



## Proceedings of the Resilient Cities 2014 congress

### Session F2: Filling data gaps to address flooding in coastal urban areas

#### **Adapting to Flooding Impacts in Yeumbeul Nord, a Suburb of Dakar, Senegal**

#### **Generation of Knowledge and of Mapping Data at the Crossroads of a Need for the Territorialization of Spatialized Phenomena**

Kedowide, C.M.G. and Cissé, O.

#### **Abstract:**

The suburbs of Dakar remain the region most affected by recurrent flooding in Senegal. While reflecting on the adaptations of populations dealing with flooding, the pilot project on the Yeumbeul Nord Commune soon faced the unavailability of spatialized data, without which a flood analysis could not be done by only referring to one territory. To achieve its objectives, spatial mapping and analysis were therefore integrated, requiring upstream generation of geographic and thematic data on flooding issues on the commune. To establish better governance and post-flood crisis management, municipal authorities required the administrative and geographic delineation of neighbourhoods. The approaches and tools used for the territorialisation of the project results included the co-construction of basic maps, localization in the Global Positioning System and use of the geographic information system. This bridged the widening gap between the pressing need to provide and generate data for analyzing spatialized phenomena.

#### **Keywords:**

Adaptation, Participatory mapping, Flooding, Senegal, GIS.



## Proceedings of the Resilient Cities 2014 congress

### **Adaptation aux impacts des inondations à Yeumbeul Nord, banlieue de Dakar au Sénégal**

#### **Production de données à la croisée d'une nécessité de territorialisation des phénomènes spatialisés**

Kedowide, C.M.G. et Cissé, O.

#### **Résumé:**

La banlieue de Dakar demeure la région la plus touchée par les inondations récurrentes au Sénégal. Tout en se proposant de réfléchir sur les adaptations des populations face aux inondations, le projet pilote sur la Commune de Yeumbeul Nord s'est très vite retrouvé confronté à une indisponibilité des données spatialisées sans lesquelles une analyse sur les inondations ne pouvant se référer qu'à un territoire ne peut être faite. Ainsi, pour atteindre ses objectifs, il s'est vu intégré la cartographie et l'analyse spatiale qui ont nécessité en amont la production des données géographiques et thématiques en matière de problématique des inondations sur la commune. Aussi, la délimitation administrative et géographique en quartiers s'est imposée comme un besoin et une demande des autorités municipales pour leur permettre d'asseoir une meilleure gouvernance et gestion des crises post inondation. La co-construction des cartes de base, la localisation au Global Positioning System et l'utilisation du système d'information géographiques ont été autant d'approches et d'outils exploités pour une territorialisation des résultats du projet, ce qui a permis de combler le fossé qui se creuse de plus en plus entre la forte nécessité de disposer des données et leur production pour une analyse des phénomènes spatialisés.

#### **Mots clés:**

Adaptation, cartographie participative, inondations, Sénégal, SIG.

## 1. Introduction

La gestion des inondations représente un des défis majeurs du continent africain face aux changements climatiques. Une urbanisation effrénée, un étalement urbain hors de contrôle des autorités et des populations démunies contraintes de s'établir dans des terres marginales ont entraîné l'occupation de zones inondables dans plusieurs grandes métropoles du monde. Dakar n'échappe pas à cette réalité. Elle demeure la région la plus touchée par les inondations récurrentes au Sénégal qui ont connu un record en 2005, 2009 et 2012. Ainsi, en 2009 ce sont quelques 30 000 maisons et 130 écoles localisées sur son territoire qui ont été touchées par les inondations. Elles ont ainsi coûté environ 42 milliards de F.CFA dont 24 milliards de dommages et 20 milliards de pertes. Les dommages les plus importants concernent le logement (61%), suivi du transport (11%) et de la santé (10%). Quant aux pertes, elles concernent surtout le commerce (23%, notamment commerce informel), le logement (18%), les infrastructures urbaines communautaires (18%), l'énergie (17%) et le transport (16%) (*République du Sénégal, 2010 : 44 - 53*).



Figure 1 : Images sur les inondations dans la banlieue de Dakar

**Conference organizers:** ICLEI – Local Governments for Sustainability

In cooperation with the City of Bonn and the World Mayors Council on Climate Change

ICLEI does not accept any kind of liability for the current accuracy, correctness, completeness or quality of the information made available in this paper.

<http://resilient-cities.iclei.org/>

Face à de tels dommages, les populations ne demeurent pas inactives. On note plusieurs tentatives d'actions pour prévenir, réduire voire éradiquer les impacts négatifs des inondations tels que la multiplication des initiatives de remblai, la surélévation progressive des maisons, des ouvertures bouchées pour empêcher l'eau de rentrer dans les concessions, des murets en ciment édifiés, ainsi que le déménagement qui donne lieu à un spectacle de maisons abandonnées et enterrées sous des remblais à base de déchets, gravats et sables.

Au-delà des réponses des populations, l'État, la commune et les autres acteurs externes à la communauté interviennent aussi pour réduire les impacts négatifs de ces inondations. On note des pompages permanents des eaux, l'aménagement de bassins de rétention, de tranchées, le relogement des sinistrés, la réfection de routes, la prise en charge sociale et sanitaire des populations sinistrées.

Il faut dire qu'aussi bien les stratégies des populations que les réponses de l'État, des communes et de leurs partenaires constituent des réactions aux situations d'inondations et à leurs conséquences. Mais qu'en est-il de la prévention de telles situations ? Qu'est ce qui explique la prévalence d'une telle occupation des sols dans la banlieue ? Pourquoi la planification territoriale, les lois et règlements sur l'urbanisme et le foncier n'ont pu empêcher l'occupation des dépressions inondables ? Quelles sont les pratiques des ménages en matière d'accès au foncier et des communautés dans la formation des quartiers ? Telles sont les questions de recherches auxquelles le projet sur les inondations dans la banlieue de Dakar avec la commune de Yeumbeul Nord comme site pilote s'est proposé d'apporter des réponses. Ainsi cette initiative de recherche a pour but de contribuer à la réduction des incidences des inondations sur les actifs, les maisons et les quartiers des ménages et communautés urbaines pauvres, et à la prévention de l'occupation des terrains inondables par les extensions urbaines. Visant à favoriser le mieux-être des populations sinistrées, la recherche-action se propose de contribuer au renforcement des stratégies d'adaptations des ménages, à travers notamment des améliorations durables sur le bâti et le renforcement institutionnel des collectivités locales.

Mais force est de constater qu'un tel objet de recherche impose une disponibilité des données et d'informations devant être intégrés pour permettre une lecture des enjeux territoriaux en amont comme en aval des inondations pour servir de base à la prise de décision éclairée. Si toutes les initiatives en matière d'adaptation aux changements climatiques imposent la mobilisation et la diffusion des connaissances sur la thématique (*Cahier des changements climatiques, 2010*), il reste fondamental de préciser que la connaissance du territoire en l'occurrence l'information spatiale reste la donnée de base à disposer pour permettre une analyse spatiale pertinente sur l'origine et la gestion adaptée des inondations et des changements climatiques. Le projet sur l'adaptation des ménages aux inondations à Yeumbeul Nord s'est ainsi vu intégré un volet de production cartographique de base qui s'est imposé comme indispensable à la mise en œuvre des activités planifiées. En sus de l'inexistence de l'information de base sur l'occupation du

**Conference organizers:** ICLEI – Local Governments for Sustainability

In cooperation with the City of Bonn and the World Mayors Council on Climate Change  
*ICLEI does not accept any kind of liability for the current accuracy, correctness, completeness or quality of the information made available in this paper.*

<http://resilient-cities.iclei.org/>

sol, celle relative au découpage administratif en quartiers de l'arrondissement faisait également défaut et rendait complexe la gestion de la prise en charge sociale et sanitaire des sinistrées par la Commune. Ces informations spatiales produites, leur usage et pertinence dans le cadre de la planification de l'adaptation des ménages aux inondations font l'objet du présent article. Les tentatives les plus courantes de productions de ce type d'informations font appel à la cartographie participative ou collaborative, à la délimitation de terroirs par le GPS, aux techniques de systèmes d'informations géographiques (SIG) (*ITC Update, 2011*), autant de techniques qui ont été utilisés pour l'élaboration de la carte d'occupation du sol à grande échelle sur la Commune d'arrondissement de Yeumbeul Nord et l'analyse de sa dynamique spatio temporelle face aux inondations.

