

APPORT DES SIG POUR L'ESTIMATION DES NIVEAUX D'EAUX EN PLAINE INONDÉE – GHARB, MAROC

Fofana Oumar
Bouabdli Abdelhak

Département des Sciences de la Terre - Facultés des Sciences, Université Ibn Tofaïl, Kénitra, Maroc

Baghdad Bouamar

DERNE, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Madinat El Irfane, Rabat, Maroc

Sossey-Alaoui Faïçal

CID, secteur 22, Hay Riad, Rabat Maroc

Abstract

The present study focuses on the mapping of flood hazards in the Gharb (Morocco), all through the use of GIS. Satellite images of river's flood are rich in information which are mostly only partially exploited. In addition to traditional approaches that aim to map flooded tracts, it is important to develop the satellite images by quantifying the spatial distribution of water levels. We have determined the flood hazard by measuring the water level by coupling the map after extensive flooding satellite image with topographic data. The water's levels estimation coming from the cross are obtained in an intervals forms [Min, Max], 9 classes of water depth were identified: less than 25 cm, 25-50 cm, 50-75 cm, 75-100 cm, 100-125 cm, 125-150 cm, 150-175 cm, 175-200 cm and then more than 200 cm.

Keywords: Gharb, flooding, GIS, hazard

Résumé:

La présente étude s'intéresse à la cartographie de l'aléa inondation dans la plaine du Gharb (Maroc) ; le tout à travers l'utilisation des SIG. Les images satellitaires de cours d'eau en crue sont riches d'informations qui ne sont la plupart du temps que partiellement exploitées. En complément des approches traditionnelles qui visent à cartographier les étendues inondées, il

est important de valoriser les images satellitaires par une quantification de la distribution spatiale des niveaux d'eau. Nous avons ainsi déterminé l'aléa inondation par une mesure des hauteurs d'eau en couplant la carte des étendues inondées issue d'image satellite avec des données topographiques. Les estimations des niveaux d'eau issues de ce croisement sont obtenues sous formes d'intervalles [Min ; Max] ; 9 classes de hauteur d'eau ont été identifiées : moins de 25 cm, 25 à 50 cm, 50 à 75 cm, 75 à 100 cm, 100 cm à 125 cm, 125 à 150 cm, 150 à 175 cm, 175 à 200 cm et enfin plus de 200 cm.

Mots clés: Gharb, inondation, SIG, aléa.

Introduction

Les inondations engendrent d'énormes pertes économiques pour le Maroc et mettent en péril le développement. Les événements les plus récents dans le Gharb confirment ces problèmes. En 2009, le coût total du programme d'action d'urgence suite aux inondations du Gharb a été estimé à 173 millions MAD (21,7 millions USD); avec un financement par le gouvernement Marocain à hauteur de 56,7% et une contribution de la Banque Africaine de Développement à hauteur de 43.3% du coût total sus indiqué (BAD, 2009). Les dommages engendrés par les inondations sont de nature sociale, environnementale, humaine et économique. La gestion de ce phénomène complexe, à la fois d'origine naturelle et humaine, constitue un des grands défis de la société.

Présentation du secteur d'étude

La plaine du Gharb représente un fragment du bassin hydrogéologique Gharb-Mamora; elle est située sur le littoral Nord-Ouest Marocain, est limitée au Nord et à l'Est par le domaine Rifain, au Sud par le domaine Mésétien et à l'Ouest par l'océan atlantique (figure.1). Le Gharb se trouve à cheval entre les provinces de Kénitra, Sidi Slimane et Sidi-Kacem.



Figure.1: Situation de la plaine du Gharb

Outils et méthodes

L'épisode pluvieux de référence retenue pour cette étude est celui de janvier à mars 2010; vu son caractère exceptionnel et l'ampleur des dégâts engendrés sur l'ensemble de la plaine du Gharb. Une carte d'inondation réalisée par le CRTS (Centre Royal de Télédétection Spatial) à partir d'image satellite radar datant du 10 Mars 2010 a été corrigée et numérisée dans le cadre de cette étude (figure.2). Elle illustre les zones d'extension de crue pour l'épisode pluvieux pris en considération. Néanmoins, la carte des étendues inondées réalisée par le CRTS ne s'avère en réalité pas pertinente pour l'évaluation des surfaces « réelles » inondées. Les eaux permanentes : retenues de barrages et lit mineur d'oued doivent être considérées non pertinents pour une estimation des surfaces inondées. Un plan d'information contenant les retenues de barrages et le lit mineur de cours d'eau a alors été généré à partir d'une image satellite SPOT et de données topographiques acquises hors période de crue.

