

UTILISATION DE L'ORFEO TOOLBOX: UNE MONTEE EN COMPETENCE DANS UN ENVIRONNEMENT COLLABORATIF

Dominique Hebrard¹, Jacques Bouffier¹, Lucie Chadourne-Facon¹, Didier Treinsoutrot¹
1: Centre d'Études et d'Expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement (CEREMA),
Toulouse; dominique.hebrard@cerema.fr

Résumé

Le Ministère Français de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie (MEDDE) s'est doté en 2011 d'un plan d'applications satellitaires. Ce document est la feuille de route de son Pôle de Compétences et d'Innovation « Applications Satellitaires et Télécommunication » (PCI-AST). Parmi différentes missions, le plan fixe pour objectif une montée en compétence des services du ministère dans l'utilisation des technologies satellitaires. Dans ce contexte, le PCI-AST est chargé de démontrer le potentiel des technologies satellitaires pour le ministère, en particulier dans le domaine de l'observation de la Terre, puis de diffuser les savoir-faire, méthodologies et outils dans le réseau technique et dans les services déconcentrés.

De nombreuses politiques publiques portées par les services du MEDDE et mises en œuvre par les collectivités locales sont évaluées à l'aide d'indicateurs décrivant les territoires ainsi que leurs dynamiques d'évolution. Lorsque les informations utiles à l'établissement de ces indicateurs font défaut dans les bases de données habituelles, l'usage des technologies satellitaires peut s'avérer un atout particulièrement pertinent.

Parallèlement, les logiciels libres s'implantent progressivement dans les administrations et favorisent l'innovation. En ce sens, l'adoption de l'Orfeo Toolbox comme outil de traitement des images satellites constitue une continuité naturelle. L'outil est utilisé ici comme support à une méthode collaborative impliquant dans une même démarche les porteurs de politiques publiques, les géomaticiens et les télédéTECTEURS.

Ainsi, l'Orfeo Toolbox est utilisée au service des différentes thématiques. Quelques illustrations de cet usage sont présentées ici d'une part pour la caractérisation de la densité urbaine et d'autre part pour la localisation du trait de côte. Elle est également l'outil privilégié dans le cadre de la mise en œuvre d'une valise pédagogique à destination de la formation des géomaticiens, sa licence *open source* permettant d'envisager un déploiement à plus grande échelle avec des coûts raisonnés.

Mots-clés: Orfeo Toolbox, démocratisation, logiciels libres, open source, outils télédétection, SIG, politiques publiques environnementales, images satellites

Abstract

The French Ministry of Ecology, Sustainable Development and Energy (MEDDE) has adopted a satellite-based application plan in 2011. This document is a roadmap for its Satellite Application Task Force (« Pôle de Compétence et d'Innovation Applications Satellitaires et Télécommunication »: PCI-AST). Among various missions, the plan targets to increase the skills of the departments in using satellite technologies. In this context, PCI-AST is responsible for demonstrating the potential of satellite technologies especially in the field of Earth observation. Once this potential has been demonstrated, the goal is then to disseminate knowledge, methodologies and tools in the services of MEDDE.

Various public policies in charge of the MEDDE's services and implemented by the local authorities are assessed by indicators. These indicators are describing the territories and the dynamic of their evolution. When the information needed to build these indicators are lacking in the usual data base, the usage of satellite technologies can be a relevant asset.

At the same time, the growing use of free softwares in administrations encourages the innovative practices. In this way, choosing the Orfeo Toolbox to process satellite images is a natural continuity. Here, the tool is used as a support for a collaborative methodology that aims at involving the ones in charge of the public policies, the GIS specialists and the remote sensing specialists into a global approach.

Thus, the Orfeo Toolbox is used for various thematic. Some illustrations of this usage are presented here - one for the characterization of the urban density and another for the localization of the coastline. It is also the privileged tool to implement a pedagogical suitcase for the training of the GIS specialist. The open source license allows considering a large scale deployment with reasonable costs.

