



PROGYSAT

Projet de coopération Régionale d'Observation des GuYanes par SATellite

Descriptif Projet

Porteur :

IRD - Centre de Guyane

- version 2019 -

PROGYSAT

Projet de coopération Régionale d'Observation des GuYanes par SATellite

Analyse des Dynamiques des Espaces Urbanisés par Satellite Application aux Guyanes (ADEUSA Guyanes)

Contexte général et Zone d'étude

En Amazonie au cours de la seconde moitié du XXème siècle la population a augmenté très rapidement. Le taux de croissance naturelle de la population, en stabilisation depuis quelques années seulement, était beaucoup plus élevé que les moyennes nationales. Par ailleurs certaines des stratégies nationales de développement des territoires se sont basées sur des politiques de grands chantiers (infrastructurels, miniers, agricoles...), attirant des populations dans ou à proximité des villes de la région, ou dans des zones rurales éloignées qu'elles finissaient par quitter pour bénéficier de services offerts par la vie urbaine.



Figure 1 : Sous-région des Guyanes considérée par ADEUSA-Guyanes

Les Guyanes, sous-région de l'Amazonie, forment une entité géographique qui se divise en cinq pays (Fig. 1). La diversité des paysages urbanisés est riche malgré un nombre limité d'agglomérations, notamment de villes secondaires. Même si globalement cet immense espace amazonien n'est pas densément occupé par l'Homme, on observe une urbanisation encore aujourd'hui croissante, surtout dans les villes frontalières et encore plus dans les capitales de cette sous-région. Une multiplicité de processus a alimenté la production des espaces urbanisés pour faire face à cette situation, se combinant ou se succédant jusqu'à façonner les agglomérations actuelles: aménagement de nouveaux quartiers résidentiels ou création de zones d'activités économiques ; rénovation ou transformation des patrimoines architecturaux historiques; planification et développement de villes nouvelles, ou création de cités ouvrières; constitution de régions métropolitaines; spéculation foncière dans les agglomérations les plus attractives; agrégation et croissance d'habitats précaires dits "spontanés" dans les espaces non bâtis des villes, ou à proximité de nouveaux axes de circulation, ou encore accolés aux zones d'activités; réhabilitation ou reconstruction de quartiers insalubres ou précaires; opérations immobilières de verticalisation de l'habitat.

A partir des années 80 et surtout au cours des années 90 et 2000, des phénomènes d'extension ou de densification très rapides des tissus urbains ont marqué de leur empreinte la plupart des grandes villes ainsi que de plus petits centres urbains de la sous-région, tels que des villes minières, agricoles ou frontalières.

La Guyane française comptait 252 338 habitants au 1er janvier 2014 (INSEE) contre 55 125 en 1974. Jusqu'à la fin des années 80', le solde migratoire positif représentait environ 50 % de la croissance démographique du Territoire. Depuis, elle est principalement la conséquence, selon l'INSEE, de la forte natalité. Actuellement la croissance de la population est de 2,4 % par an en moyenne entre 2009 et 2014 avec un solde migratoire proche de 0 tel que mesuré par l'INSEE (population légale). Cette croissance est cependant en baisse : elle était de 3,6 % par an en moyenne entre 1999 et 2009. La baisse de ce taux moyen cache dans les faits de fortes disparités et des phénomènes induits. A l'Ouest, de Saint-Laurent-du-Maroni (44 169 hab. en 2014) à Maripasoula (10 984 hab. en 2014), une croissance démographique intense est enregistrée depuis la fin des années 90'. La population de Saint-Laurent a augmenté de 3,3 % par an en moyenne entre 2009 et 2014 selon l'INSEE, et en moyenne de 8,4 % par an sur la période 1978-2013 (GRET, 2013) ; à Papaïchton le nombre d'habitants s'est élevé de 65 % entre 2009 et 2014. Ces rythmes de croissance démographique dépassent les capacités de construction planifiées par les politiques urbaines. A Cayenne, l'Aire urbaine (délimitée en 2010) concentre plus de 120 000 habitants, soit environ la moitié de la population du Territoire ; en 1967, la même zone n'en comptait que 28 257. Mais la ville Capitale malgré son attractivité (concentration des commerces, des administrations et des services) et un solde naturel positif de 2,1 % entre 2009 et 2014 a perdu des habitants dans la même période (-0,4% par an). Sa faible superficie ne permet pas la construction de nouveaux logements et donc l'installation des nouveaux arrivants.

