

L'utilisation des services cartographiques numériques d'urgence par satellite à des fins de sécurité intérieure

Par Stéphanie BATTISTON, Stephen CLANDILLON et Robin FAIVRE

ICube-SERTIT

Claire TINEL

CNES

et Annett WANIA

JRC

Les satellites d'observation de la Terre ont démontré depuis de nombreuses années leur potentiel pour la gestion des catastrophes naturelles, industrielles ou des crises humanitaires. Des services de cartographie numérique d'urgence se sont développés pour fournir de l'information géographique basée sur l'imagerie spatiale aux acteurs chargés de la prévention des risques, de la gestion de crise et de la reconstruction. Aujourd'hui, plusieurs dispositifs sont opérationnels et apportent régulièrement un soutien aux services de sécurité civile, aux organisations humanitaires, aux compagnies d'assurance ou aux acteurs locaux. La Charte Internationale « Espace et catastrophes majeures » permet de mobiliser les ressources satellites pour répondre aux besoins de la gestion de crise lors de catastrophes majeures, partout dans le monde. Le dispositif européen Copernicus Emergency Management Service (EMS) offre, quant à lui, à la demande, des cartographies en support aux opérations de gestion de crise, de prévention, de mitigation et de relèvement. Des initiatives régionales sont également en train de se développer. La France est un pionnier et un acteur majeur dans ce domaine, tant par les actions initiées par son agence spatiale, le CNES, que par l'implication de la Sécurité civile et l'investissement du service de cartographie rapide strasbourgeois d'ICube-SERTIT.

Le domaine de l'observation de la Terre ne cesse d'évoluer en faveur d'une utilisation de la cartographie numérique d'urgence à des fins de sécurité intérieure. Si les services de sécurité civile en sont les principaux utilisateurs pour la conduite de leurs opérations de gestion de crise, d'autres acteurs commencent à intégrer cette technologie dans leurs plans d'action.

Depuis près de vingt ans, les satellites d'observation de la Terre démontrent leur potentiel en matière de gestion des catastrophes naturelles, industrielles ou des crises humanitaires. Des services de cartographie numérique d'urgence se sont développés pour fournir de l'information géographique basée sur l'imagerie spatiale aux acteurs de la prévention des risques, de la gestion de crise et de la reconstruction. Aujourd'hui, plusieurs dispositifs sont opérationnels et apportent régulièrement un soutien aux services de sécurité civile, aux organisations humanitaires, aux compagnies d'assurance ou aux

acteurs locaux. La France est un pionnier et un acteur majeur dans ce domaine, tant par les actions initiées par le CNES que par l'implication du COGIC (Centre opérationnel de gestion interministériel de crise) et l'investissement du service de cartographie rapide d'ICube-SERTIT.

Observation de la Terre et cartographie numérique d'urgence

Des satellites pour observer les catastrophes

Parmi la multitude de satellites en orbite autour de la Terre,

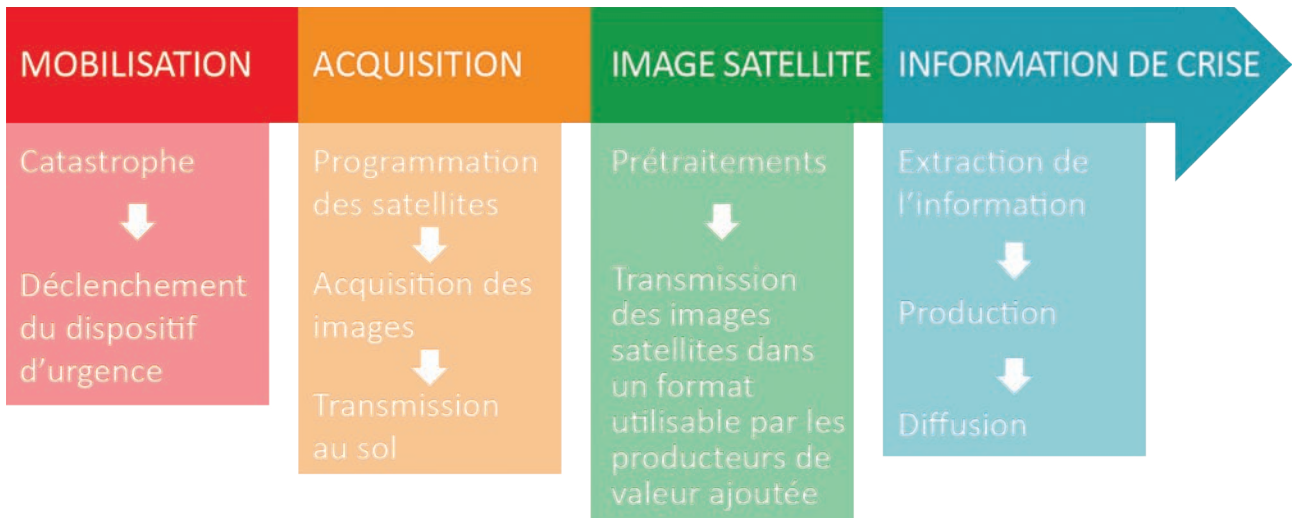


Figure 1 : Les principales étapes de la cartographie rapide (© ICube-SERTIT).

nombre d'entre eux sont dédiés à son observation. Qu'ils délivrent des images optiques ou radar, ils permettent de mettre en évidence l'impact des catastrophes et de suivre leur évolution. Le nombre important des satellites opérationnels et les évolutions technologiques constantes permettent d'obtenir sur plusieurs jours des images d'un même secteur, de jour comme de nuit, et d'imager de vastes zones, y compris les plus inaccessibles, à des précisions allant jusqu'à quelques dizaines de centimètres. Inondations, feux de forêts, séismes ou cyclones, tous sont traqués par l'œil des satellites, comme les derniers-nés des satellites français composant la constellation Pléiades du CNES et auxquels il est très souvent fait appel pour la gestion des catastrophes.

