
FabSpace 2.0, utilisation d'images d'observation de la Terre et des océans en classe

Josiane Mothe¹, Guillaume Rieu²

1. IRIT, UMR5505 CNRS, ESPE, UT2J, Université de Toulouse
118 Route de Narbonne, 31062, Toulouse, France
josiane.mothe@irit.fr

2. TerraNIS SAS (800 815 367 RCS Toulouse)
Siege social: 10 av.de l'Europe, 31520 Ramonville, France
guillaume.rieu@terranis.fr

RÉSUMÉ. Le projet FabSpace 2.0 vise à faire des universités des centres d'innovation ouverte pour leur région et à améliorer leur contribution à la performance socio-économique et environnementale de la société. Pour atteindre ces objectifs généraux, le projet FabSpace 2.0 propose de se concentrer sur un domaine de recherche ayant un impact socio-économique attendu élevé : l'innovation axée sur les données, avec une attention particulière aux données d'observation de la Terre issues du programme Copernicus. Dans cet article, après avoir présenté les objectifs généraux du projet FabSpace 2.0 et la plateforme technique utilisée dans le projet FabSpace, nous présenterons une utilisation possible dans le cadre de l'enseignement. Cette plateforme propose en effet des espaces de travail thématiques qui peuvent servir de support pour collecter et visualiser des phénomènes particuliers liés à des éléments géolocalisés.

ABSTRACT. The FabSpace 2.0 project aims to make universities open innovation centers for their region and improve their contribution to the socioeconomic and environmental performance of society. To achieve these general objectives, the FabSpace 2.0 project proposes to focus on a field of research with a high expected socio-economic impact: data-driven innovation, with particular attention to Earth observation data derived from Copernicus program. In this paper, we will first present the general objectives of the FabSpace 2.0 project and the associated technical platform. We will then present a possible use within the framework of the teaching. This platform offers thematic workspaces that can serve as a support to collect and visualize particular phenomena linked to geolocalized data.

MOTS-CLÉS : FabSpace 2.0, images d'observation de la terre, plateforme technique, programme Copernicus, usage d'images d'observation dans l'enseignement.

KEYWORDS: FabSpace 2.0, earth observation images, technical platform, Copernicus program, use in education of observation images.

DOI:10.3166/ISI.22.5.91-104 © 2017 Lavoisier

1. Introduction

Les données d'observation mise à disposition par les programmes satellitaires tels que Copernicus sont des ressources exploitables dans de nombreuses applications. La gratuité des données issues de ce dernier programme¹ en fait un atout considérable à leur exploitation. Un autre intérêt de ces observations est qu'un même point est observé de façon récurrente durant la vie du satellite. Des appels à projets spécifiques sont liés à cet environnement comme dans le programme Européen H2020 (« Evolution des services Copernicus » par exemple).

De nombreux projets se développent en lien avec ces données pour proposer des services de surveillance dans différents domaines comme le changement climatique (Thepaut et Dee, 2016), les espaces urbains (Lefebvre *et al.*, 2016), ou l'agriculture (Smith *et al.*, 2016).

FabSpace 2.0 est un projet financé par le programme H2020 qui répond à l'appel INSO-4-2015 : systèmes innovants pour l'innovation ouverte et la science 2.0 b) Academia- Business/Public/co-crédation de connaissances. Il vise à développer des services en lien avec ces données. Il s'appuie sur la plateforme TerraHub. Initialement pensée pour répondre à des objectifs de développement de services, cette infrastructure pourrait également être utilisée dans l'enseignement pour accéder simplement à des ressources pertinentes. Nous développons ces éléments dans cet article.

Plus spécifiquement, la suite de l'article est structurée comme suit : dans la section 2, nous résumons le projet FabSpace 2.0 ; dans la section 3, nous présentons la plateforme TerraHub utilisée dans ce projet. Dans la section 4, nous évoquons les travaux que nous souhaitons développer pour l'étude de l'utilisation possibles de cette plateforme pour des usages pédagogiques. La dernière section est une conclusion de cet article.

2. Projet FabSpace 2.0

FabSpace 2.0² est le réseau d'innovation ouvert basé sur les géo-données issues en particulier des données Copernicus dans les Universités 2.0. A la manière des FabLabs, le projet FabSpace 2.0 vise à faire des universités des centres d'innovation ouverte pour leur région et à améliorer leur contribution à la performance socio-économique et environnementale de la société.

