrent chaque année au mois avril et s'achèvent la plupart du temps courant octobre. Seules les images acquises entre les mois de mai et de septembre sont utilisées pour la détection des coupes rases afin de limiter les fausses détections dans les massifs de feuillus. Ces images estivales de la couverture nationale annuelle ne permettant d'observer en moyenne qu'un tiers du territoire métropolitain, nous avons fait l'hypothèse qu'elles ne permettaient d'observer aussi qu'un tiers de la surface totale des forêts métropolitaines (16,5 millions d'hectares) soit 5,5 millions d'hectares. Le coût de télémessure correspondant aux coupes rases représente donc  $1/42^6$  ( $1/3 \times$

<sup>6</sup> Le quotient de 42 correspond à  $14 \times 3$  (pour tenir compte que les images ont été téléchargées en moyenne 14 fois) et puisque un tiers seulement de la totalité de la couverture nationale est acquise à des dates exploitables pour la

1/14) du coût total de la télémessure de la couverture nationale, soit 10 K€/an de chiffre d'affaire pour ADS, correspondant à une valeur ajoutée de 4,6 K€/an (taux de valeur ajoutée des activités spécialisées scientifiques et techniques – données INSEE 2013). Néanmoins, il convient de souligner que sans l'infrastructure GEOSUD, toutes les DRAAF et DDT(M) n'auraient pas utilisé directement ces données.

#### **4.1.2. Les économies de mutualisation générées par GEOSUD**

Les coûts de GEOSUD s'élèvent à 320 K€ (dont 294 K € de valeur ajoutée) pour le fonctionnement (hors amortissement des équipements et logiciels pour lesquels il est difficile d'avoir une comptabilité analytique) et à 4 K€ pour les formations. Nous avons construit trois scénarios possibles avec et sans intervention de GEOSUD de façon à évaluer les gains liés à la mutualisation des achats.

##### **4.1.2.1. Scénario « mutualisation »**

Les opérations mutualisées concernent les coûts d'acquisition de la télémessure, le fonctionnement de la station GEOSUD, le stockage des images et la formation des agents des DRAAF et DDT(M). Sachant que la couverture nationale représente la moitié du volume de télémessure annuelle acquise et traitée par GEOSUD (l'autre moitié servant à des acquisitions *ad-hoc* en France et à l'étranger) et que 1/3 de cette couverture nationale est exploitable pour les coupes rases (cf. 4.1.1), alors 1/6 ( $1/2 \times 1/3$ ) des charges de fonctionnement de la station GEOSUD (320 K€/an) est liée à la réception et au stockage des images pour les coupes rases, soit 53 K€/an. La formation est évaluée sur la base du montant forfaitaire payé annuellement par le MAA<sup>7</sup>, soit 4 K€. Au total, le coût de fonctionnement de GEOSUD lié aux coupes rases est de 67 K€/an (acquisition des images (10 K€) + réception et stockage (53 K€) + formations (4 K€).

##### **4.1.2.2. Scénario « contrefactuel » Achat en direct**

Dans ce scénario, nous supposons que les 26 DRAAF et DDT(M) actuellement concernées par les images « coupes rases » prennent en charge les coûts d'acquisition des images directement auprès d'ADS. Ce coût est évalué au prix marchand d'ADS (4,6€/km<sup>2</sup>) pour les 55 000 km<sup>2</sup>, soit 253 K€ auxquels il faut ajouter des disques durs pour le stockage (26\*200€) soit 5200€. Nous avons évalué le coût des formations au tarif du catalogue d'AgroParisTech, à savoir 1 430€ pour chacune des 26 DDT(M), soit 37 K€. Au total le coût de ce scénario est de 295 K€.

##### **4.1.2.3. Scénario « contrefactuel » Accès gratuit**

Dans ce scénario, les DRAAF et DDT(M) utilisent des images de satellites de type Sentinel (Europe) ou Landsat 8 (USA) accessibles gratuitement. Dans ce cas, nous déduisons du coût total des opérations du scénario « Achat en direct » le coût d'acquisition des images; ce qui conduit à un coût de 42,4 K€/an.

*In fine* le Tableau 2 synthétise les économies de mutualisation en fonction des scénarios. L'économie observée du fait de la mutualisation (228 K€/an) est cependant surestimée car elle est évaluée en phase de démarrage alors qu'en routine ces économies devraient être moindres (équipements disponibles, personnel déjà formé). Par ailleurs en l'absence de GEOSUD, les

---

détection des coupes rases. Il s'agit d'une hypothèse simplificatrice qui suppose qu'au moins un des téléchargements est lié aux coupes rases et que les coûts soient linéaires.

