

De la place de l'Information Géographique dans la gestion de l'environnement et du foncier :
Réflexions à partir de la situation de la région ouest-africaine.

Of the place of Geographical Information in environmental and land management:
Reflections based on the situation in the West African region.

Par

Amadou Tahirou DIAW, Laboratoire d'Enseignement et de Recherche en Géomatique
(LERG), Ecole Supérieure Polytechnique, Université Cheikh Anta DIOP de Dakar, Sénégal

Résumé

L'Information Géographique a connu, avec l'automatisation des outils de cartographie, un tournant décisif dans la période 1970-1980. Les cartes ainsi libérées du papier sortent alors des tiroirs pour reprendre l'expression de Guermond, passant par des opérations d'exécution plus rapides et portées par des acteurs divers, cheminant du technicien au grand public.

Dans ce cadre, les données géographiques, - de l'ordre de 85% en manipulation par ces acteurs, notamment par le biais des Systèmes d'Information Géographique (SIG) -, conduisent à de nombreuses interrogations sur la manière de concevoir, de gérer et d'évaluer les territoires ; le développement local, l'environnement, le moins de consensus noté dans le foncier, l'occupation et l'utilisation du sol constituent ici les principaux exemples en examen. Les enjeux liés aux outils de la géomatique et de leur mise en œuvre, à la participation publique, à la proximité géographique, à l'implantation d'Infrastructures de données géospatiales (IDGS) et à l'association des SIG et de l'Intelligence artificielle (IA) font également l'objet d'interrogations et de développements dans ce papier.

En effet, les données constitutives et agrégées autour de l'Information Géographique, au travers de l'évolution du numérique, des technologies avancées de positionnement et des communications temps réel, se fondent sur une recherche faite de réajustement incessant au plan méthodologique. Utilisées dans la mise en évidence des phénomènes environnementaux et socio-économiques, ces données sont alors marquées par de nombreuses mutations, une plus grande diversité et complexité de situations.

A cet égard, ces mutations bénéficient des changements introduits dans l'approche de la localisation des objets, de plus en plus marquée par une utilisation accélérée de l'Intelligence artificielle (IA), une explosion du *Big Data* et un accroissement des objets connectés ou Internet of things (IoT) ainsi que d'autres nouvelles évidences scientifiques comme la vision 3D, la réalité virtuelle et augmentée, etc. Ces mutations permettent, entre autres, d'interroger les relations associatives entre la proximité ou l'intelligence géographique et l'intelligence artificielle.

Elles s'orientent également vers plus de précision, de fiabilité, de recherche de qualité et services; ce qui mobilise des initiatives géospatiales à divers niveaux, inscrites dans ce contexte d'évolution des sociétés et économies du savoir, une combinaison de savoirs disciplinaires et d'approches intégrées; ce qui nous installe résolument dans l'économie ou l'intelligence économique, d'où l'exigence de dispositifs stratégiques et organisationnels minutieusement planifiés et traversant l'ensemble des échelles du territoire, avec une veille rigoureuse des mécanismes d'allocation et de régulation des

ressources : ce qui sans être toujours le cas des modèles étatiques ouest-africains constituerait de réels ouvertures et raccourcis vers l'économique !

Mots clés : Géomatique, Systèmes d'Information Géographique (SIG), Intelligence Artificielle (IA), Occupation du sol, Foncier, Participation publique, Proximité géographique, Afrique de l'Ouest.

Abstract

With the automation of mapping tools, Geographic Information experienced a decisive turning point in the period extending from 1970 to 1980. The maps thus designed from the current document, passing through faster execution operations and carried out by various actors, moving from technicians and experts through the general public.

In such context, geographical data, estimated at 85% in terms of manipulation by these actors, particularly through Geographical Information Systems (GIS), lead to many questions as of how to design, manage and evaluate territories; local development, environment, the least consensus in land, occupation, etc. and land use are the main examples stated here. The issues related to geomatic tools and their implementation, public participation, geographical proximity, the implementation of Geospatial Data Infrastructures (IDGS) and the pair Geographical Information System (GIS) and Artificial Intelligence (AI) are also the subject of questioning and development in this paper.

All data constituting and aggregated around this Geographic Information, through the evolution of digital environment and advanced positioning technologies, are based on a sustained search for performance and constant readjustment of the methods implemented. Committed to highlighting environmental and socio-economic phenomena, these data are marked by many changes, along with some greater diversity and complexity of situations.

In this respect, these mutations derive from the changes introduced in the approach dealing with the position of objects, increasingly marked by an accelerated use of Artificial Intelligence (AI), an explosion of Big Data combined with some escalation in connected objects or Internet of things (IoT) as well as other new scientific evidence such as 3D vision, virtual and augmented reality, etc. These mutations make it possible, among other aspects, to question the associative connection between proximity or geographical intelligence and artificial intelligence.

They are also directed toward greater precision, reliability, quality and services research; such activity requires geospatial initiatives at various scales, in a context where societies change and acquired new knowledge and economies, a combination of disciplinary understanding and integrated approaches; which requires a carefully planned strategic and organizational framework that spans all scales of the territory, with rigorous monitoring of resource allocation and regulation mechanisms: such event is not always the case with West African States patterns and would make up real economic openings and shortcuts.

Keywords: Geomatics, Geographic Information Systems (GIS), Artificial Intelligence (AI), Land Use, Land tenure, Public Participation, Geographic Proximity, West Africa.

Introduction : De quels enjeux liés à l'Information Géographique ?

C'est une évidence - au sens qu'elle s'impose à nous par le prestige de son autorité et le consensus auquel elle force -, c'est une évidence de dire que les acteurs du territoire sont confrontés à d'énormes problèmes liés à son aménagement et à l'objet qu'est le sol qui le supporte, problèmes cruciaux auxquels il faut trouver des solutions par le biais d'approches de plus en plus diversifiées et combinées, notamment dans le cadre de la gestion et de l'évaluation de l'environnement.

Aussi, au-delà des méthodes dites classiques ou traditionnelles parce que propres ou réduites à des disciplines, l'interdisciplinarité partant ou en rapport avec la complexité des objets¹ –et le foncier en est assurément un- pose un problème de leur définition comme objets de la recherche, notamment dans la façon de les approcher. Ce qui, dans le contexte annoncé, fait que nous procédons à une combinaison de savoirs disciplinaires pour en comprendre toutes les strates et cherchons de plus en plus à établir des emboîtements déclinés dans des approches dites intégrées, intégratives, inclusives, concertées, du local au global ou encore participatives, avec une implication des populations dans la production des connaissances, les controverses éthiques ou la gestion de l'environnement (CORMIER-SALEM M-C., 2017). Ce qui fait du sol un objet complexe, au cœur de l'information géographique, source de convoitises, d'usages, de conflits et d'enjeux comme énoncés dans le champ du 22^e Colloque du SIFEE qui nous réunit aujourd'hui à Cotonou sur « Evaluation environnementale & enjeux fonciers » et prolongé par un atelier de formation centré sur la géomatique comme outil d'aide à la décision.

A cet égard, et d'un trait, on pourrait définir l'Information Géographique qui a existé bien avant d'être appelée ainsi (Cf. les tablettes d'argile de la Mésopotamie ou les images de l'art rupestre signalées au Sahara central par exemple) comme une information potentiellement localisable, susceptible donc de trouver une position sur des cartes, entre autres, et dont la production demeure une utilisation importante des Systèmes d'Information Géographique (SIG), une des branches de la Géomatique qui va le plus loin vers l'utilisateur. L'Information Géographique est donc de type très répandu - MOLONEY T. et *al.* (1993) annonçaient d'ailleurs que 85% d'entre elles sont géographiques -, avec trois composantes liées à un niveau sémantique (nature, aspect), géométrique (forme et localisation dans un système de coordonnées explicite) et topologique (relations spatiales).

C'est ainsi que depuis près d'une trentaine d'années, des approches autour de l'Information Géographique connaissent des développements méthodologiques fulgurants, notamment pour une meilleure définition des objets sur lesquels nous travaillons. Mais en dépit de cette fulgurance, et nous appuyant sur les champs thématiques définis par notre Colloque et sur la base de notre expérience personnelle de la recherche, du reste loin d'être achevée, nous

¹ La complexité a fait l'objet de nombreux travaux de recherche et Legay J.M. dans ses échanges avec Schmid A-F. (2004) d'indiquer que l'existence d'objets complexes n'est plus discutable, c'est-à-dire celle d'objets qu'on ne peut décomposer et rendre simples sans que les réductions employées ne les transforment et n'en modifient la nature.

nous interrogerons ici sur nombre de points parmi lesquels la place de ces outils et dans quelle mesure sont-ils réellement porteurs d'enjeux ?

Un succès croissant de la géomatique et une grande attractivité pour l'utilisateur!

Cette interrogation principale sur la place et les enjeux de l'Information Géographique englobent les outils de sa mise en œuvre. Ces derniers portent sur la géomatique, discipline marquée par une certaine ancienneté au regard de l'ensemble des techniques géographiques qui la constitue, techniques faites par ailleurs d'un développement séparé mais aujourd'hui en parfaite cohabitation grâce à l'environnement numérique ou informatique (POLIDORI L., 2008).

C'est en s'appuyant d'ailleurs sur le renouvellement de sa discipline grâce à l'informatique, que le géomètre et photogrammètre français Bernard Dubuisson a introduit à la fin des années 1960 le terme géomatique, néologisme issu de la contraction des termes géographie & informatique, avec son développement d'abord au Québec, au début des années 1980 et, dans le monde entier aujourd'hui (PAEGELOW M., 2004).

D'ailleurs et, comme le souligne fort à propos POLIDORI L. (*op. cit*), la variété des branches constitutives de la géomatique restent autant d'outils au service de la géographie, avec comme tronc commun la géométrie ; son histoire permettant alors de comprendre en réalité ce qu'est la géomatique aujourd'hui.

En effet, l'importance de la géométrie ou plus simplement de « mesure de la Terre » a fait l'objet de développements historiques consistants, de l'Antiquité à la fin du XX^e siècle, développements caractérisés par les influences et progrès de cette discipline sur l'astronomie, la géodésie, la topographie, la photogrammétrie et le positionnement par GPS.

En procédant à un rapide examen des divers itinéraires scientifiques de la géométrie et de ses incidences sur les « sciences géographiques », on peut signaler : le canevas de développement de l'astronomie au travers de la description des astres et du système des méridiens et parallèles ; la description de courbes et de surfaces dans l'espace à partir de la naissance de la géométrie différentielle qui tire profit des travaux de Newton sur la gravitation universelle et de Leibnitz sur le calcul infinitésimal ; les avancées liées à la géométrie différentielle conduisant au plan géodésique à l'établissement de correspondances entre surface de la Terre et surface plane des cartes ; le développement de la géométrie chaotique avec la modélisation des paysages à partir des modèles théoriques issus du mouvement brownien ou des surfaces fractales.

A cela, on peut ajouter l'importance croissante prise par la photographie aérienne, la photogrammétrie et la télédétection spatiale, marquée dans le domaine civil par l'accès à des données de résolution métrique ainsi que par le positionnement par satellites.

Enjeux scientifiques liés à la géomatique et au-delà ... ou l'Information Géographique environnementale ou foncière dans tout cela !

