

# **SONDAGE auprès de la communauté scientifique française sur l'intérêt d'une mission hyperspectrale spatiale HYPXIM**

## **Auteurs**

BRIOTTET Xavier (ONERA-DOTA)  
CARRERE Véronique (LPGN)  
MARION Rodolphe (CEA-DAM)  
JACQUEMOUD Stéphane (Université Paris Diderot - IPGP)  
WEBER Christiane (LIVE)  
SHEEREN David (INP-ENSAT)  
CHAMI Malik (LOV)  
MINGHELLI-ROMAN Audrey (LSIS)  
FOUCHER Pierre-Yves (ONERA-DOTA)

Le 10 octobre 2013

## 1. Contexte

Dans le cadre de la Revue de Mission (RDM) de l'avant-projet HYPXIM, le Comité Directeur de la revue<sup>1</sup> a pris en compte les difficultés pour établir des priorités entre les différents thèmes de la mission scientifique, ce qui peut impliquer un risque de surdimensionnement du système spatial. Il a de ce fait recommandé la mise en place et la structuration d'une communauté scientifique utilisatrice afin d'établir les priorités scientifiques et de les consolider. Ce sont ces priorités scientifiques qui doivent servir au dimensionnement du « juste besoin » du système spatial, en s'assurant que les spécifications sont compatibles avec une mission à caractère duale.

Un plan d'activité basé sur des modélisations et des simulations de scènes doit être mis en place en début de phase A (sur le modèle des ETS réalisées en phase 0) afin d'aider, sur une base expérimentale, le Groupe de Mission Scientifique à établir et consolider ses priorités. Cette hiérarchisation est indispensable au dimensionnement du juste besoin du système. Une plus grande concertation avec le TOSCA est déclarée souhaitable par ailleurs.

Dès novembre 2012, dans le cadre de la phase A<sup>2</sup>, le CNES a mis en place un Groupe de Mission Scientifique (GMS) avec pour mission :

- de répertorier et de structurer la communauté des utilisateurs dans cinq thématiques principales : géosciences, écosystèmes urbains, végétation, milieux littoraux et côtiers, atmosphère ;
- d'identifier les sujets de recherche prioritaires en spectro-imagerie pour chaque thème ;
- de proposer, par sujet de recherche prioritaire, une expérimentation (problématique scientifique, équipe de recherche et site expérimental) afin d'établir le plan d'activité des ETS-Civil<sup>3</sup> complémentairement au CdR HYPEX dirigé par la DGA pour la thématique Défense ;
- d'identifier les axes de développement algorithmique indispensables pour l'exploitation des données (unmixing, fusion, extraction de paramètres bio-physiques, classifications, etc.).

Les sondages auprès de la communauté scientifique ont été réalisés dans ce cadre. Après le gel de la phase A (Juin 2013), le GMS a poursuivi ce travail en vue du séminaire de Prospective Scientifique du CNES qui se tiendra à La Rochelle en mars 2014.

## 2. Introduction

Cette enquête avait pour but d'identifier les utilisateurs potentiels de l'instrument HYPXIM dans la communauté scientifique française et de connaître les raisons de leur intérêt pour l'utilisation de données hyperspectrales spatiales dans les thématiques suivantes :

- Géosciences
- Ecosystèmes urbains
- Végétation
- Milieux littoraux et côtiers
- Atmosphère

La thématique "Cryosphère" a été intégrée tardivement dans le projet ce qui explique l'absence de sondage.

---

<sup>1</sup> Composition du Comité Directeur de la RDM HYPXIM : Direction du CNES, DGA, EMA et CEA

<sup>2</sup> Le gel de la phase A HYPXIM a été décidé en juin 2013 pour des raisons budgétaires

<sup>3</sup> ETS : Etudes Thématique Système : rebouclage étroit entre le besoin et le système via des modèles et des simulations d'images, afin de consolider les spécifications

Le groupe mission HYPXIM dont l'organisation est rappelée dans la Figure 1 est à l'initiative de ces sondages,

