

Étude des possibilités de développement de l'usage de la télédétection satellitaire en DEAL



RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

DIRECTION
DE L'ENVIRONNEMENT,
DE L'AMÉNAGEMENT
ET DU LOGEMENT

GUYANE



Étude des possibilités de développement de l'usage de la télédétection satellitaire en DEAL

RAPPORT FINAL

Cette étude a été réalisée dans le cadre de l'appel à projets 2018 du Commissariat général au développement-durable, portant sur la connaissance et le développement des usages innovants de données publiques ou privées

Illustration de couverture : l'île de Cayenne vue par le satellite Sentinel 2A le 28 décembre 2018, © Copernicus Sentinel data 2018

	Nom	Organisme	Date	Visa
Rédigé par :	Jean-Yves Garinet Françoise de Blomac Guillaume Jubelin	Magellium Rouge Vif Artal	26/11/2018	
Vérifié par :	Jean Yves Garinet	Magellium	06/01/2019	
Approuvé par :		DEAL Guyane	28/03/2019	

Référence du document :	DEAL-GUYANE-DT-002-MAG
Edition Révision :	1
Date d'émission:	28/03/18
Client :	DEAL GUYANE
Réf. Marché, consultation :	DEAL973-PCE18-IGDC02

Liste de diffusion

	Nom	Organisme	Nb. exemplaires
Destinataires :	Sébastien LINARES	DEAL GUYANE	1
	José DEVERS	MTES	1
	Arnaud CEYTE	CEREMA	1
Copie interne :	Dossier Projet	Magellium	1 numérique

Fiche d'évolution du document

Ed.	Rév.	Date	Objet de l'évolution	Observations
1	0	06/01/2019	Création du document	
1	1	08/01/19	Relecture SL avec citations de commentaires de JD et d'AC	
1	2	15/01/2019	Modification avec prises en compte remarques SL, AC, JD	
1	5	24/01/2019	Relecture finale	
2	0	28/03/2019	Mise en page finale	
2	1	16/07/2019	Prise en compte de remarques CTG, DEAL, IRD	

Table des matières

1	Objectifs de l'étude	7
1.1	Rappel des objectifs	7
1.2	Présentation du document	7
2	Éléments de contexte	8
2.1	La télédétection	8
2.1.1	Les bases	8
2.1.2	Capteurs et principes de télédétection	8
2.1.2.1	Capteurs optiques	8
2.1.2.2	Capteurs Radar	9
2.1.2.3	Capteurs lidar	9
2.1.3	Les vecteurs	9
2.1.3.1	Satellite	9
2.1.3.2	Aéronef	10
2.1.3.3	Drone	10
2.1.4	L'offre de télédétection en 2018	11
2.1.4.1	Les dispositifs publics	11
2.1.4.2	L'offre commerciale	12
2.1.5	Les modes d'utilisation de la télédétection satellitaire	13
2.2	La Guyane	14
2.2.1	Le territoire	14
2.2.2	Les acteurs de la télédétection	15
2.2.2.1	Présentation des organismes rencontrés	15
2.2.2.2	Mutualisation : entre besoins, souhaits et tensions	16
2.3	Contexte institutionnel	17
2.3.1	Les freins identifiés	18
2.3.2	Des acteurs prêts à aider la DEAL	18
3	La DEAL Guyane	20
3.1	Les missions de la DEAL	20
3.2	Cartographie des usages et besoins	21
3.2.1	L'existant	21
3.2.1.1	L'existant en partenariat	21
3.2.1.2	L'existant interne à la DEAL	22
3.2.1.3	Les moyens de la DEAL	22
3.2.2	Les besoins exprimés	23
3.2.2.1	Mines et carrières	23
3.2.2.2	ICPE	23
3.2.2.3	Fleuves et littoral	24

3.2.2.4	Constructions illicites (LCI)	25
3.2.2.5	Cellule de gestion de crise	26
3.2.2.6	Hydrométrie (CVH).....	26
3.3	Les thématiques cibles	26
3.3.1	Le suivi des milieux naturels et aquatiques	26
3.3.2	La gestion de crise	27
3.3.3	L'occupation des sols.....	27
3.4	Tableau de synthèse	29
4	Bilan	30
5	Recommandations	40
6	Annexes.....	43
6.1	Annexe A – Fiches projets existants.....	43
6.2	Annexe B - Fiches interviews menées depuis la métropole	43
6.3	Annexe C - Fiches Entretiens Guyane.....	44
6.4	Annexe D - Fiches Réunions DEAL	44
6.5	Annexe E – Présentation de SEAS III par l'IRD	44

Glossaire

CACL : communauté d'agglomération du centre littoral Guyane
CAG : Chambre d'agriculture de Guyane
CIRAD : Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement
CNES : Centre National d'Études Spatiales
CTG : Collectivité Territoriale de Guyane (anciennement Région Guyane)
DAAF : Direction de l'Agriculture de l'Alimentation et de la Forêt
DEAL : Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
DSP : Délégation de Service Public
EPCI : Établissement Public de Coopération Intercommunale
FAG : Forces Armées en Guyane
GIS IRISTA : Groupement d'intérêt scientifique IRISTA
ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
IDG : Infrastructure de Données Géographiques
IDS : Infrastructure de Données Spatiales
IGN : Institut National de l'Information Géographique et Forestière
IRD : Institut de la Recherche pour le Développement
LCI : Lutte contre les Constructions Illicites
MNT : Modèle numérique de Terrain
MNC : Modèle Numérique de Canopée
MNE : Modèle numérique d'Élévation
MNS : Modèle numérique de Surface
OAM : Observatoire de l'activité minière
ODYC : Observatoire de la Dynamique Côtière
ONF : Office National des Forêts
PAC : Politique Agricole Commune
PAG : Parc amazonien de Guyane
PAS : Plan d'Action Satellitaire
PIAO : Photo-Interprétation Assistée par Ordinateur
PLU : Plan Local d'Urbanisme
RSO : Radar à Synthèse d'Ouverture
SAR : Schéma d'aménagement Régional
SAR : Synthetic Aperture Radar
SCOT : Schéma de Cohérence Territoriale
SEAS : Surveillance de l'Environnement Assistée par Satellite
SIG : Système d'Information géographique
STIGG : Schéma Territorial de l'Information Géographique en Guyane
THEIA : Le pôle de données et de services surfaces continentales
UG : Université de Guyane
VSC : Volontaire Service Civique

1 Objectifs de l'étude

1.1 Rappel des objectifs

Cette présente étude a pour objet d'établir un bilan des usages existants sur le satellitaire intéressant la DEAL Guyane tout en se projetant sur les besoins actuels et futurs. Les conclusions de cette étude pourront alimenter les réflexions menées dans les DEAL et DREAL sur ce même sujet.

Les objectifs de cette étude sont :

- Établir un bilan de ce qui est développé en télédétection en Guyane dans les domaines de compétence de la DEAL ;
- Étudier le recoupement avec les démarches nationales de promotion de l'usage du satellitaire ;
- Faire des préconisations afin de favoriser le développement de la télédétection satellitaire en DEAL.

1.2 Présentation du document

Le document présente les **contextes technologiques, territoriaux et institutionnels**.

- Le contexte technologique rappelle les grandes lignes de la télédétection, ses capteurs et ses vecteurs, ses modes d'utilisation ainsi qu'une projection de l'offre publique et privée dans un proche avenir.
- Le contexte territorial rappelle les caractéristiques particulières du territoire guyanais, il expose aussi dans le détail les activités des acteurs publics agissant en lien avec la DEAL (ONF, PAG, DAAF, IRD, CTG) dans le domaine de l'observation de la terre. Ces acteurs ont été rencontrés lors de la mission. Les comptes rendus des entretiens sont en annexe C de ce document.
- Le contexte institutionnel dresse un tableau des différents acteurs de la télédétection en France avec un focus sur leurs activités en lien avec le territoire guyanais. Ces acteurs ont fait l'objet d'interviews dont le détail est en Annexe B.

Dans un deuxième temps, les missions, **l'existant et les besoins de la DEAL Guyane** en termes d'observation de la terre sont explorés. Les comptes-rendus de réunions sont détaillés en annexe D. Un focus particulier est exposé sur trois domaines : Les milieux aquatiques et littoraux, la gestion de crise et l'occupation des sols, avec un tableau de synthèse croisant les moyens et les besoins.

Le document se conclut par un **bilan complet et consolidé** des réunions et interviews puis par une **liste de recommandations** sur les organisations, processus et moyens à mettre en œuvre afin de faire progresser l'usage et la mutualisation des ressources satellitaires en Guyane.

2 Éléments de contexte

2.1 La télédétection

2.1.1 Les bases

La télédétection est la mesure des propriétés d'un objet à l'aide d'un instrument distant. Dans le cas présent, l'objet étudié est la surface terrestre et les objets qui s'y trouvent que l'on observe depuis les airs voire depuis l'espace. L'on s'intéresse aussi bien à la composante naturelle qu'anthropique des paysages observés.

L'objectif du présent chapitre est de présenter les capacités et limitations des outils de télédétection et les modes d'exploitation des données issues de ces outils. Un point particulier est fait sur les particularités de la télédétection de la Guyane ainsi que des modes d'accès à ces données sur le territoire.

Ce chapitre s'articule de la façon suivante : dans un premier temps, les principes de la télédétection pour trois familles de capteurs sont présentés dans les grandes lignes ; dans un second temps, les capacités et limitations induites par les trois types de vecteurs sur lesquels ces capteurs peuvent être embarqués sont décrites ; les différents modes d'exploitation de la donnée produite sont ensuite présentés ; Les particularités de la télédétection du territoire de Guyane sont listées avant d'aborder les modes d'accès aux données.

2.1.2 Capteurs et principes de télédétection

2.1.2.1 Capteurs optiques

Les capteurs optiques sont peu ou prou des appareils photographiques : ils produisent des images du sol vu d'en haut comme celles que l'on peut observer dans des applications comme le Géoportail ou Google Maps. Ces images couvrent d'une part le spectre du visible, c'est-à-dire qu'on y voit les mêmes choses qu'à l'œil nu, et d'autre part le spectre infrarouge qui permet essentiellement d'observer des propriétés des végétaux invisibles à l'œil nu. Ce sont des capteurs dits passifs, le sol est éclairé par la lumière du soleil, les prises de vues ne s'effectuent donc que de jour à une heure à laquelle le soleil est haut dans le ciel. Le capteur étant en altitude, les nuages, brumes et aérosols présents dans l'atmosphère sont visibles sur les images, ils occultent le sol et projettent des ombres sur celui-ci. Ces capteurs, au-delà de l'interprétation visuelle des images produites, permettent de caractériser des phénomènes ou des objets comme la biomasse des végétaux ou de la quantité de matière en suspension dans les eaux. Les capacités d'exploitation de ces données dépendent de leur résolution : la surface que représente au sol le pixel, la brique unitaire de l'image. Pour qu'un objet soit interprétable, il faut que sa surface soit couverte par un nombre conséquent de pixels : pour interpréter une voiture (4 m x 2 m) sur une image, il faut une résolution minimale de l'ordre de 50 cm pour représenter celle-ci sur une trentaine de pixels. Par ailleurs, les capteurs optiques peuvent permettre de déduire des informations 3D grâce à la photogrammétrie (stéréoscopie). Il faut pour cela que deux images soient acquises par des capteurs identiques quasiment au même moment, avec deux angles différents de prise de vue. Pléiades est bien adapté à la

stéréoscopie et cette technique a été utilisée en 2013 pour la mise à jour de la BD Topo sur Cayenne et Saint-Laurent-du-Maroni.

2.1.2.2 Capteurs Radar

Les capteurs Radar ou plus précisément les capteurs Radar à Synthèse d'Ouverture (RSO ou Synthetic Aperture Radar, SAR en anglais) sont des capteurs qui produisent des images sur la base du retour d'une onde émise par une antenne : le délai de retour de l'onde permet de localiser la cible au sol et la quantité d'énergie retournée au capteur dépend de la nature de cette même cible. Plus difficile à appréhender car moins intuitif dans son interprétation, l'imagerie RSO présente cependant l'avantage de ne pas être sensible aux nuages. Elle ne dépend pas non plus de l'éclairement solaire puisque le rayonnement reçu par le capteur est émis par lui-même, c'est un capteur dit actif. Ainsi, même dans des zones très nuageuses ou encore la nuit, le sol est toujours visible. L'eau et les métaux ont des réponses au SAR particulières qui facilitent leur localisation. La signature du couvert végétal varie également en fonction de sa densité. Comme pour l'optique, les capacités d'exploitation des données RSO dépendent de la résolution du capteur mais plus que pour l'optique ces capacités dépendent également des matériaux de la cible.

2.1.2.3 Capteurs lidar

Les capteurs lidar sont des capteurs optiques actifs : un rayon laser est émis, se réfléchit sur le sol et le rayon retourné constitue une mesure. Le rayon laser est émis dans les spectres du visible et de l'infrarouge. La fréquence d'émission du faisceau de lumière en fonction de la vitesse de déplacement du porteur définit le nombre de mesures effectuées sur la surface survolée. Le lidar produit des nuages de points correspondant aux différentes réflexions du laser émis sur le paysage couvert. De ces nuages de points peuvent être extrait :

- des modèles numériques de terrain à partir des réflexions les plus distantes, pour évaluer la topographie voire la bathymétrie,
- des modèles numériques de surface à partir des réflexions les plus proches, pour évaluer par exemple la hauteur de la canopée ou celle du toit d'un bâtiment,
- de modéliser des volumes à partir des réflexions intermédiaires comme le volume des houppiers.

Le lidar permet de reconstituer ainsi un paysage en trois dimensions de façon très fine, avec des points distants de quelques centimètres. Il ne permet pas en revanche de caractériser les réflecteurs correspondant à ces points. Au-delà des lidars décrits ci-dessus, il existe des lidars bathymétriques : travaillant dans des longueurs d'ondes spécifiques, ils permettent d'évaluer la hauteur de la colonne d'eau. Ce type de lidar est utilisé sur le littoral comme pour litto3D. Malheureusement dans le cas d'eau turbide comme les eaux côtières de Guyane, ce dispositif est inopérant.