La question principale posée en introduction à notre communication revêt ici tout son sens si l'on sait que la géomatique s'intéresse d'abord à l'outil. Dans ce contexte, elle opère comme la quasi-totalité des Sciences pour l'Ingénieur et tire ainsi parti d'évolutions technologiques de divers domaines d'où un ajustement incessant de ses méthodes (POLIDORI L., *op. cit.*).

Toutefois, partageant de nombreuses catégories avec la géographie, parce que mobilisant l'Information Géographique, elle se trouve affectée par la mise en évidence des phénomènes environnementaux et sociaux, au travers de la question de fourniture ou d'élaboration des données et partant d'élaboration d'indicateurs ou de modèles ; les années 2000 contribuant à l'affinement de ces options et au couplage des SIG et des modèles par la promotion d'une information géographique de référence, élaborée à partir de diverses bases de données et de la mise en place d'observatoires de l'environnement, notamment en milieu littoral (ROBIN M., GOURMELON F., 2005).

Cette place des outils et les enjeux portés, notamment dans la région ouest africaine, conduisent à s'interroger sur l'existence d'informations numériques de qualité, de leur intégration dans une approche systémique et cohérente [*enjeu technique*] et cela doublé aujourd'hui d'une évolution dans la mise à disposition des données²; de l'amélioration de l'aide à la décision, de facilitation de la communication entre les diverses structures sociales et de la promotion d'un savoir-faire [*enjeu social*] ; de la mise en place de politiques de développement et de promotion d'industries de services et de systèmes, d'appui à l'expansion des collectivités basée sur la grosse capacité d'analyse spatiale de la géomatique [*enjeu économique*] ; de l'attitude que devraient avoir les différents intervenants (décideurs, population, secteurs publics et privés, institutions de recherche et de formation, etc.) [*enjeu politique*]. L'ensemble de ces niveaux ne saurait échapper à une planification maîtrisée, ce qui n'est pas toujours le cas dans la région ouest africaine. De surcroît, la duplication de certaines rubriques ou activités des différents projets ne permet pas, dans nombre de situations, de minimiser des formes de gaspillage de deniers publics.

A cet égard, et même au cours de tentatives de « dialogues » ou concertations sur la géomatization des activités et des organisations ou l'élaboration de plans nationaux dans le

² Sur cette question des données s'est incrusté le débat sur l'expression Néogéographie, avec comme déclencheur l'apparition en 2005 de l'application *Google Maps* qui, comme le souligne JOLIVEAU T. (2010), n'est pas une interface cartographique, ni même un service permettant à chacun de placer et de retrouver de l'information par l'intermédiaire de sa localisation, mais une véritable fabrique de services ; Google mettant à la disposition de tous les développeurs une Application Programming Interface (API), c'est-à-dire un outil pour construire à partir de *Google Maps* des briques logicielles offrant des fonctions nouvelles en ligne. Le débat sur les données s'est d'ailleurs poursuivi avec les évidences scientifiques comme l'Intelligence artificielle et le *Big Data* ou données massives en association avec la Géomatique, notamment les Systèmes d'Information Géographique (SIG).

domaine, la définition du mandat de ces institutions maintient un certain cloisonnement ou flou juridico-administratif lié à leur spécificité découlant en partie de difficultés d'ordre stratégique et d'organisation de nos administrations. En effet, cette situation que nous avons décrite à la fin des années 1990 a peu évolué : les mandats étant perçus comme un élément de « monopole », avec des relations interinstitutionnelles très souvent déficitaires dans la pratique (DIAW A.T., 2000). Comme on peut s'en rendre compte, les problématiques liées aux échanges des données par exemple résident souvent dans la réticence des acteurs à les partager ou mutualiser ; l'une des questions centrales demeure alors la pertinence de la collaboration et/ou du service public en région ouest-africaine ?

De plus, la relative modicité des moyens de nos Etats et la raréfaction des ressources financières font de ces organisations de véritables réceptacles avec des phénomènes de « capture » aisée ; cette situation amplifiant davantage notre dépendance envers un environnement spécifique introduit par le partenaire au développement, ou vis-à-vis des intérêts commerciaux des pays donateurs. En effet, les opérations mises en œuvre sont dans la plupart des cas, le fait de projets, spécifiques au niveau de la gestion et limités dans le temps par des modes de fonctionnement qui, normalement, auraient dû être une permanence dans des administrations de type moderne.

Environnement, Foncier et Géomatique, le sol à l'épreuve des outils... et des hommes !

Un état des lieux de l'évolution historique de la géomatique, notamment de sa composante Système d'Information Géographique, se prête difficilement à des coupures au regard de la forte dépendance et de la continuité des influences qui l'ont affectée.

Toutefois, quelques étapes pourraient y être décelées comme le suggèrent MAGUIRE D.J. et *al.* (1990), PORNON H. (1992 ; 2007), BORDIN P. (2002), SOURIS M. (2002), COURBON P. (2009), etc. Reprenant l'expression de GUERMOND Y. qui, en 2000, disait qu'« en se libérant du papier, la carte est sortie des tiroirs », nous pouvons retenir par-là le caractère marquant de son automatisation, circonscrite dans les années 1970-1980. Cette étape s'est poursuivie, après la période 1990-2000, par celle de 2000 à aujourd'hui, désignée sous le vocable de « temps modernes » des SIG par PORNON H. (2007)³.

En considérant ces « temps modernes », et avec un certain recul, on peut s'interroger au plan du foncier ouest africain, sur ces outils, leur contexte, apports, limites et les transformations qu'ils ont accompagnées. Ce à quoi nous appelons d'ailleurs les thèmes développés au cours du présent Colloque.

³ THERIAULT M. et CLARAMUNT C. (1999) soulignent les difficultés nées des problèmes d'intégration des concepts, des paradigmes, des modèles, des processus, des faits et données propres à chaque domaine disciplinaire et le rôle de la recherche interdisciplinaire dans la résolution de ces obstacles. C'est ce contexte d'intégration de la connaissance du territoire pour prévoir les impacts de décisions d'aménagement ou d'interventions modifiant les systèmes environnementaux, politiques et socio-économiques de plus en plus sensibles qui, pour ces auteurs, expliquerait en partie le développement des systèmes d'information géographique (SIG).

Sur ce point, nous pouvons souligner – et à titre d’argument, l’examen des travaux scientifiques et de la presse quotidienne le confirme – le moins de consensus foncier dans l’évolution des territoires, confrontés à de profondes mutations des espaces, notamment périurbains ou ruraux, en partage avec d’autres activités et acteurs, caractérisés par une progressive marchandisation, un problème de la reconnaissance des actions locales, etc.

A ces éléments, nous pouvons ajouter le caractère systémique, complexe et évolutif préalablement évoqué de l’environnement ou du foncier ouest africain ; ce qui fait qu’il reste sous influence (sociale et politique) à l’origine de la persistance de difficultés liées par exemple à la dualité de formes juridiques de gestion des terres - d’où la question de la régulation foncière (DIOUF E.N., 2017) – ou à la forme du lien territorial entre acteurs, notamment dans ses différentes dimensions de décentralisation.

Par ailleurs, l’hétérogénéité du foncier le conduit à articuler des états, des fonctions et des interactions corrélés de natures multiples (LEGRAND P., 2005). Sous cet angle, et par sa proximité avec l’information géographique ainsi que ses principes, la géomatique constitue un élément incitatif d’analyse au travers d’outils divers (Plan d’occupation et d’utilisation du sol, Système d’Information Foncière (SIF), Système d’Information Géographique (SIG), opérations cadastrales diverses, etc.).

Cette incitation est née de l’importance croissante prise par la photographie aérienne, le développement de la télédétection spatiale « civile » à partir des années 1970-1980, l’émergence dans le courant des années 2000 des données de télédétection à Très Haute résolution Spatiale (THRS), l’usage d’ULM ou de drones⁴ et l’évolution des techniques de

⁴ Nous avons procédé en 2015 à une mission d’acquisition de photographies aériennes sur la flèche littorale de Joal (Sénégal), au moyen d’un autogyre. L’autogyre ou gyrocoptère est un aéronef hybride entre l’avion et l’hélicoptère, classé sous le registre de l’Ultra Léger Motorisé (ULM) (d’après l’entreprise ALERION Gyro In SADIO et *al.*, 2015). Cet appareil permet de proposer des coûts financiers à l’heure de vol, moins onéreux que l’hélicoptère et l’avion, et même le drone ou unmanned aerial vehicle –UAV (GONCALVES J.A. et HENRIQUES R., 2015). De par son hybridité, l’autogyre est moins sensible au vent, et ses évolutions sont similaires à celui de l’hélicoptère. Il a un autre avantage par rapport au drone en ce qui concerne l’autonomie (durée) de batterie. Sur la flèche de Joal préalablement soulevée, l’ensemble des moyens aériens déployés (un AutoGyro MT-03 conçu et développé au début des années 2000 par l’entreprise allemande *AutoGyro GmbH*, un GPS Trimble® GeoXT™ de la série GeoExplorer®2008 et une caméra EOS 5D Mark II et son capteur plein format) a permis la prise de 2199 photographies aériennes verticales, en 1 heure 18 minutes, à 200 m et 400 m d’altitude, sur une zone d’environ 1500 sur 200m pour un prix de l’heure de survol de l’ordre de 120 000FCFA. Les différents traitements opérés, à partir de logiciels de photogrammétrie (Agisoft PhotoScan) et de SIG (ArcGIS) ont permis de générer une orthophoto à 5cm de résolution et un modèle numérique de surface (MNS) à 20cm de résolution, avec une possibilité de comparaison de façon différentielle à un relevé topographique au GPS Real Time Kinematic (RTK). Des structures de gestion de l’Information Géographique comme le Comité national de télédétection et de l’information géographique (CNTIG) de Côte d’Ivoire offre également des services d’acquisition de données à partir de drones, notamment par la mise à disposition de l’expertise et du matériel adapté pour tout projet de topographies conventionnelles, à l’échelle sur plan ou sur carte (<http://www.cntig.net/index.php/drones-2>). Le Burkina Faso est le premier et seul Etat ouest-africain à avoir démarré des opérations propres de prises de vues aériennes, d’abord dans les années 1980-1990 jusqu’en 2004 par l’exploitation d’un premier avion photographe; ce qui l’a amené à faire de nombreuses missions dans la sous-région. Ensuite, il dispose depuis 2008 d’un second avion et qui est resté opérationnel jusqu’en 2014.

positionnement par satellites (GPS), la démocratisation des Systèmes d'Information Géographique (SIG) et le besoin accru de données spatialisées, le perfectionnement des approches cartographiques et, plus récemment, les mutations nées de l'association de l'Intelligence artificielle et des données géospatiales. Toujours d'un point de vue de l'évolution historique, l'héritage issu et entretenu des politiques de planification - accompagnant, plutôt en milieu urbain, le Plan d'Occupation du Sol, expression du droit du sol, créée en 1967 en métropole par la Loi d'Orientation Foncière et outil de référence des élus locaux pour leurs politiques de développement et de protection⁵ -, constitue également un des aspects de cette incitation.