Keywords: Orfeo Toolbox, democratisation, free software, open source, remote sensing tools, GIS, environmental public policies, satellite images

1. Introduction

Le Pôle de Compétences et d'Innovation Applications Satellitaires et Télécommunication: un positionnement particulier

Le Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement

(CEREMA) est un organisme scientifique et technique dont la vocation est d'élaborer, mettre en œuvre et évaluer les politiques publiques de l'aménagement et du développement durable au service du ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (MEDDE) et du ministère du Logement et de l'Égalité Des Territoires (MLET). Le MEDDE s'est doté en 2011

d'un plan d'applications satellitaires¹ intitulé « Quelles applications satellitaires pour répondre aux besoins du MEDDE à l'horizon 2015 ? ». Ce document, véritable feuille de route sur l'intégration des technologies satellitaires chez les utilisateurs finaux, a permis la mise en place au sein du CEREMA d'une équipe technique sur ce sujet: le Pôle de Compétences et d'Innovation Applications Satellitaires et Télécommunication (PCI-AST).

L'objectif du PCI AST est d'aider les services institutionnels en charge de l'aménagement des territoires à répondre à leurs missions en intégrant les outils et méthodes du spatial, en particulier dans le domaine de l'observation de la Terre, lorsque cela est pertinent.

Le pôle se positionne à mi-chemin entre la sphère institutionnelle et le monde du spatial en tant qu'intermédiaire dans un large spectre de compétences et de disciplines. Les services en charge de la mise en œuvre des politiques publiques dans le domaine du développement durable, qu'ils soient étatiques ou appartenant à une collectivité territoriale, sont tenus d'objectiver leurs démarches. Les domaines d'expertises sont de plus en plus complexes et doivent s'appuyer sur des données consensuelles. Le monde du spatial, fertile en matière d'innovation, présente quant à lui une source considérable de données objectives à exploiter.

Ces deux univers ont des langages, des usages, des cultures différentes et leurs disciplines mobilisent des approches parfois très éloignées. Le PCI-AST est missionné pour œuvrer à la construction d'un lien entre les deux sphères. Dans ce contexte, il développe un réseau de partenaires multi-thématiques afin de connecter cet ensemble de compétences particulièrement riche.

Un plan d'applications satellitaires qui fixe des objectifs

Le plan d'applications satellitaires fixe des objectifs en matière d'utilisation des données spatiales pour améliorer le portage des politiques publiques. Plusieurs volets thématiques ont été identifiés sur des sujets comme l'aménagement du territoire, la consommation de l'espace ou la gestion durable des territoires. Des actions transversales sont également identifiées. La démarche présentée ici entre dans le cadre de l'action n°7 de ce plan, elle vise à « faciliter l'accès aux données spatiales, aux données dérivées et aux outils de traitement correspondants ». Pour répondre à cet objectif, le PCI-AST a engagé une démarche de développements méthodologiques mobilisant les moyens et outils qui permettent de répondre aux besoins du plus grand nombre.

2. Des compétences à développer à la croisée des disciplines

L'enjeu est de mettre en correspondance des outils issus des technologies du spatial et les grandes problématiques du développement durable, comme la consommation d'espaces naturels, agricoles ou

forestiers par l'étalement des villes. Les acteurs en charge de l'aménagement des territoires doivent quantifier, qualifier et limiter ces évolutions dans un cadre réglementaire contraint de lutte contre l'étalement urbain. La chaîne de la plus-value entre la conception d'un satellite et la livraison d'une donnée thématique contextualisée est longue et complexe: exploitation du système satellitaire pour l'acquisition de la donnée brute, acheminement et livraison des images, extraction d'informations et mise en place d'indicateurs pertinents au regard des besoins des acteurs de l'environnement et de l'aménagement.

Deux axes peuvent s'avérer critiques: l'adéquation des produits avec les besoins d'une part et la continuité des méthodologies et des outils d'autre part. C'est sur ce second point que cet article apporte un point de vue et une illustration de l'expérience conduite par le PCI-AST.

De nombreux produits issus de la télédétection existent et sont industrialisés. Il peut s'agir d'éléments intermédiaires, comme une image orthorectifiée, un indice de végétation, ou d'éléments plus complexes comme une cartographie de l'enneigement d'un massif ou une classification d'une typologie d'occupation du sol. Cependant, les porteurs de politiques publiques ont souvent besoin d'indicateurs ne correspondant pas aux produits existants. Des produits à façon s'avèreraient alors plus pertinents.