<sup>7</sup> Les frais de missions durant la formation, à la charge des DRAAF et DDT(M), n'ont pas été intégrés car ils auraient aussi été payés dans le cadre d'une formation non mutualisée



DRAAF et DDT(M) n'auraient pas forcément les budgets pour acheter les images directement, ou pourraient se regrouper pour négocier un prix.

Tableau 2: Économies de mutualisation liées à l'usage de l'application coupes rases de GEOSUD.

	Scénarios avec GEOSUD	Scénario achat direct	Scénario accès gratuit
Coût des opérations	67 K € (a)	295 K€ (b)	42 K€ (c)
Économies générées par la mutualisation		228 K€ (b-a)	Pas d'économie (c-a)

## 4.2. Impacts de l'usage des images satellitaires de GEOSUD au sein des DRAAF et DDT(M)

À partir des données issues de l'enquête réalisée auprès des DDT(M) et DRAAF, nous avons évalué les impacts sur la productivité au sein de ces organismes qui ont en charge le suivi des coupes rases, ainsi que les impacts sur les réseaux et la gouvernance dans la mise en œuvre de la politique publique de contrôle des coupes rases.

### 4.2.1. Économies de coûts de fonctionnement

Il s'agit de comparer au sein des DRAAF et DDT(M) les coûts de fonctionnement liés au contrôle des coupes rases avec usage<sup>8</sup> et sans usage<sup>9</sup> des images satellitaires, à savoir en moyenne une économie de 1 447€/an pour 231 250 hectares de forêt (surface moyenne contrôlée par les structures ayant répondu), soit un coût évité de 0,00625 €/ha.

### 4.2.2. Économies de temps de travail pour le suivi des coupes rases

Les enquêtés étaient invités à évaluer directement les économies de temps de travail avec en moyenne une économie de 48 % pour les emplois en charge du suivi et du contrôle. Il s'agit essentiellement de tâches préalables au contrôle (élaboration des plans de contrôle des coupes rases (80 %), collecte de données (55 %), contrôle des instructions de coupe (35 %), constat d'une infraction aux instructions de coupe (20 %)). S'agissant de structures publiques ces gains de temps seront réaffectés à d'autres tâches sans perte d'emploi. Cependant, on note par ailleurs une augmentation moyenne de 10 % du temps de travail des services géomatiques ; ce qui conduit *in fine* à un gain moyen de 38 %. En moyenne les activités consacrées au suivi des coupes rases sans usage des images satellitaires représentant 0,92 ETP/an/structure, il est possible d'estimer la valeur monétaire des gains de productivité (tableau 3).

Tableau 3 : Valeur monétaire du temps de travail économisé pour le suivi des coupes rases.

Temps de travail à temps plein légal (h/an)	1 607	a
Nombre moyen de personne travaillant au suivi des coupes rases/structure (ETP/an)	0,92	b
Temps effectivement consacré au suivi des coupes rases sans images satellitaires (h/an)	1 478	c=a*b
% d'économie de temps due à l'usage des images coupes rases	38 %	d
Temps de travail économisé avec l'usage des images satellitaires (h/an)	560	e=c*d

<sup>8</sup> 1553 € en moyenne par structure (1086 € de carburant, 100 € d'impression, 100 € d'achat de disque dur et 267 € d'annuités d'achat d'ordinateur)

<sup>9</sup> 3000 € de frais de carburant

Salaire horaire brut moyen déclaré : 2 400 euros, soit 15,82 € de l'heure auquel il convient d'ajouter le taux de charges pour la fonction publique (73 %) et les congés payés	31	f
Équivalence monétaire du temps de travail économisé (€)	17 360	g=e*f

### 4.2.3. Impacts sur les recettes publiques

Il s'agit ici des amendes supplémentaires résultant de la détection exhaustive des coupes rases. L'évaluation est effectuée pour 3 structures contrôlant 18 480 ha. Notons que la majorité des structures n'appliquent pas les amendes prévues par la réglementation et privilégient la régularisation des infractions en incitant à replanter. Durant les premières années d'un contrôle systématique, il est probable que des amendes seront recouvrées. La comparaison des surfaces de « coupes abusives » constatées sans l'usage des images (10 hectares) et depuis leur usage (68 ha) permet d'estimer le volume des amendes potentiellement recouvrable, soit une recette de 1,16 M€ (20 000 € /ha\*58 ha<sup>10</sup>).