L'approche cartographique de l'occupation du sol peut être retrouvée à plusieurs échelles, du global, régional, national au local. Dans les trois premiers cas, les inventaires des modes d'occupation et d'utilisation des sols et de leur répartition sont portés par des programmes ou projets internationaux, régionaux ou nationaux comme l'illustrent les exemples du programme Global Climate Observing System (GCOS), CORINE LAND COVER à l'échelle européenne, les programmes d'Evaluation des Ressources Mondiales de la FAO avec un système normalisé et référant pour la classification de la couverture terrestre (LCCS), le projet Global Land Programme (GLP) mené par Future Earth et dénommé Land Use Land Cover Change (LULCC) avant 2015, et piloté par l'International Geosphere-Biosphere Program (IGBP) et l'International Human Dimensions Program on Global Environmental Change (IHDP), le projet GEO Global Agricultural Monitoring (GEOGLAM) et au plan national, en France par exemple, la seconde récente initiative, intitulée l'Occupation des Sols à Grande Échelle (OCS-GE) et portée par l'Institut National de l'Information Géographique et Forestière (IGN) (PELLETIER C., 2017).

Dans la région africaine, l'agenda géomatique a fait une progression remarquable au cours de ces dernières années, avec par exemple des initiatives majeures comme AMESD, TIGER, GEOSS, GMES-Afrique, etc. Ces initiatives s'inscrivent dans un contexte d'évolution des sociétés et économies du savoir avec une orientation tournée vers la production, la disponibilité et l'utilisation d'informations géospatiales au plan national, régional et international, renforcée au sein d'agenda comme ceux élaborés par UN-GGIM, SMSI, Open data sources, la Révolution de données en Afrique, l'Initiative de la BAD sur les plateformes uniformes et harmonisées, Agenda 2030, Agenda 2063, etc.

A l'échelle locale, l'une des expériences de cartographie de l'occupation et utilisation du sol est tirée de l'exemple emblématique de la Vallée du fleuve Sénégal. Cette initiative est soutenue par la réponse à la question : « Comment assurer une réussite durable des processus de décentralisation et de développement local ? ». En réalité, la réponse à cette

⁵ Au moment des indépendances des pays ouest africains, des disparités territoriales criantes étaient notées. Aussi, les premières interventions d'aménagement du territoire tentèrent-elles de les corriger d'où l'idée de l'« origine rurale » avancée par DIOP A. (2004) dans le cas du Sénégal, avec une volonté d'organiser la propriété foncière au travers de la loi n° 64-46 du 17 juin portant sur le domaine national.

interrogation, - au travers d'un programme de recherche et d'une opération pilote, dénommée « Opération pilote POAS » (plans d'occupation et d'affectation des sols) conduite dans la Vallée du fleuve Sénégal entre 1996 et 2000 -, constitue une approche territoriale novatrice ; celle-ci s'est faite autour de l'idée centrale d'une amorce de dynamiques locales capables d'initier seules des actions de gestion et de planification une fois achevé le programme de soutien (d'AQUINO P. et *al.*, 2002a)⁶.

Cette opération pilote lancée en 1997 a eu pour cadre l'ancienne communauté rurale de Ross-Béthio, à une cinquantaine de km à l'Est de Saint-Louis du Sénégal, marquée par le développement d'une agriculture irriguée et une recomposition spatiale des activités agropastorales. Au contraire des démarches habituelles de gestion participative, agissant plutôt sur l'espace et les ressources, sur d'éventuelles modifications de techniques d'usage ou d'appropriation, les auteurs de cette expérimentation ont privilégié une recherche tournée vers une meilleure compréhension de la réalité locale, notamment dans la trame des relations à créer ou à dynamiser entre collectivités locales, populations, encadrement technique et administrations territoriales (D'AQUINO P. et *al.*, 2002b).

Toutefois, en dépit du caractère novateur de la démarche, son succès n'est pas sans ambiguïté dans le sens où les enjeux, au-delà de ceux propres aux outils, sont comme faits d'un jeu de permanences et de mutations, elles-mêmes intégrées dans des dynamiques de divers ordres ; le premier terme que nous qualifions de permanences indiquant la démarche initiale adoptée, ses résultats. Il se trouve complété par le second terme (les mutations), d'ordre adaptatif et conforme ou non à une évolution temporelle donnée ou une durée⁷, en rapport avec le contexte et les ressources. Au cours de cette évolution, on peut citer par exemple, - au regard des pratiques de la gestion foncière à Ross Béthio, notamment pour

⁶ Les porteurs de ce programme constitués autour du Centre International de recherches agronomiques pour le développement (CIRAD, Montpellier, France), la Société nationale d'aménagement des terres du delta du fleuve Sénégal et des vallées du fleuve Sénégal et de la Falémé (SAED, Saint-Louis du Sénégal), l'Université Gaston Berger (UGB, Saint-Louis, Sénégal), l'Institut sénégalais de recherches agricoles (ISRA, Saint-Louis, Sénégal) et les collectivités locales rurales et régionales de la vallée du fleuve Sénégal, ont opté dans cette opération pilote et la conception d'un SIG à la construction d'un partenariat entre les différents acteurs locaux (d'AQUINO P. et *al.*, 2002a) en dépassant le stade d'établissement de plans de développement local ou de chartes de gestion de l'espace ; l'enjeu scientifique étant plutôt porté par l'amorce d'une dynamique endogène du territoire (d'AQUINO P. et *al.*, 2002b), du supposé pouvoir et de l'émergence de concertation entre échelles locales et régionales de planification désignée sous le vocable de « planification territoriale ascendante » par d'AQUINO P. (2002).

⁷ La représentation de l'espace et du temps a fait l'objet d'un article de SANDERS L., GAUTIER D. et MATHIAN H., sous l'égide de CASSINI-Groupe TempsXEspace (1999) où le concept de dynamique spatiale est discutée par une mise en exergue rendant compte des nuances terminologiques entre changement, évolution, transition, mutation ; d'après ces auteurs, le terme changement ayant un sens plus large n'implique pas nécessairement une référence au temps alors que l'emploi du terme évolution implique une suite d'états se succédant au cours du temps. Quant aux termes transition et mutation, ils sont généralement employés pour caractériser des formes de changement de nature plus précise, désignant des changements qualitatifs profonds ; ces changements impliquent le passage d'un système avec un fonctionnement et un état de relative stabilité sur la durée à un autre système dont l'état et le fonctionnement sont également appelés à durer. Et si l'échelle de temps à laquelle on se situe permet d'observer la période séparant ces deux états, le terme de transition est alors utilisé tandis celui de mutation est réservé à des changements plus brusques.

l'accès des femmes aux services d'encadrement et aux aménagements hydro-agricoles -, le caractère discriminatoire soulevé par FAYE A. (2001). Etendu à d'autres entités rurales de la vallée (Rosso, Ndiayène Pendo, Mbane, Gaé, Guédé village, Pété, etc.), les POAS semblent avoir faits les frais de l'interventionnisme avec comme seul opérateur la SAED ainsi que les résultats mitigés de leurs réalisations dans le cadre du Programme d'appui aux collectivités locales pour la gestion de l'espace rural (PAEL/GER) (FAYE P. et *al.*, 2012).

Ces remarques conduisent à un autre terme, celui de gouvernance, notion polysémique et également applicable aux outils. Aussi, quel que soit le corps ou objet auquel il est rapporté se trouve poser la lancinante question de sa mise en œuvre. Ce qui fait qu'en relativisant les choses, nous n'avons pas cherché à établir ici de hiérarchie au niveau des nombreuses démarches accompagnant les SIG, préférant retourner à l'outil et à ses apports dans la résolution du problème posé autour de l'Information Géographique en jeu, caractérisée par une proximité, une action participative et une organisation. Ce qui nous ramène à la question majeure préalablement évoquée de la nature du problème à résoudre, dans quel environnement et à partir de quelle approche? Cette interrogation prolonge alors celle de la position réelle des systèmes d'information que nous élaborons : outils pour la manipulation, la gestion et l'analyse des données à référence spatiale ou outils avec un ensemble de mécanismes avec des préférences décisionnelles ? (LAARIBI A., 2000 ; N'DIAYE M.L. et *al.*, 2016) ; cette interrogation constituant d'ailleurs un enjeu de notre Colloque au travers de son Atelier de formation sur la géomatique comme outil d'aide à la décision !

En effet, cette question nous réinstalle dans la résolution de situations complexes qui mettent en jeu des critères multiples, ne pouvant être réduit à un seul, souvent économique pour ne pas dire pécuniaire ou monétaire ; comme on peut s'en apercevoir la complexité semble omniprésente dans la géomatique avec un grand nombre de données et se trouve donc être technique dans cette complexité.

Aussi, en établissant un retour sur les « temps modernes » des SIG et sur l'importance du décisionnel, il convient d'insister sur cette première évidence d'une technologie en marche et de l'existence de nouveaux cycles de la géomatique « embarquant » l'ensemble des nouvelles évidences scientifiques en rapport avec une approche de la localisation des objets ; celle-ci étant de plus en plus marquée par une accélération d'utilisation de l'Intelligence artificielle (IA)⁸, une explosion du *Big Data*⁹ et un accroissement des objets

⁸ Dans son article intitulé « SIG et intelligence artificielle : quels développements et quel futur ? », CAROLIN C. (2017) souligne que l'IA n'est pas une technologie nouvelle ni même récente au regard de la conceptualisation de la machine de Turing dans les années 40, de l'élaboration en 1965 des théories de logique floue et de l'un des premiers systèmes experts (Mycin) en 1973 ; toujours selon cet auteur, le réel progrès de l'IA réside davantage dans la puissance croissante des machines que dans la progression algorithmique fondamentale ; les progrès paraissant spectaculaires, parce qu'illustrés par des applications du quotidien : véhicules (plus ou moins) autonomes, chatbots sur les sites de vente en ligne, discussion avec son téléphone portable, via SIRI, Google Assistant, etc.

⁹ Contrairement à l'IA, le *Big Data* est une technologie plus récente, apparue grâce à l'amélioration des systèmes de stockage, d'analyse et de fouille de l'information, tant au niveau du volume de données que dans la rapidité d'exécution

connectés ou Internet of things (IoT) ainsi que la vision 3D, la réalité virtuelle et augmentée, etc. Le vecteur commun de ces nouvelles évidences et de l'existence de cycles scientifiques et technologiques en géomatique demeure le numérique et les communications temps réel.

Dans ce cadre et, à titre illustratif, il convient de signaler les enjeux liés à cette situation nouvelle où l'Intelligence artificielle est valorisée grâce à la dimension géographique. D'autres évidences scientifiques le sont également comme : le *Big Data* représentant « des collections de données caractérisées par un volume, une vitesse et une variété si grands que leur transformation en valeur utilisable requiert l'utilisation de technologies et de méthodes analytiques spécifiques » ; le volume s'entendant sans échantillonnage où tout est observé et mesuré ; la vitesse indiquant une disponibilité des données et résultats en temps réel et la variété étant constituée par plusieurs sources (textes, photos, audio/vidéo, etc.), avec en général une possibilité de compléter des pièces manquantes par de la fusion de sources (LAFLAMME P., 2017) ; selon cet auteur, son utilisation semble justifiée au regard de l'augmentation exponentielle de la quantité de données non structurées (chat, web, image, vidéo, etc.), des limites des technologies existantes (base de données relationnelles, tableurs, mainframes, etc.) et de la nécessité de "nouvelles" technologies et techniques d'analyse ("Google File System", "MapReduce", Hadoop: circa 2006). En effet, au-delà de l'idée de profusion des données liées à l'accélération de leur production, le *Big Data* tire son intérêt dans les interfaces et liaisons entre les données et non dans la quantité (CLAYET P-A., *op. cit.*).

