

# CONTRIBUTION DE L'IMAGERIE PLEIADES A LA CARTOGRAPHIE RAPIDE DES DEGATS SUITE A DES CATASTROPHES MAJEURES : RETOURS D'EXPERIENCES APRES DEUX ANS D' ACTIONS DE CARTOGRAPHIE RAPIDE LOCALISEES EN ASIE, EN AFRIQUE, EN EUROPE ET AUX CARAIBES

Hervé Yésou<sup>1</sup>, Pierre Chastanet<sup>2</sup>, Jérôme Maxant<sup>1</sup>, Claire Huber<sup>1</sup>, Stephen Clandillon<sup>1</sup>, Stéphanie Battiston<sup>1</sup>, Catherine Proy<sup>3</sup>, Paul de Fraipont<sup>1</sup>

<sup>1</sup> SERTIT Illkirch, France; herve.yesou@sertit.u-strasbg.fr

<sup>2</sup> DGSCGC/COGIC, Paris, France,

<sup>3</sup> CNES, Toulouse, France

**Résumé :** Le lancement des deux satellites Pléiades 1A et 1B fin 2011 et 2012 a permis à la France de se doter de nouvelles capacités d'acquisition d'images optiques à très haute résolution, dans le domaine particulier de la gestion des crises mais aussi plus largement dans différentes thématiques d'Observation de la Terre. Les capacités et spécificités techniques de la Constellation Pléiades ouvrent de réelles opportunités pour la cartographie des dégâts suite à une catastrophe. Depuis 2012, le CNES, Airbus Defence and Space Geo-Intelligence et le SERTIT, ont combiné leurs efforts à plusieurs reprises pour assister les acteurs internationaux de la gestion de crise, optimisant les programmations des satellites Pléiades et analysant les images acquises. Différentes actions de cartographie réactive ont ainsi été menées, exploitant le potentiel de la Constellation Pléiades: inondations à Krymsk en Russie (07-2012), tremblement de terre dans la province iranienne d'Azerbaïdjan oriental (08-2012), inondations au Niger (08-2012), cyclone Sandy en Haïti (11-2012), typhon Bopha aux Philippines (12-2012), cyclone Evan à Wallis et Futuna (12-2012), cyclone Haruna à Madagascar (02-2013), inondations au Sénégal (08-2013), le cyclone Bejisa sur l'île de la Réunion (01-2014). Les premiers retours d'expérience sont plus que positifs, démontrant que le système Pléiades est particulièrement adapté à la gestion de crise dans sa phase d'urgence. La très haute résolution spatiale permet une cartographie précise essentielle dans les zones critiques telles que les paysages urbains ou les infrastructures sensibles, la possibilité d'acquisition journalière et la livraison rapide des données constituent des atouts majeurs pour les applications spatiales, notamment pour la gestion des risques.

**Mots-clés :** Pléiades, gestion de crise, Charte Internationale inondations, catastrophes naturelles, cartographie réactive, Madagascar, Niger, Ile de la Réunion

**Abstract :** The recent launch of the new Pléiades constellation (with satellites launched 1A on the 17th of December 2011 and 1B on the 1st of December 2012), providing very high resolution optical products, not only increases the number of Earth Observation satellites and acquisition possibilities but also gives further opportunities for disaster damage mapping. Since these launches, many times, the CNES, Airbus Defence and Space Geo-Intelligence and SERTIT combined their efforts to support disaster management actors, anticipating satellite acquisitions and analyzing Pléiades crisis images. Pléiades system confirmed its potential for disaster mapping and crisis management through various cases, such as Krymsk urban floods in Russian Federation (07-2012), Iran earthquake (08-2012), Niger floods (08-2012), Sandy cyclone over Haiti (11-2012), Bopha typhoon over the Philippines (12-2012), Evan cyclone in Wallis and Futuna (12-2012), Haruna cyclone over Madagascar (02-2013) or floods in Senegal (08-2013), Bejisa cyclone on Réunion Island (01-2014). The first feedbacks are more than positive, demonstrating that Pléiades system is fully adapted to disaster management, particularly during the emergency response. Its very high spatial resolution allows precision mapping, essential in critical areas such as urban landscapes or sensitive infrastructures, its daily revisit possibility and fast data delivery are significant assets for Earth Observation applications, especially for risk management.