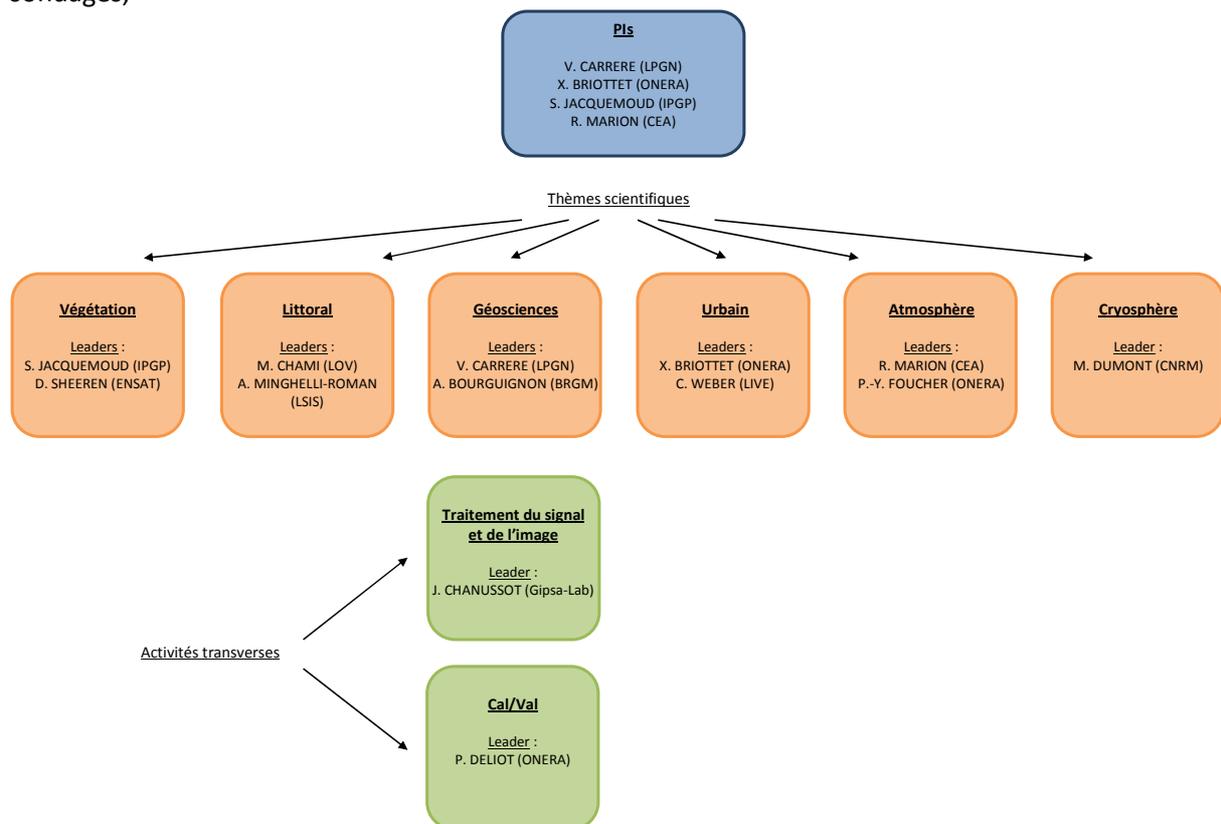


Figure 1 - Organigramme du Groupe Mission HYPXIM (mars 2013)

### 3. Méthode

La méthode a consisté à envoyer aux utilisateurs potentiels un email les invitant à répondre à un sondage spécifique à chaque thématique. Les résultats sont présentés ci-dessous par thématique.

Nous avons interrogé les laboratoires et organismes concernés par chaque thématique soit directement par connaissance, soit en utilisant le listing mis à jour régulièrement par le Groupe Hyperspectral de la SFTP, soit par l'intermédiaire de listes d'adresses fournies par le comité TOSCA (responsable des groupes Terre solide et Surfaces continentales), le Réseau télédétection de l'INRA, le GdR MAGIS (géomatique), etc. Ces sondages, restreints à la communauté française, ont été réalisés par thématique courant 2013. Ceci explique les différences qui peuvent être relevées dans les questions posées. Pour des questions à choix multiples, plusieurs réponses étaient possibles.

**Tableau 1 – Principales caractéristiques du sondage par thématique**

Thématique	Responsable(s)	Site internet du sondage	Nombre de réponses	Intérêt pour la mission HYPXIM
<b>Géosciences</b>	V. Carrère (LPGN)	<a href="http://soorvey.com/?s=8DAXIRNQYLI">http://soorvey.com/?s=8DAXIRNQYLI</a>	19	19
<b>Ecosystèmes urbains</b>	C. Weber (LIVE) & X. Briottet (ONERA)	<a href="http://soorvey.com/?s=8CFNQYLIRNQQ">http://soorvey.com/?s=8CFNQYLIRNQQ</a>	45	44
<b>Végétation</b>	S. Jacquemoud (IPGP) & D. Sheeren (DYNAFOR)	<a href="http://soorvey.com/?s=66AKYLIRNQQY">http://soorvey.com/?s=66AKYLIRNQQY</a>	48	47
<b>Milieux littoraux et côtiers</b>	A. Minghelli-Roman (LSIS) & M. Chami (LOV)	Sondage par retour de mail	50	50
<b>Atmosphère</b>	R. Marion (CEA) & PY Foucher (ONERA)	<a href="http://soorvey.com/?s=94BKYLIRNQQYL">http://soorvey.com/?s=94BKYLIRNQQYL</a>	14	12

#### 4. Thème Géosciences

Les résultats affichés sont ceux au 05/09/2013.

##### Liste des participants au sondage

- **Laboratoires** : ENS Lyon, UMR 5563 GET, BRGM, EA 3795 GEGENA, U. Grenoble, UMR 5243 Géosciences Montpellier, UMR LISAH, UMR 6112 LPG Nantes, UMR 8148 IDES, UMR 8217 Geosystèmes, INRA Grignon, Agrocampus Rennes, CIRAD, UMR 5638 IUEM
- **Industriels** : TOTAL, Areva Mines

##### Intérêt par catégorie thématique :

- Cartographie géologique : 68,4% (13/19)
- Propriétés physiques des surfaces : 57,9% (11/19)
- Information subpixelaire, mélanges : 47,4% (9/19)
- Identification et quantification de marqueurs de dégradation des sols : 42,1% (8/19)
- Risques naturels : 42,1% (8/19)
- Propriétés pérennes des sols : 36,8% (7/19)
- Propriétés chimiques des surfaces : 36,8% (7/19)
- Identification et quantification de marqueurs de contamination des sols : 26,3% (5/19)