## **2. Objectifs et résultats attendus**

Tout en se proposant de réfléchir sur les adaptations des ménages et des communautés face aux inondations, le projet pilote sur la Commune de Yeumbeul s'est très vite retrouvé confronté à une indisponibilité des données en l'occurrence des données spatialisées qui devraient illustrer et territorialiser le phénomène . De ce fait, la production cartographique qui n'était prévue que sommairement dans les activités à conduire s'est révélée être sa tâche principale en début du projet. Localiser les ménages enquêtés et analyser leur résilience en fonction de leur situation géographique, connaître l'occupation actualisée du sol de la commune de Yeumbeul Nord et identifier les zones à risques aux inondations, maîtriser la topographie et le relief du sol pour évaluer l'écoulement des eaux, localiser les infrastructures de drainage des eaux et évaluer leurs impacts sur leurs emplacements, faire une analyse de la dynamique spatio temporelle des sites inondés et inondables sur les années critiques de pluie, analyser les risques d'inondation en lien avec le mode d'urbanisation et l'installation historique des populations ont été autant d'objectifs spécifiques définis dans le projet pour combler ce manque de données spatiales sans lesquelles une analyse sur les inondations ne pouvant se référer qu'à un territoire ne peut être faite.

Au-delà de l'analyse spatiale avec comme tâche de base la cartographie à jour de l'occupation du sol à produire, l'identification et la délimitation des limites administratives locales (quartiers) de la commune de Yeumbeul Nord s'est aussi imposée comme un besoin des autorités municipales pour asseoir une meilleure gouvernance et gestion des crises post inondation.

En sommes, les **objectifs et résultats attendus de la production de données cartographiques** pour une meilleure connaissance du phénomène d'inondation et pour une aide à la prise de décision par les autorités sont :

- ❖ Établir l'occupation du sol à jour et à grande échelle de l'espace de la commune : trame urbaine, zones inondables, végétations et cultures, localisation des infrastructures sociocommunautaires

**Conference organizers:** ICLEI – Local Governments for Sustainability

In cooperation with the City of Bonn and the World Mayors Council on Climate Change

*ICLEI does not accept any kind of liability for the current accuracy, correctness, completeness or quality of the information made available in this paper.*

<http://resilient-cities.iclei.org/>

- ❖ Identifier, délimiter, cartographier et décrire la situation des dizaines de quartiers proclamés ou auto-proclamés sur l'espace de l'arrondissement
- ❖ Géo-référencer les plans d'eau naturels et artificiels ainsi que les ouvrages aménagés dans le cadre de la lutte contre les inondations
- ❖ Géo-référencer et localiser les habitations enquêtées, et analyser spatialement les spécificités des actions initiées par les ménages en vue de s'adapter aux impacts des inondations
- ❖ Faire une analyse spatio-temporelle des surfaces inondées entre 2005, 2009 et 2012
- ❖ Faire une analyse prospective des inondations dans 10, 20 et 50 ans dans le contexte des changements climatiques (élévation des niveaux de mer et des températures, perturbations pluviométriques, situation de sécheresse) ; et évaluer les impacts sur les populations et leurs actifs
- ❖ Spatialiser tous les résultats des différentes composantes de la recherche

### **3. Le site de l'étude**

Yeumbeul Nord situé entre le 17°20 et le 17°22 de longitude Ouest et 14°46 et 14°48 de longitude Nord est un arrondissement de la commune des Niayes. Les Niayes représentent l'une des quatre communes de la ville de Pikine, qui elle-même est située dans la région de Dakar (*figure 2*).

La question des inondations à Dakar est à l'intersection de deux grandes dynamiques: une dynamique climatique et une dynamique d'urbanisation. Une importante sécheresse a sévi au Sénégal entre les années 1970 et 1990 avec une forte diminution des cumuls pluviométriques. Ce déficit pluviométrique a entraîné l'assèchement des Niayes de même que les dépressions interdunaires que l'on retrouve tout le long de la côte entre Dakar et Saint-Louis. Ces bas-fonds se sont asséchés à la surface avec l'abaissement de la nappe phréatique auparavant affleurante. À cette dynamique climatique s'ajoute une crise dans le secteur agricole qui a conduit à un exode rural massif, avec la ville de Dakar comme principale destination (IAGU, 2012-2013). Une pénurie d'espace s'est rapidement fait sentir, entraînant l'occupation des bas-fonds nouvellement libérés des eaux. À elle seule, la perturbation climatique n'est donc pas responsable du problème des inondations : l'occupation de ces zones à risque, liée à un processus d'urbanisation échappant au contrôle des autorités, y joue un rôle majeur.

Les inondations dans la région de Dakar, capitale du Sénégal, ont affecté en 2009 directement 11% de la population régionale et plus de 25% de la population de la ville de Pikine. L'importance des populations affectées dans la ville de Pikine et à Yeumbeul Nord justifie le choix porté sur cette collectivité locale comme site pilote pour conduire le projet.

**Conference organizers:** ICLEI – Local Governments for Sustainability

In cooperation with the City of Bonn and the World Mayors Council on Climate Change

*ICLEI does not accept any kind of liability for the current accuracy, correctness, completeness or quality of the information made available in this paper.*

<http://resilient-cities.iclei.org/>

A l'issue de nos travaux cartographiques, la superficie de l'arrondissement de Yeumbeul Nord a été calculée à 836 ha, sa population estimée en 2011 est de 127.970 habitants soit une densité de plus de 15.000 habitants au km<sup>2</sup> contre une densité de 5404 habitants au km<sup>2</sup> pour la région de Dakar et une densité de 65 habitants au km<sup>2</sup> estimée pour tout le Sénégal en 2013 (ANSD, 2012)