1. www.copernicus.eu/ : Copernicus (précédemment GMES (Global Monitoring for Environment and Security) est un programme de surveillance de la terre sur différentes thématiques financé au niveau européen.

2. site du projet : <https://www.fabspace.eu/> et site de la partie française <https://www.irit.fr/FabSpace/>

Dans les six régions européennes couvertes par le consortium, les universités partenaires travaillent en collaboration avec les incubateurs de l'Agence spatiale européenne (ESA BIC). Leur rôle est d'accompagner les entrepreneurs à transformer les idées de développement économique liées à l'espace en des sociétés commerciales, et également de fournir une expertise technique et un soutien pour le développement commercial de ses sociétés.

Ce consortium, auquel viennent s'ajouter TerraNIS (la société française qui exploite le groupe européen d'entreprises pour un réseau d'information utilisant l'espace EUGENIUS) et IDGEO (formations continues en géomatique) ainsi que le réseau européen d'affaires EBN, sera un facteur clé de succès pour le projet.

FabSpace 2.0 a débuté le 1er mars 2016 et durera 3 ans. Il est sous la direction de l'université Toulouse III - Paul Sabatier (UPS).

3. La plateforme TerraHUB : support pour le développement d'applications spatiales

Construite autour de la solution *open-source* geOrchestra³, la plateforme TerraHUB vise à intégrer des données spatiales au sein d'une même infrastructure afin de faciliter le prototypage d'applications et de services de géo-information.

3.1. TerraHUB : une plateforme open-source pour la gestion de données spatiales

TerraHUB est une plateforme web permettant de gérer au sein d'une même infrastructure des diverses données géo-référencées telles que des données d'observation de la Terre, des *open-data* ou des données de capteurs *in-situ* (données temps réel).

L'utilisation de plusieurs briques logicielles et notamment d'un serveur cartographique (GeoServer), d'un catalogue (GeoNetwork) et d'un module d'authentification (LDAP) permet aux utilisateurs d'accéder à un ensemble de fonctionnalités utiles au prototypage telles que :

- La visualisation, l'édition et le traitement de données cartographiques via une interface web et des protocoles standardisés.
- La diffusion de données cartographiques grâce à des services interopérables (Web Map Service et Web Feature Service par exemple).
- Le catalogage de données grâce à la gestion de métadonnées respectant les standards de la directive INSPIRE.

3. <http://www.georchestra.org/fr/> geOrchestra est une Infrastructure de données spatiales libre, interopérable et modulaire, créée en 2009 pour répondre aux exigences de la directive INSPIRE. L'article de Chopin et Genevois, 2017 de ce numéro spécial en détaille des utilisations dans des cadres pédagogiques.

– La gestion des utilisateurs afin de définir et de sécuriser les droits d'accès aux données et aux services.

L'enjeu de la plateforme TerraHUB dans le projet FabSpace est de simplifier et d'uniformiser l'accès aux données géographiques afin de faciliter leur intégration dans des prototypes d'applications spatiales. La mise en réseau des six plateformes FabSpace grâce à des protocoles interopérable doit également permettre de faciliter les échanges entre utilisateurs.

