
Élaboration d'une application SIG pour un aménagement intégré du littoral de la préfecture de Tanger-Assilah (Maroc)

**Rabii El Hamzaoui, Ahmed Raissoun, Amal Ouahi,
Abdelkrim El Arri**

*Laboratoire Environnement, Océanologie et Ressources Naturelles (LEORN),
Faculté des Sciences et Techniques de Tanger, Université Abdelmalek Essaâdi
Ancienne Route de l'Aéroport, Km 10, Ziaten, BP 416, Tanger, Maroc*

*elhamzaoui.rabii@gmail.com, ah_raissouni@hotmail.com, amaouahid@gmail.com,
elarrimk@yahoo.fr*

RÉSUMÉ. Le littoral de la préfecture de Tanger-Assilah, situé à l'extrême nord ouest du Royaume du Maroc, constitue un pôle d'attraction important pour les activités socio-économiques et abrite un patrimoine environnemental varié, riche et vulnérable. L'aménagement intégré de cet espace complexe, implique une connaissance approfondie de son fonctionnement et de son évolution, eux-mêmes tributaires de plusieurs facteurs physiques, socio-économiques et réglementaires qui interagissent à différentes échelles spatio-temporelles. Pour ce faire le SIG représente un outil adapté pour collecter, gérer, traiter et diffuser une masse considérable de données de sources et de natures diverses. L'objectif de cette recherche est la mise en œuvre d'un système d'information géographique côtier de la préfecture de Tanger-Assilah. Ainsi, nous avons élaboré un modèle conceptuel de données et une base de données géographiques qui regroupent une masse d'informations très variée. L'interface web du système rassemblant les fonctionnalités de base d'un SIG offre un moyen d'import et d'export, d'analyse, de gestion de données, de visualisations presque infinies, etc. L'utilisation de cet outil s'avère indispensable pour un aménagement intégré des zones côtières et s'impose fortement pour l'aide à la décision.

ABSTRACT. Tangier-Assilah prefecture coast, situated in the furthest north-west of Morocco Kingdom constitutes an important attraction center for many socioeconomic activities and shelters an environmental varied rich and vulnerable patrimony. The integrated management of this complex space involves a thorough knowledge of its functioning and evolution, themselves are reliant on several physical socioeconomic and statutory factors, which interact at different spatiotemporal scales. And for such a purpose, the GIS represents an adequate implement for collecting, managing, processing and spreading abroad a huge amount of diverse sources and natures data. The aim of this current work is the implementation of a coastal Geographic Information System of Tangier-Assilah prefecture. Thus, we have elaborated a conceptual data pattern and a geographical-data basis; both of them (i.e. pattern and basis) gather considerable loads of very diverse informations. The Web interface of this system, assembling fundamental practicalities of a certain GIS, offers means of import-export, analysis, data management,

almost endless visualizations, etc. The use of such an implement turns out to be essential for an integrated management of coastal areas and is highly imperative for helping decision-makers.

MOTS-CLÉS : littoral, aménagement intégré, système d'information géographique côtier.

KEYWORDS: coast, integrated management, coastal geographic information system.

DOI: 10.3166/rig.2019.00083 © 2019 Lavoisier

1. Introduction

La zone côtière est un espace complexe, à l'interface entre les domaines terrestre et marin, où interagissent de multiples composantes physiques, biologiques et anthropiques (Gourmelon et Robin, 2005).

Zone de concentration humaine et réservoir d'activités économiques, la zone littorale présente un patrimoine environnemental et écologique riche et varié, tant par sa valeur intrinsèque que par son intérêt démographique et socio-économique. Ce patrimoine est convoité pour ses intérêts touristiques et économiques comprenant une faune et une flore riches, des paysages et sites naturels d'une valeur inestimable. C'est aussi un espace des conflits d'usage et de convergences (et de divergences) de plusieurs intérêts et de plusieurs acteurs (Nakhli et Ghazi, 2008).

Partout dans le monde, la zone côtière apparaît comme un espace vulnérable où les événements météo-marins se combinent à des pressions exercées par des activités humaines parfois conflictuelles, favorisant des risques d'origine naturelle et/ou anthropique (Robin et Gourmelon, 2005).

En 1992, la seconde Conférence des Nations unies pour l'environnement et le développement (CNUED, Rio) mettait l'accent sur la dimension planétaire de nombreux phénomènes écologiques et sur la nécessité d'en accroître la connaissance, d'améliorer la gestion des ressources et d'assurer la protection de l'environnement notamment contre les risques naturels et technologiques. Cette conférence réaffirmait de ce fait l'intérêt du concept de « Gestion intégrée des zones côtières » (GIZC) proposé au début des années 1970 par la Convention de Ramsar et l'US Coastal Zone Management Act, qui exprime le besoin d'agir collectivement sur les processus naturels et anthropiques susceptibles de menacer le maintien durable de la qualité de l'environnement et des activités qui s'y déroulent (Gourmelon, 2003).

Parmi les nombreuses définitions proposées, celle de la GIZC, qui apparaît comme l'une des plus précises et des plus complètes, est celle retenue par le Conseil de l'Europe (Lozachmeur, 2009). Elle énonce que la gestion intégrée est « l'aménagement et l'utilisation durable des zones côtières prenant en considération le développement économique et social lié à la présence de la mer tout en sauvegardant, pour les générations présentes et futures, les équilibres biologiques et écologiques fragiles de la zone côtière et les paysages » (Conseil de l'Europe, 1999).

Dans une perspective d'aménagement efficace et plus intégré de cet espace complexe, qu'il s'agit des pays industrialisés ou des pays en voie de développement, le Maroc a renforcé la légitimité d'une approche intégrée du littoral dans la loi cadre n° 99-12 portant Charte nationale de l'Environnement et du Développement durable.

En effet, ladite loi cadre, adoptée et promulguée en mars 2014, stipule, parmi les exigences dans son article 7, la promotion de la protection des écosystèmes marins et littoraux et des zones humides contre les impacts des activités susceptibles d'en altérer les eaux et les ressources.

Ce n'est qu'avec l'approbation de la loi n° 81-12 relative au littoral (juin 2015), qui met en place les règles fondamentales d'aménagement, de protection, de mise en valeur et de conservation du littoral, que le Maroc a pu adopter l'approche de la GIZC.

Si l'intérêt du concept de la GIZC est désormais universellement admis par tous les acteurs et décideurs concernés, il apparaît que les méthodes et les outils nécessaires à sa mise en application sont encore en développement. En effet, toute décision en la matière, implique de disposer non seulement des données et des informations pertinentes, mais aussi des outils d'analyse et de représentation adéquats (Cicin-Sain et Knecht, 1998). Dans la mesure où l'information requise possède une composante spatiale, il apparaît que les SIG, peuvent contribuer à fournir une meilleure connaissance du fonctionnement et de l'évolution des zones côtières et corrélativement améliorer les prises de décision des gestionnaires (Burbridge et Humphrey, 1999).