Il en est de même de la représentation 3D où l'intégration de cette dimension dans les processus d'analyse du cadastre, de l'aménagement paysager, de la planification urbaine et de la gestion de l'environnement par exemple, constitue une plus-value indéniable (DESGAGNE E., 2010) ; sa modélisation en vue d'une exploitation SIG est devenue un tournant géographique et a trouvé place dans de nombreux exemples parmi lesquels, le milieu urbain, architectural ou patrimonial (KOEHL M. et *al.*, 2008).

La réalité virtuelle peut être quant à elle un bon support pour la SIG 3D dans les domaines d'utilisation de la 3D. En effet, combinée ou non à la réalité augmentée, elle vient de plus en plus en complément des systèmes d'information géographique, avec de multiples applications, notamment pour les appareils intelligents (smart glasses, smartphones, tablettes tactiles, etc.). L'usage de ces réalités, virtuelle et augmentée - tout en contribuant au renforcement des fonctions du SIG par l'apport de la troisième dimension à la cartographie des réseaux ou aux techniques de relevé topographique par exemple -, constitue également de bons outils d'aide à la décision ; la construction des interfaces,

d'où l'usage du terme comparatif de « Big Bang de l'information stockée » ; l'expression *Big Data* étant apparue en octobre 1997 avec les premières définitions complètes du terme dans les années 2000 (CLAYET P-A., 2018).

l'accès et la réutilisation des données 3D étant un enjeu pour les modèles tirés du monde réel.

L'usage des objets connectés¹⁰ fait dire à PORNON H. (2015) que la géolocalisation est partie intégrante de la connexion et intéresse au premier chef les géomaticiens pour au moins trois raisons : **[1]** leur discipline en amont de la conception et du déploiement de ces objets, avec la place du GPS dans les capteurs, le stockage des données géolocalisées ; **[2]** sa présence dans l'exploitation et la valorisation des données produites à l'aide de ces capteurs ; **[3]** l'impact lié au déploiement annoncé massif d'objets connectés dans des applications de gestion des réseaux, du transport et de la logistique, de la gestion des équipements, des villes intelligentes, etc.

La *Data*, pratiques et innovations du numérique, modèle socio-économique des plateformes ou réseaux d'échange, convergence vers un état d'Open Data, d' « *Anthropo-Data* » : l'homme au cœur de la dynamique et un cheminement vers l'information maîtrisée par et pour tous !

L'immersion de la géomatique dans le public voire le grand public conduit ces acteurs à laisser leurs traces et empreintes¹¹, localisables dans l'espace de leur territoire et celui des territoires du numérique, contribuant ainsi à un enrichissement de l'évidence scientifique qu'est le *Big Data*. Toutefois, en abordant le *Big Data* et ses évolutions, et sans négliger le rôle-clé joué par les plateformes, il faut aller au-delà du numérique ou des objets connectés en logeant l'homme au cœur de cette dynamique, où la *data* passe par une littératie ou lettrure¹²; celle-ci prenant place dans le socle de compétences que doit se constituer tout individu (OCDE, 2000). A ce titre et comme contributeur net au *big data* géomatique, nous devons être de plus en plus conscients et concernés par la production de données localisées...massives !

¹⁰ Sans être figée puisque recoupant des dimensions d'ordre conceptuel et technique, la définition de l'Internet des Objets, entendue dans le sens de l'Union internationale des télécommunications est une « infrastructure mondiale pour la société de l'information, qui permet de disposer de services évolués en interconnectant des objets (physiques ou virtuels) grâce aux technologies de l'information et de la communication interopérables existantes ou en évolution ».

¹¹ Dans une étude intitulée la Francophonie numérique en chiffres, ISOC Québec en partenariat avec la Chaire UNESCO « Pratiques émergentes des TIC pour le développement » (In VIDAL P., 2015) illustrent bien cette idée des traces ou empreintes en parlant de l'Internet dans un contexte de mobiles transportant nos mots, notre langue, notre manière de voir le monde ; les outils numériques renforçant ainsi l'importance du bon usage de la langue et d'autres choses de nous dans le partage des idées et des émotions.

¹² La littératie ou lettrure est définie par l'OCDE (2000) comme l'aptitude à comprendre et à utiliser l'information écrite dans la vie courante, à la maison, au travail et dans la collectivité en vue d'atteindre des buts personnels et d'étendre ses connaissances et ses capacités

Le fait d'interroger les pratiques de la technique et l'usage social quotidien des objets n'est pas nouveau. En effet, l'usage de la relation de l'homme aux objets, de même que la mécanisation du quotidien a intéressé, comme le soulignent CHARPY M. et JARRIGE F. (2012), les historiens du XIX^e siècle et ceux de l'époque moderne ; ces auteurs considérant cette relation pour rendre compte du passage d'une société aux objets rares à une société d'abondance, faite d'une multiplicité d'objets et de dispositifs techniques. Aussi, le rôle des techniques dans la construction du quotidien a conduit, d'une part, à les annexer à la question du pouvoir, du développement de l'emploi, à la croissance et à l'économie, comme soulevé dans le volet environnement au paragraphe sur l'Information et la proximité géographique (Cf. page 17).

D'autre part, et sous l'angle du quotidien des techniques, de nombreux auteurs ont interrogé les rapports dialectiques de l'ordre et du désordre, des risques, de la perturbation des hiérarchies, notamment du pouvoir et des rapports sociaux, avec en perspective le concept de « gouvernementalité » mis en œuvre dans les années 1970 par FOUCAULT M., - et pouvant être schématisé comme une réflexion sur « l'art de gouverner » dans une perspective historique (RODRIGUEZ N., 2016) -, celui de « monde administré » des théoriciens de l'École de Francfort ou de gouvernance. Des travaux récents, notamment ceux de MONDOUX A. (2011), ROUVROY A., BERNIS T. (2013), ROUVROY A., STIEGLER B. (2014), OUELLET M. et *al.* (2015), MENARD M. et *al.* (2016) en parlant de « gouvernementalité algorithmique » ou plus simplement du rôle de la technologie, questionnent, entre autres, l'apparent paradoxe entre les capacités de contrôle et de surveillance propres à la rationalité instrumentale rendues possibles par le *Big Data* et son potentiel émancipateur, de production, de circulation et mise à disposition de la donnée à portée de tout un chacun, de chaque profil.

Par ailleurs, en parcourant les éléments de la technique comme fabrique d'objets et son corollaire, la technologie comme fruit d'une abstraction ou du virtuel, on peut évoquer la question de l'innovation et des nouvelles orientations mises en jeu au plan de la communication, des opportunités ou appels de valorisation souhaités par ou offerts aux porteurs de projets ; la recherche de lieux ou « salons » d'exposition s'étant déplacés vers l'Internet, les écrans et les plateformes. En effet, cette dynamique est, entre autres, portée et facilitée par des outils et méthodes de transactions financières dites de *crowdfunding*. Toutefois, peu de travaux semblent avoir été conduits sur l'évaluation du succès ou échec de projets à leurs campagnes de financement, sur ce qui se traduit sur le maintien ou la disparition de plateformes (BELLEFLAMME et LAMBERT, 2014).

Néanmoins, quelques auteurs ont, au travers d'une définition et recherche de signaux, travaillé sur les asymétries d'information (information et action cachée par exemple) pour déceler leur présence sur le financement des projets, mesurer un quelconque impact sur les relations entre entrepreneurs et contributeurs et sérier les facteurs pouvant affecter une

campagne de financement de projets de *crowdfunding* (CONNELLY et *al.*, 2011 ; SPENCE, 1973 ; NIKIEMA P., 2016).

Cette pratique du financement participatif ou sociofinancement constitue une voie de financement pour les petites et moyennes entreprises ainsi qu'aux porteurs de nouvelles idées ; à cet égard, le porteur de projet présente son idée sur une plateforme et peut trouver des contributeurs motivés à participer à sa réalisation en le finançant, le plus souvent en accordant de petites sommes (NIKIEMA P., 2016). La gamme du financement peut être plus large et comportée une contrepartie, sur des prêts d'argent (*crowdlending*), de l'actionnariat (*crowdequity*) ou par versement de royalties (*royalties crowdfunding*).

Les campagnes de financement de projets restent relativement ouvertes en Afrique de l'Ouest et constituent un réel engouement pour l'entreprenariat, notamment celui des jeunes, au travers du développement de *startups*¹³. C'est ainsi qu'en se basant sur la nouvelle édition du palmarès d'avril 2019 de MyAfricanStartUp 100, on voit une nette prédominance des *startups* ouest-africaines qui en ont placées 40 sur 100, avec une prédominance des secteurs de la *Fintech*, des services et du commerce ; les plateformes utilisées par ces entités étant le web, privilégié par 42% d'entre elles, le mobile pour 31% et l'association du web et du mobile pour 27% (ATCHA E., 2019). Au plan national, et dans la région ouest africaine, des pays comme le Nigeria et le Sénégal constituent des « eldorados » de startups ; c'est ainsi que le Sénégal a multiplié les incubateurs et fonds d'investissement de l'ordre de 3,2 milliards FCFA pour leur développement, avec un objectif de 35 000 emplois directs dans le domaine des technologies de l'information et de la communication à l'horizon 2025 (JA, 2018).

En s'inscrivant sur une échelle plus large, et une perspective où enjeux de pouvoir et de subjectivité sont jumelés à la notion de gouvernamentalité algorithmique tels que décrits dans les travaux de ROUVROY A., BERNS T. (2013), ROUVROY A., STIEGLER B. (2014) et OUELLET M. et *al.* (2015), entre autres, le circuit marchand découlant de l'application du *Big Data* aux médias socionumériques relève d'un processus d'industrialisation du traitement des données personnelles. Ce qui appelle de l'investissement, de la valorisation de capitaux et des bénéfices ou chiffres d'affaires imposants.

¹³ Il semble que la première plateforme d'intermédiation, Kiva spécialisée dans le prêt sans intérêt a été créée en 2005 par Matt et Jessica FLANNERY à San Francisco, en Californie (RICORDEAU, 2013 In NIKIEMA P., 2016). Le porteur de projet peut avoir également le statut d'un particulier. Par ailleurs, dans son rapport 2018, le Fonds Partech Africa issu de Partech Ventures, société de capital-risque transatlantique, fait état d'un total de 164 levées de fonds en equity réalisées par 146 startups africaines du digital pour un montant de 1,163 milliard USD, soit une croissance de 108% en glissement annuel. Ce fonds a, entre autres, comme investisseurs la Société Financière Internationale (IFC, filiale du groupe de la BM) pour 15 millions d'euros, la BAD pour 7 millions, La BEI pour 10 millions, Orange Digital Ventures Africa pour 50 millions.

A cet égard, les compagnies dites de l'industrie du Web et des nouvelles technologies ou géants du numérique ont procédé à des dépenses en Recherche & Développement importantes en 2018, plaçant Alphabet, maison-mère de Google derrière Amazon (pour un montant de 22,6 milliards de dollars US) et, devant Samsung, Intel et Microsoft respectivement placées en 4^e, 5^e et 6^e position (Le Figaro, 2018 et French Web, 2017).

Il en est de même dans la région ouest africaine où des opérateurs de téléphonie et du web ont développé de puissantes infrastructures technologiques, travaillent sur le *Big Data* en « traquant » le comportement de clients et anticipant sur l'offre de services, avec des résultats adaptés ; ce qui se traduit sur leurs chiffres d'affaires et investissements d'expansion dans la Recherche et le Développement.