**Keywords:** Pleiades-HR, crisis management, International Charter flood, natural disasters, reactive mapping, Madagascar, Niger, Ile de la Réunion

## 1. Contexte des actions de cartographie rapide

Dans le cas d'un événement majeur (inondation, tremblement de terre, tsunami, incendie de forêt, tempête ...), les autorités et les organisations en charge de la gestion des catastrophes, tels que la protection civile ou les institutions humanitaires et des organisations non gouvernementales, ont des besoins immédiats d'informations pour le dimensionnement et le déploiement des moyens de secours et d'assistance aux populations (Tholey et al., 2008; Tholey et al., 2011). La cartographie rapide exploitant des images satellites peut apporter de tels éléments de réponse. Elles peuvent en effet être une source d'information

fiable et accessible dans des délais assez courts (Fellah et al., 2004 ; de Boissezon et al., 2012). Des images satellites acquises pendant ou juste après un événement catastrophique, combinées ou non avec des données acquises avant l'événement permettent de qualifier l'événement en terme de localisation des zones affectées, d'étendu et de suivi de l'événement, d'évaluation des impacts... De plus, afin de disposer d'information pour accéder aux zones affectées, il est également possible de dériver à partir de données d'observation de la terre des cartes d'occupation du sol, mettant en évidence par exemple les accès aux secteurs affectés et les sites d'intérêt. La charte internationale "Espace et catastrophes majeures" est

un des moyens d'accéder le plus rapidement possible, en terme de programmation et de distribution aux données satellites et de délivrer l'information attendue.

## 2. La Charte Internationale Espace et Catastrophes Majeures

Lors d'une réunion tenue à Vienne, en Autriche en 1999, un petit groupe d'agences spatiales, conçoit et approuve un programme permettant de fournir des données de satellites de réponse d'urgence aux pays touchés par des catastrophes partout dans le monde (Bessis et al., 2003). C'est ainsi qu'a été créée en 2000, la Charte Internationale « Espace et catastrophes majeures » à l'initiative de l'ESA (Agence spatiale européenne) et du CNES (Centre national d'études spatiales). Le but est de promouvoir la coopération entre les agences spatiales et de faciliter l'accès des organismes de secours aux données satellitaires en cas de catastrophe naturelle ou d'origine humaine. Ainsi, lorsque les tempêtes tropicales, les inondations, les déversements d'hydrocarbures, tremblements de terre, glissements de terrain, volcans ou incendies mettent en danger la vie humaine, les organismes membres de la Charte fournissent des informations précieuses sur l'étendue et l'impact de ces événements (Bessis et al., 2003; Allenbach et al., 2004; Yesou et al., 2007).

La Charte Internationale vise à offrir un système unifié d'acquisition de données spatiales. Chaque organisme partenaire a décidé d'engager des ressources pour soutenir la mise à disposition d'images satellites. Un utilisateur autorisé (telle qu'une autorité de protection civile) peut désormais appeler un seul numéro pour demander la mobilisation des satellites et des ressources connexes au sol des organismes membres (Bessis, 2004; Mahmood et al., 2002; Tinel et al., 2014).

La Charte a été activée pour la première fois en Novembre 2000 quand un important glissement de terrain a affecté la Slovénie (Bessis et al., 2004). Après cet événement, la valeur de la Charte et les premiers succès ont abouti à la croissance de l'adhésion par d'autres organisations. La Charte a été activée plus de 440 fois depuis son lancement et il y a maintenant 15 agences participantes disposant de plus de 30 satellites d'observation de la Terre (Charter, 2015). C'est ainsi un large panel très complet, avec des données optiques et radar, de très faible résolution à taille de pixel infra-métrique qui est mis à disposition par les agences. Le lancement en décembre 2011 et décembre 2012 de la constellation Pléiades donne de nouvelles opportunités, le système étant particulièrement adapté pour répondre aux exigences de la cartographie des dégâts en cas de catastrophe (Boissin, 2008).

### 3. Exploitation des données Pléiades dans le cadre de la Charte Internationale espace et catastrophes majeures

De juillet 2012 à Janvier 2014, au moins dix actions de cartographie réactive ont ainsi été menées dans le cadre ou en appui de la Charte, exploitant le potentiel de la Constellation Pléiades. Ces actions (Fig. 1) comprennent : inondations à Krymsk en Russie (07-

2012), tremblement de terre dans la province iranienne d'Azerbaïdjan oriental (08-2012), inondations au Niger (08-2012), cyclone Sandy en Haïti (11-2012), typhon Bopha aux Philippines (12-2012), cyclone Evan à Wallis et Futuna (12-2012), cyclone Haruna à Madagascar (02-2013), inondations au Sénégal (08-2013) ; cyclone Bejisa à la Réunion (01-2014).