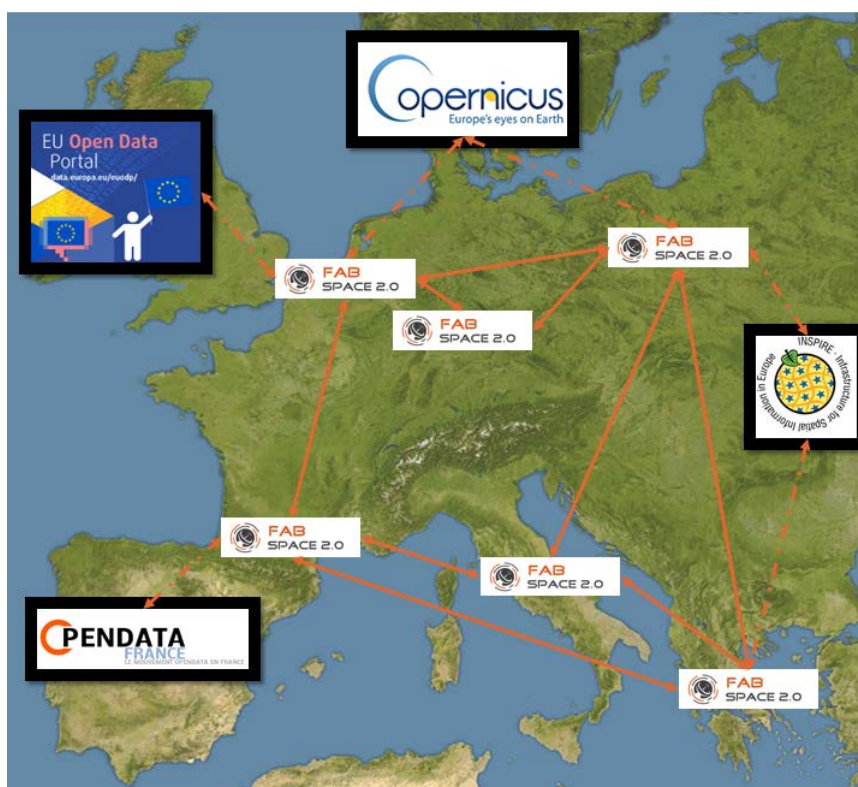


Figure 1. Utilisation de TerraHUB pour la mise en place du réseau européen FabSpace : accès et partage des données spatiales

3.2. TerraHUB : vers le prototypage d'applications spatiales

Le secteur de la géo-information se caractérise par une mise à disposition croissante et massive de données géographiques. La directive européenne INSPIRE a largement contribué à l'émergence des *open-data* en garantissant un libre accès aux données publiques *via* des portails web cartographiques (voir aussi l'article de Chopin et Genevois, 2017 de ce numéro).

Par ailleurs, le programme européen Copernicus met à disposition de nombreuses données et services dans six domaines d'application : surveillance des terres, surveillance du milieu marin, surveillance de l'atmosphère, gestion des urgences, sécurité et adaptation au changement climatique. Une série de satellites appelés Sentinel est mise en place dans le cadre de ce programme pour répondre aux besoins en matière de données d'observation de la Terre. Plusieurs produits sont mis à disposition et notamment des images haute résolution radar (Sentinel-1) et optiques (Sentinel-2).

L'utilisation de ces flux de données dans des services à valeur ajoutée est un enjeu majeur pour le développement d'applications commerciales. Cependant, les difficultés d'accès (hétérogénéité des formats, multiplication des portails d'accès) ainsi que les contraintes techniques liées à la gestion de ces données demeurent des freins importants.

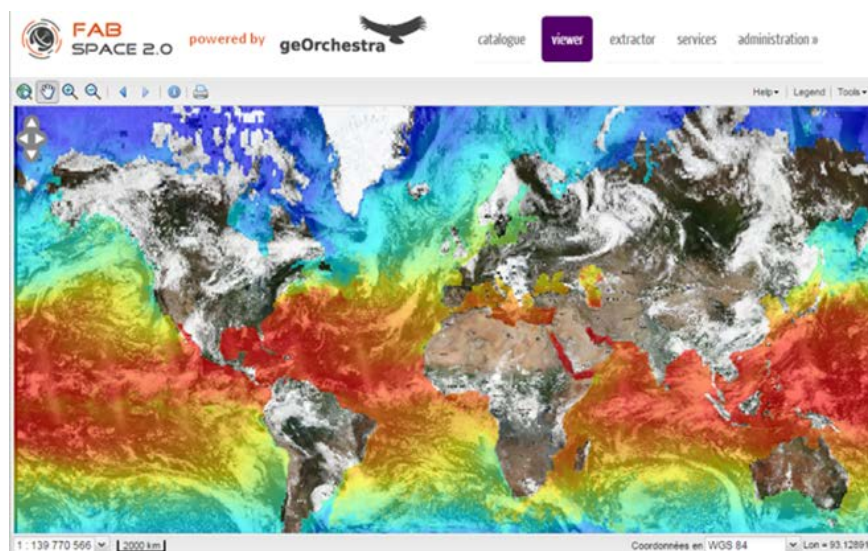


Figure 2. Visualiseur de cartes de la plateforme FabSpace

Les utilisateurs FabSpace bénéficient des fonctionnalités de la plateforme TerraHUB pour accéder de manière simple et standardisée à des jeux de données. Par ailleurs, la diffusion et le partage d'information géographique via les services web interopérables de la plateforme doit permettre de lever certains freins techniques pour le prototypage d'applications. En effet, les utilisateurs se sont pas nécessairement spécialistes des systèmes d'information géographique et la gestion d'images n'est pas nécessairement la partie innovante des applications.