2.1.3 Les vecteurs

2.1.3.1 Satellite

Le satellite embarque aussi bien des capteurs optiques que radar. Il permet également d'embarquer des capteurs lidar mais les résolutions horizontales obtenues ne sont aujourd'hui pas pertinentes pour les problématiques de la DEAL.

La principale caractéristique de la donnée satellitaire est sa couverture spatiale importante. Elle est obtenue soit par une largeur de fauchée (la largeur de prise de vue), nativement importante comme les 290 km de Sentinel-2, soit par l'agilité du satellite. Malgré ses 20 km de fauchée, Pléiades est capable de couvrir des zones de 100 km par 100 km en un seul passage grâce à sa capacité à s'orienter. En règle générale, plus la résolution du capteur est fine, plus sa couverture est réduite. Ainsi, les capacités de couverture des satellites varient de quelques centaines à cent mille km². Le satellite est contraint par son orbite héliosynchrone, et ne peut être en position d'acquérir une image sur une zone qu'une fois par jour au mieux, sur une plage horaire fixe, ce qui ne veut pas dire que l'image soit acquise et exploitable (contraintes de programmation, accessibilité des acquisitions, nuages...). Pour augmenter les capacités de revisite de leurs systèmes et la fréquence de prise de vue sur une même zone, les opérateurs de satellites d'observation doivent constituer des constellations de satellites. Les opérateurs commerciaux arrivent aujourd'hui à proposer des acquisitions journalières sur une même emprise. Si l'acquisition d'une image sur une zone n'est pas planifiée de façon régulière, la programmation de l'acquisition nécessite un délai d'au mieux quelques heures. Le satellite doit être également en visibilité du segment sol pour rapatrier dans un centre de traitement la donnée acquise.

Évoluant de 400 à 800 kilomètres d'altitude, le capteur embarqué par le satellite est tributaire des perturbations atmosphériques : nuages, brumes, aérosols.

Le satellite est en permanence sur son orbite, il est ainsi capable de réaliser des acquisitions quasiment 365 jours par an.

De par sa capacité de couverture, l'imagerie satellitaire permet d'obtenir une vision synoptique des territoires. Lorsque l'on cherche à couvrir une zone de plus de mille kilomètres carrés, le coût de la donnée devient intéressant.

2.1.3.2 Aéronef

Nous considérons ici les aéronefs, avion, hélicoptère, ULM pilotés. Tout type de capteur peut y être embarqué.

Sa mise en œuvre nécessite la disponibilité du matériel et du pilote. Il nécessite des aménagements pour le décollage et l'atterrissage ainsi qu'un temps de transit entre ceux-ci et la zone à imager. Il est particulièrement intéressant par rapport au satellite du fait de sa capacité à imager une zone « à façon ». Il n'est pas contraint par une orbite mais est simplement tributaire des réglementations de vol et de la météo.

Évoluant à une altitude à une altitude de 3 000 m maximum, l'aéronef permet aux capteurs qu'il embarque d'être beaucoup plus proches de leur sujet d'observation permettant l'obtention de résolutions souvent plus fines.

L'aéronef peut également se permettre de voler sous le couvert nuageux.

Son coût élevé ne permet pas d'acquisition à une fréquence importante ou de couvrir l'ensemble du territoire. Il est particulièrement adapté à la couverture de zones à forts enjeux nécessitant une donnée de la meilleure qualité possible.

2.1.3.3 Drone

Les aéronefs télépilotés ou drones embarquent aujourd'hui essentiellement des capteurs optiques. Ils sont très faciles à mettre en œuvre : ils sont transportables, ne nécessitent pas d'aménagements spécifiques pour leur décollage et atterrissage, et requièrent le certificat d'aptitude théorique télépilote qui peut être obtenu à l'issue d'une formation d'une dizaine de jours.

Ils sont contraints par les réglementations de vol et par un rayon d'action faible. Leur autonomie et leur vitesse de vol ne leur autorisent que la couverture de quelques hectares à quelques kilomètres carrés par jour.

Ils permettent d'imager à moindre coût des zones difficiles d'accès au sol ou un site particulier avec une fréquence d'acquisition très élevée : une plage, un quartier, une parcelle agricole ou forestière.

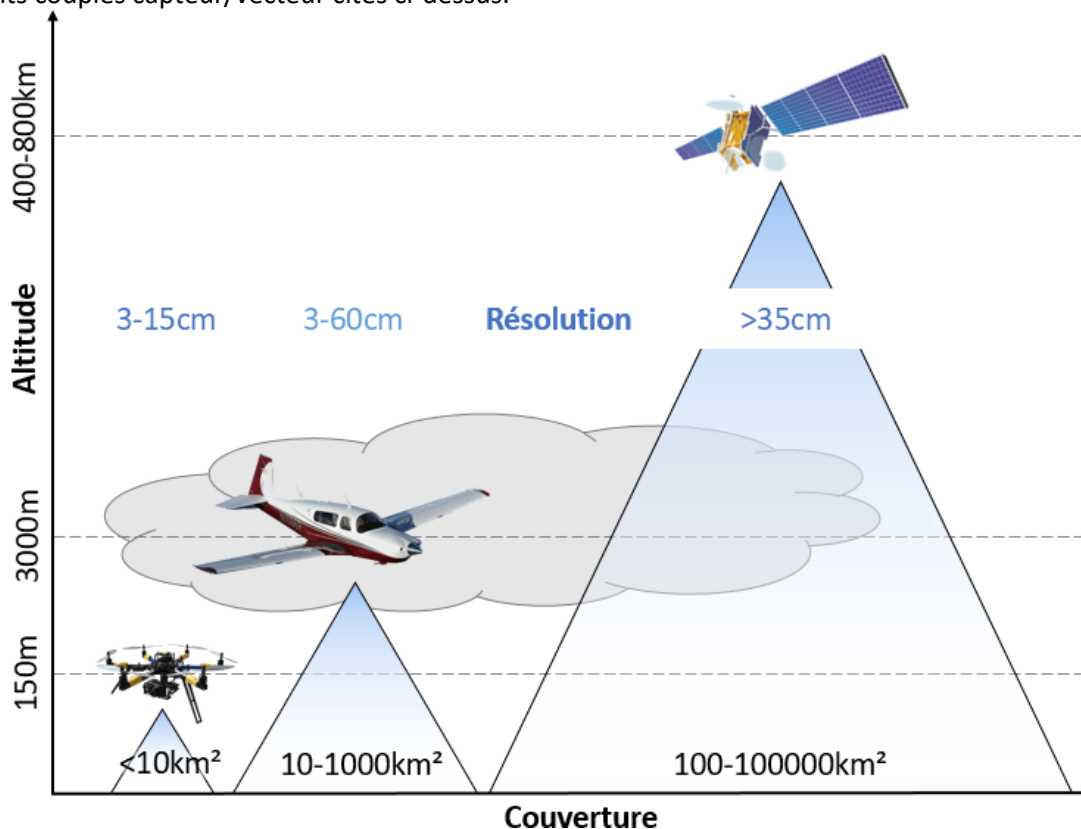
Les DEAL Martinique et Guyane ont d'ailleurs étudié les potentialités des drones comme vecteur d'imagerie dans une étude. En l'état, les drones ne peuvent être utiles que dans des

missions très ponctuelles, comme l'a testé la DEAL Martinique et comme l'utilise par exemple la DAAF Guyane qui peut ainsi accéder à des zones invisibles depuis la route, mais sans enregistrement de photographies superposables avec d'autres données géographiques (orthophotographies).

Dans le domaine de la cartographie et de la constitution d'orthophotographies, le drone s'avère difficile à utiliser à cause de la réglementation, des compétences nécessaires et de sa sensibilité aux conditions météorologiques.

Un scénario autorisant le vol sans visibilité directe du drone par le télépilote sur de longues distances (type S4 ++), est en cours d'étude à la DGA avec l'aide technique de l'ONERA. Si ce scénario est adopté et qu'une offre commerciale pérenne existe en Guyane, le drone pourra peut-être devenir une alternative à de petites missions aériennes. Une veille sur le sujet est à mener.

Le schéma ci-dessous résume les capacités de couverture, altitude d'évolution et résolution spatiale des différents couples capteur/vecteur cités ci-dessus.



2.1.4 L'offre de télédétection en 2018

2.1.4.1 Les dispositifs publics

À l'heure d'écrire ce rapport (mars 2019), **SEAS phase III** est encore à l'état de projet, certes soutenu par l'ensemble des pouvoirs publics impliqués mais les fonds FEDER ne sont pas encore programmés. Il faudra ensuite plusieurs mois pour atteindre un niveau d'opérationnalité.

Mais SEAS phase III devrait permettre un accès gratuit et facile (en pied d'antenne) aux données SPOT 6/7 et Pléiades sur le plateau guyanais/Antilles. Il permettra également un accès plus fluide aux données Sentinel, radar notamment, aujourd'hui difficiles à récupérer à cause des ruptures lors des téléchargements. Une antenne Eumetsat est également prévue qui donnera accès à des images à basse résolution mais à haute fréquence telles que MODIS, GOES, Météo... dont le potentiel pourra alors être évalué (NDVI, potentiel photovoltaïque...).

Le dispositif **DINAMIS** doit prendre la suite de Geosud, Theia et ISIS (programme CNES pour la recherche) afin de garantir l'accès gratuit aux ressources satellitaires pour les acteurs institutionnels nationaux. Comme Geosud, DINAMIS associera un réseau d'antennes de réception et de capacités de stockage, traitement et redistribution des produits issus de l'imagerie satellitaire. Mais le dispositif n'est pas encore bouclé financièrement. Il concernera Pléiades, SPOT 6/7, Pléiades NEO (satellites Airbus) et éventuellement d'autres satellites. Il est prévu que SEAS III soit le relais caraïbe de DINAMIS.

Quelques projets satellitaires européens à suivre de près :

- **BIOMASS**, satellite de l'ESA dont le lancement est prévu en 2020. Il embarque un radar en bande P capable de pénétrer la canopée avec une résolution de 50 m. Il est dédié à l'estimation de la biomasse forestière. Il permettra potentiellement d'améliorer le MNT guyanais, d'avancer dans l'évaluation de la ressource forestière et peut-être de dessiner les contours des crues y compris sous la canopée.
- **CO3D**, projet de constellation de petits satellites à caractère dual (militaire/civil) conçue par le CNES et dont la réalisation doit être confiée mi-2019 à un industriel, qui permettra de réaliser un modèle numérique de surface mondial, de qualité, à bas coût (précision altimétrique 1 m en relatif, 2 m en absolu) avec couverture de la France métropolitaine et l'arc de crise en 1 an (monde en 5 ans). Objectif lancement constellation : fin 2022 début 2023.



L'Arc de crise, première cible de CO3D

2.1.4.2 L'offre commerciale

L'offre commerciale est actuellement en ébullition et pourrait bouleverser le paysage actuellement soutenu par la puissance publique française et européenne. (<https://geointblog.wordpress.com/2018/12/17/le-marche-de-lobservation-spatiale-poursuit-sa-transformation/>).

Cette transformation devrait avoir pour conséquences :

- Une baisse significative du prix de l'image, les constellations offriront une imagerie à 1 m de résolution avec une revisite quotidienne ! (Planet/Blacksky/Dove, Urthecast, IceEye...)
- Une prolifération de l'offre de service (détection de changement et cartographie) compatible avec les budgets des services de l'État. (Tcarta, DigitalGlobe/Gbdx...)

Dans la mesure où de nombreuses incertitudes pèsent sur l'offre publique (fin Geosud, Dinamis, la phase 3 de SEAS pas encore lancée...), l'offre commerciale mérite certainement d'être considérée en cas de besoin, notamment sur la très haute résolution (échelles de l'ordre de Pléiades et SPOT 6/7).

2.1.5 Les modes d'utilisation de la télédétection satellitaire

La télédétection satellitaire fournit des données dont l'usage répond à un besoin de connaissance scientifique, opérationnelle ou stratégique. Seules les modalités d'usages opérationnels et stratégiques sont ici développées, **pour se focaliser sur les missions des services de l'État.**

Les usages opérationnels visent à assister, aider, optimiser des travaux plus ou moins réguliers exercés par les services dans leur mission de surveillance des réglementations.

Les usages stratégiques ont vocation à comprendre le territoire pour mieux définir et orienter les politiques publiques.

Dans un cadre **opérationnel**, nous identifions 4 fonctions clés et détaillons les moyens qui sont nécessaires pour les mettre en œuvre. Nous émettons aussi un avis sur la disponibilité de ces moyens par les services de l'État.