**Figure 1 :** Actions de cartographie rapide exploitant des données Pléiades, en bleu les inondations, en vert, les cyclones/ tempêtes, en rouge, séisme.

Au cours de ces actions, selon le type de désastre, la recherche d'information a porté sur :

- les corps en eau : surfaces en eau, zones inondées,
- l'impact sur les bâtiments (toitures arrachées, bâtiments effondrés...),
- l'impact sur les infrastructures (digues, routes, ponts),
- l'impact sur les zones agricoles,
- l'impact sur le réseau hydrographique, les dépôts, et modifications de cours d'eau.

Les actions de cartographie suite aux inondations de la ville de Krymsk et à Haïti, ainsi qu'au passage du typhon Bopha ayant été présentées précédemment (Maxant et al., 2013; Huber et al., 2013), ce sont principalement les cas des cyclones Haruna sur Madagascar et typhon Bejisa sur la Réunion ainsi que des inondations du Niger, qui sont présentés pour illustrer les capacités des données Pléiades ainsi que la synergie avec d'autres données de haute et très haute résolution optique et radar pour la cartographie des dommages.

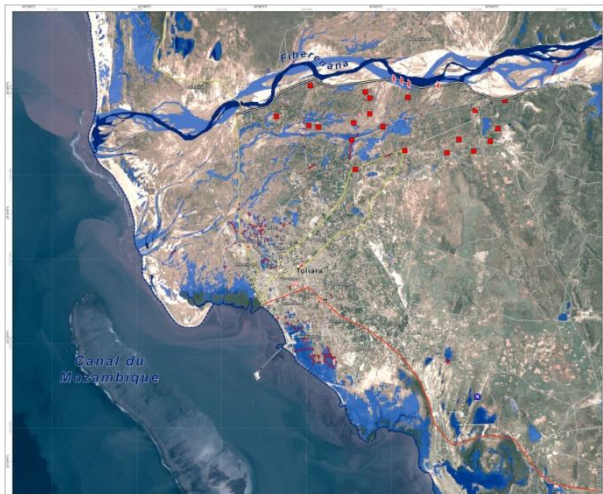
#### 3.1. Cartographie de l'impact du passage du cyclone Haruna sur Madagascar

Le passage du cyclone Haruna le 22 février 2013 a provoqué de nombreux dégâts liés aux vents violents et à la montée des eaux. Selon le Bureau National de Gestion des Risques et Catastrophes (BNGRC), plus d'une vingtaine de personnes ont trouvé la mort, et le nombre de sinistrés s'est élevé à plus de 20000. La Charte internationale a été par le COGIC à la demande du BNGRC afin d'assister l'organisation des secours. Trois secteurs étaient concernés :

- Toliara
- Morombe
- Sakaraha

Dans le cadre de la Charte, des données optiques Pléiades 1A ont été acquises ainsi que des données radar TerraSAR et Radarsat2. Des données Komspat 2 et Worldview 2 furent également acquises mais quelque

peu tardivement et ce après l'exploitation des données Pléiades. Enfin, une image SPOT5 acquise le 26 février 2013 par la station SEAS-OI, station de réception satellite pilotée par le CR de la Réunion, a été mise à disposition de la Charte.



**Figure 2 :** Carte d'impact, dérivée de données SPOT5 sur le secteur de Toliara. En bleu foncé l'eau de référence, en bleu clair l'eau de crise. En ligne rouge routes potentiellement affectés, carrés rouges: bâtiments affectés

Par seuillage et aussi par PIAO, les surfaces en eau ont été extraites des images SPOT et Pléiades. Au total six cartes ont été produites à des échelles allant du 1:25 000 au 1:3500. A partir de l'image SPOT5 de crise, de 2,5m de résolution spatiale, il a été possible de générer un produit de crise présentant l'extension de l'inondation, caractérisant aussi la modification importante du lit de la rivière Fiherenana au Nord de Toliara. Des ruptures de digues ont également été observées le long de cette rivière; ruptures ayant entraînés l'inondation du secteur de Miary où de nombreux bâtiments ont été touchés. L'analyse des données Pléiades a montré l'apport de la très haute résolution, 0,70m, pour la détection des dégâts aux infrastructures. Il est ainsi possible de préciser les secteurs affectés et l'impact réel sur le réseau et le bâti (Figs. 3-4).



**Figure 3 :** Route emportée par les inondations consécutives au passage du Cyclone Haruna telle qu'observée par Pléiades le 26 Février 2013

Au sein de la ville de Toliara, quartier d'Andranogadra, on observe la remise en eau d'un ancien cours d'eau entraînant la disparition d'une quinzaine de maisons (Fig. 4).