Concrètement la GIZC se met en œuvre à l'échelle locale, sur un périmètre où les enjeux sont forts et bien identifiés. Ce périmètre est le plus souvent défini par des critères physiques, socioéconomiques et culturels, qui fondent une bonne partie des enjeux (Gourmelon et Robin, 2005).

La préfecture de Tanger-Assilah située à l'extrême nord-ouest du Royaume du Maroc, constitue un pôle d'attraction important pour les activités socio-économiques (exploitations touristiques, installations industrielles et portuaires, pêche, etc.) et abrite un patrimoine environnemental varié, riche et vulnérable (faune et flore, paysages et sites naturels tels que dunes et zones humides, etc.) (DRTT, 2008).

Ainsi la zone côtière de cette préfecture, qui représente un espace hautement attractif pour la concentration humaine et d'activités économiques, connaît des problèmes qui ont fait l'objet de multiples études importantes relatives à : l'érosion côtière (El Moumni *et al.*, 2002), l'évolution du trait de côte (Salim *et al.*, 2018 ; El Habti *et al.*, 2018 ; El Abdellaoui et Ozer, 2007 ; Snoussi et Long, 2002), la pollution due aux eaux usées industriels et domestiques (El Hatimi *et al.*, 2002 ; Mernissi Cherigui *et al.*, 2007), l'impact de la dynamique sédimentaire (Achab *et al.*, 2005 ; El Arrim *et al.*, 2003 ; El Arrim *et al.*, 2002), l'impact de l'élévation du niveau marin (Snoussi *et al.*, 2009).

Les spécificités de la zone côtière comme étant un espace complexe, rendent l'aménagement intégré difficile dans le contexte de la GIZC, faute d'une vision suffisamment globale du littoral (Le Guern *et al.*, 2014) et d'une connaissance approfondie de son fonctionnement et de son évolution (Gourmelon, 2003), qui sont

tributaires de facteurs physiques, socio-économiques et réglementaires qui interagissent à différentes échelles spatiotemporelles.

Partant de ce fait, de plus en plus complexe, ceux qui veulent étudier le fonctionnement et l'évolution de cet espace complexe, sont confrontés à la recherche, souvent difficile, et à la mise en commun des données de sources et de natures diverses, relatives au domaine du littoral (Georis-Creuseveau *et al.*, 2013 ; Gourmelon et Robin, 2005 ; Vallega, 2005) et à l'absence, dans les pays africains en développement adhérant au processus GIZC, d'informations géographiques dans certaines zones (Gourmelon *et al.*, 2010 ; Gourmelon *et al.*, 2006).

D'autres part, la complexité liée à l'établissement d'une base de données commune, cohérente et homogène sur la frange littorale, réside dans la multiplicité des acteurs qui interviennent sur ce territoire à des échelles diverses : administrations centrales de l'État, établissements publics, collectivités territoriales, observatoires, organisations non gouvernementales, secteur privé, communauté scientifique, etc.

À partir de ce constat, cette problématique montre tout l'intérêt du présent travail, qui est la mise en œuvre d'un SIG côtier, à caractère opérationnel visant à recueillir, gérer, traiter et diffuser une masse considérable de données multi-thèmes de natures et de sources diverses sur la zone côtière de la préfecture de Tanger-Assilah.

Les résultats obtenus se concrétisent par la mise en place d'une base de données géographiques structurées et géoréférencées intégrant toute l'information collectée sur la zone côtière de l'aire d'étude et le développement d'une interface Web ergonomique, en utilisant des technologies *Open Sources* pour la mise à disposition de ces informations intégrées aux intervenants sur cet espace côtier.

L'hypothèse qui sous-tend ce travail est que la mise à disposition d'une base d'informations géographiques (physiques, socio-économiques et réglementaires) sur le littoral, accessible et exploitable par les différents acteurs (autorités gouvernementales, élus et communauté scientifique, etc.) contribuerait à l'efficacité de la mise en œuvre de l'aménagement intégré de cet espace complexe.

2. Présentation de la zone d'étude

Le littoral de la préfecture de Tanger-Assilah, situé à l'extrême nord-ouest du Royaume du Maroc, appartient à la région de Tanger-Tétouan-Al Hoceïma. Il est limité au Nord par le détroit de Gibraltar et la Méditerranée, à l'Ouest par l'océan Atlantique, au Sud par la province de Larache et à l'Est par la province Fahs-Anjra et la province de Tétouan (DRTTA, 2017) (figure 1).

Le littoral de la préfecture de Tanger-Assilah présente deux morphologies différentes : sur la côte atlantique, le littoral est rectiligne avec de larges plages sableuses bordée par des dunes ; le long du détroit de Gibraltar, la côte est composée d'alternance de caps rocheux, de falaises et d'anses sableuses (DPDPM, 2013).

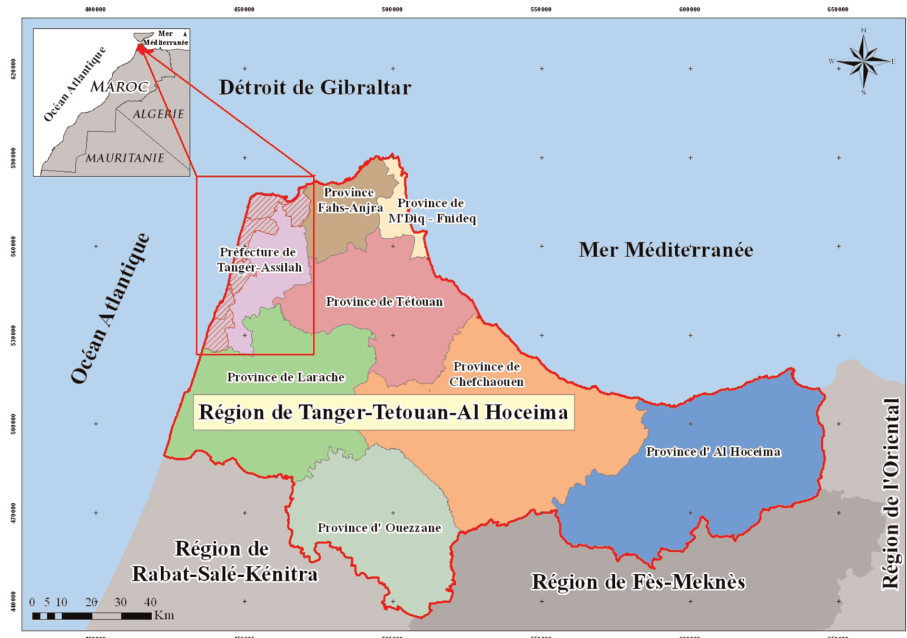


Figure 1. Position géographique de la zone d'étude

Le relief de la préfecture de Tanger-Assilah est composé de basses plaines et de collines prolongeant la chaîne du Rif occidental. Les principaux effleurements sont constitués des nappes des flyschs où les grès sont très présents dans les nappes de Beni Ider, Melloussa et les grès numidiens. Les vastes vallées et plaines alluviales littorales sont constituées par des terrasses fluviales, des glacis d'accumulation continentale et des dunes littorales sableuses (figure 2). Toutes les unités citées peuvent contenir un réservoir d'eau suffisant notamment dans le contexte climatique du Rif occidental qui varie entre le subhumide à humide. L'érosion hydrique sur les versants augmente le potentiel hydrique à l'aval par l'accumulation des apports solides dans les vallées et les plaines alluviales. En effet, ces vastes vallées et plaines alluviales du littoral de la préfecture de Tanger-Assilah sont très vulnérables. L'application SIG pour un aménagement intégré du littoral de la préfecture Tanger-Assilah doit regrouper des données fiables et précises sur ces zones vulnérables.