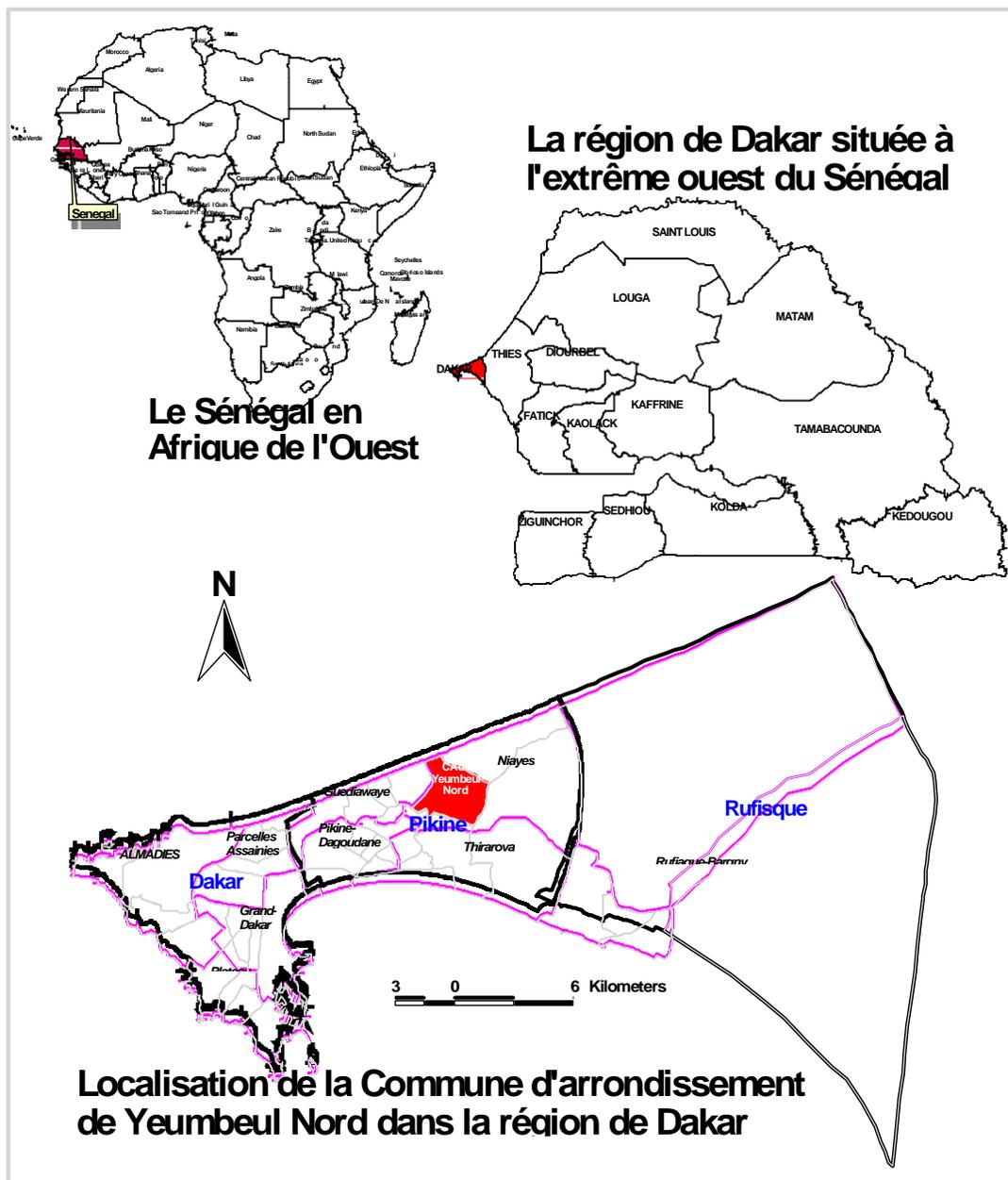


Figure 2 : Localisation de la Commune d'arrondissement de Yeumbeul Nord, la zone d'étude

**Conference organizers:** ICLEI – Local Governments for Sustainability

In cooperation with the City of Bonn and the World Mayors Council on Climate Change

ICLEI does not accept any kind of liability for the current accuracy, correctness, completeness or quality of the information made available in this paper.

<http://resilient-cities.iclei.org/>

Yeumbeul Nord se situe dans la zone dépressionnaire des Niayes et son relief se caractérise par une succession de dunes et de dépressions. Les parties les plus affaissées constituent les points de convergence des eaux de ruissellement. Les sols y sont noirs. C'est dans ces zones que se pratique le maraîchage, en raison de la disponibilité de l'eau. Cependant, l'accroissement démographique et la spéculation foncière font que les populations issues de l'exode rurale dû à la crise agricole au Sénégal (IAGU, 2012-2013) s'installent progressivement dans ces zones inondables, courant le risque de voir leurs maisons envahies par les eaux pluviales du fait de la nappe phréatique affleurante. Les anciennes parcelles maraîchères autour des anciens lacs ont laissé place à des habitations après la période de sécheresse et la salinisation des sols entre les années 1970 et 1990 (IAGU, 2012-2013)). Celles-ci ont été durement éprouvées par les phénomènes d'inondations qui ont touché en 2009 plus de 14% du territoire de la commune d'arrondissement.

#### **4. Méthodologie**

Trois étapes ont ponctué la méthodologie adoptée pour la production des données spatialisées sur Yeumbeul Nord et ont conduit chacune à un résultat spécifique attendu.

- L'utilisation des techniques classiques de la reproduction cartographique (*Weger, ENSG 1999*) pour l'élaboration de la carte d'occupation des terres à partir des données géographiques de base existantes et collectées, des relevés GPS d'infrastructures et l'utilisation des techniques de système d'information géographique (SIG) pour l'analyse et l'édition cartographique
- La mise en œuvre de la cartographie participative (*Palsky, 2010 ; Fida 2009 ; Hirt et Roche 2013 ; Burini, 2008*) pour une construction collaborative avec les collectivités locales et les autorités municipales des limites géographiques des quartiers
- La mise en place d'une base de données à référence spatiales à partir des données collectées lors des enquêtes terrain auprès des ménages et sur les infrastructures et la conduite d'analyses spatiales (*Caloz et Collet, 2008*) pour une territorialisation des résultats des enquêtes sur les inondations et leurs impacts sur les actifs des ménages.

##### **4.1 Collecte de données et élaboration de l'occupation des terres**

Dès le début du projet, la cartographie de base devant permettre de visualiser l'occupation des terres de la zone à étudier était non disponible. Le seul document géographique de référence au sein de la mairie fut une image satellitale obtenue par capture d'écran sur google earth à une très petite résolution. Il était quasi impossible de pouvoir visualiser l'espace de la commune, l'emplacement exacte des sites inondés, des zones de marécage, des habitations des ménages pour organiser l'enquête terrain. Les premiers

**Conference organizers:** ICLEI – Local Governments for Sustainability

In cooperation with the City of Bonn and the World Mayors Council on Climate Change

*ICLEI does not accept any kind of liability for the current accuracy, correctness, completeness or quality of the information made available in this paper.*

<http://resilient-cities.iclei.org/>

travaux dans le cadre du projet se sont donc attelés à produire la cartographie de base encore inexistante pour intégrer dès le départ l'approche territoriale indispensable à une planification sur la problématique des inondations et des impacts des changements climatiques

Plusieurs définitions et contenus ont été donnés à la cartographie (Weger, 1999) mais depuis 1966 on se réfère à la définition de l'Association Cartographique Internationale qui définit la cartographie comme « *l'Ensemble des études et des opérations scientifiques, artistiques et techniques intervenant à partir des résultats d'observations directes ou de l'exploitation d'une documentation, en vue de l'élaboration de cartes et autres modes d'expression, ainsi que de leur utilisation* »

De ce fait un inventaire et collecte des données géographiques et cartographiques existantes a été effectué. La référence retrouvée et qui a été d'un apport capital pour la réalisation de la cartographie d'occupation des terres fut la base de données urbaines réalisées par la Direction des Travaux Cartographiques et Géographiques sur sept importantes agglomérations urbaines du Sénégal, dont la commune des Niayes et par conséquent la commune d'arrondissement de Yeumbeul Nord.