**Figure 4 :** Mise en eau d'un ancien cours d'eau au cœur de la ville de Toliara. Les triangles rouges correspondent à des bâtiments emportés par les flots, tels qu'observés par Pléiades

Les produits cartographiques et vecteurs générés, au cours de cette action ont été mis à disposition du BNGRC mais aussi d'ONG et notamment Pompier de l'Urgence Internationale œuvrant sur place aux secours de la population.

### 3.2. Cartographie de l'impact du cyclone Bejisa sur l'île de la Réunion exploitant des données Pléiades

Dans l'après-midi du 02 janvier 2014, le cyclone Bejisa a affecté l'île de la Réunion. Ce cyclone, de catégorie 3, était le plus violent phénomène météorologique à toucher cette île depuis le passage de Dina en 2002. L'œil du cyclone est passé à une quinzaine de kilomètres au large des côtes. L'île a été placée en alerte rouge jusqu'au vendredi 3 janvier 2014. Les vents ont soufflé jusqu'à 220 km/h, accompagnés de fortes précipitations provoquant des crues. De plus, la houle a été importante, des vagues de plus de 11 mètres ont été enregistrées sur les parties les plus exposées du littoral. De nombreux axes routiers ont été fermés, certains pendant plusieurs jours, et de nombreux dégâts matériels ont été causés (toits endommagés, arbres tombés). Le secteur agricole a également été durement touché. Cet événement a fait 1 mort et 16 blessés.

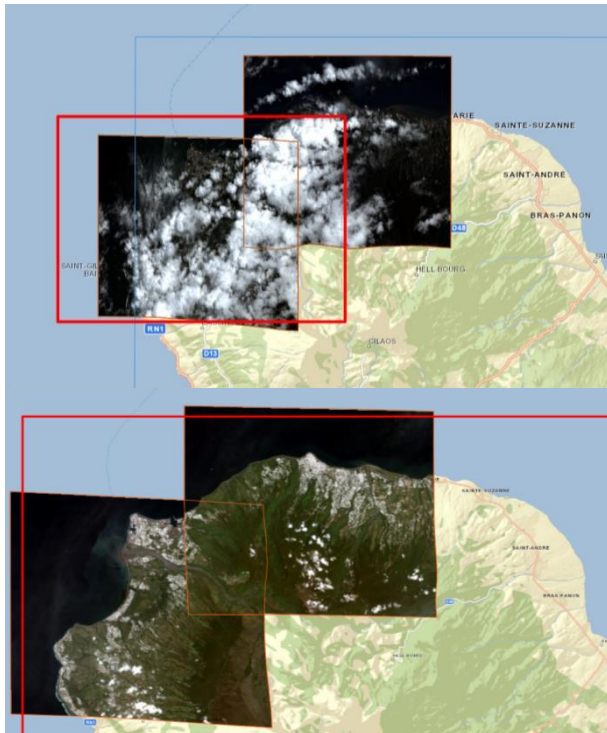
La Charte internationale « Espace et catastrophes majeures » a été déclenchée par anticipation le 1er janvier 2014 à la demande de la Direction Générale de la Sécurité Civile et de la Gestion des Crises – COGIC. Un ensemble de quatre zones d'intérêt a été sélectionné :

- AOI 1 : L'île de la Réunion
- AOI 2 : Saint-Denis
- AOI 3 : Saint-Paul / Saint-Leu
- AOI 4 : Saint-Pierre

Dans le cadre de la Charte, des données radar TerraSAR X, Radarsat2 et Risat1 ont été acquises ainsi que des données optiques Pléiades et Kompsat 2.

L'agilité des satellites Pléiades permet une revisite quasi journalière et donc d'acquérir des images successivement afin de s'affranchir de conditions météorologiques défavorables; un secteur nuageux un jour pouvant être dégagé le lendemain (Fig.5).

De plus, cette action a fortement bénéficié de la base de données RTU CNES Pléiades. En effet, la totalité des données de référence THR sont des données Pléiades acquises dans le cadre de la RTU au cours de l'année 2013. Une image SPOT5 issue de la base de données Kalideos Réunion a également été exploitée.



**Figure 5 :** Acquisition Pléiades des 4 et 5 janvier 2014, sur le secteur de Saint Denis.

Du fait de la signature de l'événement dans le paysage, seules les données optiques de très haute résolution spatiales ont pu apporter l'information thématique recherchée. Sur ces images, des dégâts diffus sont visibles dans les secteurs de Saint-Louis et Saint-Paul. Ont ainsi été détecté quelques bâtiments détruits, mais aussi de nombreuses serres et quelques routes endommagées dans le secteur de Saint-Louis (Fig. 6).