##### Expérience en imagerie hyperspectrale : 13/19

- **Capteurs utilisés**: spectroradiomètres de terrain, caméras aéroportées (HySpex, CASI, AISA-Dual, HyMAP, GERIS), satellites (Hyperion), sondes spatiales (OMEGA/Mars Express, VIMS/Cassini, CRISM/MRO, M3).
- **Sites d'étude** :
  - **France** : plaine de Versailles, Ouarville (Beauce), bassin versant de La Peyne (Languedoc-Roussillon), Cévennes, parcelles agricoles en Bretagne, Z.A. de Pleine Fougères (Nantes), région de Nîmes, La Réunion, Guyane, Nouvelle Calédonie
  - **Etranger** : Finlande, bassin versant du Lebna (Tunisie), ophiolites d'Oman, bassins endoréiques (Australie), bassins gréseux (Niger), mine de São Domingo (Portugal), région de Rehoboth (Namibie), mine de Sokolov (République Tchèque), bassin minier du Mpumalanga (Afrique du Sud), Maroc, Madagascar, Minesotta (U.S.A.), Indonésie
  - **Autres** : Mars (Valles Marineris, ...), Lune, Titan
- **Outils utilisés** : logiciels de traitement des données / statistiques / chémométrie (R, Matlab, IDL), logiciels de traitement d'images / SIG (ENVI, ArcGIS, TSG), développements spécifiques en C, CUDA, modèles de transfert radiatif

## 5. Thème Ecosystèmes urbains

Les résultats affichés sont ceux au 30/09/2013.

### Liste des participants au sondage

- **Laboratoires** : IGN-MATIS, ONERA, UMR 7293 J.L. Lagrange, GIPSA-Lab, UMR 7583 LISA, Carnegie Institution for Science, UMR 8190 LATMOS, Institut Polytechnique de Grenoble, UMR 5277 IRAP, INRIA-AYIN, INRIA-SAM, UMR 7300 ESPACE, UMR 5600 EVS, UMR 5505 IRIT, ENSEEIHT, LGA-ENSG, UMR 6590 ESO, EA 4592 Géoressources et environnement, UMR 6306 LE2I, IRD, UMR 5126 CESBIO, UMR 3329 AUSser, UMR 5564 LTHE, UMR 5183 LGGE, IRSTEA, UMR 5608 TRACES, SERTIT, UMR 7357 ICube, IRD, UMR 5602 GEODE, UMR 8539 LMD, LIVE
- **Industriels / Institutionnels** : CS Communications & Systèmes, Thales Alenia Space, Aerodata France, VisioTerra, DGA-MI

### Intérêt par catégorie thématique :

- o Développement urbain et planification : 43,2% (19/44)
- o Risques et estimation de la vulnérabilité : 43,2% (19/44)
- o Biodiversité végétale : 40,9% (18/44)
- o Estimation de l'extension urbaine : 38,6% (17/44)
- o Climatologie urbaine : 29,5% (13/44)
- o Santé publique : 18,2% (8/44)
- Autres thématiques mentionnées :
  - Caractérisation des nappes d'hydrocarbure, pollution atmosphérique par les aérosols,
  - Classification urbaine, détection de changement,
  - Caractérisation de la végétation,
  - Validation des méthodes de traitement de données,
  - Applications défense, traficabilité, détection de cibles,
  - Indicateurs morpho-sociaux, identification des bâtis et matériaux,
  - Artificialisation des surfaces,
  - Structures spatiales et dynamiques temporelles des systèmes fluviaux anthropisés,
  - Impact de l'urbanisation sur les milieux littoraux,
  - Suivi de la cryosphère,
  - Spectroscopie des sols nus, cadastre d'émissions.

### Expérience en imagerie hyperspectrale : 31/44

- **Capteurs** utilisés: bases de données hyperspectrales (USGS), spectroradiomètres de terrain (ASD), caméras aéroportées (HySpex, Rosis, AVIRIS, AHS, CASI, DAIS, HYMAP, Hypercam Telops), satellites (Hyperion, CHRIS, Meris, MODIS), simulations HYPXIM à partir de données aéroportées
- **Autres types de données spatiales utilisés** : Pléiades, IASI, Worldview, IKONOS, GeoEye, DMSP, Kompsat, Geoeye, Orbiew, Landsat, Hyperion, SPOT, spot5, Quickbird, RapidEye, GOME-2, GOSAT), images synthétiques produites à partir de données aéroportées ou de modèles
- **Sites d'étude** :
  - **France** : Toulouse, Amiens
  - **Etranger** : Pavie (Italie)
- **Outils** : logiciels de traitement des données / statistiques / chémométrie (R, Matlab neural networks toolbox), logiciels de traitement d'images / SIG (ENVI, ERDAS, VisioTerra, ILWIS, TRIOS), logiciels développés en interne à l'INRIA (SVM, classification, morphologie mathématique, Galderma) ou au CESBIO (DART), outils maison développés en C++

### Commentaires supplémentaires

- Difficulté de diffuser des données hyperspectrales fournies par des industriels français ou étrangers du fait de clause spécifique dans les contrats de recherche

- Absence de données opérationnelles nuisant profondément à la R&D et à la promotion du domaine auprès des institutions et clients potentiels qui hésitent à investir pour des capteurs inexistant
- Intérêt atmosphérique pour l'étude de la qualité de l'air limité à l'observation des aérosols dans le visible. Des méthodes de restitution de l'épaisseur optique des aérosols dans l'infrarouge et l'UV sont en cours de développement au LISA.
- Revisite de 3 jours maximum insuffisante pour étudier l'atmosphère des milieux urbains. Une orbite géostationnaire serait plus adaptée pour les études de qualité de l'air et/ou Gaz à effet de serre avec la possibilité de moyennner les mesures.
- Mission Lidar : COOL, pour caractériser les biomasses continentales et marines. Intérêt d'associer un spectroimageur hyperspectral à un Lidar.