La cartographie rapide satellitaire pour la gestion de crise et des risques

Afin de transformer les images satellites en géo-informations utiles et exploitables par les acteurs de la gestion de crise et des risques, des services de cartographie numérique d'urgence se sont développés en France, en Europe et dans le reste du monde. La cartographie rapide consiste à produire de l'information géographique à partir d'images spatiales en un temps restreint. Outil d'aide à la décision pour l'ensemble des phases de gestion du risque (prévention, crise, reconstruction), les géo-informations qui en sont dérivées sont complémentaires des observations faites sur le terrain et de la modélisation. Les informations produites durant la phase de crise sont souvent utiles pour la prévention, mitigation et le relèvement, en contribuant au retour d'expérience et à la mémoire du risque. La cartographie rapide satellitaire est construite sur la base d'un système qui se décompose en quatre phases :

- sollicitation du service de cartographie d'urgence par un acteur de la gestion de crise, appelé « utilisateur autorisé » ;
- commande d'images satellites d'archive et/ou programmation de satellites en mode urgent par l'opérateur de cartographie rapide ;

- livraison accélérée des images satellites par les fournisseurs de données ;
- traitement d'images et/ou photo-interprétation en quelques heures pour extraction, production et diffusion de géo-informations de crise par l'opérateur de cartographie rapide à destination de l'utilisateur autorisé.

Il est préférable que tous les acteurs et composantes du système soient opérationnels 24 heures sur 24/7 jours sur 7 (24/7) afin de pouvoir délivrer des géo-informations en un minimum de temps (de quelques heures à quelques jours). Ces informations sont livrées sous forme de cartes numériques et de couches vectorielles intégrables dans les systèmes d'information géographique (SIG) des utilisateurs.

Des dispositifs opérationnels en support à la gestion de crise

Plusieurs dispositifs d'acquisition satellite et de cartographie d'urgence dédiés à la gestion de crise sont aujourd'hui opérationnels. D'autres, consacrés aux phases de prévention, de mitigation et de reconstruction, viennent les compléter. Les services présentés ci-après sont régulièrement sollicités par les acteurs français de la gestion de crise et des risques.

La Charte internationale « Espace et catastrophes majeures »

La Charte internationale vise à offrir un système unifié d'acquisition et de fourniture de données satellites à la suite de catastrophes d'origine naturelle ou humaine, pour répondre aux besoins d'« utilisateurs autorisés » (entités ayant un mandat national de gestion des risques, Nations Unies, etc.) lors de situations de crise. Chacune des agences spatiales signataires de la Charte s'engage, dans le cadre de celle-ci, à fournir gratuitement les ressources nécessaires à la gestion d'une crise ; cela inclut l'astreinte pour la programmation des satellites, les programmations des moyens spatiaux disponibles, la fourniture des données acquises et, éventuellement, celle des géo-informations et services associés.

Née en 1999 à l'initiative du CNES et de l'ESA, la Charte voit le nombre de ses participants porté aujourd'hui à dix-sept agences spatiales dans le monde (<https://www.disasterscharter.org>). Depuis 2000, elle a été déclenchée près de six cents fois et plus de cent vingt pays en ont déjà bénéficié. En moyenne (sur la période 2007-2012), la Charte a été activée chaque année pour une quarantaine de catastrophes.

La Charte ne prévoit pas de production systématique d'informations géographiques. Cependant, les membres de la Charte ou des institutions internationales associées sollicitent fréquemment des services de cartographie d'urgence, à l'instar d'UNOSAT, ou d'ICube-SERTIT, avec le soutien du CNES, pour les besoins du COGIC. Les produits essaient de couvrir au maximum l'événement et de s'adapter aux besoins des utilisateurs.

Copernicus Emergency Management Service (EMS)

EMS est l'un des principaux services du programme européen Copernicus : il fournit gratuitement de l'information géographique (dérivée principalement d'images satellites) pour la gestion des risques et des crises liés aux événements d'origine naturelle ou humaine survenant partout dans le monde. Ce service, géré par le JRC (*Joint Research Centre* – en français, le Centre commun de recherche (CCR)) de la Commission européenne, dispose