Pour mettre en place les indicateurs répondant à leurs besoins, les services du MEDDE, les Directions Régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL), les Directions Départementales des Territoires (DDT), les collectivités territoriales ou les experts du CEREMA mobilisent leurs compétences internes. Ces travaux rassemblent des thématiciens et des géomaticiens. Ces spécialistes des SIG, généralement conscients du potentiel de l'imagerie satellitaire, sont toutefois démunis lorsqu'il s'agit d'utiliser concrètement les produits du spatial. Comment obtenir une image satellite? Comment extraire une information pertinente? Quels outils utiliser? Comment concevoir une méthode utilisant des images satellites et des bases de données « classiques »? comment combiner les outils, les méthodes de télédétection et de géomatique pour mettre en place un indicateur défini par des thématiciens?

3. Choix du logiciel libre: une stratégie qui privilégie l'innovation

Le logiciel libre constitue dans ce contexte une opportunité particulièrement intéressante. Différents éléments justifient en effet l'usage des outils open source dans la sphère publique et plus particulièrement au MEDDE.

La circulaire de septembre 2012 « Orientation pour l'usage des logiciels libres dans l'administration² » constitue un fait marquant dans l'histoire de l'utilisation des logiciels informatiques en définissant un cadre d'action structurant et incitatif. Elle donne les grandes orientations et souligne les nombreux avantages du

¹ <http://www.cete-sud-ouest.developpement-durable.gouv.fr/2011-plan-satellite-horizon-r297.html>

² http://circulaire.legifrance.gouv.fr/pdf/2012/09/cir_35837.pdf

modèle du logiciel libre. Au-delà du simple intérêt de l'abaissement des coûts, la circulaire met en évidence la dynamique des logiciels libres, l'apport du besoin utilisateur dans l'orientation des évolutions, la transparence, le support à long terme, le contrôle par une communauté et l'émulation créative.

Le ministère favorise depuis longtemps l'usage des logiciels libres. La suite LibreOffice³ est ainsi devenue l'outil bureautique de référence dans les services. De même, le monde de la géomatique, particulièrement structuré au MEDDE⁴, a connu en 2011 un changement de paradigme important. La commission de coordination de l'information géographique (CCIG, 2011) a validé l'utilisation de QGIS⁵ au sein du MEDDE et du Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la forêt (MAAF). Après quelques années d'utilisation, le chemin parcouru est important. Préconisé au départ pour la consultation des données par les utilisateurs occasionnels, la dynamique et l'adaptabilité du logiciel ont également convaincu les géomaticiens expérimentés. Le choix de l'outil libre implique ainsi plus qu'un arbitrage économique mais également la génération d'un environnement complet et évolutif.

Le modèle du logiciel libre implique un investissement humain et nécessite une prise d'autonomie. C'est dans ce contexte qu'une communauté fédérant les services du MEDDE et du MAAF est particulièrement active. Elle échange autour de l'outil, partage conseils, astuces et méthodes dans une approche collaborative. Sur la base du même noyau QGIS, trois interfaces graphiques permettent une visualisation simple, un usage intermédiaire ou une utilisation experte. Cette modularité a certainement contribué à la popularité du logiciel.

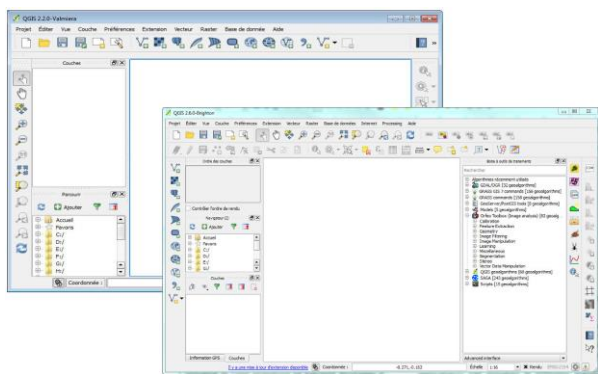


Figure 1 : Interface graphique QGIS visualisation / expert

L'utilisation de l'outil géomatique est fortement développée et implantée au MEDDE. C'est une discipline enseignée dans les écoles et les formations professionnelles du ministère. En revanche, l'enseignement et la pratique de la télédétection sont quasi inexistantes. La diffusion des méthodes et des savoir-faire constitue un réel challenge.

³ <https://fr.libreoffice.org/>

⁴ <http://www.geoinformations.developpement-durable.gouv.fr/>

⁵ <http://www.qgis.org/fr/site/>

De la géomatique à la télédétection par l'outil ?