## 6. Thème Végétation

Les résultats montrés sont ceux au 28/05/2013.

### Liste des participants au sondage

- **Laboratoires** : UMR 8586 PRODIG, UMR 5126 CESBIO, UMR TETIS, IGN-MATIS, UMR AMAP, Espace-Dev, UR 1263 EPHYSE, UMR 1114 EMMAH, UMR 7362 LIVE, UMR 6554 LETG, UMR 1201 DYNAFOR, UMR LISAH, UMR 7533 LADYSS, UMR 5602 GEODE, UMR 5600 EVS, EA 4477 TVES, IRD, CIRAD, UMR 7357 ICube, UMR EGC, UMR 8212 LSCE, UE DIASCOPE, UMR 5133 Archéorient, Observatoire de Haute Provence, UR P3F, U. Utrecht
- **Industriels / Institutionnels** : CETIOM

### Intérêt par catégorie thématique :

- Identification d'espèces arborées (biodiversité végétale) : 37,5% (18/48)
- Estimation de paramètres biochimiques : 35,4% (17/48)
- Suivi de la phénologie : 29,2% (14/48)
- Suivi de l'état sanitaire (mortalité, maladies...) : 27,1% (13/48)
- Identification d'espèces herbacées : 22,9% (11/48)
- Identification d'espèces exotiques invasives : 12,5% (6/48)
- Autres thématiques mentionnées :
  - Teneur en eau et état de dessiccation de la végétation pour l'évaluation du risque d'incendie,
  - Identification d'associations culturelles,
  - Identification de zones humides,
  - Identification de l'impact de pratiques agricoles sur les prairies, niveau de sénescence,
  - Végétation en milieu urbain,
  - Variation de la teneur en eau des sols.

### Expérience en imagerie hyperspectrale : 23/48

- **Capteurs utilisés** : spectroradiomètres de terrain (ASD), caméras aéroportées (CASI, MIVIS, Hymap, Hypspec, SEBASS, AVIRIS, AHS, AIS, Apex, DAIS, AISA-DUAL), satellites (Hyperion, Chris/Proba)
- **Sites d'étude** :
  - **France** : littoral atlantique (baie de Bourgneuf), Gard, Crau, Bassin versant de la Peyne (Hérault), Strasbourg, Pezenas
  - **Etranger** : Sénégal, Indonésie, Hawaii, Pérou, Panama, Tunisie, Guadelantín (Espagne), sites ESA
- **Outils** : logiciels de traitement des données / statistiques / chémométrie (R, Matlab, IDL), logiciels de traitement d'images / SIG (ENVI, Idrisi, GeolImage, Grass, BEAM)

## 7. Thème Milieux littoraux et côtiers

Les résultats montrés sont ceux au 26/03/2013.

### Liste des participants au sondage

- **Laboratoires** : UMR 5805 EPOC, Ifremer, IRD, IRSN, UMR 5566 LEGOS, UMR 7159 LOCEAN, UMR 8187 LOG, UMR 7093 LOV, UMR 7296 LSIS, UMR 7294 MIO, MUMM (Belgique), U. Brest, U. Nantes

### Intérêt par catégorie thématique :

- Rejets fluviaux : 61.0%
- Groupes d'algues planctoniques : 53.6%
- Espèces nuisibles : 50%
- Fonds marins : 46.3%
- Filaments de phytoplancton : 36.6%
- Bathymétrie : 31.7%
- Eutrophisation : 19.5%
- Autres thématiques mentionnées
  - Transport et flux de sédiments,
  - Bloom macro-algues,
  - Productivité benthique,
  - Microphytobentos,
  - Zone intertidale,
  - Herbiers,
  - Milieu dunaire côtier,
  - Faciès sédimentaires,
  - Matière organique dissoute colorée.

### Bilan statistique

- **75%** des personnes contactées ont répondu et montré un enthousiasme réel pour le projet.
- **87.9%** des personnes qui ont répondu acceptent de faire partie de la communauté des utilisateurs identifiés du futur capteur HYPXIM
- **39.0%** des personnes qui ont répondu proposent d'étudier les images du capteur hyperspectral aéroporté sur le Golfe du Lion/Côte bleue

## 8. Thème Atmosphère

Les résultats affichés sont ceux au 10/10/2013.

### Liste des participants au sondage

- **Laboratoires** : LMD, LISA UMR 7583, LSCE, LSPE UMR 6134, Gipsa-Lab, LPCA, LPC2E UMR 7328, ONERA
- **Industriels / Institutionnels** : Air PACA, CEA-DAM, NOVELTIS

### Intérêt par catégorie thématique :

- Pollutions atmosphériques d'origine anthropique : 29,4% (10/34)
- Feux de végétation (panaches, hot spots, zones brûlées, risques d'incendies...) : 20,6% (7/34)
- Volcans (panaches, dégazages passifs, coulées...) : 17,6% (6/34)
- Mesure d'altitude des aérosols : 14,7% (5/34)
- Autres phénomènes locaux de surfaces (sources de CH<sub>4</sub>, puits de CO<sub>2</sub>...) : 11,8% (4/34)
- Interactions nuages-aérosols : 5,9% (2/34)
- Autres thématiques : 8,8% (3/34)