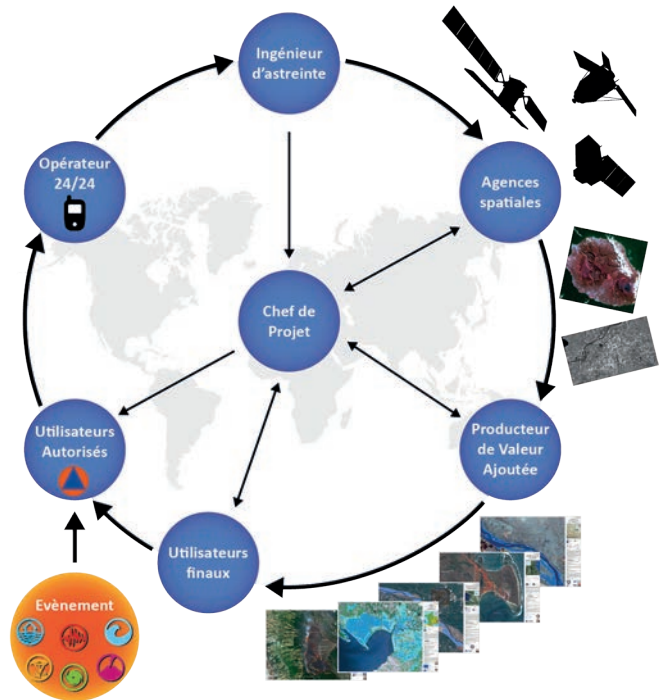


Figure 2 : Mécanisme de déclenchement de la Charte (©2019 Charte internationale).

de deux composantes couvrant l'ensemble du cycle du risque (<https://emergency.copernicus.eu>).

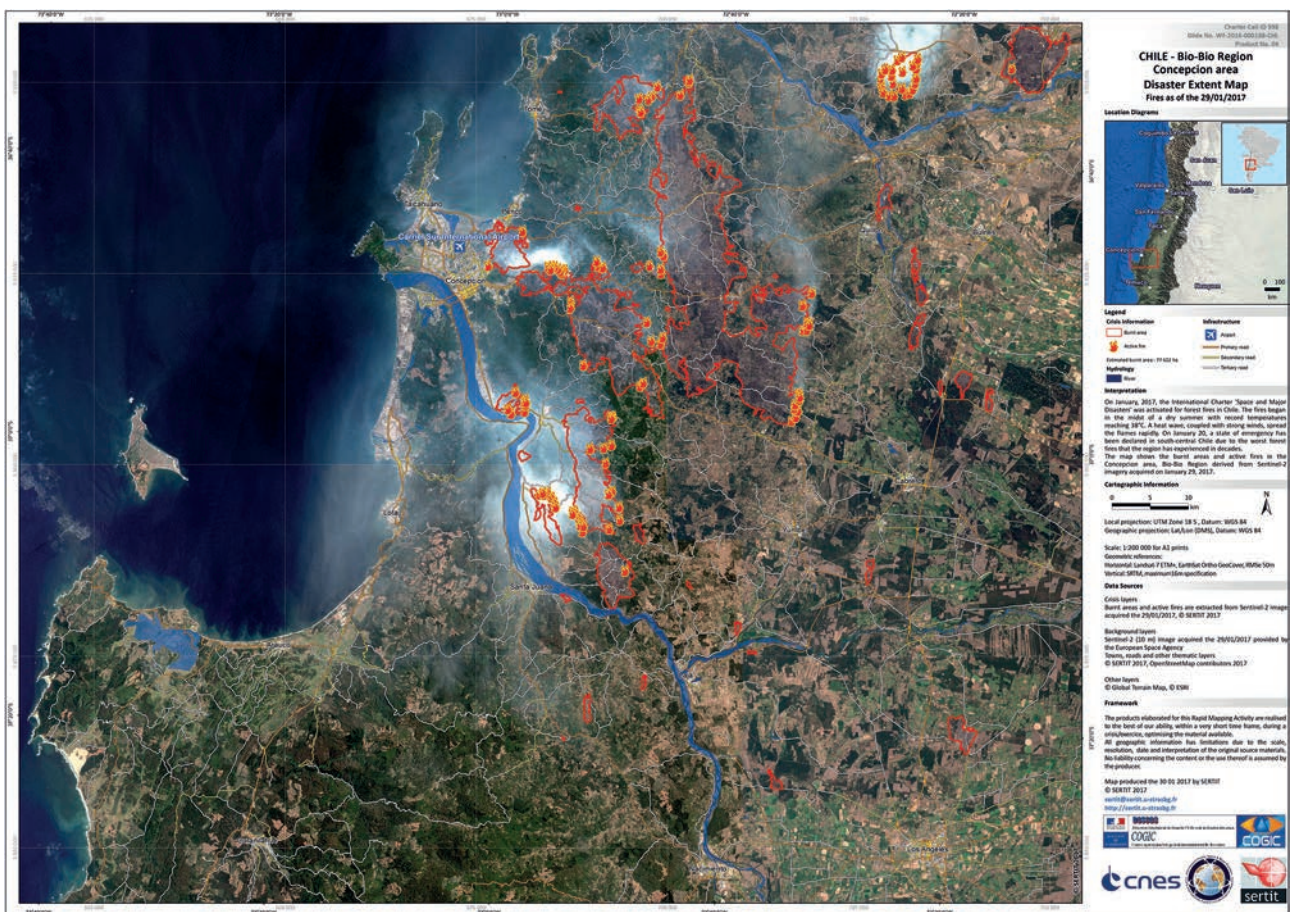


Figure 3 : Carte restituant la propagation des incendies ayant touché le Chili, en 2017. Elle a été élaborée à partir de données Sentinel-2 (©ESA, analyse et traitement d'image réalisé par ICube-SERTIT, 2017).