Grâce à ces deux façades maritimes, la préfecture de Tanger-Assilah se distingue par un climat humide à subhumide où les précipitations moyennes annuelles varient entre 650 mm à plus de 800 mm sur les reliefs environnants. Cette zone profite de l'humidité de l'air élevée assurée par ces façades maritimes. C'est désagréable pour la population mais elle limite l'évapotranspiration réelle (ETR) donc le déficit en eau.

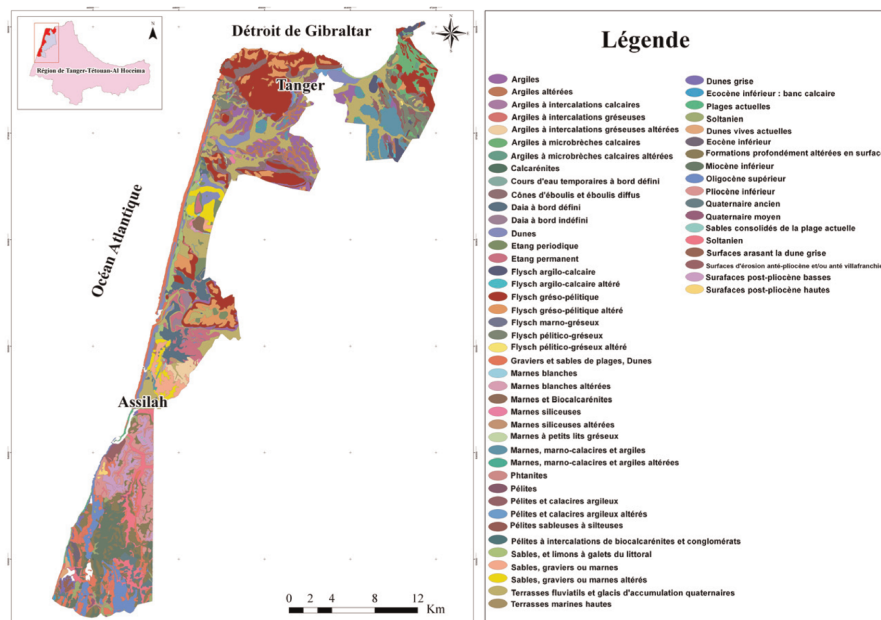


Figure 2. Carte géologique de la zone d'étude (modifiée), (Raïssouni, 2012)
(Numérisée à partir des cartes géologiques du Rif de Tanger-Al Manzla
et Assilah, échelle 1/50000)

3. Aspect juridique du littoral Marocain

Le dahir n° 1-15-87 du 16 juillet 2015 portant promulgation de la loi n° 81-12 relative au littoral qui est entrée en vigueur à compter de la date de sa publication au bulletin officiel n° 6404 du 15 Octobre 2015. Toutefois, avant l'entrée en vigueur de cette loi, il existait déjà des textes généraux et sectoriels en vigueur, ayant trait principalement ou accessoirement au littoral.

Parmi eux, on trouve :

- Dahir du 1^{er} juillet 1914 sur le domaine public ;
- Dahir du 30 novembre 1918 relatif aux occupations temporaires du domaine public ;
- Dahir du 2 novembre 1926 sur la police du domaine public maritime ;
- Dahir de 1973 relative à la pêche maritime ;
- Loi n° 11-03 relative à la protection et la mise en valeur de l'environnement ;
- Loi n° 12-03 relative aux études d'impact sur l'environnement ;
- Loi n° 12-90 relative à l'urbanisme ;

– Loi n° 11-03 relative à la protection et à la mise en valeur de l'environnement (articles 35 et 36).

Par ailleurs, cette loi s'inscrit parfaitement dans le cadre des objectifs de la loi cadre n° 99-12 portant Charte nationale de l'Environnement et du Développement durable. Elle fixe les principes fondamentaux de gestion intégrée du littoral en tant que processus de gestion transversale impliquant la prise en compte simultanée de différents intérêts dans le littoral dont en particulier la prise en compte systématique de l'environnement pour toutes les décisions affectant ce territoire fragile.

Ainsi, la présente loi, telle que définie par ces dispositions, vise-t-elle la réalisation des objectifs ci-après :

– la préservation des équilibres biologiques et écologiques, du patrimoine naturel et culturel, des sites historiques et archéologiques, des paysages naturels et la lutte contre l'érosion du littoral ;

– la prévention, la lutte et la réduction de la pollution et de la dégradation du littoral et la réhabilitation des zones et des sites pollués ou détériorés ;

– la planification à travers notamment un plan national du littoral et des schémas régionaux littoraux compatibles et en parfaite harmonie avec les documents d'aménagement du territoire ;

– l'implication des associations, du secteur privé et des collectivités territoriales concernées dans la prise des décisions relatives à la gestion du littoral ;

– la garantie de la gratuité et du libre accès au rivage de la mer ;

– la promotion d'une politique de recherche et d'innovation en vue de valoriser le littoral et ses ressources.

Par ailleurs, la loi donne une définition juridique du littoral qui intègre aussi bien la partie maritime que la partie terrestre. Cette même loi préconise une approche de gestion intégrée de ce milieu fragile, qui s'appuie sur la base de données scientifiques et qui prend en considération l'impact du changement climatique sur le littoral.

4. Méthodologie et matériels utilisés

La complexité des zones côtières rend leurs gestion et sauvegarde difficiles. Elles requièrent une information de bonne qualité et actualisée pour aider à prendre les bonnes décisions. Ceci donne une importance particulière à la gestion de l'information dans la prise de décision sur les zones côtières. Dans ce contexte, la réalisation d'un SIG côtier répondra parfaitement à ces besoins.