### 4.2.4. Impacts sur le réseau et la gouvernance.

Des effets sur la gouvernance et les réseaux d'utilisateurs ont été observés pour 62% des structures et évalués selon trois classes (marginal, important, très important) en ne retenant que les contributions importantes et très importantes (Tableau 4).

Tableau 4: Importance des impacts de GEOSUD sur le réseau et la gouvernance (total des classes important et très important)

Renforcer la collaboration entre les services au sein des structures	26 %
S'insérer dans un réseau d'utilisateurs de données satellitaires	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 %

Source : Enquête GEOSUD, 2016 (données 2015)

### 4.2.5. Impacts sur les compétences

L'impact des formations et de l'accompagnement proposés par GEOSUD ont été jugés importants par 41 % des structures et très importants par 39 %. Ils se répartissent de façon équilibrée entre la formation et l'accompagnement des utilisateurs (36 %), la mise à disposition du guide méthodologique (33 %) et l'accès facilité à une expertise (31 %).

## 4.3. Impacts sur les acteurs de la filière-bois.

L'amélioration de la mobilisation du bois est l'un des axes prioritaires de la politique forestière (MAAF, 2016 ; MAAF et IGN, 2016). Dans le cadre de son contrat d'objectifs et de performance 2012-2016, le Centre National de la Propriété Forestière prône une progression de 16 % du taux de prélèvement en forêt privée (CNPF, 2011). La cartographie des coupes rases permet d'autoriser plus de coupes de bois, de mieux suivre la mise en œuvre des Documents de Gestion Durable (DGD), d'inciter les propriétaires à réaliser les coupes programmées et d'accroître les forêts privées gérées sous DGD. On peut donc estimer que l'usage des images satellitaires facilite l'accroissement de la surface forestière privée gérée sous DGD. Entre 2014 et 2015, cette surface forestière privée dotée de DGD est passée de 3,25 à 3,28 millions d'ha, soit une augmentation de 30 000 ha. En faisant l'hypothèse que cet accroissement est rendu

<sup>10</sup> Cette recette n'intègre pas la sanction de 60 000 € pour chaque hectare de forêt supplémentaire coupé à partir du troisième hectare.

possible par l'efficacité du contrôle permis par le suivi des coupes rases, on peut estimer le volume de bois supplémentaire à 147 840 m<sup>3</sup>, compte tenu de la production biologique nette de bois en forêt privée 154 m<sup>3</sup>/ha (MAAF et IGN, 2016).

L'estimation du chiffre d'affaires généré par cette récolte supplémentaire est effectuée en faisant l'hypothèse de l'absence d'exportation. Pour un prix de vente de 49 €/m<sup>3</sup> (donnée HT 2014) (MAAF et IGN, 2016), on obtient alors un chiffre d'affaires supplémentaire de 7,24 M€, soit une valeur ajoutée de 1,04 M€ (taux de 14,4 %). Cette production de bois génère ensuite 8,8 M€ de chiffre d'affaires lié à la vente de bois à palettes (73 920 m<sup>3</sup><sup>11</sup> à 119,7 €/m<sup>3</sup><sup>12</sup>) et 2,8 M€ de chiffre d'affaires lié à la vente de coproduits (sciures et chutes de scieries) soit un chiffre d'affaires supplémentaire pour ces deux activités de 11,6 M€ et un surplus de valeur ajoutée de 3,1 M€ (taux 26,9 %). Au total la valeur ajoutée supplémentaire pour la filière bois s'élève donc à 4,2 M€ maximum voire à 2,08 M€ si on fait l'hypothèse que les cartes de coupes rases n'expliquent que la moitié de l'accroissement des coupes règlementées.

-5-

## Synthèse des résultats et discussion

Les estimations des valeurs des impacts observées à l'échelle de notre échantillon ont été extrapolées à l'échelle de la France métropolitaine. Selon les impacts, cette extrapolation a été réalisée en fonction de l'effectif des DDT(M) (97) ou des surfaces forestières privées de production, soit 11 761 000 ha pour la France métropolitaine.

### 5.1. Des gains de coût de transaction et des effets de création de valeur ajoutée significatifs

Concernant les gains de coûts de transaction qui relèvent de la fonction d'intermédiaire et de mutualisation de l'IDGS, il convient d'extrapoler les résultats observés à l'échelle de l'échantillon enquêté pour l'ensemble des forêts privées de France métropolitaine selon le nombre de structures ou le total des surfaces forestières privées (Tableau 5).