- **Voir** une portion de territoire, un objet, un phénomène dont la localisation est connue sur une photographie la plus récente possible est la toute première des fonctions opérationnelles. Elle adresse naturellement uniquement les capteurs optiques. Dans le cadre des missions de la DEAL, *voir*, c'est par exemple regarder un bâtiment ICPE et ses environs, c'est vérifier l'existence d'une construction dont on connaît grossièrement le secteur, c'est confirmer l'existence d'une casse automobile non déclarée, etc. Le meilleur service, actuellement le plus utilisé au monde est celui, gratuit, de Google Earth, présentant toutefois une hétérogénéité dans la précision et la fraîcheur des informations selon les zones observées. Sur le territoire français, le Géoportail IGN est aussi une ressource très utile et très utilisée, avec une bonne précision, mais son manque d'actualité ne permet pas de remplir toutes les missions de contrôle. Les toutes prochaines années vont voir fleurir des constellations de micro-satellites à une résolution métrique dont la simple visualisation des images pourrait être gratuite. Les moyens nécessaires pour *voir* consistent en un simple navigateur Internet dans la mesure où un service de diffusion est mis en place en amont (serveur Google, Serveur IGN). Dans le cadre des sources disponibles simplement par les services de l'État, l'imagerie Pléiades à haute résolution souffre d'une grande faiblesse de mise à disposition avec ces moyens simples.
- **Observer** irait un peu plus loin que *voir*, dans le sens où cette fonction pourrait introduire une dimension temporelle, toujours en restant sur une portion de territoire dont la localisation est connue, et toujours en restant sur une interaction simple par lecture visuelle. L'idéal serait la vidéo, mais la vidéosurveillance à haute-résolution par satellite n'est pas encore techniquement possible (elle pourrait toutefois l'être dans quelques années, mais il faut attendre encore un peu !). Pour la DEAL, cette fonction est utile pour vérifier grossièrement une déforestation à un endroit connu, pour valider une disparition de mangrove, plus généralement pour constater grossièrement un changement. En haute-résolution, seules sont actuellement disponibles quelques séries temporelles mises à disposition toujours par Google et le géoportail IGN, mais avec des intervalles de temps considérables (quelques années). En revanche, sur des moyennes résolutions 10 m-20 m, l'observation quotidienne pourrait être possible en utilisant l'imagerie Sentinel-2 et Landsat-8.
- **Détecter**, toujours dans le champ opérationnel, est une fonction demandant à un dispositif numérique à base de données satellitaires de localiser un changement qu'il soit d'origine anthropique (constructions, destructions, déforestation, pollution...) ou bien d'origine naturelle (inondations, vases, mangroves...). La détection s'opère sur un territoire défini, en ciblant le type de changement : détection de la déforestation sur le territoire guyanais, détection de constructions sur la ville de Cayenne, détection de phénomènes de turbidité anormale sur un fleuve, détection de nappes de pollution sur

l'océan... La détection automatique met en œuvre des moyens numériques particuliers, plus ou moins lourds et coûteux, utilisant des données satellitaires ciblées en résolution et en radiométrie. La détection n'est généralement pas suffisante pour des besoins opérationnels précis, nécessitant un travail d'analyse manuel supplémentaire (cf. plus loin : Extraire/Mesurer). Les moyens nécessaires à ces dispositifs de détection ne sont jamais simples, nécessitant de la puissance de calcul et des moyens d'exploitation.

- **Extraire/Mesurer** est une fonction qui va plus loin que voir ou observer, dans le sens où le résultat attendu est quantitatif, produisant de l'information géométrique et sémantique : contour exact de nouvelles constructions, contour exact de zones déforestées, zonage d'un banc de vase, d'une mangrove, Cette fonction s'exerce directement sur une image par photo-interprétation, assistée ou non d'une détection automatique préalable ciblant ces opérations d'extraction et/ou mesure. Les moyens nécessaires à la mise en œuvre de la fonction d'extraction/mesure sont fournis par les logiciels SIG, nécessitant des techniciens formés à cette tâche.

Ces fonctions peuvent être agencées dans des dispositifs de surveillance mettant en œuvre de la détection, de l'extraction et de la mesure, par exemple en Guyane actuellement :

- Surveillance de l'orpaillage mettant en œuvre des moyens de *détection* automatique (imagerie radar Sentinel-1) suivi d'*extraction* d'information par photo-interprétation Sentinel-2 et se finalisant éventuellement par du *voir* avec de la photo aérienne.
- Surveillance de l'habitat illégal mettant en œuvre de la *détection* automatique de défrichement (Sentinel-2) et de *l'extraction* (photo-interprétation Pléiades).

Dans un cadre stratégique, l'utilisation de l'imagerie satellitaire se résume grossièrement à la fonction « comprendre ». Cette fonction met en œuvre des traitements plus ou moins complexes mixant données d'observation et données de terrain pour élaborer des produits intégrables dans les moyens d'analyse thématiques et statistiques. Ces produits sont par exemple les cartographies d'occupation du sol, avec des échelles variées et des nomenclatures adaptées aux objectifs de mesure du territoire, cela peut être aussi des cartographies thématiques des essences forestières.

2.2 La Guyane

2.2.1 Le territoire

La Guyane est un vaste territoire enclavé, principalement constitué d'un domaine forestier (96 %) peu exploité par l'homme et difficile d'accès. La grande majorité des presque 260 000 habitants se concentre de ce fait dans la bande littorale qui supporte donc une forte pression démographique et économique. Cette structuration du territoire justifie en soi l'utilisation de moyens satellitaires pour son observation. Les effectifs des gestionnaires du milieu en rapport avec la population mais peu élevés par rapport à la superficie à gérer, font un peu plus pencher la balance en ce sens. Le climat équatorial et la végétation luxuriante qui en découle induisent la nécessité de prendre de la hauteur pour observer ce qui se passe sur le territoire où les enjeux sont nombreux :

- Des enjeux écologiques : la forêt équatoriale est un milieu à préserver que ce soit pour sa biodiversité ou encore le stock de carbone qu'elle représente.
- Des enjeux de souveraineté : la Guyane partage la plus grande frontière terrestre de la France avec un pays frontalier : le Brésil. Les frontières sont poreuses, difficilement

contrôlables, et l'immigration ou encore l'exploitation illégale des ressources aurifères très importantes.

- Un enjeu démographique : une croissance à 2.4 % avec une population qui devrait doubler d'ici 2030 et peu de foncier disponible entraînent un développement très important de l'habitat illicite.

Considérant ces enjeux et la structuration du territoire, la télédétection est un outil indispensable aux gestionnaires. Son utilisation n'est pas pour autant aisée : le manque de référentiels, la nécessité de développer des compétences locales, le taux d'ennuagement très important, sont autant de freins à l'appropriation de l'outil.

2.2.2 Les acteurs de la télédétection

Plusieurs acteurs clés de l'information géographique en Guyane, partenaires de la DEAL, exploitant de l'imagerie satellitaire ont été rencontrés sur place : l'ONF, le Parc Guyanais Amazonien (PAG), la DDAF, la CTG et l'IRD (dont un membre de l'équipe Montpellieraine a également été interviewé dans le cadre des entretiens depuis la métropole).

2.2.2.1 Présentation des organismes rencontrés

En tant que propriétaire de la station de réception SEAS et porteur du projet SEAS III (les autres partenaires du projet étant l'Etat, l'IRD, le CNES, et l'université de Guyane, avec le soutien financier de l'État et l'Europe - fonds FEDER), la **CTG** a un rôle clé dans l'animation et la mutualisation des moyens autour de l'imagerie satellitaire en Guyane. Sans revenir sur son rôle dans l'organisation de l'information géographique (voir le rapport de Realia [sur le Schéma Territorial de l'information Géographique en Guyane](#) de 2016), elle attend beaucoup de SEAS III pour produire des référentiels et des données métiers. Cependant, lors de nos entretiens, nous n'avons pas rencontré l'équipe SIG, en pleine réorganisation (plusieurs postes vacants), mais la directrice de l'aménagement, porteuse du projet SEAS. Nous n'avons qu'une vision limitée des usages opérationnels attendus.

Acteur historique de la télédétection spatiale en Guyane ayant mis en place la première station de réception satellitaire, l'**IRD** se prépare à accueillir terminaux et serveurs de SEAS phase III et assurera une partie des opérations du programme. L'organisme de recherche sera également très impliqué dans la gouvernance du projet aux côtés du CNES et de la CTG. L'unité de recherche [Espace-Dev](#) (« *L'espace pour le développement* »), dont les terrains de recherche concernent toute la zone tropicale, s'appuie sur la télédétection spatiale dans une multitude de problématiques : hydrologie, analyse des sols, pollution, cycle du carbone, front d'urbanisation...

En tant que représentant de l'État sur le domaine forestier permanent, l'**ONF** a un rôle important en Guyane, couvert à 96 % de forêt. Plusieurs missions lui ont été confiées qui exploitent la télédétection spatiale (aujourd'hui, principalement à partir d'images Sentinel-1 et 2), notamment l'alimentation en couches de base et la coanimation de l'Observatoire de l'activité minière (OAM). L'ONF s'appuie également beaucoup sur des données Lidar aéroportées pour ses missions de gestion et d'exploitation forestière. Le service SIG est composé de 4 personnes en temps normal, mais lors de notre rencontre, seules 3 postes étaient pourvus, avec les problématiques habituelles de difficulté de recrutement (problématiques liées aux services civiques). Des membres du pôle R & D exploitent également la télédétection (calcul de biomasse, bilan carbone...).

L'Unité SIG du Parc Guyanais Amazonien (**PAG**) est composée de deux personnes dont une en CDD, ce qui peut sembler peu à la vue de l'étendue et des missions du parc. Les deux géomaticiens connaissent bien la télédétection spatiale, qu'ils utilisent pour le suivi de

l'orpaillage, de l'agriculture traditionnelle (abattis), la cartographie des habitats spécifiques et dans différents projets de recherche.

La **DAAF** dispose d'un service SIG de 3 personnes en théorie, mais l'un des postes était vacant lors de notre entretien, avec, ici aussi, des difficultés de recrutement. Pour développer ses compétences, la DAAF fait régulièrement appel à des stagiaires de haut niveau (comme sur la déforestation). Attribution des terres agricoles, déforestation, suivi des engagements de gestion agricole et forestière, contrôle PAC... autant de missions qui font appel à la télédétection spatiale, principalement basée sur des images Sentinel et Pléiades. Dans le cadre du contrôle PAC, la DAAF s'est également équipée de drones, afin d'optimiser les contrôles terrain.

Il est à noter que les organismes rencontrés ne sont pas les seuls à utiliser des images satellites ou à souhaiter en exploiter, comme l'a montré le rapport sur le STIGG qui a identifié :

- 9 acteurs ayant « *un besoin essentiel d'images satellites* » : **CTG**, Guyane-Energie-Climat (GEC), GIS IRISTA, le BRGM, la **DAAF**, le **PAG**, la DRFiP, l'**ONF**, l'EPAG
- 2 acteurs ayant « *un besoin avéré d'images satellites* » : la **DEAL**, l'AUDeG,
- 7 acteurs ayant « *un besoin identifié mais sans compétence en images satellite* » : la CACL, les municipalités de Roura, Maripasoula, Kourou, le Parc Naturel Régional, la Direction des Affaires culturelles (DAC), la Chambre d'Agriculture (CAG)

2.2.2.2 Mutualisation : entre besoins, souhaits et tensions

Trois des cinq organismes rencontrés sont engagés dans l'**observatoire de l'activité minière (OAM)** aux côtés de la DEAL, qui apparaît clairement comme LE dispositif impliquant de multiples organismes publics, le plus opérationnel dans le domaine de la télédétection. Il semble même que ce dispositif soit unique en son genre à l'échelle nationale.

Les difficultés rencontrées par l'OAM illustrent parfaitement la situation particulière de la Guyane en matière de télédétection spatiale et d'information géographique en général.

- Le suivi de l'orpaillage constitue une mission unique sur le territoire national, dans un contexte en forte tension (forte évolution, interventions de terrain complexes et dangereuses...).
- La télédétection spatiale apparaît comme un outil idéal : accès à des images rendu possible par la présence de l'antenne SEAS I (images SPOT 2, 4, 5 et ENVISAT ASAR), une partie de la méthodologie est fournie par la recherche (travaux CIRAD).
- Une organisation mutualisée se met en place en 2008-2009 : serveur FTP, convention entre partenaires (Forces Armées de Guyane (FAG), DRIRE, DIREN, Gendarmerie, préfecture, BRGM, ONF, DAF), guides méthodologiques (« *qu'est-ce qu'un chantier ?* ») avec succès. Des milliers d'images seront acquises et des dizaines de milliers de traces GPS seront intégrées.
- Mais au cours des années, le dispositif doit évoluer : extension au PAG, regroupement de services en DEAL, fin des acquisitions via SEAS I d'où nécessité de trouver une autre méthode... volonté de créer une donnée de synthèse... transfert via ONFI aux pays limitrophes...
- Aujourd'hui, même si les bases restent valables, la circulation et l'exploitation de l'information entre les partenaires ne sont plus optimisées :
 - Manque de portage politique/décisionnel
 - Manque d'animation
 - Turnover des personnels qui fragilise le dispositif
 - Méthodologie qui a besoin d'être revue pour satisfaire l'ensemble des partenaires et assurer le suivi de l'orpaillage légal ET illégal.

- Méthodologie qui pourrait bénéficier de SEAS III

L'OAM, bien qu'exceptionnel, mérite donc d'être amélioré.

Tous les organismes rencontrés sont prêts à s'impliquer dans des démarches mutualisées, mais doivent faire face à **leurs contraintes opérationnelles**, ce qui les pousse à trouver par eux-mêmes des solutions. Chacun se rend compte du potentiel des travaux des autres. Mais le manque de capitalisation et l'absence d'une concertation initiale approfondie limitent l'appropriation des produits, qui ne correspondent pas exactement aux besoins. Du coup, chacun finit par réaliser ses propres produits, à grand renfort de stagiaires. Ainsi, l'ONF et la DAAF produisent chacun un masque forêt annuel. Ces masques servent de base à la production d'une couche déforestation. Sur ce sujet, trois méthodes/couches semblent coexister : Celle produite tous les 6 jours par l'ONF (mission réalisée par ONFI) à partir du traitement automatique d'images Sentinel-1 à 20 m de résolution ; celle produite 4 fois par an par la DAAF (développement stagiaire pour suivre déforestation positive) ; celle produite par le PAG dans le cadre du suivi des abattis (photo-interprétation sur images Sentinel-2). En sus de ces couches déforestation, une couche « historique » des surfaces exploitées par l'orpaillage est produite par photo-interprétation de l'ONF. Produite à partir d'images Landsat, puis SPOT lors de la phase I de SEAS et enfin Sentinel-2, la production et le versement régulier de la couche à l'OAM ne sont plus assurés au moment de l'étude.

La mutualisation pourrait donc aller plus loin et semble attendue par nos interlocuteurs, elle devrait s'appuyer sur :

- Un travail en commun à partir de cahiers des charges définis ensemble sur des thèmes utiles à plusieurs missions (turbidité, déforestation...), allant vers une véritable coproduction.
- La diffusion via les plateformes (GéoGuyane notamment) de nouvelles couches d'informations qui restent aujourd'hui dans les organismes par manque de temps pour en assurer la mise en forme nécessaire.
- Une animation dédiée face aux problématiques de sous-effectif.