Par contre, il ressort de l'analyse des images que si les lits des cours d'eau ont été fortement remobilisés, il n'y a pas de traces de débordements au niveau du réseau hydrographique principal. Seules sont observées des accumulations d'eau bloquées dans des points bas (carrières, chantiers ...).

Grâce à la résolution de l'image Pléiades acquise le 05 janvier 2014 (soit 3 jours après l'évènement) sur le secteur de Saint-Paul, il a été possible de mettre en évidence des traces d'eau dans certaines rues de la commune, traces témoignant de l'impact du cyclone, elles pourraient résulter tant de phénomènes locaux de submersion, que d'eau résiduelle suite aux fortes précipitations. Au niveau de la Réserve Naturelle National de l'Etang de Saint-Paul, il n'a pas été observé de phénomène d'inondation, alors que des éléments

terrain, photos sur réseau sociaux, indiquaient que ce secteur avait été partiellement recouvert d'eau les jours précédents. Le retour à la normale s'est donc effectué rapidement.



**Figure 6 :** Exemple de dégâts aux bâtiments, effondrement d'un immeuble, suite au passage du cyclone Bejisa, la Réunion, janvier 2014. Comparaison situation avant crise et post crise (Pléiades)

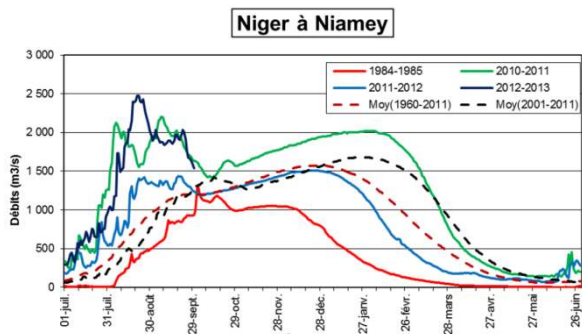
Enfin, l'analyse des images Pléiades couvrant le secteur de Saint-Denis (AOI 2) n'a pas débouché sur la production de produit cartographique de crise. En effet: aucun dégât n'était visible sur l'image Pléiades couvrant Saint-Denis, il n'y avait non plus pas de traces d'eau résiduelle, des véhicules circulaient sur la route du littoral, pas de dégâts visibles au bâti.

Au cours de cette action, l'imagerie très haute résolution a permis d'une part de cartographier les dégâts et aussi d'une certaine façon de qualifier l'intensité de l'évènement, permettant de lever le doute dans certains secteurs quant à la sévérité ou non des dégâts.

### 3.3. Cartographie de l'inondation du Niger de l'été 2012

Le fleuve Niger a connu, au cours des mois d'août et septembre 2012, une crue exceptionnelle dans les secteurs du Niger moyen et inférieur, provoquant de fortes inondations dans la région de Niamey et dans les localités situées en aval au Bénin et au Nigeria. Le pic de la crue est atteint à Niamey le 21 Aout avec 2492 m<sup>3</sup>/s, débit jamais observé par cette station depuis sa création en 1929 et qui correspond à celui d'une crue de période de retour centennale (OSS, 2012). La montée des eaux a par ailleurs été très rapide, comparativement aux années antérieures, puisqu'on est passé d'un débit instantané de 1000 à 2492m<sup>3</sup>/s en une semaine (Fig. 8). Cette cote est située à environ un mètre au-dessus du niveau de la crue normale à cette station (Sighomnou et al., 2012). Les inondations qui en ont résulté dans Niamey et ses environs ont causé des dégâts très importants. Le nombre de sinistrés est

évalué à 520 000, 81 pertes en vies humaines et d'importants dégâts matériels sont enregistrés (Sighomnou et al, 2012).



**Figure 7 :** Hydrogramme du fleuve Niger à Niamey (OSS, 2012) montrant le caractère exceptionnel de la crue de l'été 2012

Dans ce contexte, à la demande des autorités nigériennes, la France a projeté une mission d'évaluation et de reconnaissance. Cette mission était initialement prévue sur les villes de Niamey et de Dosso puis à la demande des autorités Nigériennes, elle a été également dirigée sur les villes de Tillabéri et Gaia.

Le 28 août, le COGIC a déclenché la Charte en précisant qu'il souhaitait disposer des types de cartes (et d'informations) suivants :

- des cartes de références,
- des cartes événementielles (caractérisation de l'extension de l'inondation),
- des cartes de dégâts (sur les principales infrastructures et emprises urbaines),
- suivi temporel de l'inondation.