L'utilisation de données spatiales, et notamment les données d'observation de la Terre est un levier de croissance important pour le développement services dans des domaines d'applications variés tels que les transports, l'agriculture, l'aménagement du territoire ou les énergies.

4. Utilisation pour l'enseignement secondaire

Comme nous l'avons indiqué plus haut, cette plateforme a été développée dans le cadre du projet FabSpace 2.0 qui vise en particulier l'utilisation des images Copernicus dans de nouveaux services. L'utilisation en pédagogie ne fait pas partie des usages prévus dans le projet initial. Il nous semble pourtant intéressant d'envisager cet usage. Pour cela, nous avons développé un projet de recherche collaborative en lien avec l'Ecole supérieure du professorat et de l'éducation (ESPE) à Toulouse.

Le terme « Volunteer Geographic Information » est conçu pour différencier le paradigme actuel du concept traditionnel d'information géographique en tant que flux à sens unique (Goodchild, 2006). Traditionnellement, les experts créent des informations géographiques et les utilisateurs les consomment. Cependant, la technologie actuelle permet le flux d'informations dans les deux sens. Il s'agit d'un nouveau type d'usage. Bruns (Bruns, 2006) a appelé ce nouveau type d'interaction « produsage ». L'utilisateur n'est pas un élément passif, mais un créateur actif d'informations (Goodchild évoque le « citizen as sensor »).

Dans le cas de l'activité pédagogique, les élèves étudieront non seulement des éléments du programme de géographie, mais aussi fourniront des informations de collecte qui pourront être précieuses. Plus spécifiquement, l'idée est d'obtenir et de vérifier les informations de l'utilisation du sol au niveau parcellaire. Cette activité s'avère coûteuse et compliquée. Grâce à des outils comme celui que nous proposons, nous pouvons permettre aux citoyens réguliers (ici les élèves) de participer à cette tâche.

Plus spécifiquement, l'application s'appuie sur une image de la région téléchargée *via* la plateforme FabSpace. Il est ensuite possible de réaliser des traitements simples permettant d'étudier des phénomènes au cœur des problématiques enseignées (agriculture prédictive, urbanisation, ressource en eau, littoralisation des activités, etc.).

Le sujet que nous avons choisi concerne l'agriculture prédictive avec des élèves de lycée. Plus précisément, il s'agit de montrer comment les outils numériques peuvent aider à l'agriculture prédictive en lien avec le thème au programme de

géographie du niveau 2^{de} intitulé « Sociétés et développement durable » et du thème « Nourrir les hommes »⁴.

Nous avons ainsi développé une application qui utilise des données Sentinelle 2 issues de PEPS (plateforme gérées par le CNES) et référencées automatiquement sur la plateforme du projet FabSpace 2.0. Cette carte régionale permet de distinguer des occupations de sol différentes *via* une restitution par coloration de zones (image 2017). Nous avons complété ce jeu de données avec des données ouvertes agricoles qui recensent l'occupation agricole précise des sols en 2012 en fonction du type de culture. L'application permet alors :

- 1) de visualiser les possibles modifications de l'occupation des sols entre 2012 et 2017 ;
- 2) de faire des hypothèses sur l'occupation précise des sols en 2017 en s'appuyant sur l'observation des images satellites et de l'occupation 2012 ;
- 3) d'annoter l'occupation réelle des sols par relevés sur place et intégration dans la banque de données.

4.1. Description de l'activité pédagogique

Différentes publications s'intéressent à l'usage des images satellites pour le suivi agricole. Par exemple, Dusseux (2014) s'est focalisé sur le suivi des prairies tandis que Mjeira *et al.* (2015) se sont intéressés aux phénomènes de sécheresse agroklimatique. Plus proche du thème que nous avons choisi, Kpedenou *et al.* (2016) se sont intéressés à la quantification des changements de l'occupation du sol à l'aide d'images satellitaires.

L'activité que nous proposons s'inscrit dans le thème « nourrir les hommes » du programme d'histoire-géographie. Il peut également s'inscrire dans le cadre des thèmes liés à la capacité à lire des images, à utiliser les TIC et à la capacité d'utiliser et confronter des informations. Nous nous intéressons plus spécifiquement dans cette activité à initier les élèves :

- 1) à la lecture d'une image annotée,
- 2) à l'usage du numérique en particulier pour la comparaison de cartes (ici la vue satellitaire 2017 et la vue des parcelles 2012),
- 3) aux relevés de données à des fins prédictives.