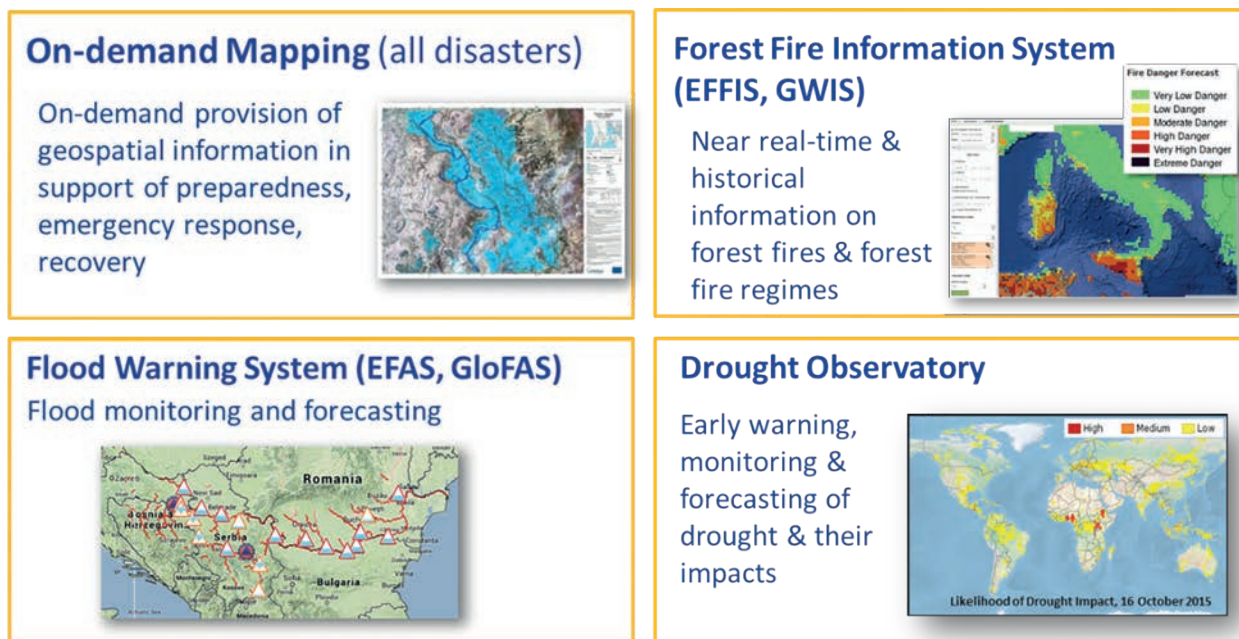


Figure 4 : Les différentes composantes de Copernicus Emergency Management Service (©UE, 2012-2019).

- Early Warning and Monitoring est le volet dédié à l'alerte et à la surveillance : il fournit en continu de l'information sur les inondations en cours et potentielles (EFAS, GloFAS), sur les feux de forêts en temps quasi réel ou sur des feux historiques (EFFIS, GWIS), et des alertes en cas de sécheresse (EDO, GDO).
- EMS-Mapping est consacré à la cartographie sur demande : il délivre des géo-informations en support à la gestion de crise (Rapid Mapping – RM) et à la prévention, à la mitigation et au relèvement (Risk and Recovery Mapping – RRM). Il peut être sollicité par des « utilisateurs autorisés » (le service européen de sécurité civile – ERCC, les services de sécurité civile des États membres – comme le COGIC en France, et autres services de l'Union européenne). Des utilisateurs associés (entités publiques locales, régionales, organisations internationales, ONG) peuvent également y avoir accès par l'intermédiaire des utilisateurs autorisés. Toute demande d'activation passe par l'ERCC qui, après autorisation, la transmet au prestataire de services qui définit le plan de travail, commande les images satellites nécessaires et prépare les produits finaux. EMS-Mapping dispose de son propre système de fourniture urgente de données satellites, mis à disposition par l'ESA.

Copernicus EMS Rapid Mapping, au service de la gestion de crise

Le service RM fournit de l'information géospatiale dans les heures et jours qui suivent son déclenchement par un utilisateur autorisé en support aux activités de gestion de crise lors de la survenue d'une catastrophe (inondations, séismes, incendies, tempêtes, etc.). Il est opérationnel 24/7 et offre des produits standardisés, tels que des cartographies de référence, des cartographies restituant l'extension d'un événement ou l'intensité des dommages occasionnés. Depuis la création du service, en 2012, le nombre de ses activations a considérablement augmen-

té : EMS RM a ainsi été activé 74 fois en 2018 contre 22 la première année, avec plus de 4 500 produits cartographiques réalisés au total. RM est le service de Copernicus EMS qui est le plus fréquemment sollicité, en particulier pour le suivi d'inondations, tempêtes, séismes et incendies. Le service a notamment été sollicité lors du séisme d'Amatrice en 2016, du cyclone Irma en 2017, des inondations dans l'Aude en 2018, et des deux tsunamis qui ont frappé l'Indonésie en 2018.

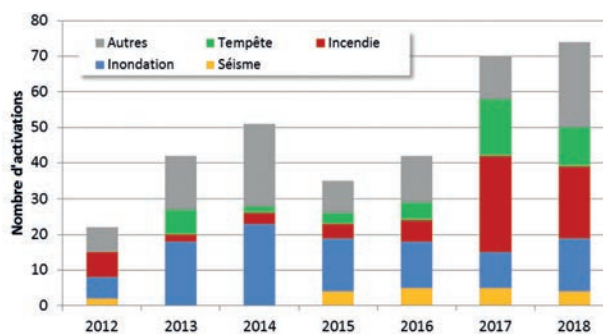


Figure 5 : Nombre des activations Copernicus EMS RM par an, sur la période 2012-2018 (©UE, 2012-2019).