Dans le même temps, le MEDDE signait une convention de collaboration avec le CNES (Communiqué de presse MEDDTL, 2011). Le PCI-AST commençait à s'impliquer dans le programme d'accompagnement ORFEO et se lançait dans la mise en œuvre de démonstrateurs avec ses partenaires institutionnels. Ce contexte a naturellement conduit à exploiter les images Pléiades THRS avec l'Orfeo Toolbox⁶ (OTB).

Au final, la concomitance d'un contexte favorable aux logiciels libres au MEDDE, une montée en puissance de l'usage de QGIS chez les géomaticiens et un cadre conventionnel ont permis la mise en place d'une collaboration bilatérale entre le CNES et le PCI-AST. Le CNES en tant qu'expert technique a permis au PCI-AST de monter en compétence en matière de télédétection sur les volets méthodologiques et techniques. En contrepartie, le PCI-AST a pu partager avec le CNES ses retours d'expérience, proposer des améliorations de l'outil utiles à l'utilisateur final, identifier certains bugs et promouvoir l'OTB auprès des services techniques de l'Etat ou des collectivités.

Le développement de l'utilisation de QGIS au sein du MEDDE constitue une opportunité favorable à l'usage de l'OTB. QGIS présente en effet la particularité, au-delà de ses propres fonctionnalités de traitement des données, d'être une plate-forme d'accueil d'autres logiciels open-source, dont l'OTB. Pour les utilisateurs les plus avancés, la personnalisation et l'automatisation des traitements sont possibles via l'API⁷ QGIS ou le langage de développement Python, ainsi que de nombreux autres logiciels présents sur l'infrastructure OSGeo⁸. Ces aspects constituent un terrain favorable à la création d'un pont entre la géomatique et la télédétection.

4. Un environnement et des outils propices à de multiples utilisations

Une fois le choix de l'utilisation de l'OTB validé, deux axes se sont rapidement dégagés : la réalisation de démonstrateurs et la mise en place d'un volet formation dans le ministère.

OTB application: un outil multi-facettes

D'un point de vue technique, l'OTB est principalement utilisée via les « *OTB applications* ». Ce module particulier de l'OTB permet de travailler suivant plusieurs approches simultanées et cohérentes.

Une « *OTB application* » est une brique élémentaire fonctionnelle et autonome. Elle peut être utilisée par exemple pour calculer des statistiques sur une image, produire un modèle de classification et l'appliquer à une image ou procéder à des opérations d'algèbre des cartes. Les « *OTB applications* » sont utilisables de différentes manières : via l'interface graphique de Monteverdi 2, dans QGIS ou en ligne de commande. Cette diversité de l'accès à l'OTB ouvre de nombreuses

⁶ <http://Orfeo-toolbox.org>

⁷ Application Programming Interface

⁸ Open Source Geospatial Foundation. <http://www.osgeo.org/>

perspectives. Le spectre d'utilisation est large et permet de retrouver les mêmes repères sous plusieurs environnements et systèmes d'exploitation. Cette possibilité permet à un utilisateur novice de prototyper une méthodologie via l'interface graphique, puis d'automatiser les tâches ainsi paramétrées grâce à l'interface en ligne de commande. Cette souplesse permet de répondre aux besoins des plus novices comme à des usages plus experts.

Un autre aspect particulièrement intéressant de l'usage de la ligne de commande, qu'elle soit sous Windows ou sous Linux, réside dans la possibilité de faire appel à plusieurs logiciels disponibles via l'OSGeo. Aussi, pour la réalisation de tâches répétitives ou pour la mise en œuvre de méthodologies complexes, l'écriture de scripts est relativement aisée. Cette approche permet de faire appel, via le langage Python privilégié au sein du PCI-AST, à des outils permettant de manipuler aussi bien les données raster que vectorielles.

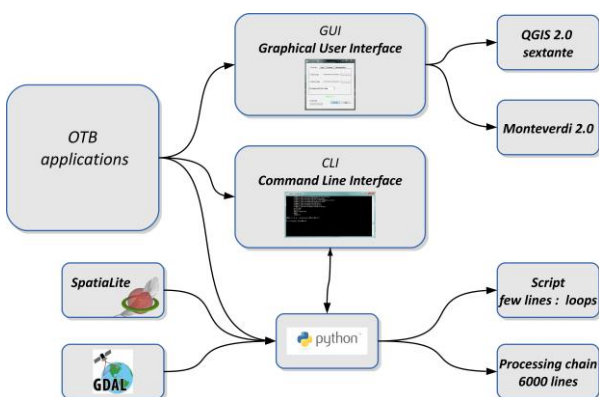


Figure 2 : OTB applications, un pont entre l'interface graphique et la ligne de commande.