4.2. Détail de l'application

L'application intègre des données issues :

4. Programme d'enseignement d'histoire-géographie arrêté le 8 janvier 2010 applicable à partir de l'année scolaire 2010-2011, *Bulletin Officiel* n° 8 du 25 février 2010.

1) de sentinelle-2 (cf. figure 3),

2) des données ouvertes françaises⁵ et en particulier le registre parcellaire graphique servant de référence à l'instruction des aides de la politique agricole commune (PAC). Sur l'image utilisée (cf. figure 4), chaque parcelle est colorée en fonction du type de culture qui s'y trouvait en 2012 (cf. codage figure 5).



Figure 3. Image Sentinelle-2 du programme Copernicus

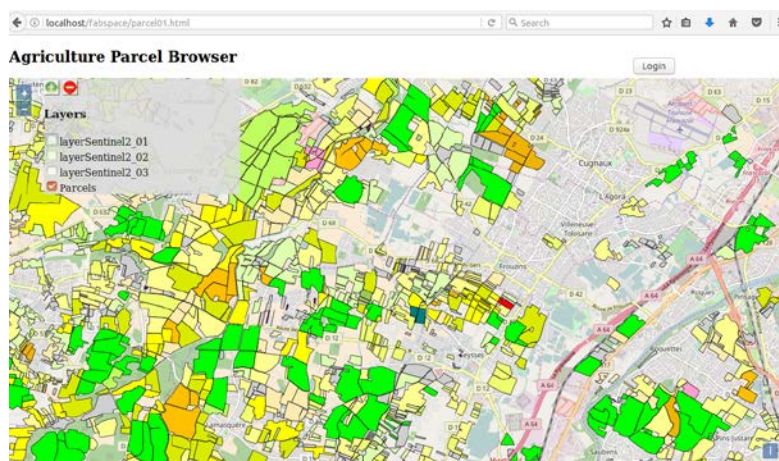


Figure 4. Image correspondant au registre parcellaire de la même région que celle de la figure 3

5. <http://www.data.gouv.fr/fr/datasets/registre-parcellaire-graphique-rpg-contours-des-ilots-culturaux-et-leur-groupe-de-cultures-majoritaire/>

<u>Valeur</u>	<u>Libellé</u>	<u>couleur RVB</u>
0	PAS D'INFORMATION	
1	BLE TENDRE	#FFFF90
2	MAIS GRAIN ET ENSILAGE	#00FF00
3	ORGE	#F0FF70
4	AUTRES CEREALES	#DAEB00
5	COLZA	#FFECB0
6	TOURNESOL	#FFFF00
7	AUTRES OLEAGINEUX	#FFC000
8	PROTEAGINEUX	#F0B400
9	PLANTES A FIBRES	#C09000
10	SEMENCES	#604800
11	GEL (SURFACES GELEES SANS	#F0F0F0
12	GEL INDUSTRIEL	#B0B0B0
13	AUTRES GELS	#D0D0D0
14	RIZ	#90B5FF
15	LEGUMINEUSES A GRAINS	#FFA080
16	FOURRAGE	#9FC75D
17	ESTIVES LANDES	#B5E66B
18	PRAIRIES PERMANENTES	#C0FF60
19	PRAIRIES TEMPORAIRES	#E0FFB0
20	VERGERS	#FF0000
21	VIGNES	#E000E0
22	FRUITS A COQUE	#008000
23	OLIVIERS	#A2A200

Figure 5. Correspondance entre la culture recensée sur la parcelle et la coloration sur la carte

A partir de ces données, l'application permet d'annoter chaque parcelle avec la culture observée (cf. figure 6).