Tableau 5 : Estimation des coûts de transactions évités

	Données observées (enquête)				Données extrapolées	
	Montants observés (K€)	Surface forestière (ha)	Nombre de structures	Coût unitaire (€)	Effectif Échelle nationale	Total (K€)
Mutualisation	228		26	8771/structure	97 structures	851
Coûts de fonctionnement évités	1,4	231 250		0,00625/ha	11,761 millions d'hectares	74
Gain de temps	17	275 000		0,063/ha		742
Total						1 667

La valeur ajoutée créée regroupe celle directement liée aux activités de production et de traitement des images soit 58 K€ (53 K€ pour GEOSUD et 4,6 K€ pour ADS) et celle indirecte résultant de l'accroissement du bois produit pour la filière (de 4,2 M€ à 2,08 M€ selon les

<sup>11</sup> 2 m<sup>3</sup> de bois d'œuvre produit 1 m<sup>3</sup> de sciage et 1 m<sup>3</sup> de coproduits (Le Turdu *et* Astrié, 2014 ; données 2012). L'estimation des recettes, est effectuée avec l'hypothèse d'une production de bois à palettes (sciage toute essence confondue) et de produits dérivés (sciures et chutes de scieries).

<sup>12</sup> Prix de vente moyens HT 2014 du m<sup>3</sup> des produits de sciages et dérivés considérés (CEEB, 2016).

hypothèses). Soulignons que la mise en place d'un contrôle systématique devant conduire à un meilleur respect de la réglementation, nous n'avons pas tenu compte ici de l'augmentation des amendes qui devrait être ponctuelle, uniquement les premières années. Il est possible de comparer les flux générés au budget de fonctionnement de GEOSUD pour la fourniture des cartes de coupes, soit 67 K€ (hors investissement). Ce budget de fonctionnement étant financé par des subventions publiques, il permet d'évaluer un ratio évaluant les effets générés pour 1€ de fonds publics investi dans le budget de l'infrastructure.

Tableau 6 : Ratio des effets générés en fonction du budget de fonctionnement de l'infrastructure

Valeur ajoutée directe /budget de fonctionnement	Valeur ajoutée directe et indirecte (filère bois) / budget de fonctionnement	Gains de coût de transaction/budget de fonctionnement
(4,6 K€ +53 K€) /67k€	(4,6 K€ +53 K€ + 4 171 K€) / 67k€ (4,6 K€ +53 K€ + 2 147 K€) / 67k€	1 583 k€/ 67k€
0,90 € par euros investi dans le fonctionnement	De 63 € à 32€ par euros investi dans le fonctionnement	24€ par euros investi dans le fonctionnement

Ces résultats sont comparables à ceux observés par Sawyer *et al.* (2016) concernant les impacts socioéconomiques des images satellitaires du programme *Copernicus* pour le suivi des coupes rases en Suède. Ces auteurs obtiennent en effet uniquement pour les effets directs et les gains de coût de transaction un ratio de 32 € par euro investi dans la gestion satellitaire des coupes rases.

Soulignons cependant que notre évaluation économique des impacts de GEOSUD représente seulement un ordre de grandeur. En effet outre la faiblesse de l'échantillon, certaines structures avaient peu de recul pour évaluer les changements parce que leur usage des images satellitaires était récent. Par ailleurs, les gains de productivité et les coûts de fonctionnement évités ont été évalués sur la base de coûts moyens qui seront dans les faits fonction du rythme et des modalités d'usage des cartes GEOSUD. Il est donc difficile de proposer un montant annuel de référence. Comme pour les amendes et plus généralement pour l'ensemble de l'économie numérique, certains des impacts pourront être limités dans le temps et il est difficile de normaliser des ratios annuels dans un contexte de transformations rapides des pratiques (et des coûts). En effet, comme nous l'évoquerons ensuite, ces effets sont inscrits dans un processus d'innovation élargi qui conduit à des changements réguliers limitant toute standardisation. Par ailleurs les impacts indirects sur la filière bois peuvent être surévalués, car le caractère incitatif de l'information satellitaire sur l'accroissement de l'approvisionnement de la filière peut être partiel même si le développement récent d'acteurs privés utilisant ces images pour rationaliser l'identification des zones à exploiter renforce le rôle de la télédétection. Enfin, il faut souligner que les ratios calculés ne tiennent pas compte des coûts d'investissement et ne peuvent prendre en compte certains coûts organisationnels qui devraient cependant disparaître progressivement si les nouvelles pratiques sont routinisées.