Pour réaliser le système d'information géographique côtier, nous avons développé dans un premier temps un schéma général théorique de mise en œuvre (figure 3). L'objectif de ce schéma est de proposer une démarche méthodologique complète,

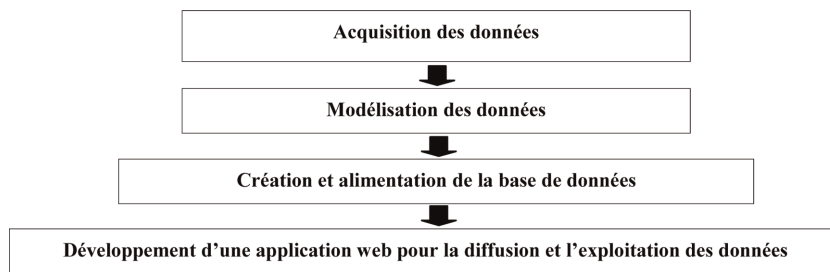


Figure 3. Schéma général théorique de mise en œuvre du SIG côtier

permettant d’aboutir à une base de données et à une application web pour la diffusion et l’exploitation des données.

L’acquisition des données constitue une étape primordiale pour l’élaboration d’un SIG. Néanmoins, elle passe, dans un premier temps, par l’identification des composantes liées au littoral (physiques, socio-économiques, réglementaires) (figure 4).

À l’intérieur de ces composantes, des données plus fines peuvent être définies, on distingue :

- des données inexistantes (réellement inexistantes ou support inadapté) ;
- des données existantes, mais non disponibles (statut juridique, confidentialité, etc) ;
- des données existantes et disponibles.

Ainsi dans ce travail on s’est appuyé sur des données existantes, disponibles et variées (support, échelle, résolution, etc.) (tableau 1).

La modélisation des données est essentielle au développement des bases de données, en particulier les bases de données des SIG. Elle joue un rôle incontournable pour la compréhension, perception, structuration, interprétation et manipulation des données.

Ainsi, on a élaboré un modèle conceptuel de la base de données (figure 5).

D’un point de vue conceptuel, ce modèle décrit donc les tables (composantes) liées à la thématique du littoral et leurs attributs ainsi que leurs relations les unes aux autres.

La base de données géographique a été créée en utilisant le logiciel ArcGIS 10 sous forme d’une géodatabase personnelle, dont le but est l’intégration de l’ensemble des données géométriques et alphanumériques – suivant un mode matriciel et vectoriel – relatives au modèle conceptuel élaboré.

La méthodologie utilisée est résumée dans la figure 6, elle comprend les étapes suivantes :

1) Préparation des données : Les documents en format papier ont été scannés avec une résolution de 600 dpi puis géoréférencés sous la plateforme ArcGIS 10. La

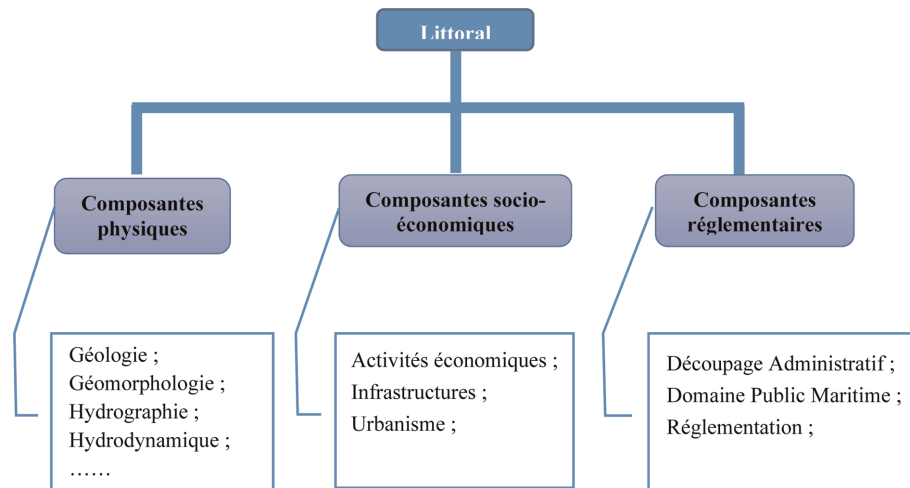


Figure 4. Composantes liées au littoral

projection suivante a été utilisée afin que toutes les couches de données puissent correctement être superposées (projection conique conforme de Lambert Nord Maroc. Zone I, Ellipsoïde de Clarke 1880, système géodésique Merchich) ;

- 2) Création de la base de données ;
- 3) Alimentation et création des données.

Enfin on a développé une interface web, pour exploiter et diffuser les données géographiques.

Le choix s'est porté sur l'utilisation des technologies *Open Sources* pour le développement de notre application web, car elles permettent non seulement l'accès libre à leur code source mais aussi sa redistribution, offrant ainsi la possibilité de développer librement des applications dérivées ou personnalisées afin de répondre à des besoins bien spécifiques, dont, notamment, les applications de *webmapping*. Compte tenu aussi de la richesse de la documentation disponible et du dynamisme de sa communauté de développeurs.

Dans le cadre de ce travail, on a utilisé le serveur cartographique « MapServer », qui est une plate-forme *Open Source* pour la publication de données spatiales et les applications de la cartographie interactive sur le web, et le framework « p.mapper », il s'agit là encore, d'un environnement de développement *Open Source* pour l'interfaçage d'applications de *webmapping* basées sur MapServer.

Les fonctionnalités de « p.mapper » sont nombreuses : échelles dynamiques, étiquetage, gestion de symboles et de nombreux formats vecteurs (dont les .shp) et raster (dont TIFF/GeoTIFF), fonctions de requête (identifier, sélectionner, rechercher), etc.

Tableau 1. Tableau des données utilisées

Type de données	Echelle/résolution	Support	Date
Cartes topographiques	1/25 000 1/50 000	papier	2005 1984, 1993
Photo aérienne	1/17 500	scan	1981
Orthophoto numérique	40 cm	numérique	2015
Carte géomorphologique	1/100 000	papier	1981
Carte géologique	1/50 000	scan	1966
Carte d'occupation des sols	–	numérique	2004
Découpage administrative	–	numérique	2015
MNT	30 m	numérique	–
Restitution photogrammétrique	½ 000	numérique	–