Le croisement et l'extraction des limites du plan des eaux permanentes et de la carte des étendues inondées préalablement disponible nous a permis d'élaborer une carte d'inondation pertinente qui matérialise en effet les zones non submergées en permanence. En se référant à la topographie du site, les zones d'inondation pertinente ont été subdivisées en plusieurs « flaque d'eaux » que nous appellerons « zones informatives ».

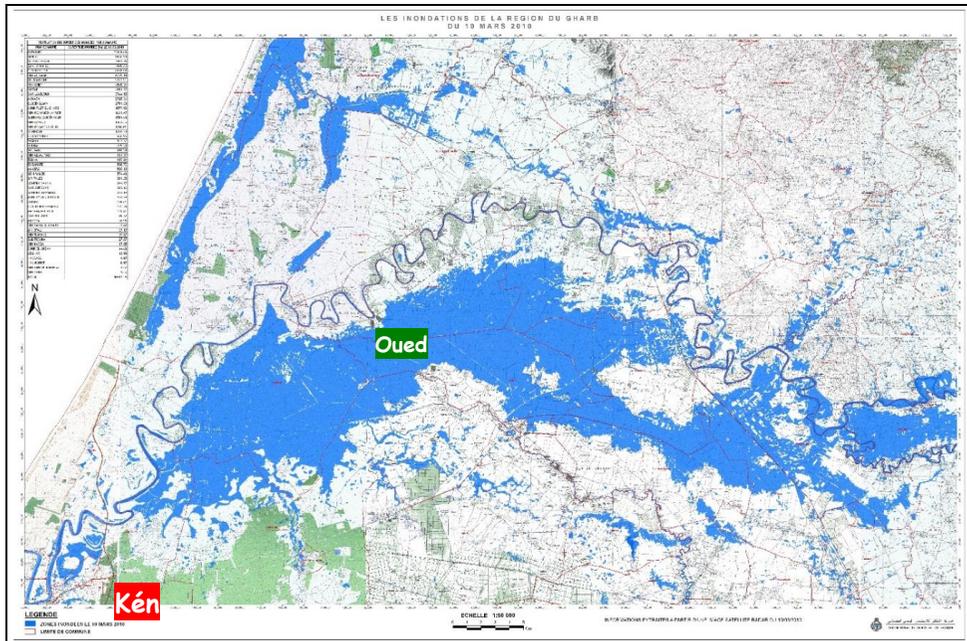


Figure.2 : Carte des étendues inondées obtenues à partir d'image satellite Radar datant du 19 mars 2010 (Source : CRTS, 2010)

La carte d'inondation pertinente réalisée permet la caractérisation spatiale en deux dimensions des inondations, c'est à dire l'extraction des limites d'inondation. La richesse d'informations des images d'inondations va au-delà d'une carte bidimensionnelle de l'aléa (Horritt, 2000).

Dans ce contexte, (Brakenridge et al. 1998) ont estimés des niveaux d'eau par croisement entre des limites d'inondation extraites d'une image radar et des courbes de niveaux. Bien que cohérentes avec des mesures in situ, ce type d'estimation a certaines incertitudes. Par ailleurs, (Raclot, 2003) a estimé des niveaux d'eau par croisement entre des informations extraites de photographies aériennes de crue et un MNT pour parvenir à des incertitudes adaptées à l'hydraulique fluviale. Dans le cadre de notre travail, il paraissait très intéressant de réaliser une combinaison des deux approches suscitées. C'est-à-dire croiser nos limites d'inondation issues d'image radar avec un MNT pour parvenir à des estimations des niveaux d'eau.

Le NTM utilisé dans le cadre de la présente étude correspond à un extrait de SRTM de la plaine du Gharb. Les données SRTM ont fait l'objet de nombreux traitements et ajustements pour aboutir à un MNT à haute résolution conforme à la morphologie réelle de la plaine du Gharb. Les principaux ajustements ont été réalisés sur la base de cartes et de levées topographiques de la plaine du Gharb.

La réalisation de la cartographie de l'aléa inondation pour la plaine du Gharb a nécessité l'acquisition d'informations, la numérisation des

données puis leur intégration dans un SIG. Nous avons par la suite procédé à l'analyse et au traitement des données. L'évaluation de l'aléa inondation a été réalisée par l'utilisation de modèles d'analyses spatiales (figure.3).