La capacité limitée à accueillir de nouveaux habitants induit une forte pression sur les politiques publiques d'aménagement. Dans l'Aire de Cayenne cette pression se répercute sur les communes attenantes, notamment à Macouria, Roura, et Montsinéry-Tonnegrande mais aussi à Matoury et Rémire-Montjoly. Des phénomènes d'urbanisation "spontanée" apparaissent tant dans l'Aire de Cayenne que dans l'Ouest guyanais. Ils se manifestent par la fabrication et le développement de poches d'habitats précaires, souvent insalubres, qui font l'objet d'inventaires et de recensements préalables à des plans de résorption.

Au Brésil la croissance démographique a provoqué une explosion des grandes villes. Selon l'IBGE (Institut brésilien des statistiques, 2012) la population urbaine de l'Amazonie brésilienne a augmenté de 36,6 % entre 1980 et 1991, de 30,3 % entre 1991 et 2000 et de 18,8 % entre 2001 et 2010. La zone littorale amazonienne abrite les régions métropolitaines de Belém (Pará) et Macapá (Amapá) qui totalisaient en 2016 près de 3 millions d'habitants contre un peu plus de 720 000 en

1970. Celle de Macapá seule a connu une augmentation de 55 % de sa population entre 2006 et 2010 (UNIFAP, 2013). A l'Ouest, redessinée dans les années 40' la Capitale du Roraima, Boa Vista, concentrait en 2016 une population estimée à 326 419 habitants contre 36 464 en 1970. Manaus en bordure sud-ouest de la zone (Fig. 01) comptait 2 568 817 habitants en 2016 contre 311 622 en 1970. Depuis les années 1980, l'Amazonie a été reconnue comme une "forêt urbanisée" à l'échelle régionale (Browder, 1990; Becker 2005).

Cette croissance démographique massive a engendré une multiplication de quartiers informels et insalubres (invasões), une insécurité accrue, une spéculation immobilière donnant lieu à des phénomènes de ségrégation socio-spatiale de l'espace urbanisé. Les politiques de planification mises en place tentent de réhabiliter et de développer certains quartiers (y compris le patrimoine portugais des cœurs historiques), mais les paysages urbains témoignent encore de ce boom mal contrôlé : favelas sur pilotis en zones insalubres (inondables), vastes quartiers populaires dans les espaces péri-centraux et en périphérie, verticalisation et/ou bunkérisation des zones centrales ou d'îlots marginaux. De même, la condition des services publics de base fournis aux quartiers périphériques tels que les transports publics, l'éducation et la santé sont de faible qualité et, dans certains cas, inexistantes (Santos et al., 2016).

Au Suriname, la Capitale Paramaribo présente un cœur patrimonial hollandais classé (UNESCO) au centre d'une vaste agglomération très étendue. La ville comptait en 1980 170 000 habitants contre plus de 325 000 pour l'agglomération en 2004 (Verrest, 2010), soit plus de la moitié de la population du pays. Son extension (horizontale) se matérialise schématiquement par deux grands types de quartiers : des habitats périphériques peu aménagés en "arête de poisson" le long des principaux axes de circulation, et des quartiers résidentiels bâtis dans des environnements sub-urbains plus favorables (Weidum Celestine, 2014).

Au Guyana, Georgetown capitale fondée par les Anglais, présente une situation comparable même si elle ne concentre qu'un tiers de la population nationale et que la part rurale de la population du pays reste importante (60 % contre 30 % au Suriname).

Objectifs et finalités

L'objectif de cet axe ADEUSA est de mettre au point des outils, par traitement de données satellitaires, pour l'étude des dynamiques des espaces urbanisés. Deux niveaux de granularité dans la thématique sont pris en compte :

(i) pour suivre l'évolution des tâches urbaines des différentes capitales du plateau des Guyanes.

(ii) pour cartographier les principaux habitats urbains (dense ou discontinu) avec un focus sur l'habitat précaire (limitation dans ce projet à l'Île de Cayenne, Saint-Georges-de-l'Oyapock, Oiapoque, Macapá).

Concrètement, ces activités permettront de développer, d'installer puis d'opérer (rétrospectivement et en mode routinier), en lien avec les acteurs du domaine, une chaîne de traitement dédiée "urbain" qui délivrera à l'échelle de la sous-région des informations comparables pour qu'un suivi de la tâche urbaine soit réalisé, et que la nature et les évolutions des habitats précaires soient documentées avec régularité.