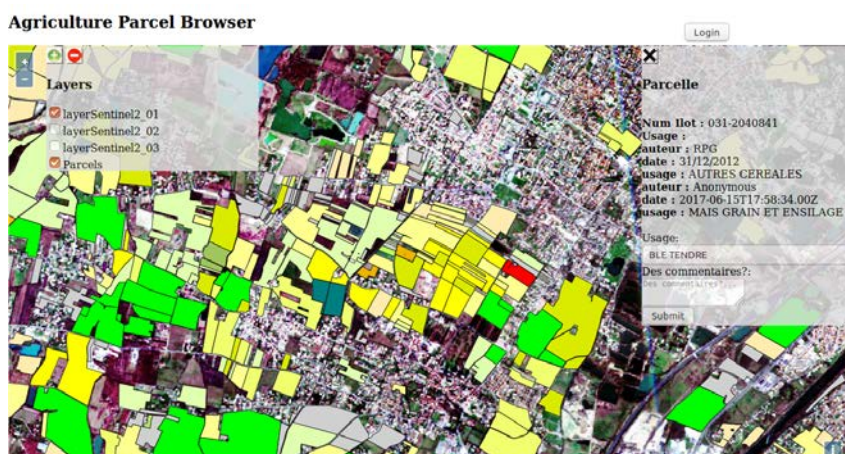


Figure 6. Superposition des images des figures 3 et 4 et possibilité d'annotation de la culture actuelle

Les annotations sont stockées dans une base de données MongoDB permettant de réaliser des requêtes attributaires spécifiques qui pourront être utilisées à des fins de prédiction de production par exemple.

4.3. Mise en pratique et analyse

Cette activité sera mise en pratique dans l'année scolaire 2017-2018 avec des élèves de lycées et des collègues professeurs en histoire-géographie de Toulouse.

Le cadre expérimental de l'étude n'est pas encore finalisé, mais nous envisageons à la fois des études comparées de groupes d'élèves mais également des questionnaires permettant d'évaluer l'apport de l'utilisation d'images satellitaires selon différents axes : écoute et motivation, développement d'une pensée géospatiale.

Nous souhaitons impliquer au maximum des étudiants stagiaires de l'ESPE, que ce soit en histoire/géographie, SVT ou EFEN. Les travaux menés seront développés en deux temps. Dans un premier temps, il s'agira plus d'études exploratoires, ensuite année, nous pensons pouvoir mener une étude impliquant des élèves de lycées de plusieurs classes. Dans la mesure du possible nous essayerons de constituer des binômes, soit issus de différentes disciplines, soit au sein d'un même master entre un étudiant M1 et un étudiant M2.

5. Utilisation pour l'enseignement supérieur

L'intégration de l'usage des images satellites dans les formations et la formation à l'entrepreneuriat sont deux objectifs forts du projet FabSpace 2.0. Nous avons donc développé plusieurs actions dans ce sens.

5.1. Formation à l'entrepreneuriat

Nous avons organisé une formation pour accompagner et aider les étudiants à transformer une idée de service utilisant des images satellites en start-up. Des sessions techniques et des sessions business sont proposées dans le cadre d'un « bootcamp » organisé sur un mois. Les thématiques suivantes ont été retenues :

- Technique : SIG, traitement d'images, management de projets, analyse de données et cloud computing, apprentissage automatique, réseaux de neurones et senseurs, prototypage rapide et accélérateurs de développement, observation de la terre – technique, utilisation des satellites en météorologie.
- Entrepreneuriat : conception et développement d'un Business model design, management de l'innovation spatiale, structure d'une entreprise, management des ventes, marketing stratégique, communication et relations publiques, marketing digital, attirer des investisseurs.

Les cours exclusifs sont dispensés par des professionnels de l'entrepreneuriat et de l'observation de la Terre. Ces cours sont enregistrés et mis en ligne, pour un visionnage à la carte, au rythme de chacun, et compatible avec les disponibilités de chacun. Par ailleurs, nous avons prévu un accueil pour des sessions de questions/réponses avec les intervenants.

5.2. Atelier créatif

Par ailleurs, nous avons mis en place des ateliers dans plusieurs formations pour donner le goût de l'utilisation d'images satellites aux étudiants de différentes disciplines. Il s'avère en effet que de nombreuses disciplines pourraient avoir un usage de ce type d'images ou l'usage de techniques et méthodes utilisées en imagerie satellitaire qui pourraient être transposées dans d'autres disciplines.

Dans ces ateliers, les étudiants par groupes de 3 à 6 personnes choisissent un thème d'intérêt (aménagement du territoire, environnement, agriculture, énergie) et réfléchissent à des idées d'applications en spécifiant :

- les usages et utilisateurs (à qui et à quoi servirait l'application ?),
- l'état de la question (existe-il déjà des applications similaires ou qui ont le même objectif ?),
- les verrous potentiels,
- le potentiel commercial de l'application.

Il s'agit donc pour les étudiants de se familiariser avec une action d'entrepreneuriat mais également de les initier à la veille technologique, scientifique et commerciale.