2.3 Contexte institutionnel

Les 13 entretiens menés depuis la métropole ont permis de mieux comprendre le contexte guyanais, notamment par un point historique sur la station de réception SEAS (IRD et CESBIO) et plus généralement sur la télédétection en Guyane (travaux et missions déjà effectués ou en cours, rôle d'IGN Espace...). Ils ont également permis de faire le lien avec le Plan d'Applications Satellitaire (PAS) du ministère de l'Écologie.

En effet, ce dernier, publié en septembre 2018, fixe les priorités des services du ministère (<http://www.geoinformations.developpement-durable.gouv.fr/applications-satellites-r983.html>)

Il décrit les actions qui seront conduites par les services :

- des actions thématiques, en nombre de 20, par exemple, cartographie des habitats, occupation des sols, portées par les services (DG, DREAL et établissements publics)
- des actions transversales de soutien aux services, pour favoriser le développement des usages des outils satellitaires, par exemple faciliter l'accès aux images, encourager le partage d'expériences, favoriser l'innovation au service des politiques du ministère par le développement d'un écosystème de PME/TPE. C'est bien dans ce dernier cadre que se situe l'étude.

Même si certains entretiens ont permis de mettre la télédétection en perspective par rapport à d'autres techniques d'observation (ONERA et DEAL Martinique sur les drones notamment), aux difficultés techniques (DEAL Guadeloupe) ou en tant que pratique sociale (travaux de l'UMR Passages), la grande majorité des interlocuteurs sont des défenseurs de la télédétection

spatiale, qu'ils pratiquent ou qu'ils observent depuis longtemps. Elle apparaît donc, pour la majorité des personnes interviewées, comme une évidence, un outil précieux, parfaitement adapté aux enjeux et aux missions de la DEAL.

2.3.1 Les freins identifiés

Les interviews ont cependant permis d'identifier plusieurs freins au développement et à l'utilisation optimale de la télédétection spatiale en Guyane, et, plus généralement, dans les services déconcentrés de l'État :

- **Le manque de sensibilisation des chefs de service au potentiel de la télédétection spatiale.** Cette situation a de nombreuses conséquences. À noter par exemple que c'est l'un des axes mis en avant (mais pas le seul) par les chercheurs du laboratoire Passage dans leur analyse des difficultés de fonctionnement de l'OAM. Les services techniques se sentent isolés et sont peu au courant des activités des autres services ou des autres acteurs territoriaux (DEAL Guadeloupe par exemple) car l'imagerie spatiale n'étant pas perçue comme une ressource stratégique.
- **La difficulté à stabiliser des compétences dans le domaine,** liée à la précarité des emplois et aux contraintes financières.
- **La complexité des dispositifs d'accès.** Geosud, Theia, DIAS, Dinamis,... sont là pour faciliter l'accès aux données Sentinel, SPOT et Pléiades mais dans les faits, ils ne sont pas assez faciles à utiliser (voir le témoignage de la DEAL Guadeloupe) et leur évolution inquiète (pérennité des dispositifs actuels).

De plus, ces trois freins se renforcent mutuellement, empêchant une dynamique positive. Sans sensibilisation des chefs de service, chaque recrutement ou remplacement est problématique, les compétences se perdent et l'image satellite devient un mythe réservé à une élite !

Deux exemples sont emblématiques de ces difficultés :

- **La gestion de crise :** les entretiens avec le CNES, le SERTIT et la DEAL Guadeloupe ont permis d'analyser les dysfonctionnements dans l'utilisation de la télédétection spatiale en contexte de crise majeure, alors même que des dispositifs d'accès sont en place (Charte Internationale et Copernicus EMS). Mal connus, ces mécanismes s'avèrent difficiles à différencier les uns des autres (notamment dans leurs temporalités respectives), ne fournissent pas forcément des données facilement exploitables et leur activation reste hypothétique. Le manque de communication entre services et entre acteurs concernés par les crises est également un frein important.
- **Le suivi des sargasses :** Après des mois où plusieurs solutions ont été testées (via Copernicus EMS notamment), et toute une série de démonstrateurs, le lancement d'une démarche mutualisée à l'échelle des Antilles sur la problématique des sargasses est évidemment une bonne nouvelle et illustre l'intérêt des démarches mutualisées (service I-SEAS sur la Guadeloupe et service développé par CLS via un important contrat signé avec l'ESA). L'initiative est donc à suivre.

2.3.2 Des acteurs prêts à aider la DEAL

Les entretiens font également ressortir une vraie dynamique et une volonté d'aider la DEAL Guyane dans l'utilisation de la télédétection spatiale.

Aide technique et méthodologique

- **IGN Espace** apparaît comme un partenaire technique essentiel, qui assure que les commandes Geosud sont bien traitées et s'occupe des pré-traitements des images Pléiades.

- La Guyane est vue comme un territoire d'expérimentation possible pour le plan d'application satellitaire (**PAS**).
- Même si le comité de programme qui définit le programme d'action du CEREMA s'est déjà réuni, les **CEREMA Sud-Ouest et Normandie** semblent tous deux prêts à soutenir la DEAL Guyane par le développement de démonstrateurs (CEREMA Sud-Ouest) ou pour l'aider à rédiger les cahiers de charges nécessaires à une industrialisation.
- **Le CEREMA Normandie** propose également de réaliser un inventaire complet des données concernant le trait de côte.
- **Le SERTIT** a déjà travaillé sur les inondations du Maroni il y a dix ans. Depuis, son savoir-faire dans la cartographie rapide de crise, l'évaluation des ressources forestières et le suivi des masses d'eau s'est renforcé. Intervenant régulièrement sur la Charte et Copernicus EMS, le SERTIT peut fournir des services (payants) de surveillance d'une zone (fleuve en crue par exemple), avec fourniture de produits directement exploitables dans des SIG.
- **Le CESBIO** pourrait fournir des méthodologies sur plusieurs sujets : hauteur d'eau à l'exutoire, chaîne de traitement pour réaliser une occupation du sol automatique (projet OSO à adapter au contexte guyanais). Il pourra également être un bon relais pour suivre l'évolution des programmes de nouveaux satellites (liens avec le CNES et l'ESA). Il se positionne clairement comme un partenaire scientifique et technique.
- **L'IRD**, à travers SEAS III apportera à la Guyane (et pas spécifiquement à la DEAL) des chaînes de traitement des données acquises par l'antenne, des capacités de stockage (data center de l'université) ainsi que de l'aide pour rédiger des cahiers des charges techniques pour des applications opérationnelles.
- Dans le catalogue de produits **Theia**, plusieurs peuvent concerner la Guyane : hauteur de canopée, biomasse. Il pourrait être intéressant de les évaluer.
- **L'ONERA** travaille au développement de capteurs hyperspectraux. L'observation de l'orpaillage illégal pourrait être un thème intéressant à étudier dans l'avenir (partenariat à mettre en place).

Renforcer la communauté :

Plusieurs actions sont évoquées afin de favoriser la structuration d'une communauté autour de la télédétection spatiale en Guyane, en lien avec les régions et pays alentour : rendu commun des différentes études menées entre 2017 et 2018 (**CNES**), intégration dans la communauté liée au **PAS**. **SEAS III** comprend également un volet animation de la communauté (un poste d'animateur est prévu).

3 La DEAL Guyane

3.1 Les missions de la DEAL

Les missions de la DEAL GUYANE couvrent un grand nombre de thématiques potentiellement éligibles à l'usage de données d'observation de la Terre :

- Connaissance et Stratégies des territoires
 - L'occupation des sols, l'usage des sols et ses dynamiques est une donnée indispensable pour l'élaboration des SAR, SRCE et SCOT. Cette connaissance est construite à partir de données d'observation de la terre.
- Développement durable, énergie et climat
 - Les potentiels en matière de biomasse, solaire et éolien peuvent être élaborés en utilisant de la donnée d'observation de la terre : cartographie et caractérisation de l'espace forestier, élaboration de cadastres solaire et éolien.
- Eau, Fleuves et Littoral
 - Le littoral est un espace dynamique observable par de nombreuses sources satellitaires (trait de côte, plages, mangroves, bancs de sable). Certaines composantes de la loi littorale (constructions) peuvent aussi être surveillées régulièrement avec de l'imagerie haute définition.
 - Les fleuves présentent une importance majeure sur le territoire guyanais tant dans l'expression de phénomènes naturels et anthropiques mais aussi en tant que supports de déplacements. Leur surveillance sur tous ces aspects est un enjeu indispensable.
- Risques, pollutions et déchets
 - La surveillance des installations industrielles et surtout minières peut être soutenue par l'usage intensif de l'observation de la terre.
 - La gestion de crise liée notamment au risque inondation présente des mécanismes de déclenchements d'observation réactive opérationnels.
- Milieux naturels et paysages
 - La connaissance des milieux naturels et paysages, peut être amenée à utiliser des technologies d'observation fines afin de discerner des caractéristiques particulières (typologies forestières, zones humides...)
- Routes, sécurité, transport
 - Dans ce domaine, la connaissance du transport fluvial, ses aménagements et ses contraintes peuvent être surveillées par des technologies d'observation.
- Logement, Urbanisme et Aménagement
 - L'extension des zones urbaines, les constructions licites et illicites sont évidemment des thématiques éligibles à la surveillance régulière par satellite.

3.2 Cartographie des usages et besoins

3.2.1 L'existant

L'existant en matière d'usage de la télédétection et ses moyens peut se scinder en trois axes d'analyse :

1. L'existant à travers les divers projets en partenariat avec d'autres acteurs publics guyanais
2. L'existant en interne à la DEAL
3. L'organisation et les moyens internes à la DEAL

3.2.1.1 L'existant en partenariat

7 projets passés et en cours ont été analysés et font l'objet de fiches en annexe A :

Projet	Partenaire	Commentaire
Suivi de la turbidité des rivières	BRGM	Projet intéressant méritant une mise en place opérationnelle car visant plusieurs objectifs (qualité des eaux et surveillance de l'orpaillage)
Suivi du trait de côte	ODYC	Dispositif opérationnel méritant toutefois une diffusion régulière des informations géographiques produites avec documentation et analyse.
Suivi des Mangroves	ODYC	Études essentiellement scientifiques avec très peu de capitalisation d'informations géographiques.
Suivi des plages	ODYC	Dispositif régulier et ciblé mais avec limite pour exploiter de l'imagerie satellitaire.
Observatoire de l'activité minière	ONF	Dispositif régulier et ancien évoluant en termes de données satellitaires sources disponibles.
Suivi de la déforestation	DAAF/ONF	Dispositif de base utile à l'OAM et autres usages méritant certainement une mise en place plus opérationnelle et multi-acteurs.
Suivi du milieu marin et estuarien	ONEMA/IFREMER	Dispositif mis en œuvre sans suite mais méritant très certainement un développement opérationnel.

Une synthèse de cet existant expose les points significatifs suivants :

- Beaucoup de projets n'adressent qu'une partie scientifique sans vocation opérationnelle identifiée au départ, se concrétisant par un rapport d'étude avec peu de données numériques exploitables capitalisées.
- Les personnes en charge de ces projets ne restent qu'un temps limité en Guyane, freinant les continuités envisageables.

- Certains thèmes sont très proches de la mise en place d'un dispositif de surveillance opérationnel mais n'ont pas abordé cette transition par manque de gouvernance et/ou de moyens humains.

3.2.1.2 L'existant interne à la DEAL

3 projets ont été analysés

Projet	Commentaire
Réalisation de la BD Carthage Guyane	Projet complet et maintenant en phase de maintenance avec une éventuelle évolution par descente d'échelle (BD-TOPAGE) en cours d'analyse.
Inondations Maroni	Exemples d'utilisation de l'imagerie satellitaire d'urgence démontrant la faiblesse des processus.
Suivi des constructions illicites	Dispositif mature et opérationnel bien intégré aux problématiques de la DEAL

Tout comme les projets en partenariat, le bilan démontre une fragilité en termes de continuité de service sur le dispositif de suivi des constructions illicites.

Au-delà des projets analysés, les images acquises par la DEAL sont disponibles en interne et utilisées par quelques utilisateurs informés.

3.2.1.3 Les moyens de la DEAL

La compétence en télédétection est clairement portée par la seule cellule SIG de la DEAL. Au sein de cette cellule de trois personnes, la compétence experte en télédétection repose essentiellement sur le chef d'unité qui est parti. L'administrateur de données, sans être spécialiste de la télédétection, assure les traitements informatiques (réception fichiers, chargement, quelques traitements basiques (NDVI) et diffusion...).

L'usage de la télédétection est aussi intimement lié à l'usage d'outils SIG (QGIS), déployé au sein de la DEAL et peut être aussi un peu sous-utilisé.

Les sessions de sensibilisation menées auprès des services ont montré dans la plupart des cas un besoin très simple de visualisation de données haute-résolution récente. Ce besoin n'est pas satisfait par une difficulté à accéder facilement à la donnée au sein du système d'information interne à la DEAL.

Concernant la mise en place de dispositifs pérennes de surveillance, soit en cours (constructions illicites), soit futurs (voir paragraphe suivant), le pas à franchir est important. Il semble très difficile de faire supporter ces dispositifs par la seule DEAL (moyens humains, matériels et logiciels importants), cependant la **contractualisation de services** est un axe important à creuser dans un proche avenir, s'inscrivant aussi dans les nouveaux « business-model » décrit au § 2.1.4.2.

3.2.2 Les besoins exprimés

3.2.2.1 Mines et carrières

La DEAL a besoin de ciblage des contrôles des exploitations minières licites. Celles-ci sont souvent difficilement accessibles et la DEAL a une responsabilité dans le suivi de ces exploitations ou doit se donner les moyens de rendre un avis juste sur l'état de celles-ci. Ces contrôles peuvent être orientés selon les trois points suivants :

- Il est de la responsabilité de la DEAL de suivre l'état d'avancement des exploitations minières licites : ce suivi peut être effectué en observant la régression de végétation par rapport aux plans d'exploitation de l'opérateur et de l'emprise de son permis. Ce suivi peut parfaitement être effectué sur des images satellites optiques à très haute résolution à condition que l'enneigement permette d'observer le site d'intérêt.
- Il est également de la responsabilité de la DEAL de contrôler que l'exploitant aurifère légal ne remet pas ou peu de sédiments en suspension dans les cours d'eau avoisinant son exploitation. Un dispositif s'appuyant sur les travaux du BRGM pour le suivi de la turbidité pourrait être mis en place.
- Après arrêt d'une exploitation aurifère, il est de la responsabilité de l'exploitant de démontrer que celle-ci est bien revégétalisée. L'usage d'un indice de végétation extrait d'images de télédétection pourrait s'avérer pertinent sur cette problématique mais les exploitants utilisent des clichés pris au sol, à même l'exploitation, qui s'avèrent aujourd'hui tout à fait suffisants.