Les enjeux sont de produire des connaissances nouvelles sur les formes d'évolution historique et actuelle des espaces urbanisés de la région:

- d'une part pour doter SEAS Guyane d'une chaîne applicative dans les thématiques urbaines, pour accroître à partir de la plateforme satellitaire les champs de compétence et d'expertise de la Guyane, notamment dans le cadre de la coopération régionale entre la Guyane et ses pays voisins immédiats.
- d'autre part pour alimenter les réflexions et analyses portées par les gestionnaires des politiques publiques des villes (planification, aménagement), notamment celles en faveur de la gestion des habitats urbains précaires.

Pour atteindre cet objectif l'équipe proposante se basera sur un état de l'art dans le domaine et sur des travaux précédemment réalisés en ce qui concerne la discrimination de paysages urbains par télédétection. Parmi ces travaux nous citerons ceux réalisés : (i) dans le cadre du projet Copernicus LIMES (<http://www.copernicus.eu/projects/limes/>), (ii) CARTAM-SAT (CARTographie dynamique des Territoires AMazoniens : des Satellites aux AcTeurs (2007-2013), (iii) GUYAMAPA "Observation Spatiale de l'Environnement transfrontalier Guyane-Brésil" (2011-2015), (iv) COCLICO "COLlaboration, CLassification, Incrémentalité et Connaissance" (2012-2016), (v) APUREZA "Analyse par télédétection des relations entre Paysages URbains dEngue et ZikA (2016-2020).

Méthodes et activités

Les méthodologies proposées portent sur le choix de traitements génériques à mobiliser pour garantir la meilleure reproductibilité possible des traitements tout en conservant la qualité des informations extraites. Elles concernent l'extraction de la tâche urbaine (données historiques) et des habitats urbains rencontrés dans les agglomérations. Un effort particulier sera porté sur la définition précise d'une nomenclature des espaces et paysages urbains à cartographier, qui soit généralisable à l'ensemble des villes de la sous-région. Plus spécifiquement, les caractéristiques de l'habitat précaire seront étudiées (taille et espacement des bâtiments, densité de bâti par unité de surface, proportion de sol nu ou de végétation, indices de fractionnement, indices radiométriques, etc.) afin de mettre en place des procédures de reconnaissance automatique de ces zones à partir des produits de l'imagerie satellitaire.

Cartographie de la tâche urbaine et suivi de la dynamique spatio-temporelle des espaces urbanisés dans la sous-région

La cartographie de la tâche urbaine et le suivi de la dynamique des espaces urbanisés dans le temps et dans l'espace seront réalisés à partir d'imagerie satellite haute résolution de type Sentinel 2 (optique, 10m de résolution, répétitivité temporelle de 12 jours) et Sentinel 1 (RADAR, 10m de résolution, répétitivité temporelle de 12 jours). La combinaison de ces deux sources de données, en contexte tropical fortement ennuagé, permettra la création de séries temporelles d'images desquelles seront extraits, par des critères texturaux, les contours de la tâche urbaine et réalisée la détection des changements d'occupation du sol en contexte urbain dans la sous-région. Ces données sont gratuites et accessibles à tous les utilisateurs via la plateforme d'exploitation des produits sentinel (PEPS) développée par le CNES.