### **Expérience en imagerie hyperspectrale : 5/14**

- **Capteurs utilisés** : AVIRIS, HYMAP, CASI, AHS, SEBASS, HYPERION, Hypspx, Telops, TASI
- **Autres types de données spatiales utilisés** : GOME, Sciamachy, MUSE, IASI, IASI-NG, MTG-IRS, MicroCarb, GOSATSentinel4 et 5, CALIPSO, MODIS, AIRS, MLS, OMI, OSIRIS, MetOp-A, ACE-FTS du satellite Scisat-1, MIPAS
- **Sites d'étude** : volcans Merapi (Indonésie) et Eyjafjallajokull (Islande), sites industriels, sites urbains, sites pollués
- **Outils** : logiciels de traitement d'image, ENVI/IDL, ATCOR, FLAASH, QUAC, méthodes bayésiennes non paramétriques, codes de transfert radiatif (ULB-LATMOS, MODTRAN, 4A)

### **Commentaires supplémentaires**

- Sur les aspects composition atmosphérique (gaz), la résolution spectrale de la mission est trop faible pour identifier correctement les raies d'absorption et donc pour pouvoir faire une estimation fiable des concentrations. Aujourd'hui, je pense qu'il y a peu d'information dans l'hyper-spectral qui ne soit pas contenu dans les mesures multi-spectrales de type MODIS.
- Il est vraiment dommage que le SO<sub>2</sub> ne puisse pas être détecté avec HYPXIM sachant que c'est un marqueur volcanique qui permet de s'assurer sans ambiguïté qu'on détecte le panache volcanique.
- Après 10 ans d'étude de l'incendie de végétation à l'échelle 1, peu d'études portent sur la production de données empiriques (et donc de lois qui en procèdent) pour des feux de plusieurs milliers d'ha. Il est donc opportun (pour ne pas dire urgent) de développer en relation avec les sciences de l'ingénieur des programmes de télédétection hautement résolue orientés vers les propriétés cinématiques mais aussi (et surtout) thermodynamiques du feu. Si les simulations atmosphériques existent à ce jour, aucune donnée ne les corrobore voire ne permet de guider leur développement futur. Or, au sein du GdR Incendie, cette thématique n'existe pas.
- HYPXIM pourrait permettre de faire le lien avec les aérosols qui peuvent jouer le rôle de sites de nucléation.
- L'intérêt majeur de la mission est l'extension de l'échelle spatiale de détection (apport en résolution spatiale) qui va permettre une meilleure localisation.
- Etude du dégazage volcanique de plus faible magnitude, tel que le dégazage passif (hors éruption). Etude des processus de transformation d'espèces chimiques (gaz/aérosols) réactives au sein du panache volcanique, nécessitant des mesures à haute résolution spatiale. Interaction aérosols volcaniques/nuages.
- Support (ou source d'information principale) pour le développement d'applications et de services aval. Caractérisation fine échelle de conditions de surface pour l'exploitation de sondeurs atmosphériques.

## **9. Conclusion**

Plus de 90 équipes de recherches ont marqué un réel intérêt à la mission spatiale HYPXIM. Cela représente une communauté scientifique nationale importante et mobilisée mais dispersée.

Les thématiques "Végétation", "Ecosystèmes urbains" et "Milieux littoraux et côtiers" ont reçu plus de 40 réponses favorables. Le nombre plus faible de réponses dans la thématique "Géosciences" provient pour partie de réponses collectées au nom d'une équipe ou d'un laboratoire. La communauté "Atmosphère" est moins mobilisée derrière cette mission (14 réponses, certaines collectives), même si la haute résolution spatiale semble présenter un intérêt pour développer des axes originaux de recherche (pollutions industrielles, feux, volcans...).

**Pour la thématique "Géosciences"**, les applications les plus citées sont la cartographie géologique (68,4%) et les propriétés physiques des surfaces (57,9%). Un intérêt marqué pour la recherche

d'information subpixelaire est à noter (47,4%). Cette communauté est déjà bien organisée dans le sens où elle dispose de jeux de données, d'outils et de sites d'études.

**Pour la thématique "Ecosystèmes urbains"**, les applications les plus citées sont le développement et la planification urbaine (43,2%), l'estimation de l'extension urbaine (38,6%), les risques et l'estimation de la vulnérabilité (43,2%), la climatologie urbaine (29,5%) et la biodiversité végétale (40,9%). Cette communauté, bien que plus diffuse en terme d'applications, dispose de jeux de données, d'outils et de sites d'études.

**Pour la thématique "Végétation"**, les applications les plus citées sont l'identification des espèces arborées (37,5%), l'estimation de paramètres biochimiques (35,5%), le suivi de la phénologie (29%), le suivi de l'état sanitaire (mortalité, maladies...) (27%) et l'identification d'espèces herbacées (23%). Cette communauté, bien que plus diffuse en terme d'applications, dispose de jeux de données, d'outils et de sites d'études. Le principal manque provient de données sur les zones de forêt tropicales où se trouve aujourd'hui la plus grande biodiversité végétale.

**Pour la thématique "Milieux littoraux et côtiers"**, les applications les plus citées sont l'étude des rejets fluviaux (61%), des groupes d'algues planctoniques (53,6%), des espèces nuisibles (50%), des fonds marins (46,3%), des filaments de phytoplancton (36,6%), et de la bathymétrie (31,7%).