Le délai pour obtenir la livraison d'un premier produit de crise est en moyenne de 48 heures après la demande de l'utilisateur. L'acquisition de l'image représente 80 à 90 % de ce délai. Bien que la programmation des satellites et l'acquisition des images soient optimisées, ce sont les systèmes d'alerte précoce qui permettent un déclenchement du dispositif au plus près de l'événement et donc de réduire ce délai jusqu'à quelques heures. Copernicus EMS intègre ce principe avec les systèmes EFAS/GloFAS pour l'alerte inondation et GDACS pour les séismes, tsunamis, éruptions volcaniques et tempêtes tropicales. Une alerte EFAS ou GDACS peut déclencher des acquisitions satellites anticipées. Il est aussi envisagé d'encourager les



Figure 6 : Carte des inondations de janvier 2018 dans le secteur de Romilly-sur-Seine (département de l'Aube). (Copernicus EMS © 2018 UE, [EMSR265]).

fournisseurs de données satellites à acquérir de manière systématique et proactive des images lorsque le système GDACS indique qu'une catastrophe majeure est sur le point de se produire ou a déjà eu lieu.

Coopération entre dispositifs et acteurs internationaux

Pour optimiser l'utilisation des ressources satellites, éviter une redondance des activités, standardiser les procédures et produits et donc maximiser l'efficacité des différents dispositifs, une coopération entre les acteurs et les services de cartographie d'urgence est nécessaire. La Charte internationale et Copernicus EMS RM collaborent de plus en plus, le premier dispositif assurant généralement la fourniture des images satellites, et le second la production cartographique. Cette collaboration impacte indirectement d'autres dispositifs ou acteurs internationaux, tels que Sentinel Asia et UNOSAT, et permet une répartition des secteurs d'intérêt à couvrir lors des gros événements. De nombreux acteurs du domaine travaillent sur l'ensemble de ces aspects par le biais d'un groupe de travail, l'IWG-SEM, qui établit des lignes directrices dans le domaine de la cartographie d'urgence et encourage l'échange systématique d'informations pour faciliter la collaboration entre les dispositifs internationaux lors de catastrophes majeures. Cet échange d'informations se concrétise notamment à travers la publication de flux GeorSS indiquant que tel dispositif est actif sur tel évé-

nement et sur telle zone ; et bientôt détaillant les analyses en cours (zone analysée, satellites programmés).

L'implication de la France aux niveaux européen et international

Pionnière dans le domaine de la cartographie rapide, il y a plus de vingt ans, la France en reste aujourd'hui un moteur important. Le CNES s'investit fortement dans la Charte internationale ainsi que dans la coopération avec les autres dispositifs, s'assurant notamment de leur complémentarité. Il a aussi permis la mise en orbite de nombreux satellites d'observation de la Terre, dont les images sont distribuées par Airbus DS et utilisées pour la gestion des risques et des crises. Le CNES et l'ESA ont également impulsé la création du concept de valeur ajoutée par le service strasbourgeois d'ICube-SERTIT, en collaboration avec la Sécurité civile française. Ces acteurs français du spatial et de la gestion de crise ont par la suite participé à de nombreux projets européens qui ont posé les bases du service opérationnel Copernicus EMS RM. Aujourd'hui, ICube-SERTIT est le service de cartographie rapide français chargé de couvrir les besoins nationaux dans le cadre de la Charte internationale, avec le soutien du CNES ; il est aussi l'opérateur du dispositif Copernicus EMS (RM, RRM, EFFIS), avec d'autres entités européennes, dont la PME française SIRS. La Sécurité civile française est également un acteur clé de ce domaine, puisque cet utilisateur expérimenté et exigeant n'a jamais cessé de faire