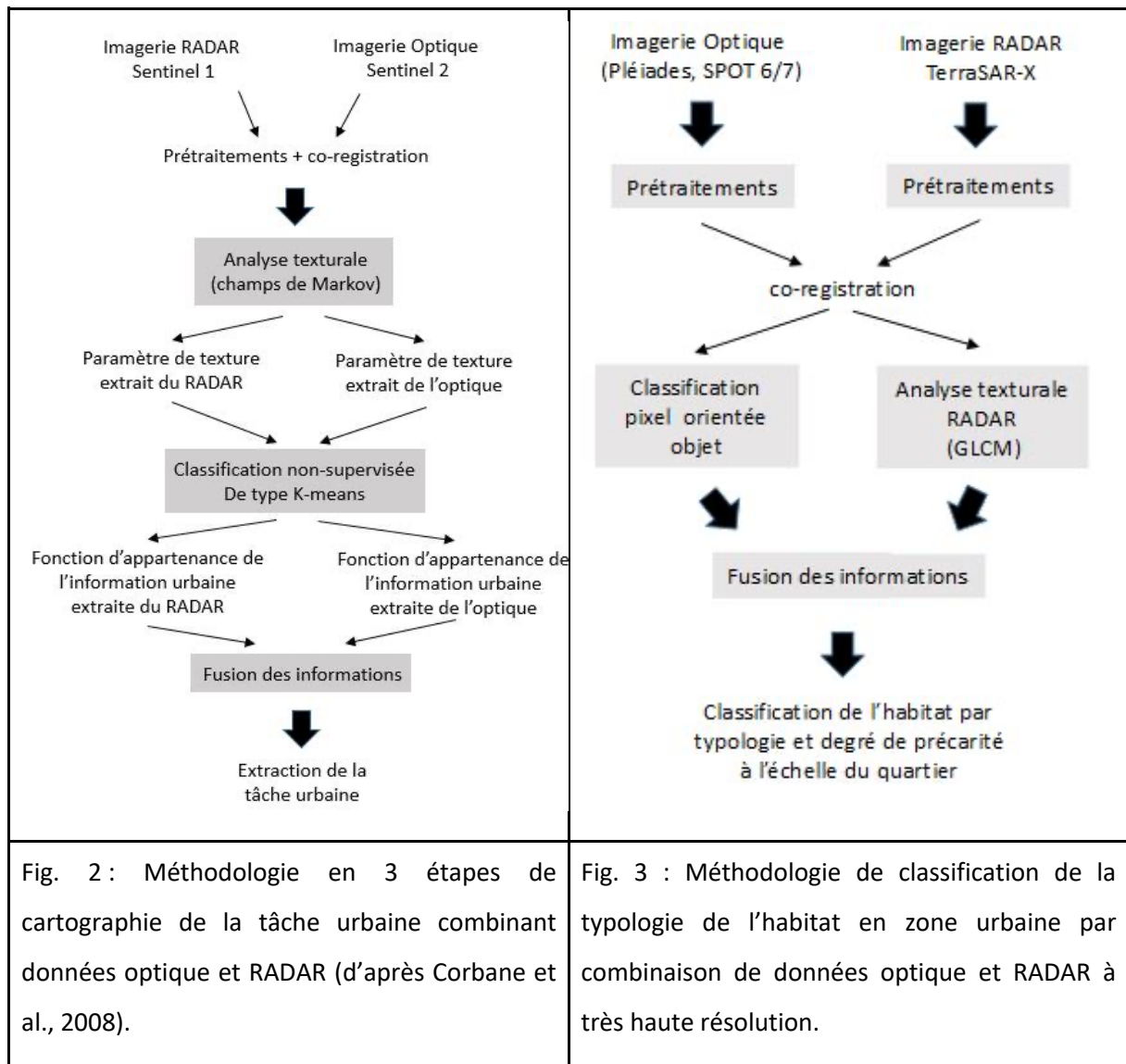
D'un point de vue méthodologique, ce volet de l'étude se basera sur la méthode développée par Corbane et al. (2008) de cartographie de la tâche urbaine à partir d'une combinaison de données optique et RADAR (Fig. 2), qui se déroule en 3 étapes : (1) une analyse des textures en zone urbaine (méthode des champs de Markov (Gaussian Markov Random Field (GMRF), Descombes et al., 1999), (2) une classification non-supervisée de type K-means des paramètres texturaux issus de l'étape (1) et (3) la fusion des informations extraites pour chaque type de capteurs.

Nous proposons de suivre la même méthode pour réaliser une étude rétrospective de l'évolution de la tâche urbaine basée sur l'utilisation des données SPOT 4 et 5 disponibles via le programme SPOT World Heritage. La méthodologie précédente a d'ailleurs été développée à partir de ce type de données et testée positivement sur le site de Cayenne.

Caractérisation des paysages/typologies des principaux habitats urbains

Ce volet du projet mettra à profit l'utilisation des données à très haute résolution optique (Pléiades, SPOT 6/7, résolution de 0,5 à 6 m) et RADAR (TerraSAR-X, résolution de 3 m) afin de réaliser des classifications au sein des tâches urbaines précédemment identifiées. Par l'intermédiaire de méthodes orientées objets sur les données optiques et d'informations texturales extraites du RADAR, l'habitat sera classé par typologie, à l'échelle du quartier, avec un intérêt particulier pour le degré de précarité de cet habitat (Fig. 3). Ce degré de précarité sera quantifié par des analyses spatiales réalisées sur les objets issus des classifications: la taille des objets leur distribution, la densité de bâti par unité de surface...

La typologie du bâti extraite à partir de l'imagerie satellite sera validée sur le terrain afin de corrélérer les observations indirectes avec une caractérisation précise des habitats urbains dans chaque ville étudiée dans ce projet.



Résultats attendus et valorisation

- Production d'un algorithme de téléchargement, pré-traitement et traitement des images optique S2 et RADAR S1, ainsi que de détection de la tâche urbaine. Nous proposons que cet algorithme soit implémentable via des plateformes open source (de type python ou R).
- Production de cartographies de la tâche urbaine sur l'ensemble des villes de la sous-région avec mise à jour annuelle afin de suivre l'évolution des espaces urbanisés. Une approche rétrospective sera menée afin de caractériser l'évolution de la tâche urbaine sur les données historiques.