Le COGIC a précisé vouloir disposer de données Très Haute Résolution sur les secteurs urbains afin de pouvoir disposer d'informations pertinentes caractérisant cet événement majeur. En août 2012, Pléiades n'était pas encore intégré aux ressources accessibles au sein de la Charte. De ce fait, le CNES a programmé des acquisitions Pléiades 1A sur quatre secteurs : Niamey, Tillabéry, Agades et Dosso en complément des données Charte.

La première acquisition d'image de crise, une image Terra SAR X, a été réalisée sur le secteur de Niamey, 26h après le déclenchement de la Charte et la mise en ligne d'un produit de crise, 6h plus tard soit 32 h après le déclenchement de l'action. Au total 15 images de référence seront mises à disposition, et 18 images de crise seront acquises au cours de cette action. Les satellites mis en œuvre sont tant optique, SPOT5, Kompsat2, Cartosat1, WorldView2, que radar, TerraSAR, Radarsat 2.

A partir de ces images, dix-huit produits cartographiques seront générés à des échelles fines allant principalement du 1 :5000 au 1 :20 000. Trois de ces produits correspondent à des cartes de référence et quinze à des cartes liées à la crise: extension (Figs. 8 et 9), impact, dynamique. En termes de suivi de la dynamique de la crue, concernant le suivi de l'inondation sur 5 jours initialement demandé par le

COGIC, la Charte a acquis une donnée (au moins) quasiment tous les jours sur le secteur de Niamey : les 29 et 30 août, le 1er et 3 septembre conjuguant données radar et optique.

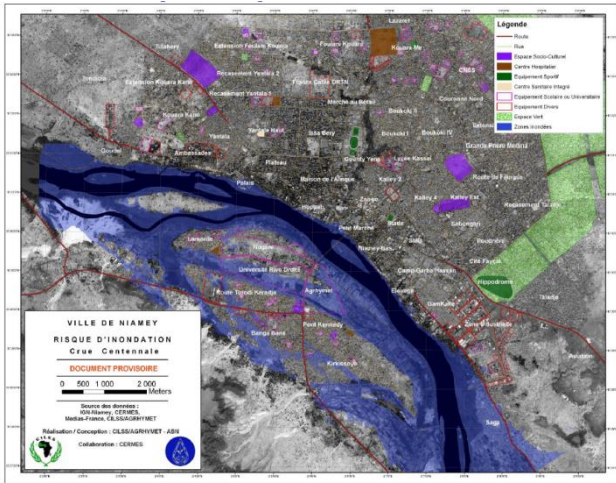


**Figure 8 :** Carte générée au 1:2500 présentant l'extension des inondations du fleuve Niger dans le secteur de Gaya à la frontière du Niger et du Burkina-Fasso telle qu'observée à partir de données Radarsat et Cartosat1 acquises le 8 Septembre 2012.



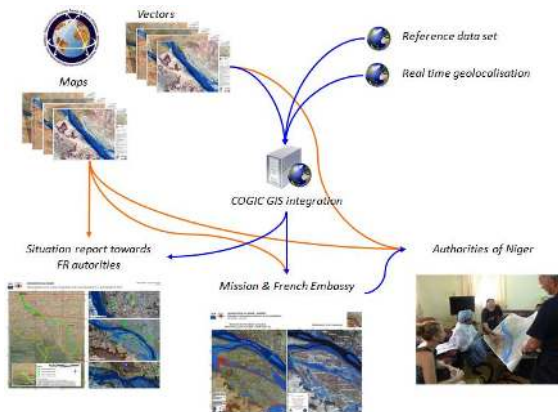
**Figure 9 :** Extension de l'inondation dans le secteur de Niamey telle qu'observée à partir des données Kompsat 2, acquise le 1<sup>er</sup> Septembre 2012 (échelle originale 1 :20000)

En 2007, AGRYMET avait publié la carte des zones inondées et des hauteurs d'eau associées issue de la modélisation de la crue centennale du Niger à Niamey (Trebossen et al., 2007). La comparaison visuelle de l'enveloppe des zones potentiellement atteintes dérivée de l'imagerie satellite haute résolution (Fig. 10) avec le résultat de la modélisation hydraulique de la crue centennale sur la ville de Niamey montre une forte cohérence de l'information délivrée de l'imagerie. Cela est particulièrement notable sur la rive droite du fleuve, secteur des Universités et pour le quartier de Lamorde qui se retrouve entouré d'eau.