Enfin, pour des besoins de déploiements souples et rapides, (formations, implémentation sur différentes stations de travail ou serveurs pour distribuer les calculs...), la création de machines virtuelles constitue un vecteur facilitant l'expérimentation et la gestion du parc de machines.

Des outils et des méthodes au service des politiques publiques

Les besoins des utilisateurs doivent être pris en considération: une production d'indicateurs à bas coût, à une fréquence régulière, sur la base de méthodologies stables et reproductibles. Sous le vocable reproductible sont sous-entendus plusieurs notions telles que l'accès aisé aux données et aux outils, à des coûts raisonnables sur de grands territoires.

Les exemples suivants, menés exclusivement avec des outils libres, illustrent les potentialités de l'OTB.

Une étude portant sur l'apport de l'imagerie très haute résolution spatiale pour la caractérisation de la densité urbaine a été menée en utilisant l'OTB. L'identification fine du bâti de l'agglomération Toulousaine a été réalisée grâce à l'algorithme de classification *support vector machine* (Bouffier et al, 2014). Cette classification a ensuite permis de produire des

indicateurs utiles aux aménageurs pour mesurer les dynamiques d'urbanisation des villes. L'indicateur est livré au format vectoriel et calculé en utilisant le langage Python et la librairie GDAL/OGR⁹. Notons ici que l'OTB permet aujourd'hui de faciliter le passage des résultats en format raster vers le format vectoriel communément utilisé dans le monde de la géomatique.

Dans le même esprit, une étude sur le territoire de Saint-Pierre et Miquelon (Bosc et al., 2014) a porté sur la localisation du trait de côte. Des images Pléiades ont été acquises dans cet objectif. Une classification de l'occupation des sols, également via l'algorithme support vector machine implémenté dans l'OTB, a permis de caractériser la couverture biophysique du sol sur la zone d'étude. La frontière entre deux typologies d'occupation du sol permet ensuite d'identifier le trait de côte via un algorithme implémenté dans GRASS¹⁰.

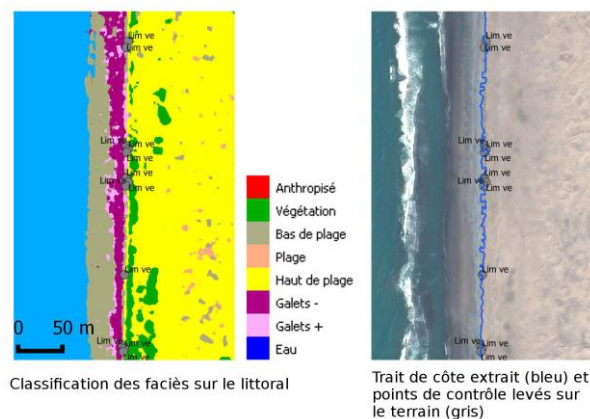


Figure 3 : Suivi du trait de côte, méthode de classification de l'occupation du sol.

Des développements encapsulés dans une chaîne de traitement

L'extraction des informations contenues dans une image met en œuvre un enchaînement de nombreux traitements, rébarbatifs s'ils sont répétés manuellement à chaque fois. De plus, le traitement d'image étant gourmand en ressources machine, le traitement de territoires représentés par des millions de pixels nécessite parfois plusieurs heures voire dizaine d'heures. L'interface graphique trouve ici ses limites et la ligne de commande prend tout son sens. Dans cet esprit, le PCI-AST a développé une chaîne de traitements basée principalement sur les OTB applications et sur d'autres librairies libres. A ce jour, plusieurs tâches peuvent-être réalisées sur des lots d'images: découpage et nettoyage d'échantillons d'apprentissage issus de bases de données exogènes, calcul de néo-canaux, définition des paramètres optimaux pour une classification, classification et post-traitements de premier niveau.

Ces développements représentent aujourd'hui six mille lignes de code Python et font l'objet d'améliorations continues notamment en terme de performance de calcul.