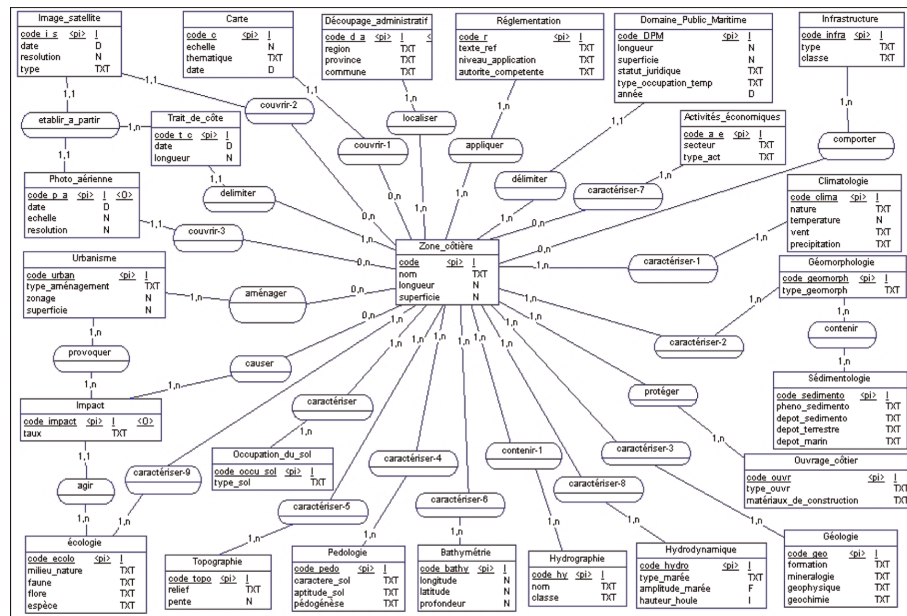


Figure 5. Modèle conceptuel de la base des données

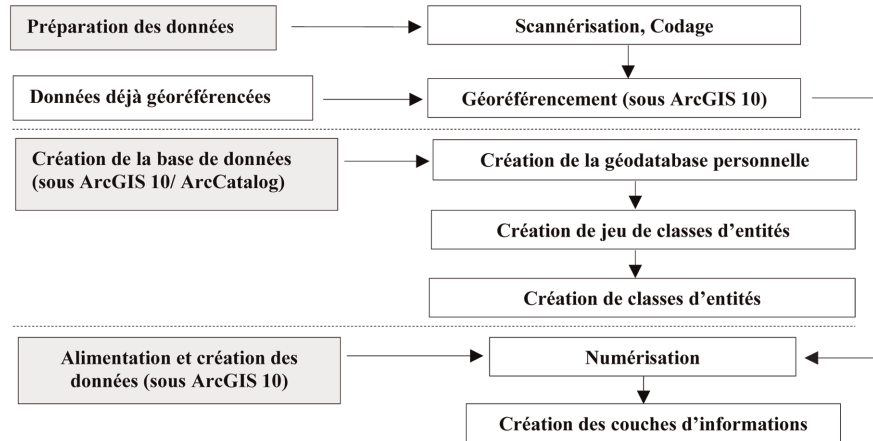


Figure 6. Méthodologie de l'élaboration de la base de données

5. Résultats et discussion

5.1. La base de données géographiques

Le développement d'un système d'informations géographiques appliqué aux zones côtières nécessite l'intégration d'un ensemble de données cartographiques et attributaires relatives à la thématique en question, au sein de la base de données pour optimiser l'analyse et l'interprétation.

Ainsi, on a créé une base de données géographiques (géodatabase) (figure 7) qui regroupe et stocke diverses couches d'information, multi-échelles et multi-dates, sous forme de table.

On distingue ainsi des couches d'informations de base qui décrivent les aspects physiques de l'espace côtier à savoir la géomorphologie, la géologie, l'occupation du sol, le réseau hydrographique, etc, et d'autres qui décrivent les aspects juridiques-administratifs et socio-économiques.

Pour l'élaboration de certaines couches d'informations, des contraintes liées à l'échelle et à la résolution des données de références s'imposent. Notamment dans le cas de la numérisation des traits de côte sur les photographies aériennes et les orthophotos, qui couvrent une partie de la zone d'étude.

Dans le cas des côtes sableuses, l'ados de plage s'avère être le plus fiable (Robin, 2002).

Ainsi en se basant sur des éléments de géomorphologie, par photo-interprétation et en utilisant la couche de géomorphologie, l'ados de plage et le haut des zones à falaise ont été pris comme trait de côte.

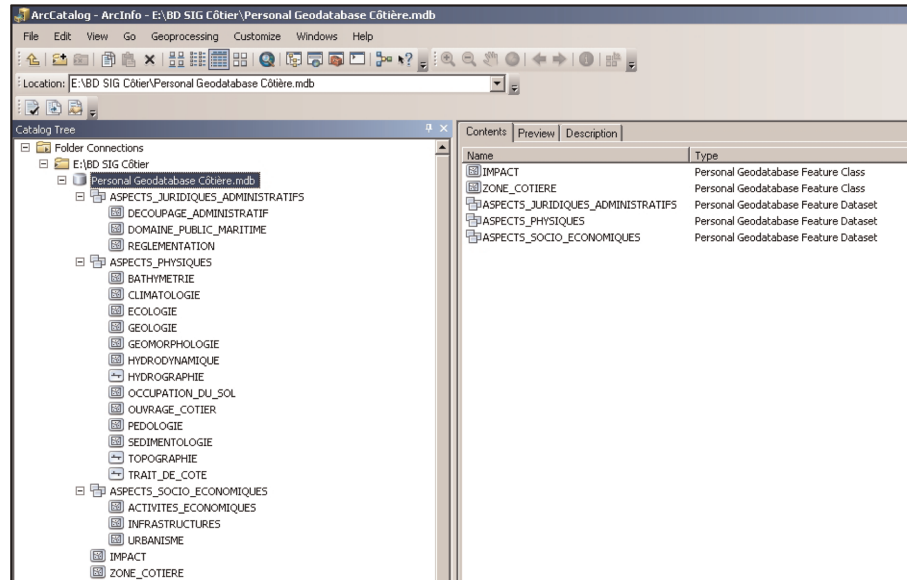


Figure 7. La base de données géographiques du SIG côtier

5.2. L'interface web du SIG côtier

La mise en œuvre d'une interface web du SIG côtier permet de visualiser et d'interroger des données acquises sur le littoral Tanger-Assilah, à savoir le découpage administratif (figure 8), la géomorphologie, la géologie, l'occupation du sol, le réseau hydrographique, les infrastructures, les orthophotos de la bande côtière, les données raster (modèle numérique de terrain (MNT)), les données sur le littoral (traits de côte (figure 9)), etc. Ci-joints quelques exemples d'interfaces élaborées.

L'interface WEB du système regroupe les fonctionnalités de base d'un SIG : visualisation, manipulation de données vectorielles et raster, navigation, zoom, déplacement, interrogation d'objet, gestion de l'échelle, outil de dessin, outil de mesure de surface et mesure de distance.

Des fonctionnalités avancées permettent d'effectuer des recherches sur les attributs des couches d'informations, avec la possibilité d'exporter le résultat sous format Excel, Texte et PDF (figure 10).

L'application web du SIG côtier est un outil de représentation graphique de l'information géographique. Il est dynamique et interactif parce qu'il adapte la forme et le nombre d'objets géographiques représentés à l'échelle de visualisation.

D'autres outils d'édition offrent des possibilités d'impression et d'enregistrement d'une carte en choisissant l'une des résolutions proposées et l'un des formats JPEG ou GeoTIFF (figure 10).