## 5.2. Un appui à moyen terme en faveur de processus d'innovation ouverte

Près des deux tiers des structures ont observé des effets qualitatifs en termes de mise en réseaux et un renforcement des compétences du fait des formations et des services d'accompagnement offerts par la plateforme GEOSUD (guide méthodologique et accès facilité à l'expertise). L'importance de ces effets n'est pas seulement montrée par les résultats de l'enquête mais elle ressort aussi de l'analyse de l'activité de l'IDGS GEOSUD et des dynamiques observées lors des actions d'animation. Ainsi, le nombre d'adhérents qui s'établit

fin 2018 à 517 a progressé rapidement avec une multiplication par 5 des adhérents sur 7 ans et une diversification croissante des thématiques et des types de structures concernées. Enfin on note une mobilisation importante des adhérents lors des opérations d'animation.

Plus précisément, s'agissant de réseau et de gouvernance des politiques publiques, les effets évoqués par les enquêtés témoignent de synergies entre services, avec d'autres organisations partenaires de GEOSUD ainsi qu'avec les sociétés forestières. Ces effets de synergie peuvent favoriser des processus d'innovation ouverte et contribuer à améliorer ou diversifier les produits et les processus qui sont mobilisés dans les pratiques. En effet l'information est intégrée dans des activités matérielles diverses qui caractérisent des chaînes d'actions organisées configurant des référentiels de métiers. Les travaux sur l'innovation ouverte témoignent de l'intérêt des collaborations entre acteurs multiples, c'est-à-dire entre organisations diversifiées et avec les usagers, en termes de créativité et de production d'idées. Selon Boldrini et Schieb-Bienfait (2016) la créativité et l'émergence d'idées sont « *particulièrement fécondes dans des environnements collaboratifs complexes, multidisciplinaires et multi sectoriels* ». Les besoins de coordination sont alors croissants en fonction du degré d'hétérogénéité de ces acteurs et des outils de management et d'échange de connaissances pour faciliter les innovations (Barbaroux et Attour, 2016). Il s'agit en effet de processus ou dispositifs de partenariat d'exploration collective (Auray, 2007 ; Segrestin 2006 ; Boldrini et Schieb-Bienfait, 2016) qui tendent de plus en plus à s'effectuer en amont des produits technologiques plutôt sur la phase de conception et de création d'usage nouveaux de l'information. L'innovation ouverte est efficace mais elle doit être organisée, ce qui justifie le rôle d'assembleur et d'animateur joué par l'infrastructure de donnée qui devient alors conjointement une structure d'intermédiation (RTO) dont les fonctions dépassent la réduction des coûts de transaction (Barlatier et al., 2016). Ce type d'externalité de réseau (Isckia, 2011) tend à s'auto renforcer dans le temps au sens où il est d'autant plus efficace que le nombre de participants s'accroît ce qui par la suite génère des incitations à adhérer au dit réseau. L'infrastructure de données dans sa fonction d'intermédiation devient alors « *un créateur d'écosystèmes* » ou encore « *un architecte de l'exploration collective* » (Barlatier et al., 2016) qui facilite le processus d'innovation ouverte entre des communautés de développeurs et d'utilisateurs. D'un point de vue économique, l'IDGS peut alors être appréhendée sous l'angle d'un marché biface (Jabbour et al., 2019). Si notre évaluation porte seulement sur le suivi des coupes rases, un des effets des échanges autour des apports de l'information satellitaire tient justement à l'identification des autres usages possibles et des perspectives qui en résultent au niveau de la production de nouveaux types de cartes forestières aussi bien pour les services de l'État ou les gestionnaires divers, que pour les exploitants forestiers. Dans le cas de GEOSUD, les processus d'innovation qui sont recherchés concernent à la fois des innovations de procédés pour les organismes de recherche voire les bureaux d'études mais aussi des innovations liées aux usages dans les services publics ou associatifs qui bénéficient des produits issus de l'information satellitaire. Il s'agit alors d'innovations en appui au développement territorial et à la gouvernance qui peuvent être très diversifiées. Elles peuvent être relatives à des gains de capacité d'analyse et d'opérationnalité se traduisant par une amélioration de l'efficacité des mesures mais aussi à des gains de créativité, de participation, de sociabilité permettant de renforcer la légitimité et la transparence de ces mesures (Tonneau et Maurel, 2016). Dans le cas de la gestion forestière, les services de l'État interrogés évoquent aussi un renforcement des relations avec les exploitants forestiers, ce qui permet de passer d'un processus de triple hélice réunissant des gestionnaires, des organismes de recherche et des services R&D à un processus de quadruple hélice associant en plus des acteurs privés, voire des citoyens (Carayannis et Campbell, 2017). Selon Barlatier et al., (2016), cette fonction RTO des infrastructures « *crée de la valeur dans la chaîne d'innovation en se positionnant comme un partenaire privilégié capable d'interagir avec différents acteurs* ». Signalons aussi des effets d'image auprès des exploitants forestiers, qui