**Pour la thématique "Atmosphère"**, les applications les plus citées sont les pollutions atmosphériques d'origine anthropique (29,4%), les feux de végétation (20,6%), les volcans (17,6%).

On peut en outre relever que les propositions soumises au comité TOSCA en 2012 et 2013 sont dans les applications majeures mises en évidence par ce sondage.

En particulier pour l'année 2012, le projet " Mission HYPXIM : apport de la résolution spatiale de la mission HYPXIM pour l'étude des propriétés pérennes des sols et de leur humidité de surface" porté par l'ONERA, le LISAH et le CESBIO et d'une durée de 2 ans doit apporter des réponses pour l'étude des propriétés physiques des sols dans la thématique "Géosciences". Celle-ci est complétée par la proposition soumise en 2013 par le LISAH (évaluée A) intitulée "**MiHySpecSol** - Mission HYPXIM : Impact de la résolution **Spectrale** pour la cartographie des propriétés pérennes des **Sols** en milieu Méditerranéen".

En 2013, trois autres propositions ont été soumises. La première, **HYPERCORAL**, vise à évaluer les différentes techniques de télédétection multispectrale et hyperspectrales afin de construire une cartographie de récifs coralliens en prévision des capteurs hyperspectraux de nouvelle génération comme HYPXIM. Ce projet (évalué A) est porté par l'UBO, l'Ifremer, le LETG, le LPGN, l'ECOMAR et l'IRD. Cette activité se retrouve dans l'étude des fonds marins. La proposition "**HYPER-TROPIK** : consolidation de la mission hyperspectrale HYPXIM pour la thématique « Biodiversité des Forêts Tropicales »" (évaluée B), impliquant l'IRSTEA, le CESBIO, le CIRAD, l'IRD, l'ONERA et le GIPSA-Lab rentre dans la thématique biodiversité végétale. Enfin la dernière proposition "**URBHYP** - Spécifications de la thématique Ecosystèmes urbains pour la mission HYPXIM" (évaluée B) a pour objectif la planification urbaine et l'étude de la biodiversité urbaine deux thématiques importantes mises en évidence par ce sondage. Cette dernière implique le LIVE, l'ONERA, l'IGN-MATIS et le CEMOTEV.

Ces cinq propositions TOSCA mettent bien en évidence les axes prioritaires en cohérence avec les résultats des sondages. De nouvelles propositions sont en train d'émerger et seront soumises au TOSCA en 2014.

Il est cependant indispensable de garder la cohérence d'ensemble, ce qui n'est possible que si la communauté travaille en synergie et soudée autour d'un projet fédérateur comme HYPXIM.

### **Besoin des utilisateurs potentiels HYPXIM**

HYPXIM est un projet de mission spatiale hyperspectrale à haute résolution dont les spécifications techniques visent à couvrir différentes thématiques : écosystèmes terrestres et végétation naturelle,

écosystèmes aquatiques côtiers et lacustres, milieu urbain, géosciences, atmosphère, cryosphère. La faisabilité d'une telle mission a été démontrée par une étude de phase 0.

Les principales spécifications de la mission HYPXIM sont les suivantes :

- Résolution spatiale en mode hyperspectral (HX): 8m
- Résolution spatiale en panchromatique (PAN): 1,85m
- Domaine spectral: 0,4 - 2.5 $\mu$ m (VIS-to-SWIR)
- Résolution spectrale: 10 nm
- Qualité Image : le rapport signal/bruit (SNR) à la luminance moyenne (L2) varie spectralement ; 250:1 (VIS); 208:1(NIR) et 133:1 (SWIR);
- Champ: 16kmx16km
- Période de revisite : dépend de l'angle de prise de vue, soit entre 19 jours (nadir) et 3 jours (+/-35°).

Ce questionnaire a pour objectif de mieux identifier les besoins des utilisateurs potentiels sur le volet GEOSCIENCES, dans le cadre de la préparation du séminaire de prospectives du CNES qui aura lieu en Mars 2014.

- 1. Sur quelle(s) thématique(s) travaillez-vous ?
- 2. Avez-vous un intérêt pour la mission spatiale hyperspectrale HYPXIM?

Oui

Non

- 3. Quelles seraient les applications potentielles relatives à la thématique GEOSCIENCES pour lesquelles HYPXIM vous serait utile ?

Cartographie géologique

Identification et quantification de marqueurs de contamination des sols

Identification et quantification de marqueurs de dégradation des sols

Propriétés pérennes des sols (humidité, granulométrie, contenu en C, ...)

Risques naturels

Information subpixellaire, mélanges

Propriétés physiques des surfaces (rugosité, granulométrie, effets directionnels)

Propriétés chimiques des surfaces (composition, taux de cristallisation, substitutions, ...)

Autre :

- 5. Avez-vous une expérience dans le traitement de données hyperspectrales ?

Oui

Non

- 6. Si oui, sur quelles données ?
- 7. Avec quels outils ?
- 8. Sur quel site(s) d'étude(s) ?
- 9. Seriez-vous prêt à partager vos propres données hyperspectrales dans le cadre de la préparation d'HYPXIM ?

Oui

Non

- 10. Quel est le nom de votre laboratoire ou organisme ?
- 11. Quel est votre nom et votre adresse E-mail ?