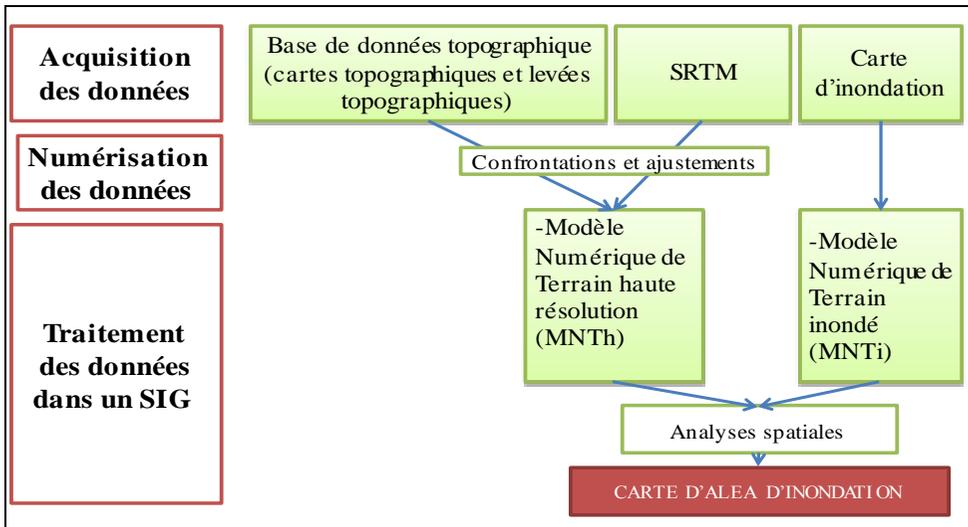


Figure.3 : Méthodologie et différents traitements

La préparation des données, leur archivage ainsi que les simulations sont réalisés dans un environnement SIG ArcGIS 9.3®.

Résultats et discussion

La méthode d'estimation de niveau d'eau adoptée vise à quantifier la distribution spatiale des niveaux d'eau dans la plaine d'inondation sous la forme d'intervalles à l'instant d'acquisition d'une image satellitaire. La méthode proposée repose dans un premier temps sur un croisement de zones informatives, où la présence d'eau est connue de façon certaine, avec un MNT haute résolution afin d'obtenir une estimation de niveaux d'eau par zone informative (figure.4) sur l'ensemble de la plaine.

La position de la limite réelle d'une inondation ne peut être connue de façon parfaite à partir d'une image radar. Ces incertitudes se répercutent sur les estimations de niveaux d'eau lors du croisement entre les limites des zones inondées et données topographiques. En conséquence, les estimations des niveaux d'eau issues de ce croisement sont obtenues sous forme d'intervalles [Min ; Max] au sein desquels le niveau d'eau réel est inclus.

Les altitudes du terrain à la bordure des zones informatives fournissent des valeurs possibles du niveau d'eau : N valeurs de niveaux d'eau possibles, où N est le nombre de pixels du MNT inclus dans la zone informative.

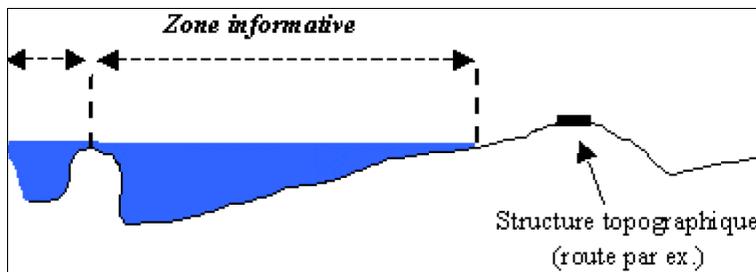


Figure.4 : Schéma représentatif des zones informatives

La méthode d'estimation des niveaux d'eau étant en particulier basée sur un croisement des bordures d'inondation extraites d'une image satellitaire avec un MNT. La qualité des estimations du niveau d'eau obtenues est donc conditionnée par la précision de délimitation de la surface inondée. C'est pourquoi, une attention particulière doit être mise sur l'exactitude des limites de l'inondation (zones informatives). Par ailleurs, l'utilisation d'un MNT implique une incertitude liée à sa précision altimétrique. La prise en compte de cette dernière est indispensable.

La méthode d'estimation des niveaux d'eau a consisté en la création de deux modèles numériques : un modèle numérique de Terrain haute résolution (MNTh) et un modèle numérique de Terrain inondés (MNTi) puis à soustraire le MNTh du MNTi (figure.5) par analyse spatiale afin d'obtenir les hauteurs et les volumes d'eaux.