Dans le domaine des carrières, la DEAL doit pouvoir estimer des cubatures sur des exploitations. L'emploi de la télédétection pour l'estimation de celle-ci n'est pas pertinent : niveau d'information fournie par le satellitaire non suffisant, vol d'avion trop onéreux, drone nécessitant de se déplacer sur site comme une mesure de cubatures « normale ».

Sur la thématique de l'exploration et l'exploitation pétrolière offshore deux besoins ressortent :

- Il est nécessaire de pouvoir détecter une fuite d'exploitation : l'opérateur dispose de dispositifs à même la plateforme pétrolière que la DEAL peut consulter en temps réel. Bien qu'efficace dans la détection d'hydrocarbure sur la surface océanique la télédétection n'est ici pas utilisée.
- Il est nécessaire de pouvoir définir une zone de beachage pour un navire pollueur en perdition : la télédétection pourrait s'inscrire dans une démarche de cartographie de sensibilité des littoraux comme première brique de la définition de cette zone.

3.2.2.2 ICPE

La DEAL a besoin de localiser et monitorer les installations classées pour la protection de l'environnement sur le territoire :

- Les installations déclarées sont parfois difficiles à localiser du fait d'une adresse approximative. Pouvoir observer une installation sur une image et prendre les coordonnées GPS de celle-ci permet de la trouver plus facilement une fois sur le terrain. Une simple image récente de la zone permet de couvrir ce besoin.
- Les installations non déclarées, ayant fait l'objet d'une plainte ou d'un signalement peuvent être localisées de la même façon que les installations déclarées.
- Il est nécessaire de pouvoir suivre l'évolution d'une installation pour évaluer dans quelle mesure il y a de l'activité, si les limites réglementaires sont bien respectées. L'utilisation

de la télédétection peut être envisagée au cas par cas mais s'avérera souvent peu pertinente par rapport au contrôle sur le terrain.

3.2.2.3 Fleuves et littoral

Un premier ensemble de besoins se concentre sur le littoral très dynamique de Guyane :

- Tous les 30 ans les limites du domaine maritime doivent être redéfinies : c'est un gros chantier impliquant les services de l'Etat au-delà de la DEAL. Il s'agit de positionner avec précision la limite entre la mer et les terres. Des orthophotoplans acquis par avion, drones ou satellites peuvent être utilisés dans la mesure où leur qualité géométrique et leur géolocalisation sont suffisantes.
- Les plages sableuses font l'objet d'un cycle d'érosion et d'accrétion très important. Les plages situées en zones urbaines comportent des constructions menacées par le recul du trait de côte et nécessitent de ce fait un suivi. La télédétection, notamment par drone, permet d'obtenir rapidement une vision générale de la plage, et, par acquisitions répétées, les tendances locales à l'érosion ou l'accrétion.
- Le littoral de Guyane est soumis au déplacement d'est en ouest de bancs de vase massifs. Ces bancs de vase, alimentés par les courants et mis en mouvement par la houle, sont d'une part une source de problèmes pour l'aménagement côtier et les accès portuaires et d'autre part le lieu de développement de la mangrove et de toute la biodiversité qu'elle apporte. La connaissance de ce système complexe ne permet pas encore, malgré de nombreuses recherches menées, de modéliser et prédire la morphologie côtière. Il reste donc nécessaire de pouvoir cartographier la côte régulièrement. Avec 350 km de linéaire à couvrir, difficilement accessible qui plus est, la télédétection est un outil parfaitement adapté à cette tâche. La délimitation des mangroves et bancs de vase émergés a déjà été traitée, la délimitation de la partie immergée des bancs de vase reste problématique : les eaux très turbides empêchent de voir le fond, seule l'atténuation de la houle par la vase permet de délimiter l'emprise spatiale des bancs de vase sans pour autant donner une information sur la morphologie sous-marine de ceux-ci.
- Toujours dans l'optique de la compréhension et de la modélisation de la dynamique côtière, la DEAL a besoin de spectre de houle sur la bande côtière comme entrée de modèles de circulation côtière ou de transport sédimentaire. Cette information est produite par les services COPERNICUS à l'aide des satellites Sentinel-2 et Sentinel-3. Un outil doit être développé afin de collecter ces données et les intégrer aux dispositifs existants de modélisation.
- La directive-cadre sur l'eau oblige à la production d'indicateurs de qualité des eaux côtières basé sur la turbidité de celles-ci. Des méthodologies d'extraction de cet indicateur par télédétection spatiale existent et sont en cours d'adaptation aux eaux guyanaises : il est démontré que l'indicateur peut être produit mais il est encore nécessaire d'adapter les valeurs de celui-ci aux eaux extrêmement turbides de Guyane.

Dans le domaine fluvial, les besoins de la DEAL sont tout aussi nombreux :

- Sur le fleuve Maroni la DEAL veut évaluer le trafic fluvial en comptant les pirogues transitant aussi bien transversalement que longitudinalement. Compte tenu des dimensions des embarcations et de leurs matériaux de construction, l'utilisation de données spatiales optiques est tout à fait adaptée. On privilégiera des résolutions inférieures à 2 m et l'on s'appuiera sur l'orientation favorable du Maroni selon les orbites des satellites pour acquérir des bandeaux complets de Saint-Laurent jusqu'à Maripasula voire au-delà. Compte tenu de l'étendue limitée de la zone à surveiller, la photo-interprétation peut s'avérer moins coûteuse que la mise en œuvre d'un algorithme automatique. Des données multispectrales, avec des canaux RGB, doivent également permettre d'identifier les embarcations d'intérêt recouvertes de bâches bleues.

- Les barges d'orpillage œuvrant sur la rive surinamaïse du fleuve Maroni remettent en suspension du sable qui vient s'accumuler à divers endroits du fleuve. Ce déplacement des sédiments perturbe la navigation et la DEAL doit pouvoir positionner dans le temps ces bancs de sable. La télédétection spatiale ou aérienne à très haute résolution permet cela. Elle peut être utilisée en première approche pour orienter une mission sur le terrain afin de délimiter avec précision ceux-ci.
- Les ouvrages permettant la mise à l'eau d'embarcation doivent être cartographiés. Ces ouvrages ou simples aménagements sommaires pouvant être de petites dimensions ou partiellement dissimulés sous la canopée, l'emploi de la télédétection n'est ici pas pertinent. On lui privilégiera la prise de clichés géolocalisés depuis des embarcations parcourant le fleuve.
- Il est aussi d'intérêt pour la DEAL de pouvoir suivre l'érosion des berges des fleuves. Les variations devant être évaluées étant de l'ordre de quelques dizaines de centimètres et les berges se situant bien souvent sous la canopée, l'utilisation de la télédétection n'est pas ici pertinente.

3.2.2.4 Constructions illicites (LCI)

Selon une étude menée par l'agence d'urbanisme et de développement de la Guyane (AUDEG), entre 2001 et 2011 et mise à jour en 2015, l'urbanisation spontanée est un phénomène de grande ampleur qui touche l'ensemble du territoire et qui connaît une croissance de +6% par an sur le périmètre d'étude (9 communes du littoral). Les constructions illicites se retrouvent aussi bien en zones urbaines que rurales dans des zones pas toujours faciles d'accès : flanc de collines, pentes escarpées... Malgré le travail d'investigations mené par la police de l'urbanisme, il est parfois difficile de repérer ces secteurs qui se développent à l'abri d'une végétation parfois très dense et dans des zones éloignées des principaux axes routiers. De plus l'étendue du territoire ne permet aux agents de la police municipale de couvrir toutes les zones susceptibles d'être squattées. L'acquisition d'images satellites et de photos aériennes vient apporter une aide dans le repérage mais également servent à la mise en place d'une stratégie opérationnelle. L'outil télédétection est donc ici adapté à cette thématique et la DEAL a ainsi expérimenté un protocole d'identification des nouvelles constructions et des parcelles défrichées par télédétection satellitaire :

- Le protocole de détections des nouvelles constructions est basé sur un dispositif de photo-interprétation à partir d'images satellites Pléiades. La comparaison de 2 images satellites prises sur le même secteur à 2 dates données permet d'identifier les nouvelles constructions rattachées à une parcelle. La liste des parcelles impactées complétée des images des constructions identifiées est alors transmise au service urbanisme de la commune concernée afin de vérifier l'existence ou pas d'autorisations d'urbanisme sur ces parcelles et donc de pouvoir qualifier la nouvelle construction comme potentiellement illicite. La police de l'urbanisme peut alors par une vérification sur site s'assurer de la légalité ou pas de la construction. Cet outil augmente la réactivité et l'efficacité de la police de l'urbanisme des collectivités qui peut agir sur des secteurs dynamiques pré-identifiés. Ce protocole est dépendant de la disponibilité et du coût de ces images Pléiades.
- Pour l'identification des parcelles défrichées, le protocole s'appuie sur des images provenant des satellites Sentinel-2. Par un traitement des images reçues, il est possible de calculer l'indice de végétation d'une parcelle également à partir de 2 images prises sur le même secteur à 2 dates données. Cet indice de végétation permet de localiser les parcelles qui font l'objet d'un défrichement avant une potentielle occupation ou construction. Ces parcelles sont de même transmises au service urbanisme qui procède de même aux vérifications administratives et sur site.

Pour pallier le manque de logement et donc lutter contre l'habitat illicite, de grands ensembles de logements sont construits. Il est nécessaire de suivre l'évolution de ces chantiers car des habitats illicites s'y développent : les habitants installés de façon illicite devront quoi qu'il se

passer être délogés puis relogés afin que le chantier se termine. Encore une fois le dispositif existant pourrait être étendu notamment en ciblant ces zones de chantier pour prendre en compte ce besoin.

Outre ces besoins spécifiques liés à la lutte contre l'habitat illicite, la DEAL a d'autres besoins liés à l'occupation des sols et l'aménagement du territoire notamment celui d'identifier les dents creuses dans le paysage urbain : des zones sans habitations en pleine zone urbaine qui peuvent permettre de densifier ses dernières. La photo-interprétation d'images optiques spatiales ou aéroportées optiques peut être un moyen efficace d'obtention de cette information.

3.2.2.5 Cellule de gestion de crise

Les crues des fleuves font partie des crises récurrentes en Guyane. La DEAL a besoin de pouvoir délimiter l'enveloppe réelle de la crue aussi bien durant celle-ci qu'a posteriori. Les crues s'étendent en dessous de la canopée rendant difficile voire impossible de visualiser dans l'optique leur étendue. Les moyens radars existants, utilisés en 2006 et 2008 lors des crues du Maroni, ne permettent pas non plus de délimiter l'enveloppe du fait de la canopée. De nouveaux capteurs radar en bande P verront le jour dans un avenir proche (Satellite BIOMASS en 2020). Ces nouveaux capteurs du fait de leur bande de fréquence pénétrant sous la canopée devraient permettre de répondre au besoin de la DEAL.

3.2.2.6 Hydrométrie (CVH)

Au-delà de l'instrumentation sur le terrain, il est d'intérêt pour la DEAL de pouvoir mesurer plus largement la vitesse d'écoulement des fleuves pour la prédiction ou le suivi des crues. L'estimation de la vitesse des courants de surface océaniques est réalisable depuis de nombreuses années à l'aide de capteur radar. Le portage de cette technique dans le domaine fluvial n'est pas encore sorti du domaine de la recherche et la télédétection n'offre aujourd'hui pas de réponse à ce besoin.

3.3 Les thématiques cibles

3.3.1 Le suivi des milieux naturels et aquatiques

Le réseau hydrographique de Guyane est exploité d'une part pour l'alimentation en eau et d'autre part pour la ressource halieutique. La qualité de l'eau est ainsi primordiale mais menacée principalement par l'activité minière : elle met en suspension des sédiments qui peuvent être accompagnés de résidus de polluants comme le mercure. Interdit dans les exploitations aurifères légales, il s'accumule dans la chaîne alimentaire du fleuve jusqu'à empoisonner les populations qui se nourrissent de poissons.

Le suivi de la turbidité par satellite sur l'ensemble du réseau hydrographique est un sujet de recherche porté par le BRGM depuis 2011 pour le compte de la DEAL. Le satellitaire est pertinent de par sa capacité de couverture mais limité du fait de sa résolution spatiale : les cours d'eau de faible largeur ne sont pas visibles. De nombreuses études ont démontré la capacité des capteurs multispectraux à produire une information fiable de turbidité mais l'on peine encore à voir émerger des dispositifs de type station virtuelle dans le domaine opérationnel. La présence de « sauts », les perturbations atmosphériques, les panaches turbides collés à la rive posent encore des difficultés de traitement. La transformation de l'information contenue dans un pixel pour l'exploiter comme une donnée d'un réseau hydrographique modélisé n'est aujourd'hui pas abordée.

La capacité démontrée à développer des algorithmes de quantification de la turbidité sur une large gamme de capteurs rassure quant à la pertinence de l'outil dans la durée. Les résolutions spatiales s'améliorant constamment, la capacité de monitoring du réseau hydrographique de Guyane va augmenter. Un effort pourra être fait sur la limitation des biais du traitement et surtout sur l'exploitation de l'information produite à l'échelle du pixel.

Au-delà de la thématique qualité de l'eau, un dispositif de détection et de suivi de la turbidité aura également un intérêt sur d'autres thématiques de la DEAL :

- Rejets des activités légales d'orpaillages.
- Suivi de panache turbide de polluants d'origine industrielle/accidentelle.
- Lutte contre l'orpaillage illégal. Le PAG exploite notamment les travaux du BRGM sur cette thématique.