⁹ <http://www.gdal.org/>

¹⁰ <http://grass.osgeo.org/>

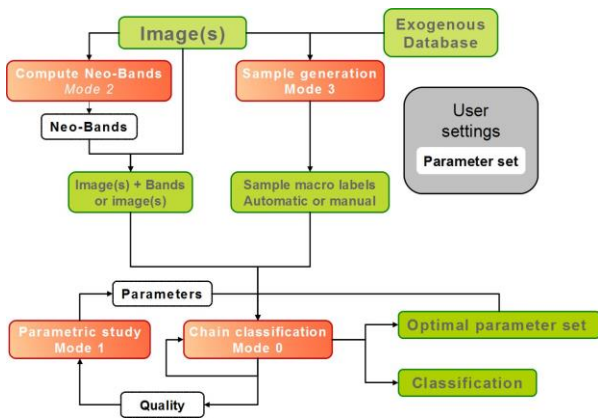


Figure 4: Chaîne de traitement intégrée développée au PCI-AST.

La formation au service des agents

En complément de ses travaux méthodologiques, le PCI-AST produit également une valise pédagogique à l'attention des agents du ministère. Cet outil, en cours de validation, comprend plusieurs volets. Un premier module à l'attention des thématiciens et des géomaticiens vise à sensibiliser et à présenter le potentiel de l'imagerie spatiale. Un second module permet de transmettre les notions fondamentales en télédétection et de familiariser à la manipulation des rasters via l'OTB et QGIS. Enfin, un dernier volet porte sur des exercices concrets sur un territoire à la demande pour répondre aux problématiques que les stagiaires ont à traiter dans leurs missions.

5. Des outils pour demain

Au final, sous couvert d'utilisation d'un outil, l'objectif premier reste la création d'un fil conducteur entre tous les acteurs. Les méthodes développées prennent ainsi en compte les contraintes et les compétences propres à chaque maillon de la chaîne de la valeur reliant les concepteurs de satellites aux politiques publiques portées par les services institutionnels.

Cette démarche permet d'apporter une réponse à un besoin, mais sera confrontée à certaines limites qui commencent à apparaître. D'une part, tous les utilisateurs potentiels ne souhaitent pas s'investir dans la prise en main d'outil et de méthodologies de traitement d'image. D'autre part, les données issues de l'imagerie THRS Pléiades et bientôt des séries temporelles des satellites Sentinelle 2, demandent, en plus d'espaces de stockages conséquents, des capacités de calcul importantes. Pour pallier ces difficultés de mise en œuvre plusieurs projets ont vu le jour et s'attachent à lever ces freins. Leurs objectifs visent à proposer aux utilisateurs des services clé en main qui présenteront plusieurs avantages. Certains (Géosud, 2014) proposent des services de diffusion des données et des traitements simples, d'autres (PEPS, 2014) se focalisent sur la mise en œuvre du traitement des images. Dans tous les cas, ils seront localisés sur des serveurs distants dont les capacités sont adaptables. Les services seront accessibles simplement via Internet et adaptés au plus près des besoins des utilisateurs. Pour autant, ce nouveau paradigme nécessitera toujours d'impliquer tous les acteurs de la chaîne pour produire des services de qualité et adéquats.

References

- Communiqué de presse MEDDTL, 2011. http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/2011-12-05_NKM-LW_L_espace_service_de_l_Envt-2.pdf
- Bouffier J., Hébrard D., Mingam B, 2014. urban density evaluation from very high resolution images. Colloque International « Pléiades Days », Toulouse, 1 au 3 avril 2014.
- Bosc C., Chandelier L., Lagnous R., Laine P., Roche A. Apport de l'imagerie satellitaire pour le suivi du trait de côte: Prototypes sur Saint-Pierre-et-Miquelon Colloque International « Connaissance et compréhension des risques côtiers: Aléas, Enjeux, Représentations, Gestion ». Institut Universitaire Européen de la Mer (Technopôle BREST-Iroise, Plouzané), Brest, 3 et 4 juillet 2014.
- CCIG, 2011. La CCIG décide de déployer QGIS dans les services, <http://www.geoinformations.developpement-durable.gouv.fr/la-ccig-decide-de-deployer-qgis-a1823.html>
- Géosud, 2014. Infrastructure Géosud et interopérabilité (THEIA, GEOPORTAIL), Equipex Géosud users workshop, Montpellier, France.
- PEPS, 2014. Politiques Environnementales & Politiques Spatiales, <http://peps-services.fr/>