permettent de renforcer les conditions de transparence de l'action publique et par-là qui œuvrent en faveur d'une meilleure acceptabilité du contrôle et plus généralement d'une meilleure qualité des politiques publiques de gestion forestière et de développement territorial. En effet par rapport aux limites de l'évaluation des politiques publiques identifiées par Bourdin et Ragazzi (2018), le recours à l'information satellitaire peut faciliter l'observation plus précise et le contrôle de certaines variables, la spatialisation des facteurs déterminants, l'identification des connectivités et des disparités territoriales pour rendre compte des spécificités des territoires et des effets de localisation et de distance, voire pour définir de nouvelles échelles pertinentes et renforcer les possibilités d'évaluation et de suivi décentralisé.

**-6-**

## **Conclusion**

Dans le contexte actuel d'application des principes et des outils de management public, l'analyse des gains de productivité et des appuis à l'innovation générés par les infrastructures de données et les systèmes d'information du type de GEOSUD ouvre de nouveaux champs de recherche dans un contexte de développement des partenariats publics et privés et de l'économie numérique (Algan et *al.*, 2016). Ce type d'approche encore peu développée se heurte cependant aux difficultés de mesure de processus de changement à la fois complexes et dynamiques au sein desquels les différentiels avec et sans information sont difficiles à objectiver et plus encore à mesurer. Notre approche croise deux points de vue complémentaires. Elle a été menée d'une part dans une logique économique pour estimer certains effets à l'échelle de la chaîne de valeur concernée par la fabrique et l'usage de l'information satellitaire. Elle s'inscrit cependant aussi dans une logique gestionnaire pour appréhender les effets des IDGS liés à leur rôle de gestionnaire et d'architecte de l'exploration collective (Barlatier et *al.*, 2016) à l'échelle d'une communauté de pratique qui permet des gains de coordination et de mutualisation pour co-construire des connaissances conduisant à de nouveaux produits et/ou procédés voire de nouveaux processus et mesures de développement territorial. La méthodologie proposée se veut exploratoire. Elle doit être répliquée et progressivement standardisée de façon à faire évoluer les logiques et les périmètres de recherche sur les types de modèles économiques pour ces infrastructures dans un contexte d'évolution des pratiques d'ingénierie (Vinck, 2014), de raréfaction des subventions publiques et de concurrence croissante entre les diverses plateformes de mutualisation de l'information selon les domaines et les échelles.

## **Remerciements**

Les auteurs remercient l'ensemble des personnes et des structures qui ont répondu à l'enquête. Ce travail a bénéficié d'une aide de l'État gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre du Programme Investissements d'Avenir pour le projet EQUIPEX GEOSUD (ANR-10-EQPX-20). Le développement de l'application « coupes rases » par télédétection a bénéficié de financements du Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation.

## **ANNEXE**

### **FICHE RÉSUMÉE DE LA STRUCTURE DU QUESTIONNAIRE**

#### **A. PRÉSENTATION DE L'ACTIVITÉ DE LA STRUCTURE**

- Nom et types d'activités de gestion durable des forêts réalisées
- Effectif du personnel affecté à la gestion durable des forêts (par type, par fonction)

- Nombre d'équivalent temps plein spécialistes des données spatiales de gestion des forêts et mutualisation de ces personnes avec d'autres services ou d'autres échelles territoriales
- Méthodes d'observation et de collecte de données utilisées et recours à des images satellites
- Types d'images, la nature de leurs utilisations et coûts d'acquisition et transmission à d'autres services ou non