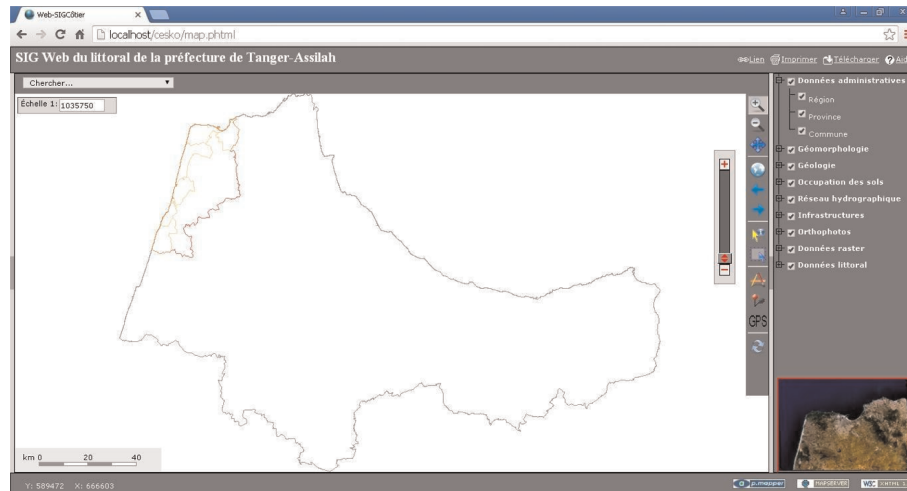


Figure 8. Interface du SIG côtier

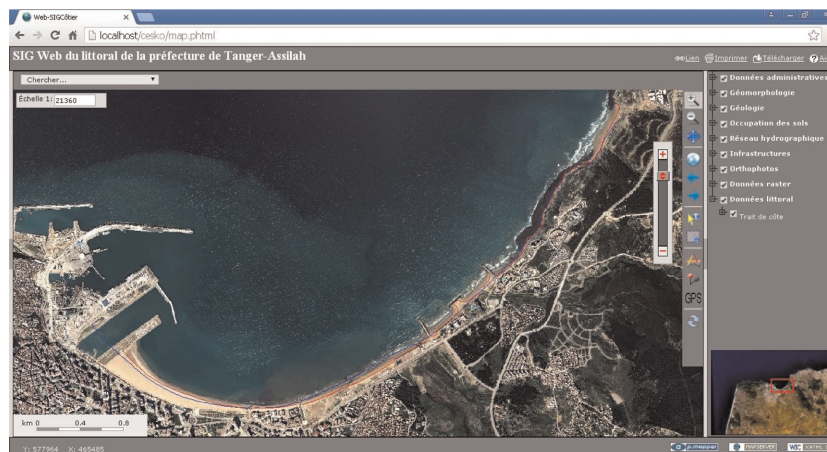


Figure 9. Extrait de visualisation de la superposition des traits de côte sur une orthophoto

L'élaboration d'un SIG du littoral de la préfecture de Tanger-Assilah à travers la création d'une base de données géographique et le développement d'une interface web, revêt des avantages indéniables en termes d'économie d'échelle et de temps grâce à des données multi-échelles et multi-dates centralisées, permettant ainsi la reconnaissance de l'espace littoral comme « numérique ».

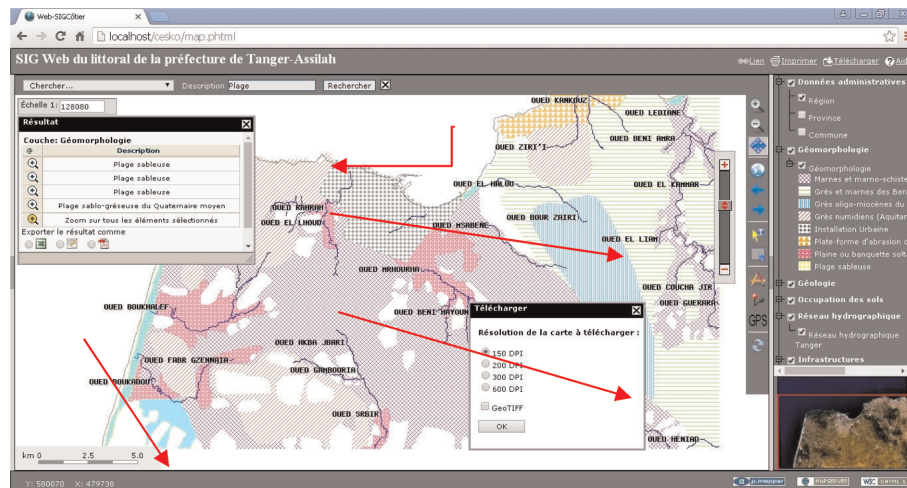


Figure 10. Extrait de l'interface du résultat d'une recherche dans une couche (géomorphologie)

Parmi les informations indispensables à la mise en œuvre de la GIZC, l'information géographique structurée au sein du SIG tient une place centrale (Georis-Creuseveau *et al.*, 2015 ; Gourmelon et Robin, 2005).

Néanmoins, des contraintes d'analyse et d'interprétation peuvent être soulevées pour les couches d'informations élaborées, pour ce travail, à partir des données collectées (telles que les cartes) ou acquises (telles que les photographies aériennes) à petite échelle, qui couvrent un plus grand territoire et ne peuvent en aucun cas être le reflet des particularités locales, et celles réalisées à grande échelle, qui représentent un petit espace. Ce problème est partiellement résolu par la possibilité d'acquisition des données à haute résolution, compte tenu du coût élevé et des traitements à prévoir.

Si certaines données sont directement accessibles, pour la plupart des couches, leur acquisition dépend de nombreux acteurs : administrations centrales et services déconcentrés de l'État, collectivités territoriales, agences urbaines, observatoires, laboratoires de recherche, etc. La récupération de données SIG auprès de ces acteurs et leur exploitation font souvent l'objet d'une convention.

Au niveau national, l'Observatoire national de l'Environnement et du Développement durable (ONEDD), est l'organisme étatique chargé de mettre à disposition les informations sur l'environnement et le développement durable. Ses missions sont entre autres de mettre en place et de gérer les systèmes d'information sur l'environnement et le développement durable aux niveaux national et régional et de suivre l'élaboration et l'actualisation des bases de données thématiques.

Parmi les différentes bases de données thématiques, disponibles au sein de l'ONEDD, on trouve celles relatives au littoral (ONEM, 2013) :

- Base de données sur les résultats des campagnes d'analyses microbiologiques des eaux de baignade ;
- Base de données sur l'évaluation de la pollution terrestre véhiculant vers la mer méditerranéenne ;
- Base de données sur l'occupation du sol du littoral marocain.