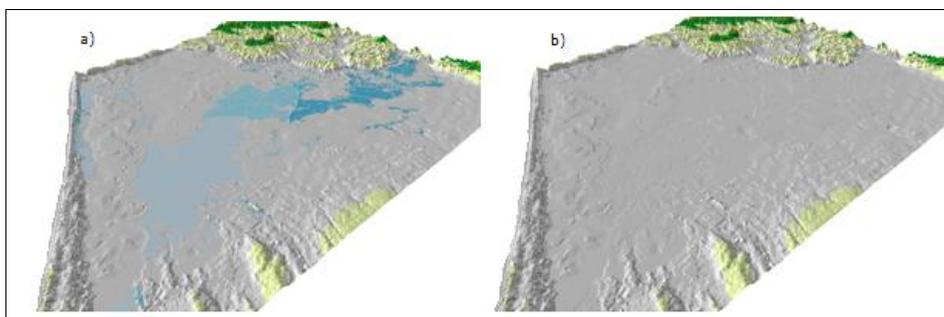


Figure. 5: Illustration MNTi (a : avec niveaux d'eaux de la crue étudiée) – MNT (b : relief naturel sans inondation)

L'application de notre modèle d'estimation des niveaux d'eaux par croisement de limites d'inondation avec des données topographique a été réalisée via l'extension « Spatial Analyst » du logiciel ArcGIS 9.3. Avec une définition de la topographie de la plaine du Gharb à la résolution de 5*5m au niveau des zones non-inondées et une résolution 0.25*0.25m au niveau des zones inondée par les crues de 2009/2010.

La carte d'aléa obtenue est représentée par la figure (figure.6) ci-après:

La superficie totale inondée à la date du 10 mars 2010 est estimée à 87 054 ha.

L'enveloppe de crue est établie selon 9 classes de hauteur d'eau (fig.6) : moins de 25 cm, 25 à 50 cm, 50 à 75 cm, 75 à 100 cm, 100 cm à 125 cm, 125 à 150 cm, 150 à 175 cm, 175 à 200 cm et enfin plus que 200 cm. Ces classes constituent les estimations des niveaux d'eaux sous forme d'intervalles [Min ; Max] au sein desquels le niveau d'eau réel est inclus dans le modèle altimétrique ; les hauteurs d'eaux sur la plaine du Gharb étant comprises généralement entre 1 et 200 cm.

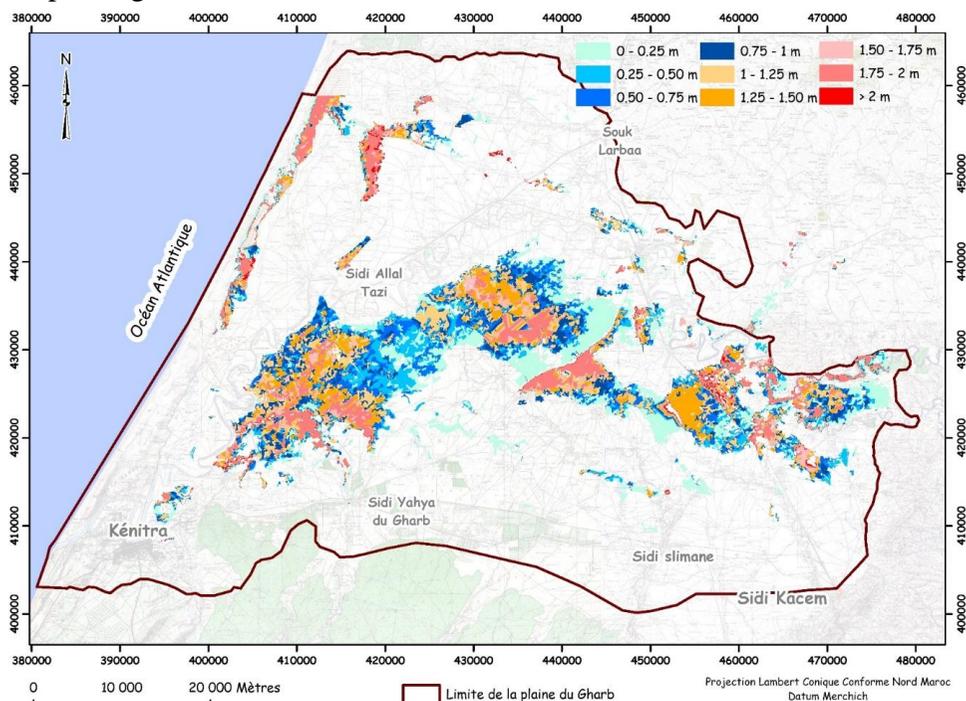


Figure. 6: Carte de l'aléa inondation de la plaine du Gharb à la date du 10 Mars 2010