Dans ce cadre, on peut citer des compagnies comme la SONATEL et ses filiales Orange basées dans 5 pays de la sous-région (Sénégal, Mali, Guinée, Guinée-Bissau, Sierra-Leone), avec 30,2 millions de clients géolocalisables pour son parc global dont 29,7 millions sur le mobile, un chiffre d'affaires consolidé de 972,9 milliards de FCFA en 2017 pour des investissements de 183,7 milliards, un effectif de 3 500 employés directs et 100 000 emplois indirects (SONATEL, 2018).

La question de l'aménagement numérique et des évidences scientifiques comme le *Big Data*, a permis d'engager une réflexion et des actions sur les pratiques du numérique et l'usage des données publiques avec les acteurs du territoire d'où une ouverture des données (*Open Data*), un développement de la collaboration, un élargissement du marché et des géoservices. Cette situation de gestion de l'Information géographique conduit concomitamment à une modernisation de l'action publique ; la diffusion des expérimentations *Data* touchant plusieurs secteurs de la vie territoriale au travers des plateformes de données existant sur la cartographie et le réseau géodésique, les infrastructures et le trafic routier, la dématérialisation de certaines opérations (administratives, douanières, des marchés publics), les statistiques, les alertes liées au climat et le calendrier culturel, le développement de nombreuses applications sur la santé humaine, sur le contrôle des maladies animales et les stratégies d'alimentation, l'innovation numérique, sur la connexion des producteurs, commerçants et consommateurs (prix de produits agricoles sur le marché, livraison de produits de l'agroalimentaire), la cartographie électorale, etc.

La question des villes intelligentes, question relativement récente¹⁴, connaît dans la région ouest africaine un certain frémissement, notamment en rapport avec le rôle des

¹⁴ L'Agence Française de Développement (AFD) a sélectionné 12 villes africaines pour un réseau africain de villes intelligentes (ASToN) : Alger (Algérie), Bamako (Mali), Ben Guerir (Maroc), Bizerte (Tunisie), Kampala (Ouganda), Kigali (Rwanda), Kumasi (Ghana), Lagos (Nigeria), Maputo-Matola (Mozambique), Niamey (Niger), Nouakchott (Mauritanie) et Sèmè-Kpodji (Bénin). Ces villes ont été choisies au cours d'un appel à concurrence lancé en début d'année par l'AFD. Ce projet de 3 ans, pour un démarrage prévu au troisième trimestre 2019, vise à favoriser les échanges et la coopération entre

technologies digitales¹⁵ et de ses effets de renouvellement dans les relations avec la société. En effet, il faut dire que cette problématique des villes intelligentes se trouve logée au cœur des grandes tendances en matière d'urbanisation, marquée par de fortes accélérations démographiques et, incidemment, par ses relations avec ses campagnes et zones périphériques ou péri-urbaines; le concept relevant du contexte local et de son système d'innovation (entreprises, structures de recherche et de formation, etc.) (CES-NU, 2016), d'où une mobilisation de son intelligence collective.

Cette perspective - en nous installant alors au-delà de la seule réponse du marché et de la communication des firmes, souvent en concurrence avec les opérateurs traditionnels et l'informel ou de la technique -, a certainement poussé à réorienter le concept de ville numérique vers celle de ville intelligente, réalité augmentée de la dimension ou réalité humaine pour parler comme SCHIRRER M. (2015), d'où l'enjeu de « l'importance des usages qui donne à la technique sa portée concrète, son intelligence ».

Conclusion : La géomatique au service de la proximité géographique, de la participation publique, des Infrastructures de données géospatiales (IDGS) et de l'Intelligence artificielle (IA). Faut-il alors penser différemment le technique ?

Les outils sont également liés à une certaine gouvernance et s'appuient, *in fine*, sur des démarches. En revenant sur le foncier, on peut noter que l'inventaire détaillé des modes d'occupation et d'utilisation des sols et de leur répartition constitue un enjeu fort pour l'analyse fonctionnelle des écosystèmes ; les changements majeurs avec un impact sur les interactions terre-atmosphère ayant fait l'objet d'analyses dans le cadre de programmes internationaux (LAMBIN et *al.*, 2003 in HUBERT-MOY L., *Sd*). A l'échelle locale, sont également élaborées des cartes d'occupation et d'utilisation du sol, des ressources naturelles et de l'environnement. Ces documents tirent largement profit des données et outils géomatiques combinés de plus en plus à des approches participatives et de proximité,

ces villes dans les domaines du développement économique, social et environnemental grâce à plusieurs solutions, notamment les technologies de l'information et de la communication (TIC). L'ASToN sera mis en place sur le modèle du programme européen URBACT, programme d'échanges pour un développement urbain durable, initié depuis 2002, autour de 300 villes et 5 000 autres participants des vingt-sept Etats membres de l'UE ainsi que la Suisse et la Norvège (AGENCE ECOFIN, 2019)..

¹⁵ Sur les technologies digitales, on peut rappeler avec RODRIGUES N. (2016) leurs manifestations dans la ville, dans un processus de transformation permanente et, avec pour base actuelle, une diversité d'appareils et de capteurs en milieu urbain. Ces appareils reliés entre eux et fonctionnant en réseau (Internet des Objets), permettent la collecte et le partage de données et d'informations sur bien des sujets et sur les dynamiques urbaines, parfois sans intervention humaine, ou du moins sans intervention volontaire ; cette situation plaçant alors les gestionnaires au cœur de divers services et activités du quotidien des villes, et de les contrôler, tout au moins dans le contexte en association avec l'émergence et le fonctionnement des formes de gouvernementalité des smart cities ; leur gestion ayant évolué puisqu'au-delà du prisme des objets connectés ou du suivi des consommations, des innovations ont progressivement vu le jour, notamment dans le champ de l'habitat, l'action publique, etc.

combinaison facilitée par l'environnement numérique et les technologies avancées de positionnement ainsi que celles de l'information et de la communication.

En effet, en considérant la gestion des ressources naturelles et les terroirs, en lien avec la gouvernance et le développement, notamment local, on peut noter le relatif succès des Systèmes d'Information Géographique ; ces outils étant ouverts depuis un peu plus d'une vingtaine d'années maintenant aux méthodes accélérées de recherche participative (MARP) pour aboutir selon divers auteurs aux « SIG participatifs (SIGP) » ou « SIG pour la participation Publique (SIGPP) » ou « Community-integrated GIS » ou encore « Mobile interactive GIS » (ABBOTT J. et *al.*, 1998 ; OBERMEYER N.J., 1998 ; WEINER D. et *al.*, 2002 ; Mc CONCHIE J. et MCKINNON J., 2002).

La plupart des expériences de SIGP dans la région ouest-africaine, marquées par une grande diversité, portent sur la gestion des ressources naturelles (GRN), la cartographie de terroirs, la gouvernance et le développement de territoires ainsi que le cadastre rural. Plusieurs autres éléments d'analyse, notamment sur le pastoralisme, la santé, l'environnement urbain et le travail de formalisme adopté par le milieu de la recherche, avec une évolution déclinée au travers des « WebSIG » (exemple des *mashups* Google Maps), participent des expériences et de la réflexion sur la cohabitation de l'Information Géographique et du participatif, conduisant ainsi à la reconnaissance de divers ordres de rationalité : rationalité technique des développeurs Vs logique paysanne (Cormier-Salem, *op. cit.*).

Les actions de développement des territoires, tant urbains que ruraux, sont confrontées à de profondes mutations de ces espaces et marquées, dans nombre de cas, par une absence de consensus et de nombreux conflits d'usage ; ces conflits pouvant être plutôt considérés comme de bons indicateurs de ces mutations et des modes de gouvernance des territoires.

En effet, exploitant entre autres, une composante essentielle de l'Information Géographique au travers de la notion de proximité¹⁶, et au regard des travaux produits sur le sujet, à la charnière des années 1990 et 2000, on peut souligner un renouvellement certain des réflexions dans le champ de l'économie régionale ou spatiale (TORRE A., CARON A., 2005 ; TORRE A., ZUINDEAU B.; 2009 ; TORRE et *al.*, 2010 ; TORRE A., BEURET J-E., 2012 ; TORRE A., VOLLET D., 2016). Toutefois, la pertinence et les différents résultats découlant de cette théorie ont trouvé très peu d'échos dans les travaux relatifs aux études environnementales, conflits d'usage, formes de coordination entre acteurs de la sous-région ouest-africaine. Pour d'autres raisons, il en est de même des nouvelles évidences scientifiques en balbutiement relatif dans la sous-région.

¹⁶ Les travaux relatifs à l'introduction du paysage dans l'analyse économique ont été conduits par de nombreux auteurs parmi lesquels LIFRAN R. et OUESLATI W. (2007) ou de CAVAILHES J. et *al.*, (2009). Dans ce cadre, TORRE A. (Sd) et les tenants de l'Ecole de la proximité géographique,- faisant aussi appel à des disciplines comme la sociologie et à l'aménagement par exemple -, considèrent deux points essentiels dans le paysage : sa caractéristique d'être un bien, avec une valeur et des externalités et sa caractéristique comme produit, issu des constructions du passé et en grande partie de l'action intentionnelle ou non d'acteurs humains, à la base de son façonnement ou de sa modification par leurs actes.

En dépit de ce constat et, sur un plan plus général, on peut noter le tournant important pris par les rapports entre économie et territoire ; ces relations se manifestent par exemple dans les stratégies de recensement général de l'habitat et de la population ou de développement des Infrastructures de Données Géospatiales (IDGS) régionales ou nationales. C'est ainsi que la Commission Economique pour l'Afrique (CEA) indique dans le cadre de l'initiative UN-GGIM/Africa que 65% des données de télédétection, 67% de SIG et GPS sont utilisés dans les opérations de recensement des pays africains.

L'Intelligence artificielle associée à la géomatique constitue une relative nouveauté dans l'approche des données géographiques et permet de mieux comprendre les enjeux économiques. Dans cette relation, et pour faire simple, CAROLIN C. (2017) considère que toute donnée géolocalisée, liée à une notion de déplacement et son corollaire, le temps, peut offrir une thématique géographique utilisable par l'IA ; L'information statique étant bien entendu également exploitable.

Il indique aussi que dans les fonctions IA intégrées ou non au SIG, cette dernière composante ne vivant pas seule reste soumise à une interface ; ce qui appelle alors pour les principaux SIG du marché, la construction d'interfaces plutôt que du développement spécifique ; les quelques exceptions fournies concernent la plateforme IA de l'éditeur américain Alteryx, qui intègre des fonctions d'exploitation de l'information géographique (géocodage, modélisation, restitution) et peut également produire des données SIG dans les formats principaux du marché (SHP, MF/MD, MAP, KML, ...). Geospatial AI est également un exemple de la puissance de la technologie géospatiale et de l'intelligence artificielle dans la machine virtuelle Microsoft Data Science (DSVM) sur la plateforme cloud Azure par le biais de l'association des compétences ou capacités de ESRI et de Microsoft ; cette capacité permettant, entre autres, une analyse des cartes de couvertures du sol de bassins versants fragiles (<https://www.esrifrance.fr/ia.aspx>).