### ***Besoin des utilisateurs potentiels HYPXIM***

HYPXIM est une mission spatiale de haute résolution en hyperspectral dont les spécifications techniques visent à couvrir différentes thématiques : écosystèmes terrestres et végétation naturelle, écosystèmes aquatiques côtiers et lacustres, écosystème urbain, géosciences, atmosphère, cryosphère. Cette mission spatiale a montré sa faisabilité à l'issue de la phase 0 et sera présentée au séminaire de prospective scientifique en Mars 2014.

Les principales spécifications de la mission HYPXIM à l'issue de la phase 0 sont les suivantes :

- Résolution spatiale en mode hyperspectral (HX): 8m
- Résolution spatiale en panchromatique (PAN): 1,85m
- Domaine spectral: 0,4 - 2.5 $\mu$ m (VIS-to-SWIR)
- Résolution spectrale: 10 nm
- Qualité Image : le rapport signal/bruit (SNR) à la luminance moyenne (L2) varie spectralement ; 250:1 (VIS); 208:1(NIR) et 133:1 (SWIR);
- Champ: 16kmx16km
- Période de revisite : dépend de l'angle de prise de vue, soit entre 19 jours (nadir) et 3 jours (+/-35°).

Ce questionnaire a pour objectif de mieux identifier les besoins des utilisateurs potentiels du projet HYPXIM sur le volet "Ecosystème urbain".

Plus de 50% de l'humanité vit dans les villes alors que ce chiffre n'était que de 3% en 1800. Les campagnes sont désertées, les villes engorgées. L'urbanisation progressive du monde a conduit à l'apparition de villes gigantesques (Mégapoles, Métropoles, Mégalopoles) également à l'origine d'importants problèmes sociaux, environnementaux qui touchent, partout dans le monde, les sociétés actuelles.

L'imagerie spatiale est un moyen de plus en plus utilisé pour comprendre un tel milieu. En particulier, l'imagerie hyperspectrale satellitale à hautes résolutions spatiale et spectrale proposée dans le projet HYPXIM (combinant un imageur hyperspectral de résolution spatiale meilleure que 8 m et une caméra panchromatique de résolution spatiale meilleure que 2 m) a pour objectif de fournir des réponses pour caractériser finement les écosystèmes urbains, de faire un état des lieux précis et d'assurer un suivi temporel homogène à l'échelle mondiale.

- 1. Sur quelle(s) thématique(s) travaillez-vous ?
- 2. Avez-vous un intérêt pour la mission spatiale hyperspectrale HYPXIM ?

Oui

Non

- 3. Quelles seraient les applications potentielles relatives à la thématique ECOSYSTEME URBAIN pour lesquelles HYPXIM vous serait utile ? Différentes thématiques sont proposées, cette liste est non exhaustive et vous pouvez la compléter par d'autres applications dans l'item qui suit. Voici quelques indications sur les observables concernés dans ces différentes thématiques.

Développement urbain et planification : cartographie locale de construction, des matières imperméables, densité de la végétation, classification des matériaux, cartographie des biotope, caractérisation de la trame urbaine (type d'habitat, matériaux utilisés, altérations/vieillessement, infrastructures/ réseaux de transport, friches, ...), degré d'artificialisation des sols (espaces verts/jardins/parcs, espaces naturels, espaces boisés, biodiversité végétale, surfaces en eau, ..)

Estimation de l'extension urbaine : détection de changement au niveau des matériaux et du bâtiment

Risques et estimation de la vulnérabilité : identification de matériaux dangereux, qualité de l'eau, qualité de l'air

Climatologie urbaine : cartographie des matériaux, structure des villes et de la végétation

Biodiversité végétale : détection d'espèces végétales invasives, espaces verts/jardins/parcs, espaces naturels, espaces boisés, biodiversité végétale, espaces ouverts, friches

Santé publique : pollution, ensoleillement, poumons verts, déchets/décharges, qualité de vie, qualité de l'eau, insalubrité.

Développement urbain et planification

- Estimation de l'extension urbaine
- Risques et estimation de la vulnérabilité
- Climatologie urbaine
- Biodiversité végétale
- Santé publique
- 4. Autres?
- 5. Avez-vous une expérience dans le traitement de données hyperspectrales?
  - Oui
  - Non
- 6. Si oui, sur quelles données ?
- 7. Avec quels outils ?
- 8. Sur quel site(s) d'étude(s) ?
- 9. Seriez-vous prêt à partager vos propres données hyperspectrales dans le cadre de la préparation d'HYPXIM?
  - Oui
  - Non
- 10. Sur quel type de données spatiales travaillez vous pour vos travaux sur les milieux urbains ?
- 11. En quoi pensez vous qu'une telle mission vous permettra d'améliorer vos travaux ?
- 12. Quel est le nom de votre laboratoire ou organisme ?
- 13. Quel est votre nom et votre adresse E-mail ?
- 14. Avez vous d'autres commentaires?

### ***Besoin des utilisateurs potentiels HYPXIM***

HYPXIM est une mission spatiale de haute résolution en hyperspectral dont les spécifications techniques visent à couvrir différentes thématiques : écosystèmes terrestres et végétation naturelle, milieux littoraux et côtiers, milieu urbain, géosciences, atmosphère, cryosphère. Cette mission spatiale est actuellement en phase A du CNES.