Parmi les épisodes des crues affectant la plaine du Gharb, l'épisode de décembre 2009 à mars 2010 a été choisi comme référence pour l'étude. Ce choix est justifié du fait que cet événement correspond à l'évènement récent le plus important ; il s'agit en effet d'une crue cinquantennale. Les dommages engendrés par cet événement ont affecté l'agriculture, l'habitat, les activités économiques, les infrastructures publics etc... L'urbanisation et le fort potentiel agricole de la plaine du Gharb font que cette zone constitue un site fortement vulnérable aux inondations.

Nous avons attaché beaucoup d'importance au caractère opérationnel du travail et nous espérons que la méthodologie pourra être mise en œuvre dans d'autres plaines inondables.

Les modélisations réalisées constituent un outil d'aide à la décision. Les résultats du diagnostic peuvent également être utilisés pour informer la population et la sensibiliser aux dangers.

D'un point de vue technique, la méthodologie que nous proposons peut être appliquée dès aujourd'hui à d'autres plaines inondables. La formation de techniciens à la manipulation des différents logiciels et à l'analyse des résultats permettrait de généraliser ce type d'approche. Aussi, nous avons veillé à maîtriser le coût des études, en recherchant une méthode d'acquisition des données topographiques performante et en optimisant le temps de travail.

Conclusion générale

Les données issues d'une image satellitaire radar de crue datant du 10 Mars 2010 dans la plaine du Gharb nous ont permis l'extraction d'une carte d'inondation de laquelle les sources d'erreurs potentielles ont été identifiées et éliminées pour ne conserver que la partie certaine à un pourcentage de fiabilité acceptable en concertation avec l'ORMVAG (Office Régionale de Mise en Valeur Agricole du Gharb).

L'identification et la quantification de ces incertitudes sont des opérations nécessaires à l'amélioration des résultats de l'évaluation de l'aléa inondation.

Pour aboutir à des résultats plus fiables, l'étude doit être plus poussée au niveau de:

- la date de l'image satellite de crue, elle doit être réalisée au pic de la crue;
- l'utilisation d'un MNT plus précis pour l'ensemble de la plaine;

Aussi, à travers cette thèse, nous avons pu utiliser de manière efficace les SIG pour le diagnostic et l'analyse du risque en utilisant quelques données de bases et des moyens limités.

Références:

Banque Africaine de Développement (2009) – Proposition visant l'octroi d'un don de 1.000.000,00 USD au titre de l'aide d'urgence au programme d'actions pour atténuer les effets des inondations dans la région du Gharb – Maroc. 16 pages.

Brakenridge G. R., Tracy B. T. & Knox J. C., (1998) - Orbital SAR remote sensing of a river flood wave, International Journal of Remote Sensing, Vol. 19 (7), pp. 1439-1445.

Horritt M. S. (2000) - Calibration of a two-dimensional finite element flood flow model using satellite radar imagery. *Water Resources Research*, 2000, vol. 36, n° 11, p. 3279-3291.

MADRPM (2003) – Projet AGRIMA : Application de la télédétection aux statistiques agricoles ; carte d’occupation des sols et mise à jour de la stratification. Rapport final, 51 pages.

ORMVAG (2010) - Impact des inondations enregistrées en 2009/2010 sur le secteur agricole au niveau du périmètre du Gharb, Rapport post inondation, 25 pages.

Raclot, D. (2003) - Méthodologie d’exploitation quantitative des photographies aériennes d’inondation de plaine. Thèse de doctorat, Université de Montpellier II : Sciences et techniques du Languedoc, Unité Mixte de Recherche structure et systèmes spatiaux, Cemagref-ENGREF (École Nationale du Génie Rural, des Eaux et Forêts), Montpellier, 284 p.

WORLD BANK (2009) - Les inondations urbaines à Bangui République Centrafricaine, évaluation de la situation actuelle et mesures pour réduire la fréquence et atténuer les impacts futurs. Rapport de l’évaluation conjointe des besoins.128 pages.