Dans ce champ de combinaisons SIG et IA, des applications thématiques, sur la base de cartes générées à l'aide de l'interférence bayésienne, notamment sur une simulation de l'évolution des sols, une prédiction des mouvements de terrain, des directions de congestion de trafic en milieu urbain, de la déforestation ou de phénomènes d'inondations sont également des applications constituées et disponibles ; la modélisation prédictive, facilitée par le *Big Data*, trouve alors dans un contexte d'intégration avec les technologies du SIG, au cœur de produit comme ArcGIS ou dans des ensembles d'outils spécialisés, de larges possibilités de conception de plans d'actions .

Toujours dans le lot des technologies géomatiques de ces dernières décennies, on peut également signaler que les infrastructures géospatiales comme celles de la CEDEAO en rapport avec les questions d'alerte précoce, d'entités nationales ou d'initiatives plus récentes comme celle de l'UEMOA, sont très sensibles à la convergence de la géographie et de la statistique économique.

En effet, développées depuis les années 1990, les Infrastructures de Données Géospatiales (IDGS) touchent divers niveaux de la société ; ces dispositifs ayant pour objet de faciliter l'accès et l'utilisation des informations géographiques avec aujourd'hui une gamme de plus en plus large de producteurs, institutionnels ou « volontaires ».

Sans s'engager dans un formalisme de définition des Infrastructures de données géospatiales, on peut toutefois souligner ici l'importance de la question de l'accès de ces données à partir de services et d'applications pour les découvrir et les manipuler. Ce qui nous permet alors de considérer les grandes lignes suivantes quand on parle de ces outils : **[1]** un système informatique intégrant un ensemble de services utilisés pour la gestion de l'information géographique ; **[2]** un cadre comprenant des données géographiques, des métadonnées, des utilisateurs et des outils connectés de façon interactive pour une utilisation efficace et flexible des données spatiales ; **[3]** un regroupement de technologie, de politiques, de normes, de ressources humaines, d'activités connexes nécessaires pour acquérir, traiter, distribuer, utiliser, entretenir et conserver des données géographiques.

Dans ce contexte, et un peu plus tard, notamment à partir des années 2000, on peut noter une volonté de favoriser une implantation réelle et durable de la géomatique dans les pays de la sous-région, et auprès des organismes sous régionaux avec toutefois de fortes disparités. A cet égard, la géomatique des structures au travers de l'existence de plan national géomatique (PNG) ou de politique nationale ou régionale d'information géographique (PNIG ou PRIG) reste encore à développer et renforcer.

A cet égard, la documentation de quelques cas comme celui du Sénégal, du Burkina Faso, du Bénin, de la Côte d'Ivoire ou au plan sous régional, celui de la CEDEAO donne une indication de la longueur des processus de géomatique et, ce malgré la rupture technologique (informatisée) devenue prépondérante dans l'étude des relations ressources et environnement.

Dans le détail, on peut fixer pour le cas du Sénégal les années 1998 comme point de départ de la réflexion sur la question ; le projet d'élaboration du Plan national géomatique du Sénégal (PNG/S) ayant été initié avec un financement de l'Agence Canadienne de Développement Internationale (ACDI) en août 2008 et un mandat d'élaboration en démarrage au mois d'octobre 2010, et « clôturée » par les journées de synthèse et validation finale du Plan National de Géomatique en mars 2015. L'énoncé de vision proposé par ce plan se lit comme suit : « Doter le Sénégal d'une Infrastructure de données géographiques (IDG/S), levier pour le développement durable ».

Dans ce cadre, le Géoportail mis en place (<http://www.geosenegal.gouv.sn/> <http://www.basegeo.gouv.sn/>) comprend un géocatalogue sur les données géoréférencées disponibles sur son territoire national. Cet outil d'aide à la décision contribue efficacement à renseigner les organisations publiques/privées, le monde de la formation et de la recherche

sur les données géographiques disponibles au Sénégal et les modalités d'accès. Il reste accessible à l'adresse www.georepertoire.gouv.sn, avec plus de 2600 jeux de données renseignés.

Dans l'élaboration du plan sénégalais, quelques expériences de démarche organisée de géomaturation, notamment au travers de l'implantation de modèles d'infrastructure de données géospatiales, ont fait l'objet d'une analyse critique et de positionnement. Parmi ces modèles figure, en Afrique, celui du Kenya (Kenya National Spatial Data Infrastructure (KNSDI), d'ailleurs marqué aujourd'hui par son inactivité et son absence d'évolution (GéoSénégal, 2012).

Sur un registre moins intégratif au plan interinstitutionnel, d'autres pays ouest-africains comme le Bénin, au travers de son Institut Géographique, s'est également engagé dans une valorisation de son capital Information Géographique. Cette démarche qui a démarré en 2013, a bénéficié du soutien financier du gouvernement béninois, de l'Union Européenne et du PNUD, au travers du projet d'appui à la préservation et au développement des forêts-galeries et production des cartographies de la base numérique (PAPDFGC). Elle est, entre autres, portée par un portail Web public, avec une géocatalogue (<https://geobenin.bj/fr/>) renseignant des jeux de données.

Dans le contexte généralisé du numérique, le Burkina Faso dispose d'un site Web depuis 2015, recensant les produits et services disponibles auprès de l'Institut Géographique, établissement en charge de la politique nationale en matière d'information géographique (IGB, 2015). Toutefois, le Burkina Faso ne dispose pas encore de géoportail national d'accès aux données spatiales. Seules des initiatives sont projetées sous le leadership de l'Institut Géographique du Burkina et se trouvent inscrites dans le nouveau schéma directeur de la cartographie du territoire soumis à l'adoption du gouvernement. Quelques initiatives sectorielles ont vu le jour, notamment la plateforme PIGÉO, lancée en 2015 par le Centre de Ouaga de l'Institut de recherche pour le développement (IRD), en partenariat avec l'Institut National des Sciences des Sociétés/CNRST (NIKIEMA et *al.*, 2015). Les initiatives *Open Data* ne permettant pour le moment qu'un accès à des données descriptives sont également en cours (<http://www.opendata.gov.bf/>).

La Côte d'Ivoire n'a pas procédé à une formalisation de son patrimoine géomatique sous un schéma achevé de label d'un *plan national*¹⁷. Il se trouverait plutôt à mi-chemin, pourrions-

¹⁷ La crise post ivoirienne a eu des impacts négatifs tant du point de vue humain qu'au plan des données de référence géographique ; ce qui a entraîné une absence ou une inaccessibilité des données et/ou leur production relativement désorganisée : les bases existantes étant propres à diverses organisations et fonction de leurs besoins. Aussi, dans un souci d'apporter une réponse adaptée à la situation humanitaire de la Côte d'Ivoire et de faciliter la prise de décision par le biais d'une cohérence de la cartographie et des bases de données, l'idée de rapprocher les différents acteurs-producteurs d'une information géographique fut initiée par UNOCHA et le CNTIG ; celle-ci doit se traduire au travers d'une base de données géographiques de référence, comprise comme une plateforme de travail évolutive, évitant ainsi la dispersion de l'information et la redondance des actions (<http://www.cntig.net/index.php/recherche-developpement/groupe-de-travail-sig>).

nous dire, au regard de la démarche spécifiquement coordonnée et interinstitutionnelle de production des données géographiques, indispensable à tout processus de cette nature et à sa gouvernance, d'une part, et d'autre part, à la disponibilité d'une information géographique variée et répandue, au niveau technologique et à la position stratégique de ses producteurs de données géospatiales comme le Comité national de télédétection et d'information géographique (CNTIG), le Centre d'information géographique et du numérique (CIGN) du Bureau national d'études techniques et de développement (BNETD), etc. ; le Comité national de télédétection et d'information géographique, dépositaire de la banque de données géographiques issues de divers producteurs, étant chargé de développer des procédures et d'aider à la mise en œuvre de la publication de ces données et des métadonnées.

Dans ce cadre et, celui de l'intérêt stratégique des IDGS, deux initiatives sont alors proposées, un Géobase pour la fourniture d'un canevas géospatial de référence et un GéoWeb élaboré autour du travail commun des acteurs pour, entre autres, la construction et l'accès rapide et uniforme de l'Infrastructure nationale de ces données (<http://www.cntig.net/index.php/recherche-developpement/pnidg>).

Le processus d'élaboration de l'Infrastructure de données géospatiales de la CEDEAO ou ECOWAS Geospatial Data Infrastructure (EGDI) s'intègre dans un processus plus large, correspondant ou émanant de la question de l'Alerte Précoce dans cet espace communautaire ; question prise en charge par Early Warning Directorate (EWD), entre autres, au travers de l'appui fourni par le Fonds du système d'observation de la paix et de la sécurité au niveau sous-régional, connu sous le nom de Early Warning and Response Network (ECOWARN) et qui a été mis en place en application des dispositions du Chapitre IV du Protocole de 1999 relatif au Mécanisme de prévention, de gestion, de règlement des conflits, de maintien de la paix et de la sécurité ; dans le champ de l'Intelligence artificielle et militaire, l'utilisation de drones et l'automatisation de l'armement étant devenu une réalité.

Le processus d'ECOWAS IDGS - dont la vision est d'« assurer et promouvoir la disponibilité, le partage et l'utilisation sans entrave des données géospatiales conformément aux mécanismes et normes convenus »-, s'est poursuivi avec le 31^e sommet ordinaire des Chefs d'Etat et de Gouvernement de janvier 2007 tenu à Ouagadougou. Ensuite, la mobilisation d'une expertise pour un programme d'action a été effectuée en octobre 2009. Ce programme a été soumis pour adoption à la conférence des ministres de Accra, couvrant l'échéance 2010-2014 et visant, entre autres, à améliorer la contribution de la réduction des catastrophes à la paix, à la sécurité et au développement durable dans la sous-région, élément essentiel dans la jouissance du sol.

De 2010 à nos jours, différentes activités ont été entreprises par la CEDEAO, réunions préparatoires à l'EGDI et/ou en rapport avec l'Alerte précoce, notamment sous forme de séminaires et d'ateliers, au nombre de 7, à Dakar, Ouagadougou, Banjul, Abidjan, Cotonou,

Lomé, Ilé-Ifé. Suite à l'atelier d'Ilé-Ifé (Nigéria) en février 2016 sur le Centre d'observation et de suivi d'ECOWARN, les travaux sur l'Infrastructure des données géospatiales par l'implantation du Géoportail régional semblent connaître quelques contraintes, notamment au niveau des phases de disponibilité et d'autonomie des fonds, des échanges de certaines données au sein des Etats membres.

Par ailleurs, ce qu'il faut souligner en rapport avec la thématique de notre colloque, c'est le rôle d'un cadastre moderne dans toute politique foncière, elle-même indissociable d'une politique de l'information géographique ; ce rôle devant, entre autres, aboutir au développement d'outils de consultation relativement aux propriétés du territoire et offrir ainsi aux citoyens et propriétaires la possibilité de mieux connaître leur propriété ; ce qui sortirait ainsi le cadastre de sa relative confidentialité dans nos pays et renforcer l'organisation faite tant au plan administratif ou étatique que par les experts géomètres et leurs organisations faïtières. En effet, la mise en œuvre de la politique « Information géomatique » passe, pour un Etat, par la création ou l'entretien de filières de production et par une mise à jour performante de cette politique ; le recours aux technologies les plus récentes constituant à cet égard un « moyen » de gagner en efficacité.