3.3.2 La gestion de crise

La Guyane est concernée par plusieurs types de risques qui peuvent avoir des impacts très importants en cas de crise majeure : risques technologiques et de pollution (installations de Kourou, installations portuaires à Cayenne, mines d'or, plateforme pétrolière en mer...), risques inondations (voir crises de 2006 et 2008), remontées salines, glissements de terrain (île de Cayenne), tsunami, sargasses (moins important qu'aux Antilles, mais les sargasses « naissent » au large de la Guyane) et bien sûr, risques sanitaires (pandémies animales ou humaines).

De nombreux dispositifs sont en place, notamment autour des grands établissements industriels, gérés en grande partie par les gestionnaires des sites, mais la télédétection satellitaire pourrait s'avérer utile dans plusieurs cas :

- Inondations : enveloppes des crues, suivi dans le temps, vision avant/pendant/après crise, évaluation rapide des dommages.
- Remontées salines : détection et confirmation
- Pollution de l'eau : détection et confirmation
- Périmètres de dangers en lien avec un accident technologique ou une crise sanitaire

Aujourd'hui, tout reste à faire. Les différents services concernés en DEAL (mais également à la DAAF) ne connaissent pas les mécanismes d'activation de la Charte Espace et Catastrophe Majeure ou des services Copernicus, une situation qui n'est d'ailleurs pas propre à la Guyane (voir entretiens avec la DEAL Guadeloupe et le CNES). La réunion sur ce sujet organisée en Guyane a été l'occasion d'une première présentation orale à quelques services de la DEAL, vivement intéressés et totalement néophytes.

- Une fiche réflexe et une sensibilisation des chefs de service qui peuvent être concernés par des situations de crise seraient certainement bienvenues.
- Un rapprochement de l'ensemble des acteurs de la crise (services de l'État, SDIS, FAG, gendarmerie...) et une sensibilisation sur l'utilité de l'information géographique et spatiale ainsi que sur les ressources disponibles semblent nécessaires.
- Un recensement des couches SIG (dont les couches images) qui peuvent être utiles en cas de crise (voir un poste SIG de crise isolé et autonome) serait également à étudier.
- Enfin, une implication des services géomatiques dans les exercices mondiaux Caribewave pourrait être une bonne occasion de mettre l'information géographique à l'épreuve des crises majeures.

3.3.3 L'occupation des sols

L'occupation du sol est un sujet qui intéresse plusieurs organismes en Guyane :

- L'ONF a fait réaliser une occupation du sol tous les 4 ans de 2001 à 2015 sur la bande littorale (avec remontée sur les fleuves).

- Il existe un projet sur l'occupation du sol transfrontalière avec le WWF auquel l'ONF participe.
- Le PAG a développé sa propre approche sur l'occupation du sol, avec notamment un travail important sur les formations végétales particulières et les habitats, qui devra être intégré dans le projet OCSOLGE.

Certains postes (en milieu urbain notamment) pourront bénéficier des travaux déjà menés en DEAL ou à l'agence d'urbanisme par exemple.

L'imagerie satellitaire sera essentielle dans le suivi de certains postes de nomenclature, même si la BD Ortho en cours d'acquisition formera une bonne partie de la base source (sur la partie couverte).

Le projet d'occupation du sol à grande échelle sera l'occasion de mettre tout le monde autour d'une même table, de comprendre les différentes visions du territoire (l'urbanisation n'est pas vue de la même façon à l'ONF et à la DEAL) et de bâtir un produit ensemble, qui sera forcément un compromis (co-construction).

Elle devra être conçue en cohérence avec les documents déjà existants (Schéma d'aménagement régional, zonages environnementaux, SCOT) et prendre en compte les nombreuses démarches déjà effectuées (parc par exemple).

Elle devra pouvoir servir aux collectivités et EPCI (PLU, SCOT) qui sont aujourd'hui très en retard côté information géographique.

Ses usages en DEAL seront nombreux (service biodiversité par exemple) et devraient également permettre d'identifier les dents creuses, de représenter la densité du bâti...

3.4 Tableau de synthèse

Thème	Sous-Thème	Existant	Besoins	Sources et moyens
Connaissance et Stratégies des territoires	Occupation des sols	Cartographie régulière à partir de photos aériennes et imagerie Spot (2001, 2005, 2008, 2011, 2015). Actualisation en cours.	Besoin d'homogénéiser les nomenclatures et les échelles pour un suivi multi-temporel efficace.	Dispositif récurrent à faible fréquence et externalisé. Le produit THEIA automatique (OSO), plus grossier en termes de résolution pourrait être mis en œuvre mais par des moyens hors DEAL (CNES, CESBIO, IRD ?)
Eau, Fleuves et Littoral	Littoral	Un grand nombre d'études scientifiques sur les bancs de vase, mangroves et plages basé sur une grande gamme de capteurs (du satellite météo au drone)	Besoin de capitalisation et rationalisation de l'information pour un suivi efficace et régulier.	L'ODYC est une structure qui peut porter les dispositifs de capitalisation, voire industrialiser les traitements issus d'études scientifiques.
	Fleuves	Dispositif de mesure de la turbidité à partir de données Sentinel-2 étudié et calibré.	Industrialiser le dispositif	Moyens humains et matériels avec externalisation possible.
Risques, pollutions et déchets	Activité Minière	Dispositif existant depuis plusieurs années avec une fragilité dans sa gouvernance et dans sa fiabilité opérationnelle. Actuellement basé sur de la donnée Sentinel-2	Consolider le dispositif en mutualisant le processus de mesure de la déforestation dans sa forme minimale pour laisser l'exploitation avale par chaque acteur (ONF, DEAL, DAAF)	Moyens humains et matériels avec externalisation possible.
	Autres (ICPE, Déchets...)	RAS	Besoin très simple de visualisation de données haute résolution récente	Simplifier encore l'accès à l'imagerie Pléiades au sein du SI de la DEAL
Routes, sécurité, transport	Transport fluvial	RAS	Besoin de suivi de la navigabilité des fleuves et de sa fréquentation.	Études préalables à mener pour mesurer la faisabilité technique et économique sur la base d'imagerie HR et THR.
Logement, Urbanisme et Aménagement	Constructions illégales	Dispositif mis en œuvre et exploité pendant quelques mois sur la base d'imagerie Pléiades et Sentinel-2.	Besoin de pérenniser le dispositif dont les éléments techniques sont en place.	Moyens humains mais externalisation possible.
	Autres	RAS	Besoin de visualisation et photo-interprétation simple de données THR récentes (usage des parcelles, suivi OIN, suivi des acquisitions)	Simplifier encore l'accès à l'imagerie Pléiades au sein du SI de la DEAL
Gestion de Crise	Inondations	Mise en œuvre des dispositifs en 2006 et 2008	Besoin en termes de pérennisation permanente de la connaissance des dispositifs par plusieurs personnes	Formation et exercices de crise
	Autres	RAS	Besoin de visualisation et photo-interprétation simple de données drones, aériens et THR récentes.	Déclenchement des acquisitions avec des conditions économiques acceptables.

4 Bilan

1 - Sous-utilisation de la télédétection en Guyane, une fausse idée ?

Le cahier des charges ainsi que beaucoup d'éléments de discours, de questionnements évoquent une *sous-utilisation* de l'imagerie satellitaire en Guyane. Mais sous-utilisation par rapport à quoi ? Par rapport à la métropole ? Par rapport au caractère peu praticable du territoire ? Par rapport au gisement de données exploitables ? Par rapport à l'idée que l'on a du potentiel de cette source d'information ?

Rapport territorial

La comparaison avec d'autres territoires est impossible, car la Guyane est le seul territoire ultramarin qui n'est pas une île. La Guyane peut être considérée comme un pays à part entière avec des vraies frontières (et des problématiques associées). Par sa superficie, elle se rapproche d'une grosse région française.

L'étude n'a pas permis de démontrer une sous-utilisation de l'imagerie satellitaire par rapport à la métropole, c'est même le contraire qui a été exposé : L'imagerie Sentinel (1 et 2) est très fortement utilisée à la DEAL, à l'ONF, au PAG, à la DAAF (hors contrôle PAC), le principe de commandes Pléiades via la DSP est bien connu par la DEAL et souvent mis en œuvre. Il n'est pas certain que les régions métropolitaines soient au même niveau d'utilisation. Cette utilisation de l'imagerie satellitaire s'ancre dans des dispositifs opérationnels (DEAL, DAAF, ONF, PAG, OAM) alors qu'en métropole le milieu de la télédétection est surtout dominé par la communauté scientifique avec un grand nombre d'expérimentations et peu de dispositifs opérationnels. L'isolement de la Guyane et les dimensions réduites du territoire sont générateurs d'initiatives locales, initiatives plus difficiles en métropole, notamment dans les services de l'État.

Rapport au caractère peu praticable du territoire

Le territoire de Guyane est principalement couvert de forêts non desservies par des réseaux de pistes, très peu habité mais objet d'incursions et d'activités difficilement détectables (orpaillage). Ce caractère milite pour une utilisation de moyens de surveillances satellitaires (ou aériens) qui remplaceraient l'observation de terrain, une sous-utilisation serait alors invoquée par un désir accru de surveillance. En gros, il n'y a personne sur le terrain, il faut alors déployer beaucoup de surveillance aérienne ou mieux, satellitaire. C'est peut-être cette vision qui a poussé à mettre en place une station de réception, qui se poursuit encore avec SEAS III.

Le constat établi lors de la mission montre une tout autre réalité : Les grands espaces plus ou moins sauvages contrôlés par l'ONF et le PAG sont très bien suivis par des sources Sentinel avec quelques compléments Spot ou Pléiades sur certaines cibles, voire par des vols en avion ou par hélicoptère dans le cadre de la lutte contre l'orpaillage illégal. La couverture Lidar aérien réalisé par l'ONF montre aussi que le terrain et les espèces forestières sont bien reconnus, fournissant un socle référentiel et pérenne qu'aucune donnée satellitaire n'avait pu fournir.

Rapport au gisement de données

Le gisement de données satellitaires considérées est réduit au périmètre *non ou peu commercial*, c'est-à-dire l'imagerie Sentinel, Pléiades et dans une moindre mesure SPOT. Sur ce périmètre, les acteurs guyanais tirent pleinement profit des services mis à disposition. Il n'y a pas de méconnaissance des capacités de ces données par les techniciens. L'arrêt de diffusion de données SPOT 5 via SEAS n'a pas été un choc majeur, remplacé, avec d'une part la formidable source que représente Sentinel-1 et Sentinel-2 (pas de programmation, accès libre et gratuit, bien pris en main malgré sa moins bonne résolution spatiale), et d'autre part, grâce à l'accès quasi gratuit (et gratuit en fait) aux données Pléiades qui est mis en œuvre très régulièrement. Ces deux gammes de résolution offrent une bonne complémentarité et peuvent poser la question de l'utilité de l'accès aux images SPOT6/7 via SEAS III, question d'autant plus importante que le modèle économique permettant d'accéder aux images SPOT6/7 via SEAS III n'est pas encore détaillé à l'heure d'écrire ce rapport.

Rapport à l'idée du potentiel de la donnée satellitaire

Le milieu métropolitain de la télédétection, largement occupé par le monde de l'industrie spatiale et les milieux scientifiques tend à faire penser que beaucoup de choses magnifiques pourront sortir automatiquement des sources d'imagerie satellitaires (cultures, bâtiments, détection de changement, extensions urbaines, etc.). La sous-utilisation invoquée porterait alors sur le fait que pas assez de dispositifs basés sur ces technologies ne sont mis en œuvre en Guyane (ni en métropole d'ailleurs !).

Face à la difficulté à pérenniser des savoir-faire en Guyane (voir paragraphe suivant), il peut être tentant de se tourner vers des processus automatiques et des algorithmes sophistiqués. Malheureusement, c'est un leurre et le développement de l'automatisation ne peut combler les besoins en opérateurs qui sont dans tous les cas indispensables.

L'étude a d'ailleurs montré que la plupart des utilisations effectives de l'imagerie satellitaire relèvent encore de la simple visualisation ou photo-interprétation. Seuls les dispositifs de détection de changement à base de Sentinel-1 pour la déforestation (ONF, DAAF) et Sentinel-2 (DEAL) mettent en œuvre des algorithmes automatiques.

Les expressions de besoins issus des entretiens auprès des services de la DEAL (bancs de sable en rivière, bancs de vases, pirogues sur les fleuves...) semblent pouvoir être satisfaits par des moyens algorithmiques "classiques" et assez matures. Ce qui n'empêche pas d'imaginer de nouveaux services plus automatisés afin de toucher des publics qui n'ont pas été interrogés lors de cette mission

2 - Pérennité des acteurs de la télédétection en Guyane, une vraie question ?

Parmi les acteurs rencontrés, peu ont une vision à moyen et long terme de leur activité et de leur présence en Guyane. Les raisons de cette instabilité sont multiples : contrats à durée déterminée, VSC, stages, mais aussi des titulaires de l'hexagone qui n'envisagent leur séjour en Guyane que sur une durée limitée. La capitalisation de la connaissance est donc difficile à construire dans un tel contexte. Trois démarches de développement et d'enracinement sont à étudier : La stabilisation des postes, l'animation technique multipartenariale et la formation.

Stabilisation des postes

Tout organisme ayant des missions liées au territoire doit tout d'abord se doter d'une cellule d'information géographique pérenne. Ce rôle est indispensable pour faire le lien entre la connaissance des sources de données accessibles (géodata dont les données de télédétection font partie) et les usages et métiers de l'organisme. Le rôle de la cellule SIG est très souvent sous-estimé, rôle éminemment transversal s'articulant entre l'informatique et les métiers. Nous avons constaté une extrême fragilité de ces postes, que ce soit au sein des services de l'État, au sein des organismes publics rencontrés (ONF, PAG), voire dans d'autres organismes non rencontrés au cours de la mission (AUDeG, EPF...). Les collectivités (la collectivité territoriale, les EPCI, les communes) sont presque toutes totalement dépourvues de compétences en géomatique alors que ce sont-elles qui doivent agir sur le territoire.