Les principales spécifications de la mission HYPXIM sont les suivantes :

- Résolution spatiale en mode hyperspectral (HX): 8m
- Résolution spatiale en panchromatique (PAN): 1,85m
- Domaine spectral: 0,4 - 2.5 $\mu$ m (VIS-to-SWIR)
- Résolution spectrale: 10 nm
- Qualité Image : le rapport signal/bruit (SNR) à la luminance moyenne (L2) varie spectralement ; 250:1 (VIS); 208:1(NIR) et 133:1 (SWIR);
- Champ: 16kmx16km
- Période de revisite : dépend de l'angle de prise de vue, soit entre 19 jours (nadir) et 3 jours (+/- 35°).

Ce questionnaire a pour objectif de mieux identifier les besoins des utilisateurs potentiels du projet HYPXIM sur le volet "Végétation".



- 1. Sur quelle(s) thématique(s) travaillez-vous ?
- 2. Avez-vous un intérêt pour la mission spatiale hyperspectrale HYPXIM ?
  - Oui
  - Non
- 3. Quelles seraient les applications potentielles relatives à la thématique VEGETATION pour lesquelles HYPXIM vous serait utile ?
  - Identification d'espèces arborées
  - Identification de groupes d'espèces herbacées
  - Identification d'espèces exotiques invasives
  - Suivi de l'état sanitaire de la végétation (déperissement suite à la sécheresse, maladie...)
  - Suivi de la phénologie
  - Estimation de paramètres biochimiques (pigments, teneur en eau, surface foliaire, indices de nutrition...)
- 4. Autre(s) :
- 5. Avez-vous une expérience dans le traitement de données hyperspectrales ?
  - Oui

Non

- 6. Si oui, sur quelles données ?
- 7. Avec quels outils ?
- 8. Sur quel site(s) d'étude(s) ?
- 9. Seriez-vous prêt à partager vos propres données hyperspectrales dans le cadre de la préparation d'HYPXIM ?

Oui

Non

- 10. Quel est le nom de votre laboratoire ou organisme ?
- 11. Quel est votre nom et votre adresse E-mail ?

### ***Besoin des utilisateurs potentiels HYPXIM***

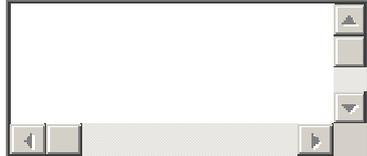
HYPXIM est une mission spatiale de haute résolution en hyperspectral dont les spécifications techniques visent à couvrir différentes thématiques : écosystèmes terrestres et végétation naturelle, écosystèmes aquatiques côtiers et lacustres, écosystème urbain, géosciences, atmosphère, cryosphère. Cette mission spatiale a montré sa faisabilité à l'issue de la phase 0 et sera présentée au séminaire de prospective scientifique du CNES en mars 2014.

Les principales spécifications de la mission HYPXIM à l'issue de la phase 0 sont les suivantes :

- Résolution spatiale en mode hyperspectral (HX) : 8m
- Résolution spatiale en panchromatique (PAN) : 1,85m
- Domaine spectral : 0,4 - 2,5 $\mu$ m (VIS-to-SWIR)
- Résolution spectrale : 10 nm
- Qualité image : le rapport signal/bruit (SNR) à la luminance moyenne (L2) varie spectralement ; 250:1 (VIS) ; 208:1(NIR) et 133:1 (SWIR)
- Champ : 16kmx16km
- Période de revisite : dépend de l'angle de prise de vue, soit entre 19 jours (nadir) et 3 jours (+/-35°)

Ce questionnaire a pour objectif de mieux identifier les besoins des utilisateurs potentiels du projet HYPXIM sur le volet ATMOSPHERE.

En effet, bien que non dimensionnante, cette thématique pourrait bénéficier de la polyvalence d'un imageur hyperspectral à haute résolution spatiale pour développer des axes originaux de recherche (e.g., détection et caractérisation de phénomènes locaux de surfaces, faibles pollutions industrielles).

- 1. Sur quelle(s) thématique(s) travaillez-vous ? 
- 2. Avez-vous un intérêt pour la mission spatiale hyperspectrale HYPXIM ?

Oui

Non

- 3. Quelles seraient les applications potentielles relatives à la thématique ATMOSPHERE pour lesquelles HYPXIM vous serait utile ?

Feux de végétation : caractérisation des panaches, détection des hot spots (+ cartographie des zones brûlées, risques d'incendie...)

Volcans : caractérisation des panaches de gaz et de cendres, dégazages passifs (+ détection et quantification des coulées de lave, étude des coulées anciennes...)

Autres phénomènes locaux de surfaces (sources de CH<sub>4</sub>, puits de CO<sub>2</sub>...)

Pollutions atmosphériques d'origine anthropique

Interactions nuages-aérosols

Mesure d'altitude des aérosols

Autre :

- 4. Avez-vous une expérience dans le traitement de données hyperspectrales ?

Oui

Non

- 5. Si oui, sur quelles données ? 

- 6. Si oui, avec quels outils ? 

- 7. Si oui, sur quel(s) site(s) d'étude ?
- 8. Seriez-vous prêt à partager vos propres données hyperspectrales dans le cadre de la préparation d'HYPXIM ?

Oui

Non

- 9. Sur quel type de données spatiales travaillez-vous pour vos travaux sur l'atmosphère ?

- 10. En quoi pensez-vous qu'une telle mission vous permettrait d'améliorer vos travaux ?

- 11. Quel est le nom de votre laboratoire ou organisme ?

- 12. Quel est votre nom et votre adresse e-mail ?

- 13. Avez-vous d'autres commentaires ?