Nous insistons sur ces points parce que malgré les efforts notés, les politiques d'implantation des Infrastructures des données géospatiales ou de planification géomatique restent de pénétrations très relatives pour ne pas dire faibles, au regard de l'évolution et des facilités technologiques notées depuis une quinzaine d'années. Dans le domaine de la cartographie du territoire par exemple, et en dépit des avancées faites d'initiatives de regroupements à l'échelle continentale, sous régionale et dans quelques pays de la région ouest-africaine, de nombreuses difficultés stratégiques et organisationnelles subsistent.

Cette situation en rapport avec les questions d'ordre stratégique est encore plus marquée à l'échelle locale où l'effectivité géomatique n'est pas encore garantie, faute d'une politique de décentralisation, de normes et pratiques clairement établies au travers de stratégies, de planification et de prospective des « projets territoriaux », si tentés que ces projets existent.

A cet égard et, entre autres, l'amélioration de la gestion des collectivités territoriales et de leur développement doit être accompagné de produits opératoires : c'est ici justement que les outils de la géomatique peuvent aider par leur implantation décentralisée au sein des services techniques compétents des collectivités locales. Cette situation pourrait alors prévenir ou gommer d'une part, les nombreux errements spatiaux constatés sur les limites et le découpage territorial des entités municipales ou départementales et, d'autre part, assurer un suivi dynamique de leurs composantes spatiales ainsi que l'affectation et l'occupation de leur sol (MANE F., 2011).

C'est là une des recommandations fortes attendues de notre Colloque à laquelle on peut adjoindre deux autres ; la seconde étant d'ailleurs le prolongement du premier constat établi, recommandation consistant à documenter les collectivités territoriales par le fait

qu'elles constituent des objets pas encore bien connus. Deux cas permettront alors de convenir de cette documentation pour améliorer la gestion de l'environnement et du foncier des collectivités territoriales : [1]- la planification des infrastructures, des équipements et services pour un fonctionnement satisfaisant et [2]- la connaissance des variables de population –et tout ce qui s'y rapporte -, et celles de l'espace pour une administration et la gestion des citoyens et des activités ; cette recommandation nécessite alors de disposer d'un minimum de données quantitatives et qualitatives, pertinentes et fiables.

La dernière recommandation concernerait l'intégration des lois et politiques définies dans l'espace et d'en assurer surtout la cohérence. Cette critique fait référence à l'occupation du sol, caractérisée dans la plupart des territoires ouest-africains par ce que l'on pourrait qualifier de *juridisme*, au travers des nombreux déclassements, de la marchandisation des terres, de l'inaccessibilité de certaines portions du territoire fortement privatisées, sur le littoral notamment, de l'explosion du bâti, de la boulimie foncière de promoteurs et des nombreux conflits d'usage notés.

Références bibliographiques

ABBOTT J., CHAMBERS R., DUNN C., HARRIS T., (de) MERODE E., PORTER G., TOWNSEND J., WEINER D. -1998- Participatory GIS: Opportunity or Oxymoron. *Participatory Learning and Action (PLA) IIED*, n° 33, pp. 27-34.

ANDRES L. -2012- L'apport de la donnée topographique pour la modélisation 3D fine et classifiée d'un territoire. *Revue XYZ*, n° 133, 4e trimestre 2012, pp. 24-30.

BASSERIE V., AQUINO P. d'-2011- Sécurisation et régularisation foncières : des enjeux aux outils. Quelques obstacles à la cohérence des politiques. *Comité technique « Foncier & développement »*, 4 p.

BONENFANT M., MONDOUX A., MENARD M., OUELLET M. (2015). Big Data, médiation symbolique et gouvernementalité. *BROUDOUX E. et CHARTRON G. (dir.), Open Data – Big Data. Quelles valeurs ? Quels enjeux ? Actes du colloque « Document numérique et société »*, De Boeck Supérieur, Rabat/Paris, pp. 31-42.

BORDIN P. -2002- SIG : concepts, outils et données. *Hermès Science Publications, Lavoisier*, pp. 17-36.

CAROLIN C. -2017- SIG et intelligence artificielle : quels développements et quel futur ? *Géomatique Expert*, n° 118, Septembre-Octobre 2017, pp. 12-19.

CAVAILHES P., BROSSARD T., FOLTETE J-C., HILAL M., JOLY D., TOURNEUX F.P., TRITZ C., WAVRESKY P. -2009- Valeur des paysages ruraux et localisation résidentielle. *In AUBERT F., PIVETEAU V. et SCHMIDT B., Politiques agricoles et territoires, Editions Quae*, 223 p.

CHARPY M., JARRIGE F. -2012- Penser le quotidien des techniques. Pratiques sociales, ordres et désordres techniques au XIX^e siècle. *Revue d'histoire du XIX^e siècle*, pp. 7-32.

CONNELLY L. B., CERTO T. S., IRELAND D. R., REUTZEL C. R. – 2011- Signaling theory: A review and assessment. *Journal of Management*, 37 (1), pp. 39-67.

CONSEIL ECONOMIQUE ET SOCIAL-NATIONS UNIES –2016- Infrastructures et villes intelligentes. *Rapport au Secrétaire général. Commission de la science et de la technique au service du développement*, 19^e session, 20 p.

CORMIER-SALEM M-C. -2017-L'injonction du participatif dans la gouvernance des deltas ouest africains: enjeux scientifiques, défis politiques. *L'Harmattan*, pp. 9-30.

COURBON P.-2009- Histoire de la Géomatique et des Systèmes d'Information Géographique (SIG). *Revue XYZ*, n° 118, pp. 21- 34.

D'AQUINO P. -2002- Le territoire entre espace et pouvoir ; pour une planification territoriale ascendante. *Belin, L'Espace géographique*, 2002/1, tome 31, pp 3-22.

D'AQUINO P., SECK S.M., CAMARA S. -2002a- Un SIG conçu par les acteurs: l'opération pilote POAS au Sénégal. *Belin, L'Espace géographique*, 2002/1, tome 31, pp 23-36.

D'AQUINO P., SECK S.M., CAMARA S. -2002b- L'acteur local avant l'expert : vers des systèmes d'information territoriaux endogènes. *Natures Sciences Sociétés*, volume 10, n° 4, pp. 20-30.

D'AQUINO P., SECK S.M., FEDIOR O. -2014- Le Plan d'occupation des sols (POS), des règles décentralisées d'utilisation d'un territoire. *Comité technique « Foncier & développement »*, 4 p.

DIOW A.T.-2000- L'état de la géomatique au Sénégal. *Annales de la Faculté des Lettres & Sciences Humaines, Université Cheikh Anta Diop*, n° 30, pp. 53-55.

DESGAGNE E. -2010- Conception et développement d'un SIG 3D dans une approche de service Web. Exemple d'une application en modélisation géologique. *Mémoire de Maîtrise en Sciences Géomatiques, Faculté des Etudes Supérieures de l'Université Laval*, pp.9-82.

DIOP A. -2004- Villes et aménagement du territoire au Sénégal. *Thèse de Doctorat d'Etat ès Lettres, département de géographie, Université Cheikh Anta Diop de Dakar*, p. 37.

DIOUF E.N.-2017- La gouvernance par la régulation dans les structures infra-étatiques : quelles perspectives dans la gestion des collectivités locales du delta du Fleuve Sénégal. . *L'Harmattan*, pp. 149-179.

INSTITUT GEOGRAPHIQUE DU BURKINA. -2015- Conditions générales d'utilisation (CGU) des données numériques de l'IGB. *Ministère des Infrastructures, du désenclavement et des transports*, 12 p.

KOEHL M., MEYER E., KOUSSA C., LOTT C. -2008- SIG 3D et 3D dans les SIG : Application aux modèles patrimoniaux. *GéoEvénement 2008*, pp. 1-15.

FAYE P., DIOP D., BA C.O. -2012- Comment faire du POAS un outil d'aide à la décision pour une gestion concertée de l'espace rural ? Analyse à partir du cas de Ndiébène Gandiole, Sénégal. *Les Notes de politique de Negos-GRN, IPAR*, n° 20, pp. 11-4.

GEOSENEGAL -2012- Synthèse et validation finale du Plan National de Géomatique. 50 p.

GONCALVES J.A., HENRIQUES R. -2015- UAV photogrammetry for topography monitoring of coastal areas. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 104, pp. 101-111

GUERMOND Y.-2000- Cartographie et Systèmes d'Information Géographique (SIG). *Conférence de l'Université de tous les savoirs*.

LAARRIBI A. -2000- SIG et analyse multicritère. *Hermès Science Publications*, pp. 9-21.

LEGAY J-M., SCHMID A-F. -2004- Philosophie de l'interdisciplinarité. Correspondance (1999-2004) sur la recherche scientifique, la modélisation et les objets complexes. *Editions PETRA, Collection Transphilosophiques*, pp. 13-95.

LECLERC G., DARLY S., ICKOWICZ A. 2011 – L'information « objective » comme représentation subjective. Une analyse expérimentale des besoins pour un système d'information pour le pastoralisme. *Revue internationale de géomatique*, volume 21, n° 2/2011, pp. 129-154.

LEGRAND P.-2005- La complexité dans les débats publics institutionnalisés sur des équipements à forts impacts environnementaux. *Fiche « Contributeur » Colloque de Cerisy sur Intelligence de la complexité, Epistémologie et Pragmatique*, du 23 au 30 juin 2005.

LIFRAN, R., OUESLATI W.-2007- Eléments d'économie du paysage. *Economie rurale*, n° 297-298, janvier-février 2007.

MAGUIRE D.J., GOODCHILD M.F., RHIND D.W. -1991- Geographical Information System, Principles and applications. *Longman*, 1: 319-335.

MANE F. -2011 – Evolution spatiale du domaine public maritime et du trait de côte des communes d'arrondissement de Malika et de Ngor (Sénégal) entre 1954 et 2010. *Mémoire de Master II du Centre Régional Africain des Sciences et Technologies de l'Espace en Langue Française (CRASTE-LF)*, pp. 115-117.

McCONCHIE J., MCKINNON J.-2002- MIGIS-Using GIS to produce Community-Based Maps to promote Collaborative Natural Resource Management. *Asean Biodiversity*, n° 2, pp. 27-34.