Cette trame urbaine réalisée à partir de photographies aériennes au 1/5000 ième de 2010 a été enrichi par compléments cartographiques et relevés GPS (Global Positioning System) sur le terrain. Ainsi ont été complétés ou relevés dans le cadre de la présente étude les infrastructures socio communautaires, les infrastructures de canalisation et de pompages des eaux, les limites des retenues d'eaux artificielles non identifiées sur le fond de carte, une délimitation sommaires des limites de quartiers non conflictuels, un relevé des maisons des ménages inondés à enquêter.

Les données collectés ont été intégrées au système d'information géographique ArcGIS (ESRI) et ont subi différents traitements d'analyses thématique et spatiale pour une restitution et édition cartographique de l'occupation des terres et des statistiques caractérisant leur territorialisation

## **4.2 La Co-construction des limites administratives des quartiers**

Au Sénégal la politique de décentralisation impose un besoin de renforcement de la gouvernance locale pour une prise en compte efficiente des besoins des populations. Au sein des Communes d'arrondissement, la gouvernance locale a comme entité territoriale le « Quartier » dirigé par un « Délégué ». Il reste donc crucial que les emprises territoriales de chaque quartier soient connues pour une meilleure lisibilité de l'action publique.

A Yeumbeul Nord comme dans la plupart des Communes du Sénégal, le découpage territorial physique au niveau « quartier » reste inexistante, mise à part la Commune de St Louis qui a amorcé ce projet à travers son agence de développement communal. A Yeumbeul Nord les quartiers s'érigent au gré des

délégués qui en arrivent à s'auto proclamer et s'installer sans l'aval de la Commune. Un découpage officiel n'étant pas adopté, le territoire se saucissonne en autant de délégués installés dont le nombre va toujours en croissant. En décembre 2012, Yeumbeul Nord comptait déjà plus de 90 délégués installés selon des considérations politiques, sociales, ethniques etc.

Les limites officielles des quartiers étant inconnues, on note les empiètements entre les territoires administrés par différents délégués ce qui est sources de conflits au sein de la population. Au-delà donc de la problématique de gestion des inondations dans la commune, la gouvernance locale reste problématique et conditionne toute action engagée par la commune pour venir en appui aux populations sinistrées.

L'appui du projet pour élaborer le découpage cartographique du territoire en « quartiers », qui a été de prime abord une demande de la commune, s'est avéré aussi pertinente pour une analyse des résultats du projet car toute approche et analyse territoriale se rapporte à l'entité « quartier » : on ne peut ainsi parler que de « quartiers » inondés, de « quartiers » abritant tels ménages ayant développé un type de stratégie d'adaptation donné, de « quartiers » ayant bénéficié de tel type d'infrastructures, de « quartiers » ayant connu un type d'urbanisation ou de lotissement, de « quartiers » ayant bénéficié de tel accompagnement social de la mairie.

Délimiter les quartiers à Yeumbeul Nord, compte tenu des conflits territoriaux existants n'est pas l'apanage du scientifique cartographe qui accompagne le processus, mais plutôt l'apanage des collectivités locales et autorités municipales, surtout que la plupart des contrées de cette commune (les anciens quartiers) sont non loties et il reste difficile d'y définir des limites physiques régulières pour une définition des frontières.

De ce fait, la meilleure approche cartographique qui a été adoptée de façon spécifique pour la délimitation des limites des quartiers de Yeumbeul Nord a été la cartographie participative (Warren, 2004 ; Poole, 1994 ; Chambers, 2006). La notion de « carte participative » date de moins d'une vingtaine d'années et se caractérise plus par la manière originale dont son information est produite que par des caractères techniques ou graphiques. On peut lui prêter plusieurs expressions : cartes co-construites, cartes collaboratives, cartes communautaires, cartes autochtones, cartes participatives, SIG à participation publique, wikimaps. Ce chapelet d'expressions, au-delà des réalités très diverses qu'il recouvre, renvoie à un processus d'élaboration collective de représentations cartographiques par la base, c'est-à-dire par un ensemble de personnes n'appartenant pas aux milieux de la cartographie professionnelle ou académique (Palsky, 2010). Ainsi les limites des quartiers ont été identifiées et définies par un comité de la commune (Maire, secrétaire général, adjoints au Maire, représentants des Délégués, collectivités locales, personnes ressources) et l'Institut Africaine de Gestion Urbaine (IAGU) a servi d'appui technique pour une reproduction cartographique des décisions collégiales prises par le comité.

**Conference organizers:** ICLEI – Local Governments for Sustainability

In cooperation with the City of Bonn and the World Mayors Council on Climate Change

*ICLEI does not accept any kind of liability for the current accuracy, correctness, completeness or quality of the information made available in this paper.*

<http://resilient-cities.iclei.org/>

En matière de cartographie participative plusieurs méthodes et outils existent ; celle que nous avons adoptée dans le contexte de la commune d'arrondissement de Yeumbeul Nord est la « *Cartographie participative avec cartes à échelle et images* » (FIDA, 2009). Elle a été souvent utilisée et adaptée aux projets du Fond International pour le Développement agricole. Ici le savoir local est identifié grâce aux conversations et reproduit directement sur une carte photocopiée ou une image (**figure 3**).

La carte d'occupation des terres élaborée à l'étape 1 a servi ainsi de socle pour une lecture et une reproduction des limites de quartiers adoptées par le comité. La position des caractéristiques est déterminée selon leur emplacement par rapport aux rares repères naturels (plans d'eau, zones inondables, routes et pistes) ou aux infrastructures socio-communautaires (infrastructures éducatives, de santé, de commerce, marchés, mosquées, églises etc.) et ou même aux maisons de personnes ressources assez connues. Des informations supplémentaires ont été lues sur la carte en utilisant les données GPS recueillies sur le terrain lors de la phase de collecte des données et aussi plusieurs informations ont été fournies par les personnes ressources de la Commune qui arrivaient plus facilement à se projeter sur le terrain à partir de la carte d'occupation du sol sur papier ou sur SIG avec l'écran d'ordinateur comme support.



Figure 3 : Séances de co-construction de la carte avec les autorités municipales et les communautés

### 4.3 La base de données et l'analyse spatiale

Les objectifs spécifiques du projet sur les inondations de Yeumbeul Nord imposent d'ores et déjà une forte collecte de données sur le terrain. Les enquêtes ont permis de recueillir des informations sur la physionomie des quartiers, le statut foncier, les types d'urbanisations déployés en fonction de l'ancienneté des quartiers, le niveau d'inondation connu par les maisons sur les années critiques 2005, 2009 et 2012 en fonction des

impacts des canalisations mises en place par l'Etat, les formes de détérioration qu'ont connus les maisons et les mesures d'atténuation adoptées par les ménages, les maladies de source hydriques développées par les populations et selon la durée qu'a connu la stagnation de l'eau dans les maisons ...

Toutes ces informations recueillies lors des enquêtes ont été traitées et organisées sous forme de base de données à exploiter dans un SIG. L'outil SIG utilisé fut le même que celui de la première étape à savoir ArcGIS, un applicatif développé par ESRI. L'utilisation du SIG a l'avantage d'intégrer toutes les données et informations thématiques issues des différentes composantes du projet pour une analyse spatiale intégrée et une territorialisation des résultats du projet. Ceci a conduit à une liste assez fournie de cartes thématiques réalisées pour une mise en exergue des spécificités territoriales apparus dans la planification des renforcements des stratégies d'adaptations des ménages et des communautés face aux inondations et aux impacts des changements climatiques.