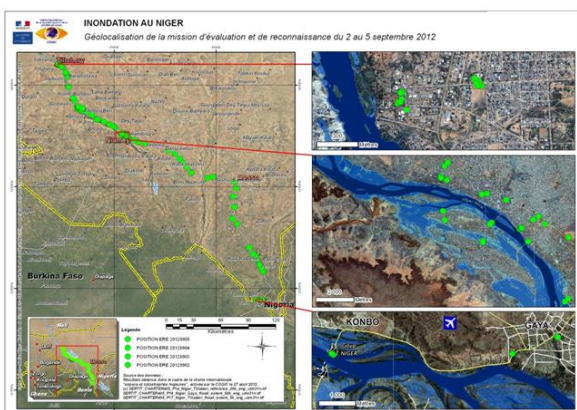


**Figure 10 :** Carte de la modélisation de la crue centennale du Niger à Niamey (Trebossen et al., 2007 ; OSS 2012)

L'ensemble de produits cartographiques générés ont été mis à disposition du COGIC tant au format «cartes numériques » que vecteurs, au fur et à mesure de leur production.



**Figure 11 :** schéma d'exploitation par le COGIC de l'information dérivée des données satellites pour ses missions



**Figure 12 :** Exemple de reporting et de tracking des campagnes de reconnaissance sur les produits dérivés des données d'observation de la terre

Les services du COGIC les ont exploités tant pour des activités de reporting vers les autorités françaises en métropole et à Niamey, que vers les autorités du Niger

(Fig. 11) et aussi (Fig. 12) à des fins de pilotage et de suivi de campagnes de reconnaissance terrain.

Cette action Charte Niger a mobilisée d'importants moyens satellites de haute et très haute résolution. Cela a permis de répondre aux attentes de la DDSC en termes de secteurs couverts, ie cinq régions/villes, de revisite avec le suivi pendant 5 jours du secteur de Niamey et de précisions spatiales des produits générés. Les données Pléiades ont permis de générer des produits de crise à des échelles du 1 :5000 sur les villes de Tillabery, Agadez et de Dosso Il a aussi été mis en évidence dans le cas de cette inondation de plaine de la synergie des données optiques et radar de très haute résolution. Enfin le chronogramme de cette action montre une très bonne réaction des différents partenaires de la Charte. Les trois secteurs d'intérêt initiaux ont été couvert par la CHARTE en 42h : Niamey T0+26, Agades T0+37 et Dosso à T0+42, les produits cartographiques ayant été générés dans un délai moyen de 5h45.

#### 4. Conclusion

Le lancement des deux satellites Pléiades 1A et 1B fin 2011 et 2012 a permis à la France de se doter de nouvelles capacités d'acquisition d'images optiques à très haute résolution, dans le domaine particulier de la gestion des crises mais aussi plus largement dans différentes thématiques d'Observation de la Terre. Deux ans après la mise à disposition des premières images, il était intéressant d'évaluer les capacités et spécificités techniques de la constellation Pléiades, et cela en se fondant sur l'expérience acquise au cours d'une dizaine d'actions de cartographie rapide au cours desquelles des données Pléiades ont été utilisées.

Il ressort que les données Pléiades ouvrent de réelles opportunités pour la cartographie des dégâts suite à une catastrophe. Cela se mesure tant sur l'accessibilité aux zones cibles, l'agilité offrant des capacités d'accès sur zone et de revisite importante, qu'en termes de rapidité de programmation, d'acquisition et de mise à disposition des images. Dans le contexte de la Charte Internationale Espace et Catastrophes Majeures cela est un vrai plus.

En termes de contenu thématique, de par leur très haute résolution, 70cm, associée à l'information radiométrique des bandes VIS et PIR, les données Pléiades offrent des possibilités de reconnaissance importante des événements et de leur impact. L'exploitation des données Pléiades permet de qualifier la sévérité d'un événement. Si la reconnaissance, la quantification des dégâts est un élément clé d'une action de cartographie rapide, la non observation de dégâts est un élément utile à part entière.

Les données Pléiades sont très complémentaires des données haute résolution de type SPOT5 ou les futures Sentinel 2. L'association de ces deux types résolution permet de réaliser des produits complémentaires, « régionaux » et d'autres centrés sur des enjeux forts. La synergie entre les données Pléiades et les données satellitaire est plus large que cet exemple. Dans les cas des inondations de plaine, le recours à des données très haute résolution tant optique que radar, Kompsat 2, WorldView 2, TerraSAR-X, Radarsat 2, .., permet d'assurer d'une part l'accessibilité aux cibles en

s'affranchissant des conditions météorologiques, mais aussi d'assurer une revisite quasi quotidienne sur des secteurs sensibles comme ce fut le cas lors de la Charte sur le Niger.