- MENARD M., MONDOUX A., OUELLET M., BONENFANT M. -2016- Big Data, gouvernementalité et industrialisation des médiations symboliques et politico-institutionnelles. *Interfaces numériques*, (5) 2, pp. 317-340
- MOLONEY T., LEA T. and KOWALCHUK C. -1993- Vertical Industry Applications: Manufacturing and Packaging Goods. In CASTLE G.H. (ed), *Profiting from a Geographic Information System*, GIS World Books, Colorado, pp. 105-129.
- MONDOUX A. – 2011- Mon Big Brother à moi. *Revue TERMINAL*, n° 108-109, pp. 85-94.
- NDIAYE M.L., TRAORE V.B., TOURE M.A, SAMBOU H., DIAW A.T., BEYE A.C. -2016- Detection and Ranking of vulnerable areas to urban flooding using GIS and ASMC (Spatial Analysis multicriteria): A case study in Dakar, Senegal. *International Journal of Advanced Engineering, Management and Science (IJAEMS)*, [Vol-2, Issue-8, Aug- 2016]
- NIKIEMA P. – 2016- Typologie des signaux de crowdfunding et l’analyse de leur présence sur le financement des projets. *Maîtrise ès Sciences de la gestion, Université du Québec à Montréal*, pp. 34-47.
- OBERMEYER N.J. -1998- PPGIS: the Evolution of Public Participation GIS. *Cartography & Geographic Information Systems*, volume 25, n° 2, pp. 65-66.
- OUELLET M., MENARD M., BONENFANT M., MONDOUX A. -2015- Big Data et quantification de soi : La gouvernementalité algorithmique dans le monde numériquement administré. *Canadian Journal of Communication*, vol. 40 (2015), pp. 597-613.
- PAEGELOW M. -2004- Géomatique et géographie de l’environnement. De l’analyse spatiale à la modélisation prospective. *Habilitation à diriger des recherches (HDR), département de géographie et aménagement, Université de Toulouse-Le Mirail*, pp. 19-20.
- PELLETIER C.-2017- Cartographie de l’occupation des sols à partir de séries temporelles d’images satellitaires à hautes résolutions. Identification et traitement des données mal étiquetées. *Thèse de doctorat, Université de Toulouse 3 Paul Sabatier, SDU2E, CESBIO*, pp.4-7.
- POLIDORI L. -2008- Les origines et les principes de la géomatique. *Revue XYZ*, n° 114, pp. 12-19.
- PORNON H.- 1992- Les SIG : mise en œuvre et applications. *Editions Hermès*, 175 p.
- PORNON H.- 2007- Bilan et perspectives de 20 années de Géomatique. *Géomatique Expert*, n° 57, pp. 36-46.-
- ROBIN M., GOURMELON F. -2005- La télédétection et les SIG dans les espaces côtiers. Eléments de synthèse à travers le parcours de François Cuq. *Norois. Environnement, aménagement, société*, n° 196 | 2005-3, pp. 11-21.

RODRIGUES N. – 2016 - Gouvernamentalité algorithmique, smart cities et justice spatiale. *Justice spatiale / spatial justice*, n°10, Juillet 2016, 23 p.

ROUVROY A., BERNS T. (2013). Gouvernamentalité algorithmique et perspectives d'émancipation : le disparate comme condition d'individuation par la relation ? *Politique des algorithmes. Les métriques du web. RESEAUX*, vol. 31, n° 177, pp. 163-196.

SADIO M., DUSSOUILLEZ P., FLEURY J., DIAW A.T., ANTHONY E.J., LAIBI R., OYEDE L.M., NDOUR A., DIOH P., DIEYE E.B., SANE T. – 2015- Apport de la photogrammétrie au suivi topographique de la flèche littorale de Joal (Sénégal). *Photo-Interpretation, European Journal of Applied Remote Sensing*, n° 2015/3, Volume 51, pp.25-37.

SAED – (Sans date)- Les Plans d'Occupation et d'Affectation des Sols (POAS) mis en œuvre dans la Vallée du Fleuve Sénégal. *Fiche technique synthétique, SAED*, n° I, 2 p.

SANE T., DIEYE EI. B., BA B.D., MENDY V., CORMIER-SALEM M-C., DESCROIX L., FABRE M., HUBERT E., EHEMBA F., BODIVIT M. -2017- La cartographie participative comme outil d'aide à la compréhension des dynamiques territoriales : Application sur un terrain de Basse-Casamance (Sénégal). *L'Harmattan*, pp. 265-287.

SECK S.M. -2016- L'évolution des formes de gouvernance foncière en Afrique de l'Ouest. *Comité technique « Foncier & développement »*, 4 p.

SOURIS M. -2002- Les principes des Systèmes d'Information Géographique. Principes, algorithmes, architecture du système Savane. *Travail de recherche et de développement en Informatique, Institut de Recherche pour le Développement (IRD)*, pp.9-14.

SPENCE M. – 1973- Job market signaling. *The Quarterly Journal of Economics*, Volume 87, Issue 3, August 1973, pp. 355-374.

THERIAULT M., CLARAMUNT C. – 1999 – La représentation du temps et des processus dans les SIG: une nécessité pour la recherche interdisciplinaire. *Revue internationale de géomatique*, volume 9, n° 1/1999, p. 68.

TORRE A. (Sans date). Analyse économique du paysage et relations de proximité : de l'oubli au conflit. *Projets de paysage. Revue scientifique sur la conception et l'aménagement de l'espace*. 12 p.

TORRE A., CARON A. -2005- Réflexions sur les dimensions négatives de la proximité : le cas des conflits d'usage et de voisinage. *Economie et Institutions*, n° 6 et 7, pp. 183-220.

TORRE A., ZUINDEAU B. -2008- Les apports de l'économie de proximité aux approches environnementales: Inventaire et perspectives. *EDP Sciences, Natures Sciences Sociétés*, 2009/4, volume 17, pp. 349-360.

TORRE A., MELOT R., BOSSUET L., CADORET A., CARON A., DARLY S., JEANNEAUX P., KIRAT T., PHAM H.V. -2010- Comment évaluer et mesurer la conflictualité liée aux usages de l'espace ? Eléments de méthode et de repérage. *Vertigo*, volume 10, n° 1.

TORRE A., VOLLET D. -2016- Partenariats pour le développement territorial. *André Torre, Dominique Vollet, coordinateurs, éditions Quae, 240 p.*

VIDAL P. – 2015 –Les élus de proximité à l'heure du numérique territorial : quelles marges de manœuvre ? *Raisonnance, Cahier de réflexion des maires francophones*, n° 6, p. 19.

WEINER D., HARRIS T.M., CRAIG W.J. -2002- Community Participation and Geographic Information Systems. *In Community Participation and Geographic Information Systems. CRAIG W.J., HARRIS T.M. and WEINER D. (Eds), Taylor & Francis, pp. 218-231.*

Webographie

AGENCE ECOFIN – 2019- Gestion publique : L'AFD a choisi les 12 villes africaines qui formeront un réseau de *Smart Cities* sur le continent. <https://www.agenceecofin.com/gestion-publique/2603-64954-l-afd-a-choisi-les-12-villes-africaines-qui-formeront-un-reseau-de-smart-cities-sur-le-continent>.

ATCHA E. – 2019 - Startups : l'Afrique de l'Ouest domine le palmarès de la deuxième édition de MyAfricanStartup 100. *La Tribune Afrique* du 19 avril 2019. (<https://afrique.latribune.fr/africa-tech/startups/2019-04-19/startups-l-afrique-de-l-ouest-domine-la-2eme-edition-du-palmares-myafricanstartup-100-814738.html>). Consulté le 27 août 2019.

CLAYET P-A. - 2018- Les *Big Data* au service de la montée en puissance de l'IA – *Partie ¼* : un peu d'histoire. Club Big Data et Intelligence artificielle, pp. 5-9. (<https://portail-je.fr/analysis/1797/les-biq-data-au-service-de-la-montee-en-puissance-de-lia-partie-14-un-peu-dhistoire>). Consulté le 23 août 2019.

COMITE NATIONAL DE TELEDETECTION ET DE L'INFORMATION GEOGRAPHIQUE (CNTIG) - (<http://www.cntig.net/index.php/recherche-developpement/pnidg>) & (<http://www.cntig.net/index.php/recherche-developpement/groupe-de-travail-sig>). Consulté le 22 septembre 2019.

ESRI FRANCE (<https://www.esrifrance.fr/ia.aspx>) Consulté le 22 août 2019.

FRENCH WEB -2017- <https://www.frenchweb.fr/numbers-combien-les-qafam-ont-ils-depende-en-rd-en-2017/321907>. Consulté le 28 août 2019.

LAFLAMME P.-2017- Big data et ses technologies. *ETS 2017-07 Philippe Laflamme* (<https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=LAFLAMME+P.-2017-+Biq+data+et+ses+technologies>). Consulté le 22 août 2019.

LE FIGARO -2018- <http://www.lefigaro.fr/secteur/high-tech/2018/11/19/32001-20181119ARTFIG00209-amazon-est-le-premier-groupe-mondial-en-rampd.php>. Consulté le 28 août 2019.

FAYE A. -2001- Pouvoir local et coopération au développement à Ross-Betho : gestion sélective de l'offre de services fonciers et exclusion. *Bulletin de l'Association pour la Promotion d'une Agriculture Durable (APAD)* [En ligne], 22 | 2001, mis en ligne le 27 mars 2006. URL : <http://journals.openedition.org/apad/92>. Consulté le 10 août 2019.

FONDS PARTECH AFRICA -2019 –Rapport annuel 2018. 22 mars 2019. <https://partechpartners.com/companies/> Consulté le 30 août 2019.

HUBERT-MOY L. - (Sans date) – La détection et le suivi des changements d'occupation du sol. https://ressources.uved.fr/Grains_Module1/Detection_occupation_sols/site/html/Detection_Occupation_Sols/Detection_Occupation_Sols.html. Consulté le 9 août 2019.

JEUNE AFRIQUE -2018- Le Sénégal, paradis des *start-up* en Afrique de l'Ouest ? <https://www.jeunefrique.com/640201/economie/le-senegal-paradis-des-start-up-en-afrique-de-louest/>. Consulté le 27 août 2019.

JOLIVEAU T.-2010- La géographie et la géomatique au crible de la néogéographie. *Tracés. Revue de Sciences humaines* [En ligne], #10 | 2010, mis en ligne le 30 novembre 2012, URL : <http://journals.openedition.org/traces/4847> ; DOI : [10.4000/traces.4847](https://doi.org/10.4000/traces.4847). Consulté le 9 août 2019.

NIKIEMA A., BONNET E., OUEDRAOGO I., MILLOGO A., KAGAMBEGA Z. -2015- De PIGÉO à ASPENO. La mise en partage des bases de données géographiques sur la ville au Burkina Faso. <https://fr.slideshare.net/CAFDO/de-pigeo-aspeno>. Consulté le 24 septembre 2019.

OCDE -2000- La littératie à l'ère de l'information. Rapport final de l'enquête internationale sur la littératie des adultes. <http://www.oecd.org/fr/education/innovation-education/39438013.pdf> Consulté le 27 août 2019, 189 p.

OSS – (Sans date)- REP-SAHÉL. Amélioration de la Résilience des Populations Sahéliennes aux Mutations Environnementales. Cartographie de l'occupation du sol. Spécifications techniques. <http://www.oss-online.org/fr/am%C3%A9lioration-de-la-r%C3%A9silience-des-populations-sah%C3%A9liennes-aux-mutations-environnementales-repsahel>, Consulté le 10 août 2019, 36 p.

PLAN NATIONAL DE GEOMATIQUE SENEGAL (PNG/S) - (<http://www.geosenegal.gouv.sn/>) & (<http://www.georepertoire.gouv.sn/>).

PORNON H.-2015- L'internet des objets, les objets connectés, la géomatique... <https://henripornon.wordpress.com/2015/04/13/linternet-des-objets-les-objets-connectes-la-geomatique/>. Mis en ligne le 13 avril 2015, Consulté in Blog Henri Pornon le 19 août 2019.

ROUVROY A., STIEGLER B. (2014). De la gouvernamentalité algorithmique de fait au nouvel état de droit qu'il lui faut. Digital Studies, 12 septembre 2014, <http://digital-studies.org/wp/antoinette-rouvroy-et-bernardstiegler-07102014/>. Consulté le 28 août 2019.

SONATEL -2018- Rapport annuel 2017. Avril 2018, 288 p., [https://www.sonatel.sn › wp-content › uploads › 2018/04 › Sonatel-Rapport-...](https://www.sonatel.sn/wp-content/uploads/2018/04/Sonatel-Rapport-...). Consulté le 28 août 2019.