## **5. Résultats / discussions**

### **5.1 L'occupation du sol et l'identification des zones inondables**

La donnée géographique (**figure 4**) accessible et disponible au sein de la commune d'arrondissement avant la mise en œuvre du projet, une image capturée sur Google Earth, ne peut permettre une exploitation aisée pour l'analyse territoriale. La carte d'occupation des sols devra permettre de connaître à priori la composition du territoire de Yeumbeul Nord, les différentes composantes du paysage et les effectifs correspondants. Elle devra faciliter la représentation graphique, l'analyse et l'interprétation des résultats de la recherche. A l'issue de la collecte des données et des traitements, la carte d'occupation des terres réalisée sur Yeumbeul Nord se présente ci-après (**figure 5**).

Ainsi, on peut observer les zones humides (plans d'eau permanents, bassins, zones inondables etc.) qui font plus de 15% de l'occupation du sol, la végétation (la haute végétation et la basse végétation, les cultures maraichères) occupent l'espace à moins de 10%, alors que le bâti (les habitations et les infrastructures) cumule à 75%), etc. Yeumbeul Nord est une commune fortement urbanisée et les chiffres sur les inondations montrent qu'une bonne partie de l'espace urbanisé connaît également le phénomène d'inondation.



Figure 4 : Image Google Earth extraite à très petite résolution sur Yeumbeul Nord

La carte d'occupation des terres permet d'avoir une vue d'ensemble de la topographie du terrain, les courbes de niveau avec les points cotés donnent une idée des valeurs d'altitude pouvant aller jusqu'à 10m. Les infrastructures de drainage y sont également représentées et cela facilite l'identification du sens d'écoulement des eaux et des zones non desservies. La connaissance de la topographie et la localisation des plans d'eau renseignent sur les zones et quartiers exposés aux inondations. Elle a été d'un apport fondamental pour trouver une justification sur la durée de la présence des inondations dans certaines maisons plutôt que dans d'autres.

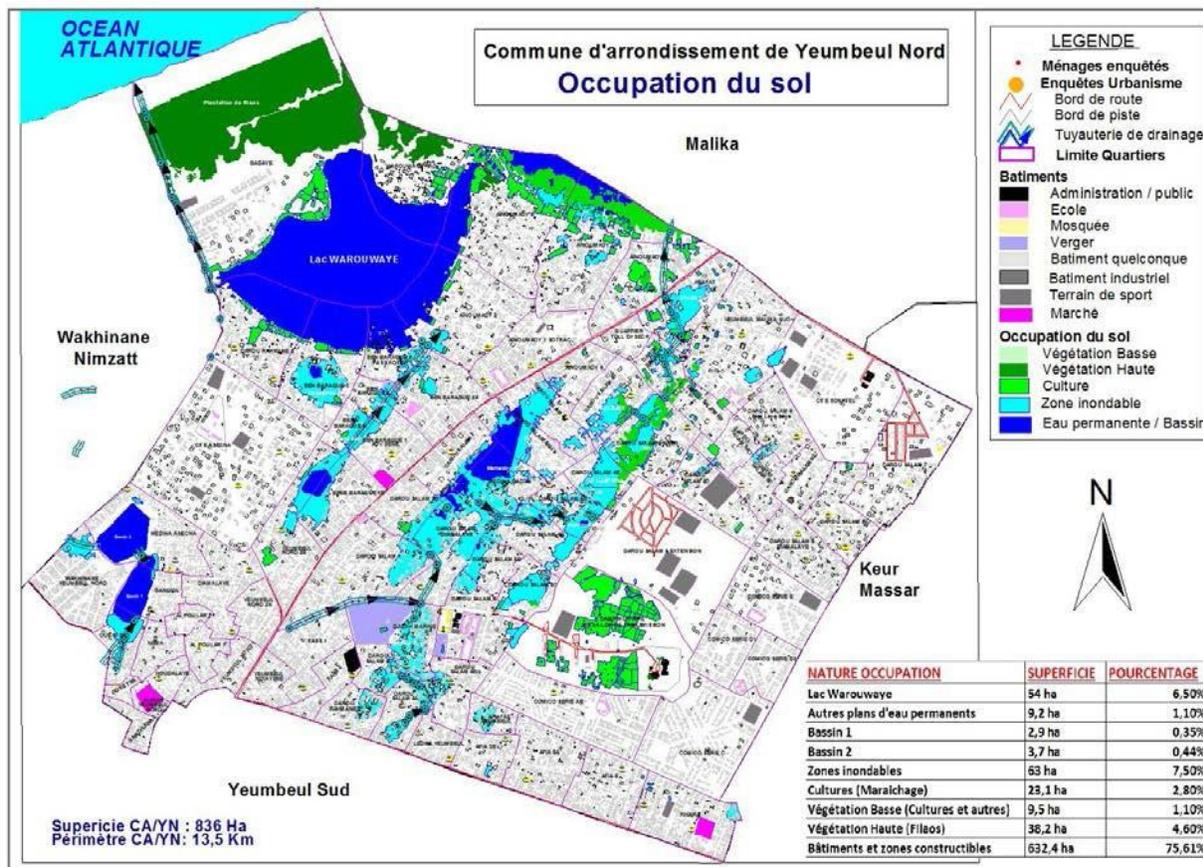


Figure 5 : Carte d'occupation du sol à grande échelle de Yeumbeul Nord

Source : trame urbaine, DTGC, 2012 - complètement terrain et édition cartographique, IAGU

## 5.2 La délimitation des quartiers et leurs caractérisations

La détermination et la cartographie des limites des quartiers (**figure 6**) et l'évaluation de leurs superficies respectives obtenues sur la carte d'occupation des sols est une information précieuse pour les autorités locales et la commune de Yeumbeul Nord.

Le découpage administratif officiel obtenu facilite la connaissance des limites exactes des quartiers, des possibilités de regroupements, de leurs niveaux d'équipements en infrastructures, une meilleure affectation des ressources de la commune, l'identification des quartiers sinistrés. Elle leur fournit une base objective de planification des infrastructures et services et améliore la communication entre les élus, entre ces derniers et les partenaires sur les défis et problèmes de la commune. Cette base cartographique permet aussi à la commune d'orienter et de suivre les interventions des acteurs externes, de présenter ses besoins aux autorités étatiques et de suivre l'évolution des quartiers inondés et ses incidences. Enfin, elle permet à la commune de réaliser l'adressage des rues et maisons, de repérer ses contribuables et de disposer d'une base pour la mise en place d'un SIG. Ainsi, cette cartographie a pu permettre de déterminer que la

**Conference organizers:** ICLEI – Local Governments for Sustainability

In cooperation with the City of Bonn and the World Mayors Council on Climate Change

ICLEI does not accept any kind of liability for the current accuracy, correctness, completeness or quality of the information made available in this paper.

<http://resilient-cities.iclei.org/>

commune d'arrondissement de Yeumbeul Nord couvre une superficie de 836 ha et est divisé en 83 quartiers dont la plupart sont non lotis.