### **B. MOYENS DE RÉALISATION DES ACTIVITÉS SANS USAGE D'IMAGES SATELLITES**

- Temps annuel consacré à la gestion durable des forêts par type d'activité et surface concernée
- Moyens humains et temps consacrés aux activités de surveillance sur le terrain
- Nombre de contrôle annuel et montant des recettes fiscales liées au contrôle
- Temps consacré au traitement des données et informations recueillies sur le terrain
- Salaires moyens des personnes concernées par la gestion durable des forêts et autres frais de fonctionnement/postes
- Coûts d'investissement en matériels spécifiques aux activités de surveillance sur le terrain

### **C. MOYENS INTERNES LIÉS A LA RÉALISATION DES ACTIVITÉS AVEC USAGE D'IMAGES SATELLITES**

- Coût des investissements liés aux images satellites
- % de gains de temps de travail /tâche du fait de l'usage des images satellites
- Changements dans les modes de collaboration avec les partenaires et les propriétaires
- Impact des images satellites sur le temps et les coûts consacrés à la surveillance sur le terrain
- Évolution du nombre de contrôle des autorisations de coupes et montant annuel de recettes fiscales des infractions du fait de l'usage d'images satellites
- Évolution des gains de temps de personnel affecté à la gestion durable des forêts du fait des images satellites, type de restructuration du travail au sein du service, recours ou non à des compétences externes pour les données satellites et impact sur le nombre d'emplois
- Évolutions des frais de fonctionnement en % d'économie par tâche

### **D. EFFETS COMPÉTENCES ET RÉSEAU DE L'USAGE DES IMAGES SATELLITES**

- Difficultés rencontrées dans l'utilisation des images satellites
- Formations et accompagnement pour l'utilisation de l'application coupes rases
- Impact sur les collaborations et l'insertion dans les réseaux
- Pratiques de mutualisation des images satellites

### **E. EFFETS SUR L'ENVIRONNEMENT ET LA FILIÈRE BOIS DE L'USAGE DES IMAGES SATELLITES**

- Type d'effets directs et indirects de l'usage des images satellites sur l'environnement
- Impact du suivi préventif des infestations d'insectes, des dépérissements de forêts par les images satellites sur les pertes en bois des exploitations forestières
- Augmentation des volumes de bois d'exploitation fournis à la filière bois
- Apport des images satellites à la gestion durable des forêts sur l'amélioration de la biodiversité des forêts l'atténuation des effets du changement climatique et autres effets écologiques

## Références bibliographiques

- AFIGEO (2013) *Catalogue des IDG 2013*. Association Française pour l'Information géographique.
- Algan Y, Bacache M, Perrot A (2016) *Administration numérique. Les notes du conseil d'analyse économique n° 34, septembre 2016*. Conseil d'analyse économique, Paris.
- Attali C, Fradin G, Dereix C, De Menthière C, Lavarde P (2013) *Vers une filière intégrée de la forêt et du bois*. Ministère de l'agriculture, de l'alimentation et de la forêt, Paris.
- Auray N (2007) Une autre façon de penser le lien entre technique et politique : les technologies de l'Internet et le réagencement de l'activité autour de l'exploration. In : Thévenot L (dir) *les Politiques du proche*. La Découverte, Paris.
- Baghdadi N, Leroy M, Maurel P, Cherchali S, Stoll M, Faure J-F, Desconnets J-C, Hagolle O Gasperi J, Pacholczyk P (2015) *The Theia Land Data Centre*. Maison de la télédétection, Montpellier : 4.
- Barbaroux P, Attour A (2016) Approches interactives de l'innovation et gestion des connaissances, *Innovations* 1 (49) : 5-14.
- Barlatier P-J, Giannopoulou E, Pénin J (2016) Les intermédiaires de l'innovation ouverte entre gestion de l'information et gestion des connaissances : le cas de la valorisation de la recherche publique. *Innovation* 1 (49) : 55-77.
- Barthod C, Pignard G, Guérin F, Bouillon-Penrois E (1999) Coupes fortes et coupes rases dans les forêts françaises. *Revue forestière française* LI - 4-1999.
- Beguet B (2014). *Caractérisation et cartographie de la structure forestière à partir d'images satellitaires à très haute résolution spatiale*. Thèse des sciences de la Terre. Université Michel de Montaigne Bordeaux III.
- Berger A, Peyron J-L (2005) Les multiples valeurs de la forêt française. Les données de l'environnement économie n°105. Institut français de l'environnement.
- Boldrini J-P, Schieb-Bienfait N, (2016) Comment initier une exploration collective ? Proposition d'un dispositif organisationnel, prélude aux partenariats d'exploration. *Innovations* 1 (49) : 15-38.
- 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.
- Carayannis E G, Campbell D F J, (2017) Les systèmes d'innovation de la quadruple et de la quintuple Hélice. *Innovation* 3 (54) : 173-195.
- CEEB (2016) *Prix et indices nationaux. Sciages et bois énergies. 4<sup>ème</sup> trimestre 2015*. Rapport du Centre d'Études de l'Économie du bois.
- CNIG (2005) *référentiels géographiques et données de référence : définitions*. Fiche n°82.
- CNPF (2011) *Contrat d'objectifs et de performance 2012 – 2016, Etat – CNPF. Développer la gestion durable en forêt privée, en assurant son renouvellement, et une mobilisation accrue des produits forestiers*, Paris.
- 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.