5.3. Motivation des étudiants via des challenges proposés par des ONG

Des intervenants externes, principalement des ONG, expliquent certaines des questions auxquelles ils sont confrontés et pour lesquelles ils n'ont pas de solutions. Les participants à FabSpace (principalement les étudiants) tentent de résoudre ces challenges grâce aux données fournies par le dispositif.

Plusieurs challenges sont ainsi en cours de résolution.

Un challenge concerne l'estimation de la population d'une zone géographique à partir d'images satellites Copernicus.

L'estimation de la population pour la planification de l'infrastructure de communication et les activités de développement est en effet une question importante. Ce type d'estimation précise est également crucial pour les ONG avant qu'elles n'engagent une opération de sauvetage ou une action humanitaire. Bien que de bonnes estimations existent dans de nombreuses régions du monde grâce à des données exactes du recensement, ce n'est généralement pas le cas dans les pays en

développement. La collecte d'un nouveau recensement est coûteuse et prend beaucoup de temps ; elle n'est par ailleurs pas possible dans le cas où la décision doit être prise rapidement. Enfin, les données de recensement sont généralement basées sur des domaines politiques tels que les villes ou les comtés, tandis que les actions humanitaires et de sauvetage et/ou les activités de communication sont plus fondées sur des aspects géographiques dans les zones de catastrophes comme des ouragans, tremblements de terre, inondations ou épidémies.

Alternativement, il est possible d'estimer la population en comptant le nombre de bâtiments mais cette solution peut ne pas être suffisante car les personnes dans divers endroits du globe ne vivent pas de la même façon, la population peut varier en été et en hiver dans différents lieux touristiques. En outre, la répartition de la population sur les côtes et dans les zones urbanisées n'est pas similaire en termes de structures de construction, de répartition spatiale, de taille des ménages et de représentations topographiques.

Ce challenge visant à l'estimation de la population dans différentes zones géographiques a été proposé comme tâche dans l'atelier ImageCLEF 2017 qui regroupe des chercheurs internationaux dans le domaine des images (essentiellement des informaticiens) (Ionescu *et al.*, 2017). Les participants devaient estimer la population pour deux régions, Lusaka et l'Ouganda. Pour atteindre cet objectif, les organisateurs ont fourni un ensemble d'images satellites (Copernicus Sentinel-2, images multi-spectrales avec 13 bandes avec une résolution entre 10 et 60 mètres. Les zones d'étude comprennent 83 domaines d'intérêt dans la ville de Lusaka et 17 dans l'ouest de l'Ouganda. Pour 90 de ces zones, la vérité terrain a été fournie par Médecins sans frontière.

Les approches utilisées par les participants pour relever ce défi ont été variées.

Pomente et Aleandri ont utilisé une approche basée sur un réseau neuronal convolutif (CNN) qui utilise les images Sentinel 2 (bandes 2,3,4,8) ainsi que les estimations construites par le LDS fournies par le Centre for International Réseau d'information sur les sciences de la terre (CIESIN) [Pomente et Aleandri, 2017]. Les estimations de LDS Built ont une résolution de 30m et fournissent des informations de compilation aussi récentes qu'en 2014. Les estimations les plus récentes sont basées sur Landsat 8.

Islam *et al.* ont choisi une approche basée sur diverses techniques de classification d'images. Plus spécifiquement, les auteurs ont utilisé un sous-ensemble des bandes fournies par Sentinel 2 (bandes 2,3,4 et 8) et ont également testé une version utilisant uniquement une bande infrarouge proche. Les techniques de classification utilisées ont été supervisées et non supervisées, en utilisant des outils comme QGIS (cf. Genevois, 2017 ; Gazel, 2017 de ce numéro spécial) et *Sentinel Tool Box* (SNAP). Dans le cadre de l'approche, des informations supplémentaires provenant de l'imagerie radar Sentinel 1 ont été utilisées (Islam *et al.*, 2017).

D'autres participants ont considéré le nombre de bâtiments à l'aide d'images radar. Les données ont été utilisées pour diviser les zones par type de bâtiment. Les résultats obtenus et leur comparaison avec le nombre de bâtiments ont été très prometteurs.

6. Conclusion

Dans cet article, nous avons présenté la plateforme TerraHUB associée au projet FabSpace 2.0.