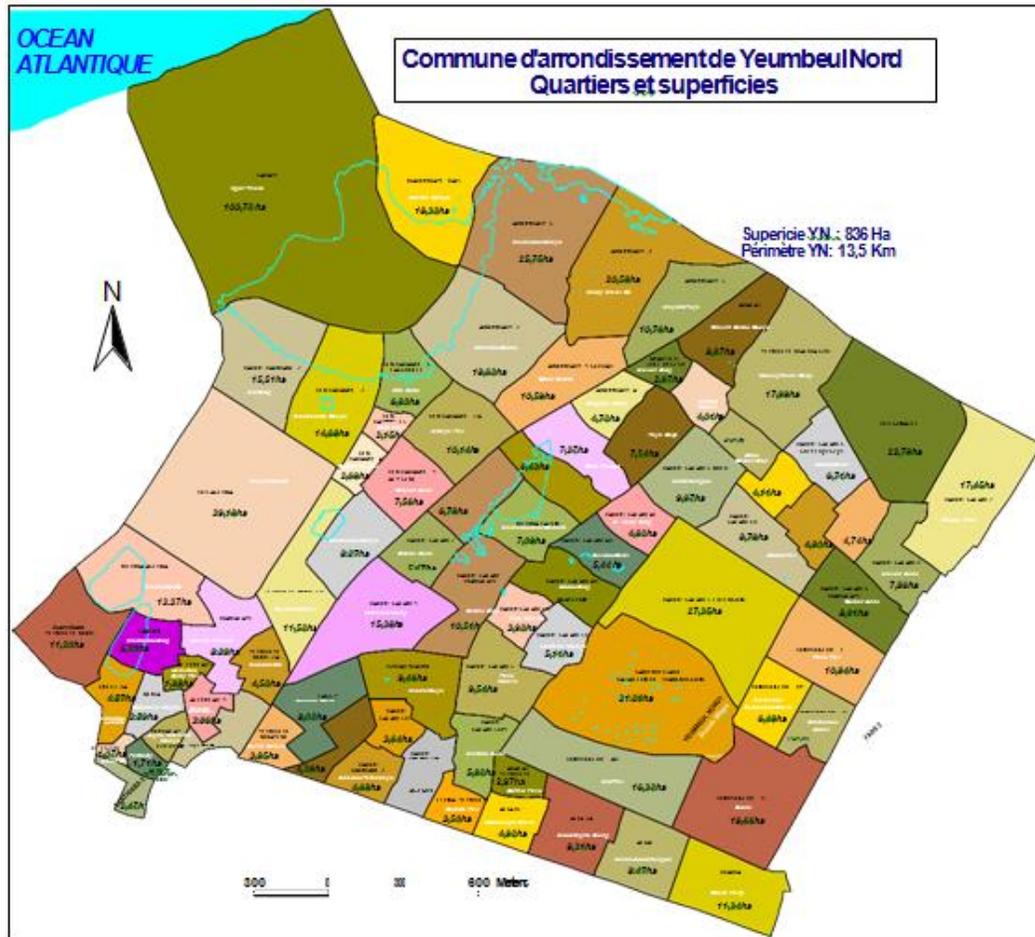


Figure 6 : Découpage administratif en quartiers de la Commune d'arrondissement de Yeumbeul Nord

En somme les réalisations qu'a connues ce processus de délimitation des quartiers se résument aux points suivants

1. Demande de la commune pour l'appuyer à délimiter ses quartiers
2. Élaboration de la carte d'occupation des terres à grande échelle sur le territoire
3. Mise en place du comité communale de délimitation des quartiers
4. La cartographie participative est prise en charge par le comité avec le soutien d'un facilitateur de l'IAGU. Les cartes reflètent les frontières des quartiers, l'usage et l'occupation des terres...

5. Une note décrivant les frontières de chacun des 82 quartiers délimités est élaborée par les membres du comité avec l'aide du facilitateur.
6. Les informations sont partagées et validées lors de la rencontre du conseil municipal
7. Une « DELIBERATION: fixant la délimitation des quartiers de Yeumbeul Nord » a été adopté par le conseil et signée par le Maire, les conseillers et le sous-préfet
8. Un arrêté sous préfectoral, pris par le sous-préfet de la commune des Niayes approuve la délibération et rend officiel la délimitation fixe des quartiers de Yeumbeul et des délégués en vigueur

L'arrêté sous préfectoral rend officielle la délimitation en quartiers de la commune d'arrondissement de Yeumbeul Nord. La cartographie participative a l'avantage de véritablement favoriser la bonne gouvernance (McCall, 2004) car les résultats sont consensuels et acceptés en général par tous. Ainsi ce découpage co-construit par les élus locaux, les autorités municipales, et même les personnes ressources au sein des populations a mis un frein aux multiples conflits pour raison de frontière territoriale entre délégués. Elle reste aujourd'hui la référence officielle du découpage administratif de Yeumbeul Nord.

### **5.3 L'analyse spatiale et cartographie de résultats de la recherche**

L'analyse spatiale des sites et des résultats des enquêtes sur les ménages, le bâti et l'urbanisation permettent d'analyser les disparités territoriales et de comprendre la dynamique spatio temporelle du phénomène. Nous donnons ici deux exemples d'analyse qui mettent en lumière l'impact de l'infrastructure de canalisation des eaux sur gestion des inondations.

#### **5.3.1 Dynamique spatio temporelle des quartiers inondés et l'impact de l'infrastructure de canalisation**

La lecture comparée des deux distributions spatiales fait noter que la mise en place de l'infrastructure de canalisation a permis de réduire de façon significative l'inondation des quartiers. Néanmoins, dans certaines zones on note des points toujours inondés en 2012 autour de la canalisation implantée en 2011 / 2012. Il s'en va dire que d'autres paramètres interviennent dans le maintien de l'eau en ces endroits.

Aussi, deux types d'infrastructures sont mises en place: celle mise en place par le Gouvernement qui présente des caractéristiques techniques minimales appropriées pour le drainage d'une quantité significative d'eau et celle mise en place sur l'initiative des populations, faute d'une action gouvernementale sur leur territoire et qui fait partie des stratégies développées par les ménages pour s'adapter aux impacts des inondations. La canalisation d'initiative des populations, arrive à drainer l'eau mais pas en quantité et débit suffisants pour une éradication des surfaces inondées l'abritant.