Animation technique multipartenaires

Presque toutes les régions de métropole se sont dotées d'une structure d'animation régionale de l'information géographique, également porteuse de connaissance sur les ressources satellitaires. Ces structures, baptisées IDG ou IDS (infrastructures de données géographiques ou spatiales) vont très au-delà des plateformes techniques qu'elles opèrent, qui n'en sont que la partie émergée et visible. Leur rôle devient de plus en plus important dans la coproduction de données, le partage de bonnes pratiques, l'achat mutualisé, le développement de solutions logicielles mutualisées, comme en témoignent le CRIGE PACA, GéoBretagne, PIGMA, GeoGrandEst, PPIGE, etc. Ce type de structure manque cruellement à la région guyanaise. Elle doit rassembler le maximum d'acteurs : État, collectivités, organismes publics, organismes scientifiques et acteurs privés, pouvant se matérialiser sous forme d'une simple association, assurant au moins l'engagement d'une personne permanente. Outre son rôle opérationnel de fédération des acteurs, ce type de structure, statutairement de droit privé (association, GIP...), peut être un moyen simple de pérenniser des postes, sous forme de CDI.

Formation

L'Université de Guyane a mis en place un master orienté télédétection pendant une courte période. Cette formation n'a pas été concluante, par manque d'étudiants sur cette niche technologique et scientifique. Mais le besoin essentiel n'est pas dans la formation de scientifiques Bac +5. À ce niveau, des formations existent en nombre en métropole, certaines étant même accessibles à distance (voir ce que fait l'ENSG) ; les besoins guyanais pour occuper des postes pérennes de géomaticien en collectivité (et autres, si possibilité d'embauche dans la fonction publique d'État, ou vers les établissements publics) viseraient plutôt des techniciens Bac +2. Cette formation pourrait être conçue comme un complément, une option aux DUT d'informatique, avec des enseignements sur les données géographiques et satellitaires, sur les logiciels SIG et de gestion de bases de données (QGIS, POSTGIS, R...).

Renforcement et pérennisation des compétences

Il est très difficile pour les agents de l'État de construire des compétences sur le long terme en télédétection. Les seules formations proposées sont à distance et orientées sur la seule manipulation des outils. Par ailleurs, il serait opportun de mieux organiser les transferts de connaissances lors des changements de postes (fins de stage ou de thèse, départ en retraite, changement de titulaire...) et de les anticiper, comme cela se fait dans les grandes entreprises. Une formation continue sur ces sujets (organisation de l'information afin de la pérenniser) serait la bienvenue et des procédures sont à mettre en place.

3 - L'imagerie satellitaire en DEAL, quels développements avec quels moyens ?

Les quatre réunions de sensibilisation à la donnée satellitaire et d'expression des besoins au sein des services de la DEAL ont révélé des niveaux d'appropriation du sujet très variés : une très bonne connaissance et prise en main (pôle LCI), une connaissance déléguée ou partagée avec d'autres organismes (Littoral avec ODYC, Mines & Carrières avec ONF), une connaissance superficielle mais avec de vrais besoins (Fleuves) et une méconnaissance (Crise, suivi ICPE).

S'il est vrai que certaines missions ont des problématiques de surveillance directement attachées à des dispositifs engageant du traitement de données (habitat, forêt), beaucoup de missions se contenteraient d'une simple visualisation d'imagerie récente, mais nécessitant un outillage encore insuffisant.

Surveillance des constructions illicites et défrichements

Le dispositif mis en place par Jordan Ropars (stage ESGT), à base de données Pléiades et Sentinel-2 a été opérationnel pendant un an sur Cayenne. Les collectivités ont pu recevoir les informations sous forme de données numériques et rapports, mais manquent de moyens logiciels et humains (ou de volonté ?) pour agir en conséquence. Ce dispositif doit être maintenu, il nécessite une ressource ciblée dans le temps (essentiellement de la photo-interprétation sur quelques jours une fois par trimestre). Il peut également être externalisé (la DEAL dispose d'un devis de prestation tout à fait raisonnable). Notons que ce dispositif peut tout à fait être transposable à d'autres territoires (métropolitains) confrontés à cette problématique. Un rapprochement avec la DDTM34 dans le cadre de l'AMI national sur l'intelligence artificielle est également envisageable, même s'il ne faut pas en attendre de solution opérationnelle rapide, mais une solution à base d'intelligence artificielle pourrait être envisagée comme une évolution intéressante. Mayotte développe également un projet de suivi du bâti léger avec l'IGN et l'INSEE qui mériterait un rapprochement ou au moins un échange.

Mines & Carrières – Déforestation - Orpaillage légal et illégal

Le thème de la déforestation semble être commun à de multiples partenaires – l'ONF et le PAG pour le suivi des parcelles forestières, l'OAM pour la lutte contre l'orpaillage illégal, la DAAF pour la vérification des engagements de déforestation, la DEAL Mines & Carrières pour le suivi des engagements des parcelles exploitées de manière légale et la DEAL LCI pour l'identification des nouvelles constructions. Si la détection de changement est en soi un besoin commun, l'exploitation de cette donnée est différente selon les missions respectives de chacun. Il serait donc intéressant de mutualiser uniquement la détection de changement (en s'appuyant notamment sur l'algorithme mis en œuvre à la DAAF sur des images Sentinel-1) et distribuer régulièrement cette donnée brute aux différents partenaires. La question est de savoir qui porte l'exploitation du dispositif mutualisé ? Un organisme tiers tel que l'IRD ou la collectivité territoriale ? De plus, cette analyse de changement peut très certainement aussi intéresser d'autres thématiques environnementales (mangroves, fleuves...).

Littoral

Les dynamiques côtières et du trait de côte sont très bien suivies par l'ODYC. Cette association multipartenaire montre que ce type de structure mutualisée, permettant l'emploi d'une personne à plein temps, garantit un suivi et une capitalisation de l'information. Il s'agit cependant encore une fois d'un emploi précaire (VSC), qui doit être renouvelé régulièrement avec les problématiques de vacances temporaires de poste inhérentes. Toutefois, les activités de l'ODYC pourraient monter d'un cran en mettant en place un réel dispositif de suivi

concernant les bancs de vase et mangroves. Le principe d'une cartographie annuelle issue mêlant la méthodologie de la thèse en cours (Noelia Abascall Zorilla) et la méthodologie radar de détection de changement de la DAAF pourrait s'avérer très utile, avec toujours un complément de photo-interprétation sur de l'imagerie optique Sentinel-2.

Littoral maritime

Les informations de type état de mer font défaut sur le littoral guyanais avec la difficulté de maintenir des houlographes. Il existe toutefois plusieurs services opérationnels :

- Le service de prévision météo maritime avec état de mer, houle et hauteurs des vagues de Météo France, information globale sur le tout le littoral.
- Le service Copernicus Marine Service qui offre un grand nombre de produits quotidiens à la maille 0,25°, mais peu précis sur le côtier.

Fleuves

Les fleuves guyanais sont les autoroutes du territoire, méritant une surveillance particulière sur le plan naturel (bancs de sable, rives, bathymétrie, turbidité et pollution) et sur les activités économiques (pirogues, ports). Ce sont aussi des marqueurs de l'activité anthropique avec la modification de la turbidité liée aux exploitations légales et illégales.

La connaissance des rives et bancs de sable est une information importante pour la navigation. Cette information pourrait faire l'objet d'un dispositif de surveillance, basé toujours sur une méthodologie semi-automatique : détection grossière des bancs de sable ou du changement à base d'imagerie Sentinel-1 et 2 (ou Spot), puis photo-interprétation.

La connaissance du trafic de pirogues est actuellement peu maîtrisée (elles ne sont pas dotées d'AIS !). Le comptage à partir d'imagerie satellitaire est un peu complexe à cause d'une part de la résolution nécessaire (imagerie haute résolution, ou radar ?) mais aussi de la contrainte de l'heure de prise de vue.

La turbidité est un marqueur important, elle a fait l'objet de plusieurs études, notamment pour la détection de l'activité d'orpillage. Mais la permanence de l'information n'est pas suffisante, nécessitant une haute fréquence de surveillance (au moins quotidienne). Toutefois, un principe simple de surveillance pourrait être mis en place sur une base Sentinel 1,2.

Moyens logiciels de géographie et image

Les agents de la DEAL sont globalement bien formés au logiciel QGIS et à la manipulation de données géographiques vectorielles. Trois axes d'améliorations ont cependant été identifiés :

- Les dispositifs de surveillance identifiés pourraient être tout simplement externalisés et contractualisés sous la forme de production régulière de données géographiques. Le coût de cette externalisation va très certainement être tiré vers le bas avec d'une part la baisse attendue du prix du « pixel » et d'autre part l'émergence de sociétés spécialisées dans ces services. Un devis a déjà été demandé à SIRS sur la couche habitat illicite qui montre que l'approche mérite vraiment d'être étudiée.
- La mise en place d'un flux image, notamment des images Pléiades afin de satisfaire aisément les besoins simples en visualisation. La manipulation des images reste encore trop lourde. La mise en place de ce flux pourrait être assurée par l'IGN, à travers le Géoportail. Toutes les images acquises via la DSP

devraient être mises à disposition. Elles ne le sont pas actuellement, ni sur le Géoportail, ni sur le service spécial spatial.ign.fr. Mais ce service d'image pourrait aussi être un des services de SEAS III ?

- La rationalisation de la gestion de l'information géographique au sein d'une base de données PostgreSQL/PostGIS, apportant certainement une plus grande efficacité dans la gestion de l'information, mais aussi de la performance d'accès à l'information.
- Un renforcement sur le long terme des compétences POSTGIS et un rôle plus affiché d'animateur pour quelqu'un de l'équipe SIG, au « service des services ».

4 - La station SEAS, quelle place et quel objectif ?

SEAS phase I (2005/2013), SEAS phase II (2014/2018), et SEAS phase III prochainement !

La non-disponibilité de données SPOT sur la phase SEAS II n'a pas provoqué de manque de ressources chez les acteurs opérationnels de la télédétection (DEAL, ONF, DAAF, PAG). En effet, la montée en puissance de Sentinel 1 et 2, et d'autre part la mise en place de la DSP pour Pléiades ont permis d'assurer la continuité de la mission. On pourrait presque dire que la résolution de SPOT, se situant entre les deux capteurs cités ne serait pas utile, sauf peut-être si SPOT est programmé en permanence, à la manière de Sentinel !

La gouvernance de ce dispositif par la CTG et le redémarrage SEAS III avec un nouveau périmètre doit être l'occasion de redéfinir clairement les objectifs, en séparant notamment :

- les objectifs opérationnels (services de l'État, collectivités, organismes publics)
- les objectifs scientifiques (IRD, CNRS, Université, Labex-CEBA, BRGM, etc.)
- les objectifs de gestion de crise

Les moyens humains, matériels et logiciels doivent aussi être dimensionnés en fonction de ces objectifs.

Objectifs et besoins opérationnels

L'étude a bien démontré qu'il existe des thématiques de surveillance multi-acteurs (Urbain, Forêt, Fleuves, Littoral). Il est prévu que SEAS III prenne sa place dans ces processus en prenant en charge certains traitements amonts (acquisition, prétraitements, détection de changement) pour produire l'information brute et à valeur ajoutée, exploitable pour les usages métiers.

Les données Sentinel-2 et SPOT-6/7 pourraient également servir de base à la production régulière d'une mosaïque du territoire à ces deux échelles par l'équipe SEAS, le CESBIO, l'ONF ou autre partenaire dûment et collectivement missionné.

Les mêmes données peuvent également servir de base à la production d'une occupation des sols annuelle implémentant les algorithmes du CESBIO (chaîne IOTA2 - produit type OSO).

Avec cette orientation opérationnelle forte, la gouvernance de la station devra alors impliquer les acteurs pour lesquels la dépendance sera importante (Collectivités, ONF, PAG, DEAL).

Objectifs et besoins scientifiques

La présence active de l'IRD dans SEAS III garantit la continuité de la vocation scientifique de l'équipement. À ce titre, il pourra être intéressant de confronter certains besoins de la DEAL aux travaux scientifiques de l'IRD et de définir, le cas échéant, quelques champs d'investigation communs.

Objectifs et besoin en gestion de crise

Cet aspect est peut-être un des éléments importants en faveur d'un équipement de réception en Guyane. La couverture des îles caraïbes permet ainsi de gagner un temps précieux d'acquisition/traitement d'imagerie SPOT/Pléiades en cas de catastrophe majeure sur tout le secteur. Encore faut-il que la chaîne de post-traitement et les processus établissant les cartographies d'urgence nécessaires, puis diffusant ces cartographies aux acteurs de terrain soient efficaces.

Moyens humains, logiciels et matériels

Le projet SEAS III est dimensionné avec 3 ETP : un chef de projet, un animateur et un développeur. L'équipe pourra être renforcée avec du personnel mis à disposition ou par des missions d'expertise (IRD, Université de Guyane, CNES). Les acteurs rencontrés lors de l'étude (DEAL, DAAF, ONF, PAG) souhaitent que la dimension opérationnelle soit prioritaire dans cette organisation, attendant beaucoup de la CTG sur les rôles, les profils et les missions de l'équipe mise en place. Ils s'inquiètent aussi de la capacité et de la disponibilité des moyens matériels et logiciels mis en place, surtout s'ils doivent remplacer les plateformes actuellement mises en œuvre (ESA/Sentinel et IGN/Pléiades). Il est donc important que le remplacement du "tuyau" Geosud par le "tuyau" SEAS III se fasse sans perturbation des missions opérationnelles de la DEAL et apporte une véritable simplification des moyens d'accès. Dans la mesure où SEAS III ne sera pas opérationnel avant plusieurs mois (équipements, signature des contrats d'acquisition de télémétrie, etc.), la DEAL doit s'assurer qu'elle peut continuer à acquérir des données par les voies actuelles pendant cette phase délicate. Toute rupture, même si c'est pour un service de meilleure qualité, ferait rapidement perdre sa crédibilité au projet SEAS III.