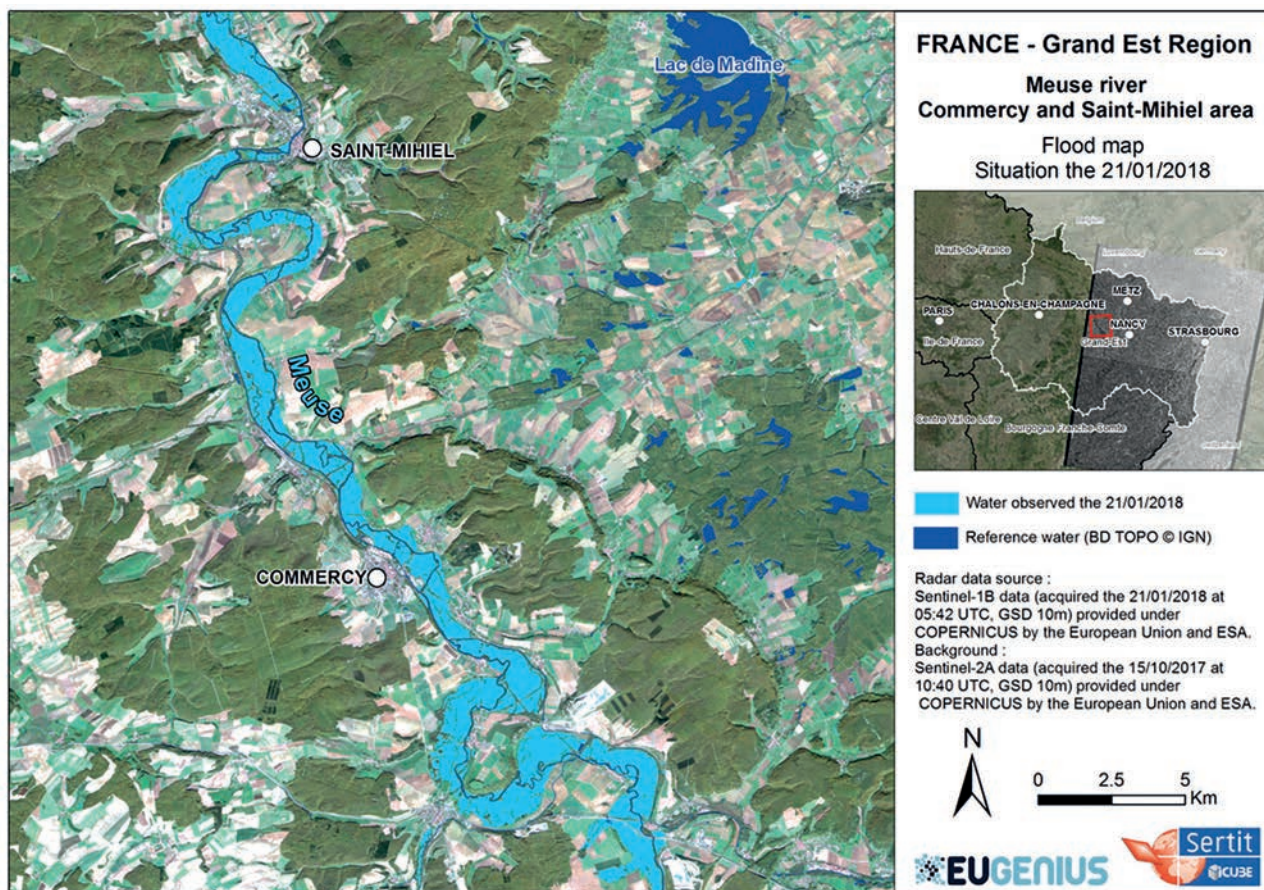


Figure 7 : Carte de l'extension des inondations de la Meuse en 2018 (©2018 ICube-SERTIT, EUGENIUS).

appel aux services de cartographie d'urgence et d'accompagner leur évolution, et ce depuis leurs prémices.

Les initiatives régionales en France

En cas d'événements d'ampleur modérée, les dispositifs internationaux ne sont pas toujours déclenchés, mais le besoin en géo-informations de crise reste bien présent pour certains acteurs. Un service de cartographie rapide des inondations régionales a ainsi été mis en place par ICube-SERTIT dans le cadre du projet H2020 EUGENIUS pour les acteurs locaux et régionaux de la région Grand Est. Lors des inondations de janvier 2018, un suivi de l'événement a été réalisé sur plusieurs jours, débouchant sur une cartographie de l'extension maximale des inondations, de leur impact et de la durée de submersion, élaborée à l'attention de la DREAL, des DDT et du SPC. Ces derniers ont souligné le fort bénéfice de ces produits en support à leurs missions de gestion des risques et des territoires. Une initiative similaire est en cours de développement dans le nord de la France, en collaboration avec le Cerema, pour le compte du SYMSAGEL.

Le marché de l'assurance

Les assureurs, réassureurs, courtiers et modélisateurs sont aussi de grands utilisateurs de la cartographie d'urgence satellitaire, en particulier lors d'inondations et de tempêtes. Cette technologie leur permet de disposer rapidement d'une évaluation économique des dommages et du montant approximatif des indemnités à verser. L'ou-

ragan Irma en 2017 a particulièrement démontré l'intérêt de la collaboration entre spatial et assurance, lorsque la cartographie rapide des dommages occasionnés sur l'île de Saint-Martin a pu être réalisée pour la Caisse centrale de réassurance (CCR), quelques jours après le passage de l'ouragan.

Dispositifs pour la gestion des risques

Copernicus EMS Risk and Recovery Mapping (RRM), pour la prévention et la reconstruction

Le dispositif RRM fournit des géo-informations en support à la gestion des risques, lors des phases de prévention, de mitigation et de relèvement. Il a été sollicité deux fois suite aux fortes pluies de mai/juin 2016 ayant affecté la métropole (activations EMSN028 et EMSN035), et une troisième fois suite au passage de l'ouragan Irma en septembre 2017 sur les COM antillaises (EMSN049).

Ce même dispositif a également permis de cartographier l'étendue des inondations de la Seine et du Loing en juin 2016, à la demande du MTES et du Cerema. À partir de ces observations, une cartographie de l'extension maximale potentielle de la crue a été réalisée, ainsi que celle de la profondeur en eau. L'impact des inondations sur l'occupation du sol a également été évalué. Cette étude a été également réalisée sur l'Indre, le Cher et la Loire à la demande de la DRAAF pour le même événement ; les résultats incluent la cartographie de l'impact économique potentiel pour chaque type de culture.