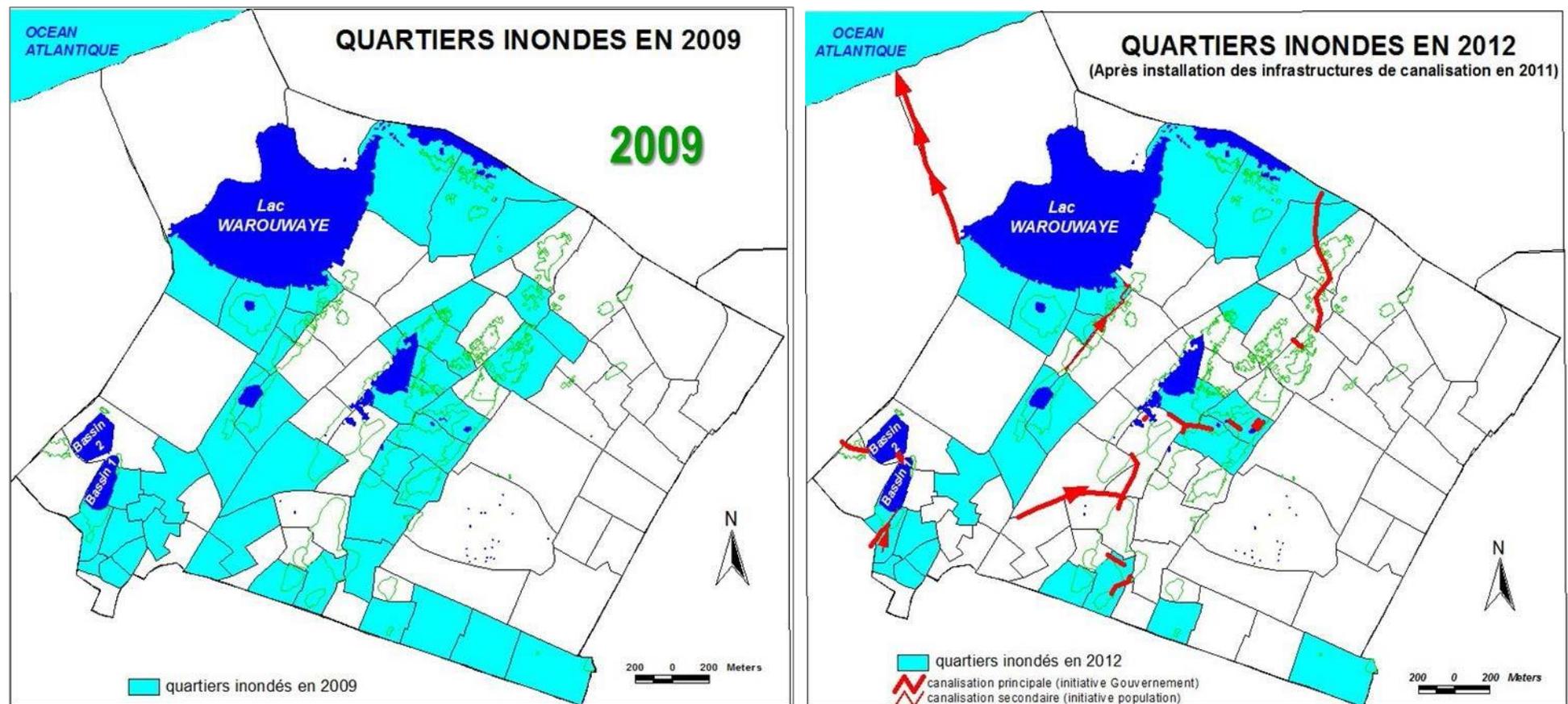


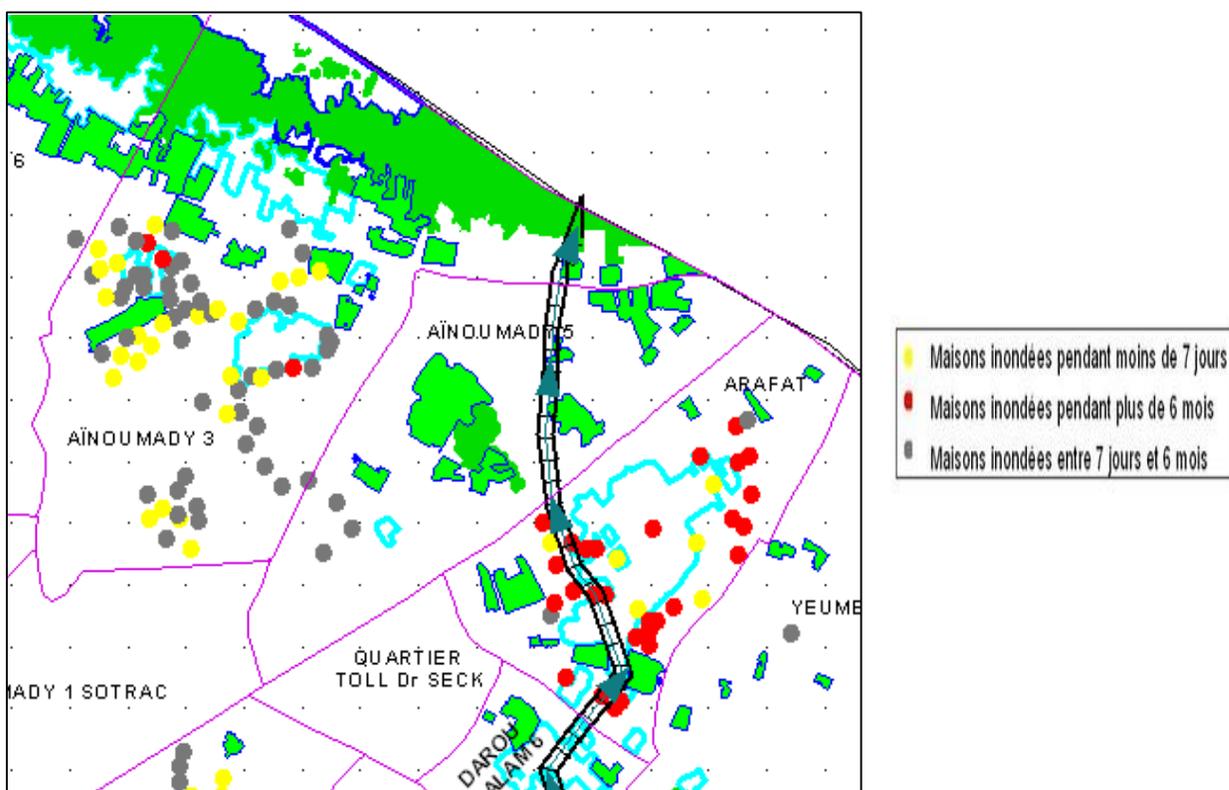
Figure 7 : Quartiers inondés en 2009 et en 2012 après la mise en place des infrastructures de drainage

**Conference organizers:** ICLEI – Local Governments for Sustainability  
In cooperation with the City of Bonn and the World Mayors Council on Climate Change  
*ICLEI does not accept any kind of liability for the current accuracy, correctness, completeness or quality of the information made available in this paper.*  
<http://resilient-cities.iclei.org/>

### 5.3.2 La durée des inondations dans les maisons en fonction de la canalisation et du relief

En localisant les ménages enquêtés et les résultats de l'enquête, on observe des maisons qui ont cessé d'être inondées après l'installation de la canalisation pour le pompage des eaux, de même que des maisons toujours durablement inondées malgré la présence de la canalisation.

En s'intéressant aux durées de la présence de l'inondation (**figure 8**) sur les territoires, on remarque au Nord de la Commune que la durée de l'inondation est très courte pour tous les points situés dans le quartier Aïnoumady3 caractérisé par des points plus élevés en altitude alors la durée de l'eau reste plus de 6 mois dans le quartier Arafat traversé par la canalisation, mais plus bas en altitude



**Figure 8 : Distribution des maisons inondées en fonction de la durée d'inondation**

Il s'en suit que les maisons les mieux protégées contre l'inondation restent ceux situés sur les crêtes et non dans les vallées muni d'une canalisation.

De l'intégration des deux analyses spatiales ci-avant, nous tirons les conclusions ci-après :

- L'infrastructure de canalisation d'État reste efficace pour lutter contre les inondations, néanmoins les paramètres liés à la topographie, à la nappe, etc. restent aussi importants à étudier pour prévoir l'étendue du phénomène
- Les infrastructures de drainage mises en place par les populations ont pu apporter un début de solution, mais doivent être fortement renforcées
- Les tuyaux de drainage des eaux sont un moyen efficace d'adaptation aux inondations

A la suite des cartes ci-dessus, plusieurs autres cartes thématiques ont été réalisés dans le cadre de cette étude et ont constituées de véritables outils d'aide à l'analyse et à la décision pour une formulation des dispositions à prendre par les acteurs afin de tendre vers une adaptation aux aléas des inondations par les améliorations du bâti, des infrastructures et de la gouvernance locale en vue de réduire la vulnérabilité des actifs des ménages et des communautés

## **6. Conclusion**

La disponibilité et l'accès à l'information en matière de prise de décision éclairée dans le domaine de l'environnement et des changements climatiques sont primordiaux. Le rapport de la Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement – Agenda 21- consacre un chapitre entier sur les activités à entreprendre pour l'élimination du fossé entre l'information et l'amélioration de sa disponibilité. En somme, toutes les « voix autorisées » qui œuvrent pour un développement durable accordent une importance particulière au volet production et diffusion de l'information, et recommandent la mise en place de mécanismes de production, d'échange et de circulation d'informations à des niveaux différents. Les travaux menés dans le cadre du projet sur les inondations dans la commune d'arrondissement Yeumbeul Nord viennent confirmer ces hypothèses et mettent en lumière la pertinence de la production de la donnée spatiale pour relever les défis que posent les impacts des changements climatiques dans l'espace urbain.