Une fiche de présentation plus détaillée de SEAS phase III et de ses objectifs, rédigée par l'IRD est fournie en annexe 6.5

5 - Offre de services nationale, quels acteurs ? Quels interlocuteurs ?

Des efforts importants ont été entrepris afin de favoriser l'accès aux données satellitaires par les acteurs publics : démarche Geosud, quasi-gratuité des données Pléiades, Open data sur les données Copernicus... Cette première étape importante s'est malheureusement accompagnée d'une multiplication des plateformes d'accès qui ont toutes des conditions d'accès légèrement différentes. Ainsi, plusieurs dispositifs coexistent permettant d'accéder aux données Sentinel, SPOT et Pléiades : Théia-Geosud, CNES (PEPS, programmes Kalideos, ISIS...), IGN (Spatial.ign.fr), site de l'ESA, plateformes de services avals DIAS-Copernicus (images Sentinel-1 et 2)... Même si les acteurs institutionnels concernés ont pris conscience de cette complexité, le travail de simplification sera sans doute long...

Il existe une très sérieuse attente des services de l'État pour une plateforme unique offrant un service de téléchargement de données d'archive et de commandes de programmation, garantissant une véritable continuité de service, essentielle pour toute démarche opérationnelle. La disponibilité d'un service de qualité, performant et simple d'utilisation est un prérequis à la démocratisation de l'usage des données satellitaires. Si la DEAL arrive à commander "facilement" des images via IGN Espace, c'est au prix d'une parfaite connaissance du processus de commande, que toutes les collectivités et services déconcentrés ne maîtrisent pas. Un site *spatial.gouv.fr* cohérent et adressant la communauté des utilisateurs opérationnels (hors scientifiques et R & D) serait la bienvenue.

Le portail DINAMIS en cours de financement et de mise en œuvre pourrait être une réponse, mais sera-t-il à la hauteur des espérances de simplicité attendu ?

6 - Télédétection et gestion de crise, quels processus, quelles données ?

L'imagerie satellitaire est fortement sollicitée lors de catastrophes naturelles pendant la phase d'urgence (sauver des vies) et en phase post-crise pouvant durer plusieurs semaines (mesurer les impacts, suivi de la reconstruction). Il existe plusieurs dispositifs opérationnels : la Charte ouvrant la disponibilité gratuite d'un grand nombre de données satellitaires, les services Copernicus fournissant des cartographies dédiées pour les équipes de secours et pour les services en charge de la mesure d'impact, et enfin les principes collaboratifs de cartographie (HOT - Humanitarian OpenStreetMap Team). Il est impératif que la DEAL connaisse et soit formé à ces processus, l'exemple d'Irma et Maria dans les Antilles est une illustration des dysfonctionnements du dispositif de réponse de l'État.

Toutefois, en plus de ces services se situant au niveau national, européen et international, la DEAL doit aussi bien connaître l'offre d'imagerie pour déclencher éventuellement des compléments de proximité (avion, drone).

7 - Place et rôle de la CTG dans ces dynamiques ?

Pour tous les acteurs rencontrés, la CTG est fortement attendue dans son rôle d'animation de la géographie numérique en Guyane. C'est le rouage nécessaire et obligatoire pour s'articuler entre tous les acteurs publics et privés du territoire. Le service SIG de la CTG est très peu présent et surtout sous-dimensionné par rapport aux enjeux. Comme il est cité précédemment, la création d'une association de type CRIGE, poussée par la Collectivité territoriale est une pièce indispensable au dispositif global. Si le portail représente l'élément visible du dispositif, il doit y être associé une dimension humaine pour porter l'animation nécessaire (rencontres thématiques, rencontres territoriales, formations...). Ce CRIGE doit

aussi être un support aux EPCI et communes, mutualiser des moyens d'accès à la donnée géographique en général.

8 - Satellite versus drone et avion ?

Les trois modalités d'acquisition de données : drone, avion, satellite sont utilisées sur le territoire de Guyane. Chacune de ces modalités occupent un *terrain* en termes de couverture, de résolution, d'altitude d'acquisition, de fréquence d'acquisition, de délai de mise en œuvre... et de coût. À noter que bien que prometteur, l'usage du drone s'avère complexe en raison des limitations techniques (vents), humaines (compétences, brevets) et organisationnelles (réglementation), qui en limitent l'utilisation « en urgence ».

Le domaine satellitaire doit être systématiquement privilégié grâce à son faible coût quand les conditions sont réunies : pas d'urgence absolue d'acquisition – sauf si déclenchement mécanismes ad hoc type Charte ou Copernicus -, résolution métrique ou supérieure (cette limite ayant tendance à diminuer chaque année).

9 - Radar, Lidar, Optique, quels sont les cibles ?

L'étude a permis de bien montrer les usages opérationnels de ces types d'imagerie, qui sont assez distincts.

L'imagerie radar n'a jamais ou très peu été utilisée en tant que support de photo-interprétation, et souvent utilisée dans des traitements complexes pour extraire des caractéristiques liées à la texture du sol ou à sa teneur en eau. Par contre, cette donnée peut être extrêmement utile dans la détection de changement : Il y a quelque chose qui a changé ici mais on ne sait pas quoi !!! En cadrant correctement cette détection de changement pour limiter les fausses détections (filtres, masques), on fournit des cibles pour le travail d'identification du changement qui est postérieur. Ainsi en Guyane, les changements de couvert végétal ou de niveaux des eaux sont très bien détectés par le dispositif Sentinel-1 mis en œuvre.

L'imagerie optique, adaptée à nos yeux, est utilisée par l'opérateur humain pour photo-interpréter des objets ou simplement les voir. La photo-interprétation est une étape incontournable dans les dispositifs de surveillance et de contrôle et totalement liée aux missions opérationnelle (constructions illicites, surfaces exploitées, abattis).

L'imagerie LIDAR qui existe au niveau satellitaire (instrument GLAS du satellite ICESAT-2) avec une très faible résolution, est utilisée pour avoir une estimation de la biomasse du globe terrestre. Mais c'est surtout l'instrument embarqué sur avion qui permet de fournir une référence de terrain inestimable pour la connaissance des espaces forestiers. Le terrain et la forêt équatoriale bougent très peu (bien sûr hors intervention humaine), les campagnes de couverture de la forêt par lidar permettent donc de construire un référentiel durable de terrain et de hauteur des arbres pour l'exploitation forestière

5 Recommandations

A - Recommandations stratégiques et opérationnelles

1. **Sensibiliser à l'importance de la donnée satellitaire au niveau préfecture et de la direction de la DEAL et des services**
 - a. Démontrer que les dispositifs peuvent être simples, tant sur les moyens humains que techniques
 - b. Insister sur l'importance de rôles et profils au sein des services SIG
2. **Capitaliser sur les différentes réflexions en cours sur la télédétection en Guyane, en organisant une rencontre avec rendu des études menées récemment**
 - a. Guyane : Territoire d'études (missions scientifiques M. Noucher, X. Amelot)
 - b. Guyane : Organisation de l'information géographique (Realia)
 - c. Guyane : Vision CNES (mission programmée)
 - d. Guyane : Bientôt une occupation du sol à grande échelle (SIRS/Realia)
 - e. Guyane : Réflexion autour de l'imagerie spatiale (Magellium/Artal/Rouge Vif)
 - f. Une occasion unique d'amorcer une dynamique de coopération et une compréhension globale du contexte guyanais.
3. **Relancer une dynamique autour de l'information géographique régionale sous forme par exemple d'une structure associative**
 - a. Permettre la pérennisation d'un ou deux postes d'animateurs et d'opérateurs, indépendamment des problématiques d'emploi liées aux structures publiques.
 - b. Renforcer le sentiment de communauté sur un territoire isolé et permettre une meilleure connaissance des projets en cours dans les différents organismes (favorisant ainsi l'industrialisation de certains via la mutualisation)
 - c. Mutualiser les compétences en gestion et traitement de données géographiques (dont les données satellitaires)
 - d. S'articuler intelligemment avec l'équipe SEAS afin de trouver une coordination cohérente, tel que c'était prévu en termes d'animation par le STIGG.
 - e. Trouver la gouvernance adéquate pour financer ces postes pérennes qui ne soient pas à 100 % portés par la CTG.
4. **Mener une veille active sur la cartographie contributive et volontaire**
 - a. Évaluer leur intérêt pour travailler sur des thématiques peu portées par les opérateurs nationaux.
 - b. Inciter des agents de la DEAL à participer à ces démarches collaboratives pour consolider certains thèmes comme la toponymie et l'adresse.
 - c. Connaître le vivier afin de pouvoir le mobiliser en cas de crise ou d'action ponctuelle.
 - d. Pourquoi ne pas organiser un Mapathon à plusieurs organismes autour de l'imagerie spatiale afin d'en faire découvrir le potentiel (sensibilisation) ?

B - Recommandations techniques

1. **Faire un recensement exhaustif et récurrent de toutes les images (notamment LIDAR ONF) ayant été acquises sur la Guyane et bancariser l'information dans GeoGuyane. Sélectionner les meilleures images Sentinel et Landsat**
 - a. Cette mission pourrait être effectuée par le CEREMA pour le littoral en s'appuyant sur les métadonnées déjà disponibles sur GeoGuyane + compléments d'enquête (Landsat, Sentinel, mais également autres images connues facilement accessibles)
 - b. Identifier clairement les conditions d'accès
 - c. Organiser des flux pour toutes celles qui sont ouvertes (GeoGuyane, Guyane-SIG, COPERNICUS)

2. **Mutualiser une couche "détection de changement" brute adaptée aux différents usages en lien avec la déforestation**
 - a. en s'appuyant sur la chaîne de traitement développée à la DDAF
 - b. en identifiant un acteur tiers pour exploiter la chaîne
 - c. en mettant en place une gouvernance pour le suivi et l'amélioration du dispositif

3. **Maintenir les opérations de suivi de l'habitat illicite en mode allégé et étudier la possibilité de publier la description physique du bâti sous une forme "neutre"**
 - a. en documentant le processus pour faciliter sa continuité, tenant compte de la fragilité des ressources disponibles.
 - b. en étudiant la publication possible des contours de bâtiments ainsi identifiés sous OpenStreetMap et/ou dans la BD Uni de l'IGN (Ripart)
 - c. en partageant cette action avec d'autres acteurs en métropole (DDT34) qui travaillent sur cette même problématique.

4. **Maintenir la commande régulière d'images Pléiades via Geosud et IGN Espace sur secteurs clés**
 - a. en identifiant un référent en DEAL
 - b. en formant ce référent au contexte particulier des portails d'accès
en l'impliquant dans la démarche SEAS III en cours, afin de s'assurer que les besoins opérationnels de la DEAL seront pris en compte dans la mise en place des services SEAS III

5. Organiser une réunion au démarrage de SEAS III avec l'animateur
 - a. pour établir un planning de démarrage de l'alimentation de la DEAL en données satellitaires en pied d'antenne
 - b. pour confronter les besoins DEAL et les projets scientifiques autour de SEAS et identifier quelques projets communs de POC
 - c. pour évaluer l'apport des images SPOT 6/7 dans les processus déjà en place et dans les besoins exprimés

6. Mettre en place un flux image pour QGIS en DEAL et GeoGuyane et le doubler d'un serveur local (contexte crise)
 - a. depuis le Geoportail IGN qui offre cette API
 - b. depuis SEAS III qui offrira cette API
 - c. depuis Geosud qui en possède les moyens techniques

7. Réaliser une fiche Réflexe sur l'utilisation de l'imagerie satellitaire en cas de crise majeure
 - a. Identification des différents services accessibles (Charte, Copernicus, SERTIT)
 - b. Présentation de la fiche aux différents services et directeurs pour sensibilisation
 - c. Formation avec exercices de simulation

8. Améliorer la connaissance globale des fleuves sur des aspects naturels et anthropiques
 - a. Estimer les coûts d'acquisition de données immersives sur les fleuves
 - b. Expérimenter le suivi de bancs de sables avec données satellitaires
 - c. Expérimenter le comptage de pirogues avec données satellitaires

9. Organiser la pérennisation des connaissances et des compétences (données, organisation) en interne
 - a. Eviter les pertes de connaissances lors des changements de postes
 - b. Faciliter les évolutions de compétences
 - c. Organiser la formation continue en télédétection

6 Annexes

6.1 Annexe A – Fiches projets existants

11 fiches projets sont disponibles sur des fiches séparées :

- BD CARTHAGE
- CONSTRUCTIONS ILLICITES
- DEFORESTATION
- ODYC/MANGROVES
- ODYC/PLAGES
- ODYC/BANCS DE VASE
- ODYC/TRAIT DE CÔTE
- TURBIDITE DES RIVIERES
- MILIEU MARIN ET ESTUARIEN
- INONDATIONS MARONI
- OBSERVATOIRE ACTIVITE MINIERE

6.2 Annexe B - Fiches interviews menées depuis la métropole

13 Fiches interviews sont disponibles sur des fiches séparées (*documents non publiés*)

- CEREMA Normandie
- CEREMA Sud-Ouest
- CESBIO
- CNES / Aurélie SAND
- CNES/ Hélène DE BOISSEZON
- CNRS/LABORATOIRE PASSAGES
- DEAL GUADELOUPE
- DEAL MARTINIQUE
- IGN ESPACE
- IRD
- MTES/CGDD

- ONERA
- SERTIT

6.3 Annexe C - Fiches Entretiens Guyane

4 fiches entretiens sont disponibles sur des fiches séparées, **(documents non publiés)**

- ONF SIG et R & D
- PAG
- IRD / CTG / SEAS / Direction
- DAAF

6.4 Annexe D - Fiches Réunions DEAL

4 fiches compte-rendu de réunion sont disponibles sur des fiches séparées, **(documents non publiés)**

- FLEUVES ET LITTORAL
- AMENAGEMENT -URBANISME
- RISQUES
- MINES ET CARRIERES

6.5 Annexe E – Présentation de SEAS III par l'IRD