Ces bases de données sont disponibles pour l'exploitation, la plupart sont partiellement actualisées ou requièrent une actualisation (ONEM, 2013). Dans le cadre de la recherche scientifique, les bases ne sont obtenues qu'au moyen d'une convention d'échange de données (Mellas *et al.*, 2012), on cite l'exemple de la base de données sur l'occupation du sol du littoral marocain (MedGeobase), créée dans le cadre d'un projet en 1997, par le département de l'Environnement marocain en collaboration avec l'Union européenne et la Banque mondiale, cette base a été produite à l'échelle du 1/100 000, elle couvre une superficie de 91 700 km², de la frontière algérienne, à l'Est, jusqu'à Agadir, au Sud, sur une bande littorale de 60 km de large. (Mellas *et al.*, 2012).

Ainsi, même si les conditions institutionnelles, professionnelles, matérielles et la disponibilité partielle de certaines informations numériques relatives à un territoire côtier, semblent être actuellement réunies pour garantir, au moins à moyen terme, la mise en place des SIG côtiers, le principal frein à son développement est la non-actualisation des données, résultant de l'absence de suivis à long terme et de recherches actives (Pennober *et al.*, 2005), comme c'est le cas dans de nombreux pays africains (Hastings et Clark, 1991).

Les données intégrées dans notre SIG nécessitent d'être finalisées, avec la vérification des données et des champs renseignés, avec les différentes catégories d'acteurs qui interviennent dans la gestion de cet espace. En effet, la mise en place d'un SIG nécessite aussi le développement de standards concernant les typologies, les référentiels géographiques, les métadonnées, qui garantissent non seulement la conformité des bases d'information développées mais aussi la compatibilité de l'information entre les utilisateurs (Gourmelon *et al.*, 2006).

Parmi ces démarches, la directive INSPIRE 2007/2/CE vise à établir une infrastructure de données géographiques (IDG) dans la Communauté européenne en s'appuyant sur des infrastructures interopérables mises en place par les États membres. Son objectif est de pallier les problèmes de disponibilité, de qualité, d'organisation, d'accessibilité et de partage de l'information géographique, essentielle à la politique communautaire environnementale (Georis-Creuseveau *et al.*, 2015).

En se référant à l'expérience européenne dans ce domaine, il existe plusieurs initiatives spécifiques telles que le SiCoast de la région de Ligurie en Italie, mis en œuvre par le département de la planification de la région de la Ligurie et l'Agence régionale pour la protection de l'environnement ligurien en collaboration avec l'université de Gênes (Département : Dip.Te.Ris), dans le cadre du projet européen Interreg IIIC Beachmed-e (Artom *et al.*, 2008 ; Lamanna, 2008). Le Sicoast a pour objectif de rassembler et publier des informations, sur les aspects physiques du littoral et

sur les aspects administratifs et réglementaires des municipalités côtières de la région de Ligurie, utiles pour la planification et la gestion intégrée de la zone côtière.

On cite aussi le Géolittoral en France, dont le but est de donner accès aux informations et de rassembler les connaissances sur le littoral national en capitalisant l'information disponible (Georis-Creuseveau *et al.*, 2015). Le portail diffuse notamment les données géographiques produites dans le cadre de l'accomplissement des politiques publiques portées par le ministère en charge de l'Environnement et de la Mer et a vocation à couvrir la totalité des espaces maritimes et littoraux français.

On peut espérer que ce type de travail, favorise la réflexion autour de la production d'informations géographiques de référence actualisées sur le littoral et le fait de s'approprier le SIG et de le faire perdurer comme outil d'aide à la décision pour l'aménagement intégré dans un contexte GIZC.

6. Conclusion

La zone côtière est un espace extrêmement complexe dont le fonctionnement et l'évolution sont conditionnés par de multiples paramètres naturels et anthropiques qui interagissent à différentes échelles spatiotemporelles. Une telle complexité ne peut se gérer que par le biais d'outils adaptés, capables de prendre en compte une multitude de paramètres variables dans l'espace et le temps.

La mise en place du système d'information géographique côtier a montré l'intérêt du SIG comme outil important pour faire émerger une représentation plus synthétique et utilisable des différents aspects physiques, socio-économiques et juridiques-administratifs qui interagissent à différentes échelles spatiotemporelles, dans l'espace littoral. Il est en mesure de transférer son expérience à l'échelle de la région nord occidentale du Maroc, pour l'aide à la prise de décision par les différents acteurs (autorités gouvernementales, élus, communauté scientifique, etc) de l'aménagement du littoral.

La mise en œuvre de l'application SIG et son alimentation par les données fiables, permettent l'acquisition des informations crédibles à la gestion rationnelle et à l'aménagement intégré du littoral de la préfecture Tanger-Assilah qui évolue très rapidement. Seules les nouvelles technologies permettent de faire face à de telles modifications rapides.

Bibliographie

- Artom C., Balduzzi I., Lamanna S. (2008). Il Censimento delle opere costiere della Regione Liguria. In: *12^e Conferenza Nazionale ASITA. L'Aquila (AQ)*, 21-24 ottobre. vol. 12, n° I, p. 165-170.
- Achab M., El Moumni B., El Arrim A., Gutierrez Mas J.M. (2005). *Répartition des faciès sédimentaires récents en milieu marin côtier : exemple des baies de Tanger (NW-Maroc) et de Cadix (SW-Espagne)*. Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Terre, n° 27, p. 55-63.