- Définition d'une nomenclature des espaces urbanisés existant au sein de la tâche urbaine, standardisée pour l'ensemble des villes de la sous-région, afin de fournir des classifications homogènes à l'échelle de la zone.
- Caractérisation de la typologie des espaces urbanisés au sein de la tâche urbaine avec un intérêt particulier porté aux habitats précaires (création d'un indicateur spatialisé du degré de précarité de l'habitat).
- Analyse des évolutions de la tâche urbaine afin de dégager des tendances en termes de priorité d'aménagement et de planification à destination des acteurs de l'aménagement du territoire dans les différentes zones d'étude.
- Production d'articles scientifiques avec les résultats obtenus et valorisation par la mutualisation et le transfert de ces chaînes à d'autres acteurs institutionnels au Sud via les outils du Projet, le dispositif SEAS Guyane et le réseau GEODEV .

Lien avec les autres axes du projet PROGYSAT

Axe Pollutions : La caractérisation de l'habitat urbain permettra aux chercheurs de cet axe de comparer l'influence qu'a un site urbanisé sur l'augmentation du taux de polluants (HAP, Nox, PM10, PM2.5 etc....) par rapport à un autre site moins urbanisé.

Axes Vectrans : La caractérisation de l'habitat urbain permettra aux chercheurs de cet axe de mieux évaluer les différents niveaux de vulnérabilité des populations humaines dans le cadre de leur étude sur les maladies vectorielles (paludisme, dengue).

Partenariat

Les travaux s'appuieront sur l'interdisciplinarité du groupe de travail de cet axe afin de mutualiser, de produire en commun des données et des indicateurs harmonisés.

Partenariat Brésilien	Partenariat Français
<p>Universidade Federal do Amapá (UNIFAP)/ département de Relations internationales</p> <p>Dr. Gutemberg de Vilhena Silva (coordinador)</p> <p>Universidade de Brasilia / Departamento de Geografia - GEA</p> <p>Helen Gurgel coordinatrice du laboratoire de géographie et environnement</p> <p>Yata Massulo (géographie urbaine)</p> <p>FIOCRUZ</p> <p>Paulo Peiter Urbaniste, géographe spécialiste des problématiques transfrontalières (vulnérabilité des populations).</p> <p>José Joaquim Carvajal Cortes, géographe et bio-statisticien</p>	<p>IRD/ESPACE-DEV/équipes OSE et MICADO</p> <p>Nadine Dessay (coordinateur)</p> <p>Laurent Demagistri (télédétection Texture)</p> <p>Morgan Mangeas (Modélisateur, Deep Learning)</p> <p>Jean-François Faure (géographie urbaine, Co- Responsable PROGYSAT)</p> <p>Thibault Catry (télédécteur /Radar, MNT)</p> <p>Institutions à solliciter pour leur expertise : DEAL de Guyane, Collectivité Territoriale (SIG)</p>

Tableau 1 : Organismes partenaires et participants à l'axe ADEUSA. (NB : Certaines personnes citées n'ont pas encore donné leur accord formel pour participer au projet)

L'UMR Espace-Dev mobilisera les chercheurs et ingénieurs appartenant aux équipes Observation Spatiale de l'Environnement (OSE) et Modélisation, Ingénierie des Connaissances et Analyse des Données spatiales (MICADO) pour les aspects télédétection, analyse spatiale, standardisation des produits et le développement de chaîne de traitements.

La cellule du département de Relations internationales de l'Université Fédérale d'Amapa (UNIFAP) contribuera sur les aspects politiques territoriales et développement des zones urbaines et sur la valorisation par communication des résultats au sein du Programme d'études supérieures en études frontalières de l'UNIFAP.

Le laboratoire de géographie de l'Université de Brasilia collaborera pour les aspects analyse de la vulnérabilité des populations et politiques publiques associées aux paysages urbains.

La Fondation Oswaldo Cruz (FIOCRUZ) contribuera pour les aspects géographie humaine et santé publique en régions transfrontalières.

Actions partenariale à mener au cours du Projet : un contact sera fait avec la DEAL de Guyane et la Collectivité Territoriale (SIG) pour évaluer les résultats et étudier des usages institutionnels des chaînes de traitement élaborées, et leur appropriation éventuelle ; un rapprochement sera établi avec des équipes de l'UFPa à Belém travaillant sur les thèmes urbains pour l'ouverture de collaborations supplémentaires.