Il ressort de ces actions un intérêt réel des utilisateurs pour des images à très haute résolution Pléiades en cas de catastrophe afin d'évaluer rapidement des dégâts et impacts.

## Remerciements

Les images Pléiades présentées sont soumises à copyright : Pléiades © CNES 2013, Distribution Astrium Services / Spot Image S.A., France, tous droits réservés. Usage commercial interdit.

## Références

- Allenbach B., Bessis J.L., Favard J.C., Bestault C., Clandillon S., Fellah K., Henry J-B., Meyer C., Scius H., Tholey N., Yésou H., de Fraipont P., 2004. La filière spatiale au service des risques. ISTD Système d'information géographique et gestion des risques. 85-92.
- Bessis, J-L., J. Bequignon, A. Mahmood, 2003. The International Charter 'Space and Major Disasters' initiative," *Acta Astronautica*, 54, 183-190.
- Bessis J-L., 2004. Use of the International Charter Space and Major disaster for damage assessment. "Proceedings XXXV Congress ISPRS, Istanbul, Turkey,
- De Boissezon H., Chastanet P., de Fraipont P., 2012. International Charter 'Space and major disasters'. The Growing Use of GMES across Europe's Regions, NEREUS & ESA publication
- Boissin B., 2008. The French Program for Earth Observation. In 7th International Conference on Space Optics, Toulouse, France
- Charter, 2015: <http://www.disasterscharter.org/>.
- Huber C., Battiston S., Yésou H., Tinel C., Laurens A., 2013. Synergy of VHR Pléiades data and SWIR spectral bands for flood detection and impact assessment in urban areas: case of Krymsk, Russian Federation, in July 2012. IGARSS 2013, Melbourne, Australia.
- Fellah K., Allenbach B., Battiston S., Bestault C., Clandillon S., Henry JB, Meyer C., Scius H., Tholey N., Yésou H., de Fraipont P., 2004. Development of an Operational EO Service for Flood Monitoring within an EOMD project", *Envisat & ERS Symposium*, Salzburg, Austria.
- Maxant J., Proy C., Fontannaz D., Clandillon S., Allenbach B., Yésou H., Battiston S., Uribe C. de Fraipont P., 2013. Contribution of Pleiades-HR imagery for disaster damage mapping: initial feedback over Asia, Africa, Europe or the Caribbean. *EARSel 2013*, Matera, Italy.
- Mahmood, A., Bessis, J-L., Bequignon, J., Lauritson, L., Venkatachary, K.V., 2002. An overview of the International Charter 'Space and Major Disasters', *Proceedings IGARSS*, Toronto, Canada
- OSS, 2012. Gestion Intégrée et concertée des ressources en eau des systèmes aquifères d'Iullemeden, de Taoudeni/Tanezrouft et du fleuve Niger – rapport ANTEA and JMB Consult OSS-GICRESAIT, 12, 25p
- Tinel Cl., Proy C., De Boissezon H., Chastanet P., Gesret S., Clandillon St., Yésou H., 2014. The International Charter disasters »: the universal access and the French coordination. *IGARSS 2014*, Quebec, Canada
- Tholey N., Cherchali S. and Bozabalian J.J., 2008. Rapid mapping service for risk and disaster management in the Mediteranean Region. *EARSel Symposium Proceedings*, 147-154, Istambul, Turkey.
- Tholey N., Allenbach B., Clandillon S., Fellah K., de Fraipont P. et Yésou H. 2011. Emergency response service: over ten years of Rapid Mapping at SERTIT. *Proceedings of the Second GMES operational capacity workshop*, Sofia, Bulgaria
- Trebossen H., Brachet Ch., Sighomnou D., 2007. Prévention du risque d'inondation à Niamey. Centre régional AGHRYMET et ABN Internal report.
- Sighomnou D., Tanimoun B., Alio A., Zomodo L., Ilia A., Olomoda I., Coulibaly B., Koné S., Zinsou D., Dessouassi R., 2012. Crue exceptionnelle et inondations au cours des mois d'Aout et Septembre 2012 dans le Niger Moyen et Inférieur. *AFD Doc.*, 11p.
- Yesou H., Allenbach B., Andreoli R., Battiston S., Bestault C., Clandillon S., Fellah K., Meyer C., Scius H., Tholey N., de Fraipont P., 2007. Synergy of High SAR and optical data for flood monitoring; the 2005-2006 Central European floods gained experience. *Proceedings ESA ENVISAT Montreux Symposium*, Switzerland.