- Burbridge P., Humphrey S. (1999). On the integration of science and management in coastal management research. *Journal of Coastal Conservation*, n° 5, p. 103-104.
- Conseil de l'Europe. (1999). Modèle de loi sur la gestion durable des zones côtières. *Sauvegarde de la nature*, n° 101, Éditions du Conseil de l'Europe, Strasbourg, p. 13.
- Cicin-Sain B., Knecht R.W. (1998). *Integrated Coastal and Ocean Management: Concepts and Practices*. Island Press, Washington DC.
- DRTTA (2017). Direction régionale Tanger-Tétouan-Al Hoceïma. *Monographie Préfectorale de Tanger*. Rapport du Haut Commissariat au Plan.
- DPDPM (2013). Direction des Ports et du Domaine public maritime, ministère de l'Équipement et du Transport. *Annuaire des côtes marocaines*.
- DRTT (2008). Direction régionale de Tanger-Tétouan, *Monographie de la Région Tanger-Tétouan*. Rapport du Haut Commissariat au Plan du Maroc.
- El Abdellaoui J.E., Ozer A. (2007). Étude diachronique et historique de l'évolution du trait de côte de la baie de Tanger (Maroc). *Revue Télédétection*, vol. 7, n° 1-4, p. 157-171.
- El Arrim A., Maatouk M., El Moumni B., Afailal-Tribak A., El Khachani H. (2003). Le littoral de la baie de Tanger (Rif Nord Occidental-Maroc): sédimentologie, géochimie et impact de la dynamique sédimentaire. *Trav. Inst. Sci. Rabat, sér. Géol. & Géogr. Phys.*, vol. 21, p. 215-223.
- El Arrim A., Maatouk M., El Hatimi I., Afailal-Tribak A., El Moumni B. (2002). Les sédiments superficiels de la baie de Tanger (Maroc): nature et origine. *Afr. Geosci. Rev.*, vol. 9, p. 245-253.
- El Habti M.Y., Zayoun A., Raïssouni A., El Arrim A. (2018). *Modélisation et simulation numérique de la cinématique du trait de côte au niveau du littoral atlantique marocain*. Actes du Colloque International sur les risques naturels et l'aménagement du territoire. Oujda 9 et 10 novembre 2018 (Article accepté pour publication).
- El Hatimi I., Achab M., El Moumni B. (2002). Impact des émissaires et canalisation sur l'environnement de la baie de Tanger (Maroc) : approche géochimique. *Bulletin de l'Institut scientifique, Rabat, section Sciences de la Terre*, n° 24, p. 49-58.
- El Moumni B., El Arrim A., Maatouk M., El Hatimi I., Wahbi M., Tribak A.A. (2002). Erosion de la baie de Tanger. Erosion littorale en Méditerranée occidentale : dynamique, diagnostic et remèdes. *CIESM Workshop Series*, n° 18.
- Georis-Creuseveau J., Gourmelon F., Claramunt C. (2015). Infrastructures de données géographiques : quelle contribution à la Gestion intégrée des zones côtières françaises ? *[VertigO] La revue électronique en sciences de l'environnement*, vol. 15, n° 1.
- Georis-Creuseveau J., Gourmelon F., Claramunt C., Maulpoix A., Marechal C., Böhm A. (2013). Usages des Infrastructures de Données Géographiques par les acteurs côtiers publics français. *Séminaire M@rsouin*, May, St Malo, France, p. 1-10.
- Gourmelon F., Robin M., Maanan M., Georis-Creuseveau J., Pennober G., Simao Da Silva A., Fattal P., Zourarah B., Affian K., Hauhouaut C. (2010). Geographic Information System for Integrated Coastal Zone Management in Developing countries: cases studies in Mauritania, Côte d'Ivoire, Guinea-Bissau and Morocco. *Geomatic solutions for Coastal Environments*, Maanan M., and Robin M, Nova Science Publishers, New York, USA, p. 347-359.

- Gourmelon F., Robin M., Georis-Creuseveau J., Pennober G., Simao da Silva A., Affian K., Hauhouaut C., Pottier P. (2006). *Contraintes d'utilisation des Technologies de l'Information Géographique pour la GIZC en Afrique*. Vertigo, Paris : Avancées cinématographiques, vol. 7, n° 3, p. 1-14.
- Gourmelon F., Robin M. (2005). *SIG et littoral*. Hermès, Paris.
- Gourmelon F. (2003). *La contribution des SIG à la connaissance et à la gestion de l'environnement littoral*, HDR, Thèse de Géographie, Université de Bretagne Occidentale, Laboratoire Géomer (UMR 6554, CNRS).
- Hastings D.A., Clark D.M. (1991). GIS in Africa: problems, challenges and opportunities for co-operation. *International Journal of Geographical Information Systems*, vol. 5, n° 1, p. 29-39.
- Le Guern C., Baudouin V., Robin M., Fattal P., Conil P., Juigner M., Debaine F., Maanan M., Rollier C., Gouguet L., Bouchet F., Magne J., Robin J.-G. (2014). Un SIG pour appuyer la gestion durable du littoral : exemple de l'érosion en Pays de Monts (Vendée, France). *XIII^e Journées Nationales Génie Côtier - Génie Civil*, Dunkerque.
- Lozachmeur O. (2009). Rappel des principes de la "gestion intégrée des zones côtières" et des axes de la Recommandation du 30 Mai 2002, [*VertigO*] *La revue électronique en sciences de l'environnement*, Hors-série n° 5.
- Lamanna S. (2008). Il Sistema Informativo Geografico della costa e il censimento delle opere costiere della Regione Liguria. *Lo studio e la rappresentazione della costa ligure nel progetto europeo BEACHMED-e. Regione Liguria, BEACHMED-e*, Artom C. (Ed.), Genova, p. 113-119.
- Mellas S., Leone F., Omira R., Gherardi M., Baptista M-A., Zourarah B., Péroche M., Lagahé É. (2012). Le risque tsunamique au Maroc : modélisation et évaluation au moyen d'un premier jeu d'indicateurs d'exposition du littoral atlantique. *Physio-Géo*, vol. 6-1, p. 119-139.
- Memissi Cherigui H., Le Palec G., Draoui A., Bournot P. (2007). Modélisation de la propagation des eaux usées dans la baie de Tanger. *13^e Journées Internationales de Thermique*, Albi, France.
- Nakhli S., Ghazi A. (2008). Quels outils pour un développement durable des zones côtières marocaines. *Actes du Colloque International "Le littoral: subir, dire, agir"*, Lille, France, p. 1-7.
- Observatoire national de l'environnement du Maroc (ONEM). (2013). *Vers un système de partage d'informations sur l'environnement « SEIS »*. Rapport pays SEIS Maroc. vol. 1.1, p. 24-25.
- Pennober G., Giraudet E., Giraudet J., Madec-Cuq V., Gourmelon F., Da Silva A.A., Campredon P. (2005). *Planification côtière en Afrique de l'Ouest : retour d'expérience en Guinée-Bissau*. Norois 196, p. 67-79.
- Raïssouni A. (2012). *Modélisation et cartographie de la sensibilité et de l'aléa d'érosion des sols à l'échelle régionale par USLE et SIG (Rif Nord occidental, Maroc)*. Thèse de Doctorat, Université Abdelmalek Essaâdi, Faculté des Sciences et Techniques, Tanger, Maroc.
- 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* [En ligne], 196 | 2005/3.

- Robin M. (2002). Télédétection et modélisation du trait de côte et de sa cinématique. *Le littoral : regards, pratiques et savoirs*. Éditions Rue d'Ulm /Presses de l'École normale supérieure, Paris.
- Salim F.Z., El Habti M.Y., Ben Hamman L-H.K., Raissouni A., El Arrim A. (2018). Application of a Geomatics Approach for the Diachronic Study of the Mediterranean Coastline Case of Tangier Bay. *International Journal of Geosciences*, vol. 9, p. 320-336.
- Snoussi M., Ouchani T., Khouakhi A., Niang-Diop I. (2009). Impacts of Sea-level rise on the Moroccan coastal zone: quantifying coastal erosion and flooding of the Tangier Bay. *Geomorphology*, vol. 107, n° 1-2, p. 32-40.
- Snoussi M., Long B. (2002). Historique de l'évolution de la baie de Tanger et tentatives de réhabilitation. *Erosion littorale en Méditerranée occidentale z : dynamique, diagnostic et remèdes. CIESM Workshop Series*, n° 18.
- Vallega A. (2005). From Rio to Johannesburg : The role of coastal GIS. *Ocean and coastal Management*, vol. 48, n° 7/8, p. 588-618.