## Bibliographie:

**ANSD, 2012**, Agence nationale de la statistique et de la démographie du Sénégal, 2012

**Burini, F., 2008**, *La cartographie participative et la pratique du terrain dans la coopération environnementale: la restitution des savoirs traditionnels des villages de l'Afrique subsaharienne*, dans "À travers l'espace de la méthode : les dimensions du terrain en géographie, Arras : France

**Cahier des changements climatiques, 2010**, Bulletin mensuel d'information sur les changements climatiques de l'institut d'applications et de vulgarisation en sciences, Ouagadougou, Burkina Faso, N° 16 & 17, 2010

**Caloz, R. et Collet, C., 2008**, Analyse spatiale et simulation, EPFL/LaSIG – IGUF, Lausanne, PPUR

**Chambers, R., 2006**,. Participatory Mapping and Geographic Information Systems: Whose Map? Who is Empowered and Who Disempowered? Who Gains and Who Loses? Electronic Journal on Information Systems in Developing Countries, 25(2): 1-11.

**Fida, 2009**, « Cartographie participative et bonnes pratiques », publications FIDA

**Gouvernement (république) du Sénégal, 2010**, « Rapport d'évaluation des Besoins Post Catastrophe. Inondations urbaines à Dakar en 2009 », Rapport préparé par le gouvernement de la république du Sénégal avec l'appui de la Banque Mondiale, du système des Nations Unies et de la Commission Européenne, Rapport final, Juin 2010, 191pp

**IAGU, 2012**, « Inondations dans la banlieue de Dakar : Vers une adaptation par les améliorations du bâti, des infrastructures et de la gouvernance locale pour réduire la vulnérabilité des actifs des ménages et des communautés », Proposition de recherche, Coord. Oumar Cissé, [www.iagu.org](http://www.iagu.org)

**IAGU, 2013** « Inondations dans la banlieue de Dakar : Vers une adaptation par les améliorations du bâti, des infrastructures et de la gouvernance locale pour réduire la vulnérabilité des actifs des ménages et des communautés », Rapports techniques semestriels N°2 et N°3, Coord. Oumar Cissé, [www.iagu.org](http://www.iagu.org)

**Hirt, I. et Roche, S., 2013**, « *Cartographie participative* », in Casillo I. avec Barbier R., Blondiaux L., Chateauraynaud F., Fourniau J-M., Lefebvre R., Neveu C. et Salles D. (dir.), Dictionnaire critique et interdisciplinaire de la participation, Paris, GIS Démocratie et Participation, 2013, ISSN : 2268-5863. URL : <http://www.dicopart.fr/fr/dico/cartographie-participative>.

**McCall, M., 2004**, « *Can participatory GIS strengthen local-level planning? Suggestions for better practice* ». 7th International Conference on GIS for Developing Countries (GISDECO 2004). Universiti Teknologi Malaysia, Johor Malaysia. [http://www.iapad.org/publications/ppgis/Mike\\_McCall\\_paper.pdf](http://www.iapad.org/publications/ppgis/Mike_McCall_paper.pdf)

**ITC Update, 2011**, « *S'adapter aux changements climatiques* », bulletin d'alerte pour l'agriculture ACP, N°63, 12/2011

**Palsky, G., 2010**, « *Cartes participatives, cartes collaboratives* », UMR 8504 Géographie-cités, Paris 1 Panthéon Sorbonne

**Poole, P., 1994**, Geomatics, who needs it? Cultural Survival Quarterly, 18.

**Warren, A., 2004**, International forum on indigenous mapping for indigenous advocacy and empowerment. The Indigenous Communities Mapping Initiative. Personal communication. Cité dans: Rambaldi, G. (2005) 'Who owns the map legend?', URISA Journal, 17: 5-13.

**Weger, G., 1999**, CARTOGRAPHIE 1 : Sémiologie graphique et conception cartographique, vol1, Ecole Nationale des Sciences Géographiques, Marne-la-vallée, France

## Les auteurs:

Docteur Ingénieur

**Conchita M.G. KEDOWIDE** Expert associé en

Géomatiques et Développement Urbain

Institut Africain de Gestion Urbain (IAGU)

Email: [conchita@iagu.org](mailto:conchita@iagu.org); [conchitaked@yahoo.fr](mailto:conchitaked@yahoo.fr)

Site web: [www.iagu.org](http://www.iagu.org)

Docteur Ingénieur

**Oumar CISSE**

Sécretaire exécutif

Institut Africain de Gestion Urbain (IAGU)

Email: [oumar@iagu.org](mailto:oumar@iagu.org)

Site web: [www.iagu.org](http://www.iagu.org)

## Bios:

**Dr Conchita KEDOWIDE MEVO GUEZO** est spécialisée en sciences géomatiques pour l'aménagement du territoire et le développement urbain. Ingénieur diplômée de l'Ecole Nationale des Sciences Géographiques en France, elle est munie d'un doctorat formé unique en aménagement, urbanisme et études urbaines de l'Université de Paris 8 Vincennes St-Denis. En tant que consultante et experte associée à l'IAGU, elle a à son actif plusieurs travaux menés dans le cadre d'études pour l'aide à la décision multicritère territoriale urbaine dont celle objet du présent article et relative à l'analyse des adaptations développées par les populations, en vue de leur améliorations pour une réduction de la vulnérabilité des communautés aux impacts des inondations à Yeumbeul Nord dans la banlieue de Dakar.

**Dr Oumar Cissé** est un Ingénieur polytechnicien en génie civil, titulaire d'un Master en environnement et d'un PhD en aménagement de l'université de Montréal. Il a été ingénieur municipal, directeur des services techniques de la ville de Rufisque qu'il a réorganisé dans les années 90. Il a été également sous-directeur de l'environnement à la direction des services techniques de la Communauté Urbaine de Dakar (CUD). Depuis 1997, Dr Cissé est le Secrétaire exécutif de l'IAGU, une ONG internationale spécialisée dans l'appui technique aux municipalités en gestion environnementale urbaine où il supervise et encadre les missions relatives à la gestion des déchets et au développement durable dans les villes africaines. Il est le coordonnateur du projet objet du présent article, et relatif à l'analyse des adaptations développées par les populations, en vue de leur amélioration pour une réduction de la vulnérabilité des communautés aux impacts des inondations à Yeumbeul Nord dans la banlieue de Dakar.

**Conference organizers:** ICLEI – Local Governments for Sustainability

In cooperation with the City of Bonn and the World Mayors Council on Climate Change  
*ICLEI does not accept any kind of liability for the current accuracy, correctness,  
completeness or quality of the information made available in this paper.*

<http://resilient-cities.iclei.org/>