Nous avons également évoqué une possible utilisation de cette plateforme à des fins d'apprentissage en lycée sur le thème de l'agriculture prédictive. Ce travail est prévu pour être développé en collaboration entre l'ESPE et des établissements scolaires. Nous avons également évoqué les activités de formation au niveau de l'université. D'autres applications sont possibles pour l'utilisation en lycée des images satellitaires, en particulier en lien avec la population. Nous avons par exemple étudié l'utilisation de telles images pour l'estimation automatique de la population de zones géographiques (Arenas *et al.*, 2017 ; Ionescu *et al.*, 2017). Notons que plusieurs initiatives ont été développées dans le cadre du thème « nourrir les hommes » et certaines sont disponibles sur le site EduScol⁶.

Nous avons également présenté différentes utilisations de ce type de données et d'infrastructures pour une utilisation pédagogique à l'université, à différents niveaux y compris au niveau master ou doctorat dans le cadre d'activités de recherche.

Bibliographie

- Arenas H., Baker A., Bargiel D., Becker M., Bialczak A., Carbone F., Gaildrat V, Sascha Heising S., Islam, B., Lattes P., Marantos C., Menou C., Nzeh Ngong A. Mothe J., Paraskevas I.S., Penalver M., Sciana P., Soudris D. (2017). FabSpaces at ImageCLEF 2017 - Population Estimation (Remote) Task. *International Conference of the CLEF Association, CLEF 2017 Labs Working Notes*, Dublin, Ireland, 11/09/17-14/09/17, vol. 1866, CEUR Workshop Proceedings.
- Arenas H., Islam, B., Mothe J. (2017). Overview of the ImageCLEF 2017 Population Estimation Task, . *International Conference of the CLEF Association, CLEF 2017 Labs Working Notes*, Dublin, Ireland, 11/09/17-14/09/17, vol. 1866, CEUR Workshop Proceedings.
- Bruns A. (2006). Towards Produsage: Futures for User-Led Content Production. In *Cultural Attitudes towards Communication and Technology*, p. 275-284.
- Chopin C., Genevois S. (2017). Géomatique et enseignement secondaire. Numéro spécial *Multimédia, Géomatique, Enseignement et Apprentissage, Revue Ingénierie des Systèmes d'Information*, Hermès.

6. <http://eduscol.education.fr/cid91752/nourrir-planete-nourrir-humanite.html#lien0>

- Dusseux P. (2014). Exploitation de séries temporelles d'images satellites à haute résolution spatiale pour le suivi des prairies en milieu agricole (Doctoral dissertation, Université Rennes 2).
- Gazel H. (2017). G2I: Géographie, Informatique et Internet, N° spécial Multimédia, Géomatique, Enseignement et Apprentissage, *Revue Ingénierie des Systèmes d'Information*, Hermès.
- Goodchild M.F. (2007). Citizens as sensors: the world of volunteered geography. *GeoJournal*. vol. 69, n° 4, p. 211-221.
- Ionescu B., Müller H., Villegas M., Arenas H., Boato G., Dang-Nguyen D.T., Eickho C., Gurrin C., Islam B., Kalinovsky A., Kovalev V., Mothe J., Piras L., Riegler M., Schwall I. (2017). Overview of ImageCLEF 2017: Information Extraction from Images, In *Experimental IR Meets Multilinguality, Multimodality, and Interaction, 8th International Conference of the CLEF, CLEF 2017*, LNCS 10439, p 315-337, Springer, Dublin Ireland, September 11-14.
- Islam M. B., Becker M., Bargiel D., Ahmed K. R., Duzak P., Eman N.-G. (2017). Sentinel-2 Satellite Imagery based Population Estimation Strategies at FabSpace 2.0 Lab Darmstadt., CLEF working notes, CEUR, ISSN 1613-0073, vol. 1866, September 11-14, Dublin, Ireland.
- Kpedenou K. D., Boukpepsi T., Tchamie T. T. K. (2016). Quantification des changements de l'occupation du sol dans la préfecture de Yoto (sud-est Togo) à l'aide de l'imagerie satellitaire Landsat. *Revue des Sciences de l'Environnement*, 13, p. 137-156.
- Mjejra M., Dubreuil V., Hénia L. (2015). Suivi de la sécheresse agro-climatique à partir du déficit d'évaporation dans le bassin versant de la Mejerda (Tunisie). *XXVIII^e Colloque de l'Association Internationale de Climatologie*, p. 369-374.
- Pomente A. and Aleandri D. (2017). Convolutional Expectation Maximization for Population Estimation. CLEF working notes, CEUR, ISSN 1613-0073, vol. 1866, September 11-14, Dublin, Ireland.