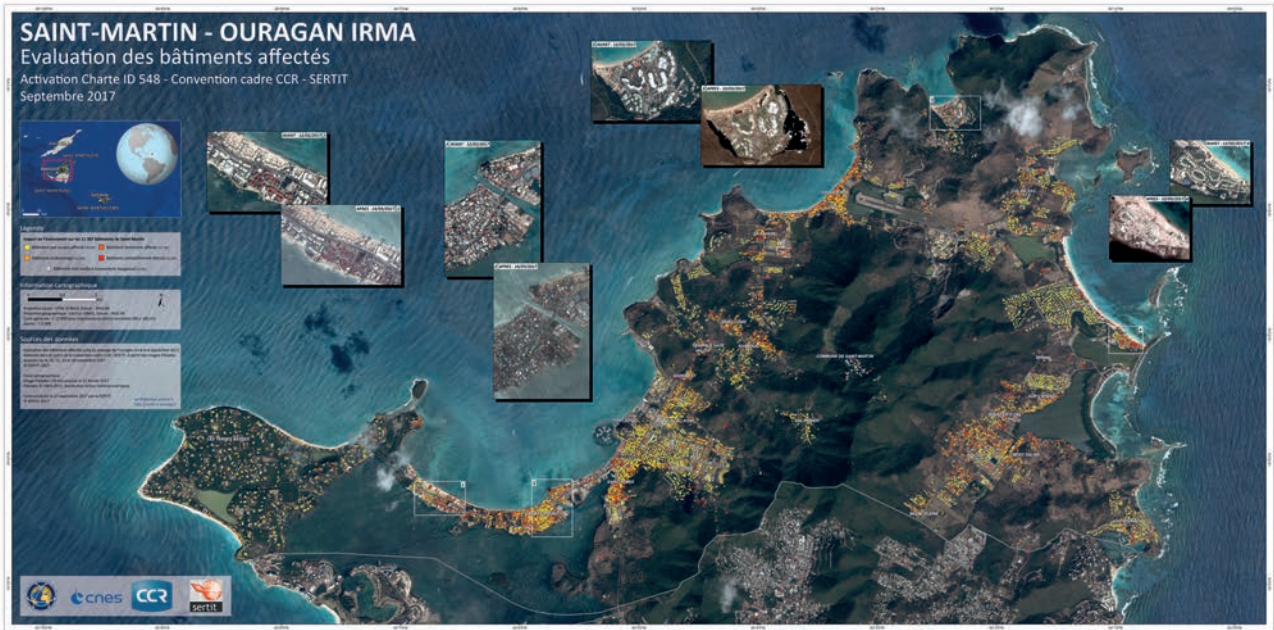


Figure 8 : Carte des bâtiments de l'île de Saint-Martin endommagés par l'ouragan Irma en 2017 (©2017 ICube-SERTIT, CNES, CCR).