- Ferrer F. (2015) *Télédétection et cartographie des coupes rases en Rhône Alpes*. AgroParisTech de Nancy.
- Hennig S, Gryl I, Vogler R (2013) Spatial data infrastructures, spatially enabled society and the need for society's education to leverage spatial data. *International journal of spatial data Infrastructures research* 8 : 98-127.
- Isckia T (2011) Écosystèmes d'affaires, stratégies de plateforme et innovation ouverte : vers une approche intégrée de la dynamique d'innovation. *Management & Avenir*, 46 : 157-176.
- IGN (2014) *Inventaire Forestier. La forêt en chiffres et en cartes*. Le memento, Edition 2014.
- 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.
- Jolly A, Durrieu S, bock J, Lucie X, Munoz A, Piboule A (2014) *Télédétection et forêt : comment ça marche ?* Foresee : Colloque de restitution 14 novembre 2014 – FCBA, Paris.
- Kazmierski M, Desconnet J-C, Guerrero B, Briand D (2014) Geosud Sdi : accessing earth observation data collections with semantic-based services. Huerta, Schade, Granell (Eds) : Connecting a Digital Europe through Location and Place. Proceedings of the *AGILE'2014 International Conference on Geographic Information Science*, Castellón, June 3-6 2014.
- Le Turdu M, Astrié G (2014) *Récolte de bois et production de sciages en 2012. Un faible niveau de récolte*. Agreste Primeur, 310.
- MAAF (2016) *Programme National de la Forêt et du Bois (Pnfb) 2016-2026*. Projet présenté au Conseil supérieur de la forêt et du bois le 8 mars 2016. Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et de la Forêt, Paris. 60 p.
- Masser I, Cromptvoets J (2010). *Building European spatial data infrastructures*, Redlands, ESRI Press.
- Maurel P, Faure J-F, Cantou J P, Desconnets J C, Teisseire M, Mougénot I, Martignac C, Bappel E (2015) The GEOSUD remote sensing data infrastructure. *RSDI seminar, Geospatial Week*, 28 septembre – 2 octobre 2015, La Grande Motte.
- Noucher M (2013) Infrastructures de données géographiques et flux d'information environnementale : de l'outil à l'objet de recherche. *Networks and communication studies*. 27 (1-2) : 120-147.
- Ose K, Deshayes M (2015) *Détection et cartographie des coupes rases par télédétection satellitaire*. Guide Méthodologique. UMR TETIS-IRSTEA, Montpellier.
- Rey-Valette H, Maurel P, Miellet P, Sy M, Pigache L (2017) Mesurer les impacts des infrastructures de données géographiques et des observatoires pour assurer leur pérennité. Application à l'IDG SIG-LR. *Revue Internationale de Géomatique*, 3 : 375-397.
- 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).
- Segrestin B (2006) 'Towards new governance structure for merging organizations? Lessons derived from the Renault-Nissan Alliance', *International Journal of Automotive Technology and Management*, 6(2): 199-213.
- Teece D J (2010) Business Models, Business Strategy, and Innovation. *Long Range Planning*, 43: 172-194.

Tonneau J P, Maurel P, (2016) L'imagerie satellitaire : un outil pour les territoires. *In* : Baghdadi N, Zribi M (dir) *Observation des surfaces continentales par télédétection. Urbain et zones côtières* ISTE Londres, Ed 5 : 108-144.

Vinck D, (2014) Pratiques d'ingénierie, les savoirs de l'action? *Revue d'archéologie des connaissances*, 8 (2) : 225-243.