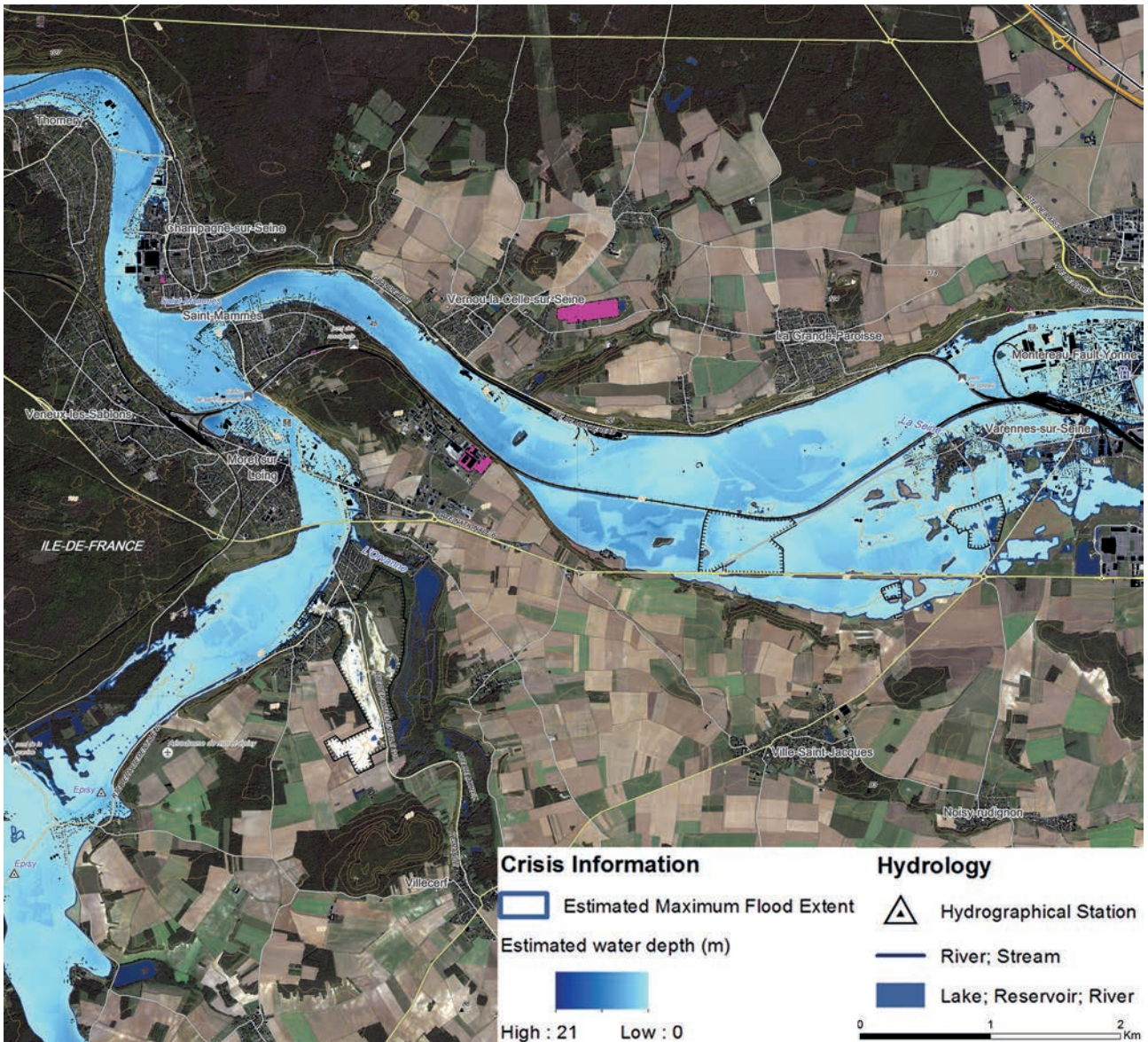


Figure 9 : Carte des profondeurs en eau estimées à la confluence de l'Yonne et du Loire lors des inondations de 2016 (Copernicus EMS ©2016 EU, [EMSN028]).

Depuis 2018 (et encore pendant deux ans), le service RRM fournit un suivi de la reconstruction sur les îles de Saint-Martin et de Saint-Barthélemy afin d'accompagner les autorités dans la gestion du relèvement post-Irma. La fréquence d'observation mensuelle, la première année, est aujourd'hui trimestrielle.

Recovery Observatory, une initiative internationale pour la reconstruction

Depuis 2014, le groupe « Disasters » du CEOS travaille sur les moyens d'accroître la contribution des données satellitaires à la compréhension et à la gestion d'événements catastrophiques, notamment lors de la phase de reconstruction (*recovery*).

Le CNES et le GFDRR y animent une équipe « Recovery Observatory » (ROOT), composée de fournisseurs d'images satellitaires, d'organisations chargées de la reconstruction et de fournisseurs de géo-informations à base d'images satellites. Suite au passage de l'ouragan Matthieu sur Haïti en octobre 2016, le CEOS a officiellement déclenché le Recovery Observatory (RO) sur la péninsule sud-ouest d'Haïti. Le RO a été mis en place début 2017 pour une durée de quatre ans afin de suivre la reconstruction des zones urbaines et de l'habitat rural, déterminer l'impact de l'ouragan sur les activités agricoles et suivre la réhabilitation environnementale, au bénéfice des autorités haïtiennes et en lien étroit avec WB, UNDP et l'UE.

Conclusion

L'observation de la Terre ne cesse d'évoluer en faveur de l'utilisation de la cartographie numérique d'urgence à des fins de sécurité intérieure. En effet, la multiplication du nombre de satellites toujours plus performants, l'arrivée des microsatsellites et la collaboration entre dispositifs (EMS-Charte) et systèmes (EMS-GDACS) existants permettent d'accroître l'offre de services à destination des acteurs de la gestion de crise et des risques, avec toujours plus de flexibilité. La commande et la livraison des images satellites sont de plus en plus rapides, tout comme la production de géo-informations, laquelle est de plus en plus automatisée.

La cartographie d'urgence est principalement utilisée en support à la gestion de crise, mais son usage se développe de plus en plus en soutien aux autres phases du cycle du risque. Ainsi, même si les services de Sécurité civile restent les principaux utilisateurs de cette technologie, les acteurs du secteur environnemental sont de plus en plus nombreux à commencer à l'intégrer dans leurs plans d'action, et ce d'autant plus que les informations produites lors de la survenue d'une crise sont utiles pour la mitigation et la reconstruction. Les dispositifs actuels permettent également de couvrir des besoins opération-

nels transnationaux et nationaux, et de plus en plus aux échelles régionale et locale.

Glossaire

CEOS : Committee on Earth Observation Satellites

CNES : Centre national des études spatiales

COGIC : Centre opérationnel de gestion interministériel des crises

COM : Communauté d'Outre-mer

DDT : Direction départementale des Territoires

DRAAF : Direction régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt

DREAL : Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

EDO : European Drought Observatory

EFAS : European Flood Awareness System

EFFIS : European Forest Fire Information System

EMS : Emergency Management Service of Copernicus

ERCC : Emergency Response Coordination Centre

ESA : European Space Agency

GDACS : Global Disaster Alert and Coordination System

GFDRR : Global Facility for Disaster Reduction and Recovery

GDO : Global Drought Observatory

GloFAS : Global Flood Awareness System

GWIS : Global Wildfire Information System (une initiative globale soutenue par Copernicus et la NASA)

IWG-SEM : International Working Group on Satellite Emergency Mapping

JRC : Joint Research Center

MTES : Ministère de la Transition écologique et solidaire

ROOT : Recovery Observatory Oversight Team

SIG : Systèmes d'information géographiques

SPC : Service de prévision des crues

SYMSAGEL : Syndicat mixte pour le SAGE de la Lys

UNDP : United Nations Development Program

UNOSAT : UNITAR's Operational Satellite Applications Programme

WB : World Bank group