

La gestion des crues et inondations dans la région Tadla-Azilal (Maroc) : cas de Beni Mellal

Y. EL KHALKI¹, Aude Nuscia TAÏBI^{2,*}, A. BENYOUCEF³,
M. EL HANNANI⁴, A. HAFID⁵, M. MAYOUSSI⁶, A. ZMOU⁷,
R. RAGALA⁸, H. GEROYANNIS⁸

¹ Faculté des Lettres et des Sciences Humaines, département de Géographie, Beni Mellal.

² Laboratoire CARTA, département de Géographie, Université d'Angers.

³ Faculté des Sciences et Techniques, Beni Mellal.

⁴ Laboratoire CARTA, département de Géographie, Université d'Angers.

⁵ Faculté des Lettres et des Sciences Humaines, département de Géographie, Beni Mellal.

⁶ Faculté des Lettres et des Sciences Humaines, département de Géographie, Beni Mellal.

⁷ LATES du CAMS, EHESS, Paris

Email: nucia.taibi@univ-angers.fr

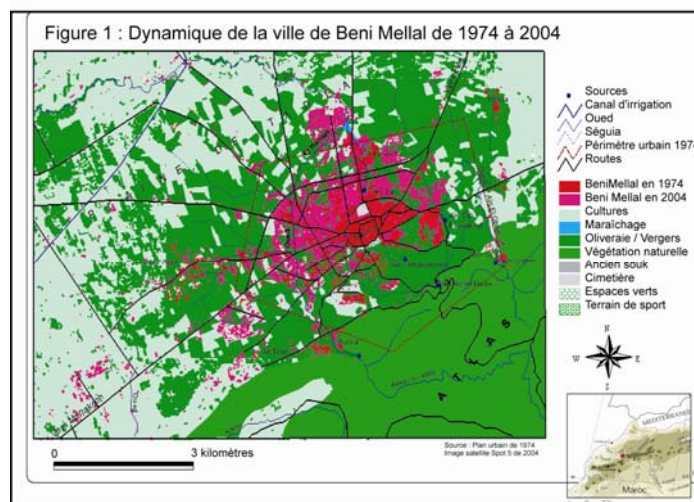
Abstract

The anarchic urbanisation of Beni Mellal in Morocco is submitting the town to drastic environmental and management problems. The important urban growing associated with degradation processes of soils and vegetation in the Atlas is leading to flooding risks, karstic collapse, sanitary risks and varied pollutions.

Mots clés : *urbanisation anarchique, inondations et crues brutales, effondrement karstique, Maroc.*

Introduction

La région de Tadla-Azilal comme la plupart des régions du Maroc, est confrontée à une urbanisation croissante mal maîtrisée (Abouhani, 2002 ; Zmou, 2006). Ce processus associé à un actif mitage rural au détriment des périmètres irrigués de la plaine du Tadla, génère à Beni Mellal de nouveaux risques et en exacerbe d'autres déjà actifs. Le site et la situation de la ville de Beni Mellal, capitale régionale localisée sur le dir septentrional du Moyen Atlas (fig 1), favorisent particulièrement les risques de crues brutales et d'inondations, les effondrements karstiques, ainsi que la pollution et les risques sanitaires, qui affectent les nouveaux et les anciens quartiers.



Une double approche naturaliste et de géomatique permet de cartographier ces risques ainsi que leurs facteurs déclenchants et/ou aggravants. Ainsi, la confrontation sous un SIG de suivis diachroniques à

partir d'images satellites de l'extension des centres urbains au détriment des vergers et des cultures, avec l'évolution du couvert végétal des bassins versants des oueds Sabek, Aïn El Ghazi, El Handak et Kikou qui débouchent sur la ville de Beni Mellal, permet de mettre en évidence ces éléments de risque. Les « catastrophes » que subissent fréquemment ces zones viennent régulièrement le confirmer.

Méthodologie et outils

La méthode adoptée dans ce travail associe une double approche de géomatique (télédétection et SIG) et de terrain. Le suivi de la dynamique urbaine de Beni Mellal a été réalisé grâce à une série d'images satellites ; Landsat MSS de 1974, Spot 2 HRV de 1993 et Spot 5 HRVIR de 2004. Les traitements par analyses en composantes principales, indices de minéralisation ($R^2 + PIR^2$), indices de végétation (TSAVI ($a(PIR-a)(R-b) / R+a.PIR-a.b^1$)) de Barret *et alii*, 1989), compositions colorées et classifications, ont permis de localiser les zones d'extension urbaine et de définir une typologie des quartiers.

Des enquêtes de terrain ont porté sur les effondrements karstiques auprès des populations des quartiers de Beni Mellal concernés et des organismes publics en charge de lutter contre les différents risques et d'aménager le territoire régional. Des caractérisations de terrain après deux épisodes de crues suivies d'inondations, ainsi que la spatialisation des dégâts occasionnés, ont également été réalisés les 26 novembre 2002 et 11 décembre 2003.

Une carte d'occupation du sol a été élaborée à l'aide d'une classification supervisée utilisant la méthode du maximum de vraisemblance, et validée grâce à des sorties de terrain.

Enfin, l'intégration, encore en cours, de toutes les informations collectées et générées par les traitements d'images dans un environnement SIG (Arc View) a pour objectif de définir des degrés de risque à différentes échelles régionale, locale et par quartier en vue de saisir la dynamique spatiale de la ville de Beni Mellal et de son espace agricole.

Un contexte de croissance urbaine très forte et souvent non contrôlée

La ville de Beni Mellal, véritable capitale de la région Tadla-Azilal, a connu une extension spectaculaire au cours du vingtième siècle. Longtemps restée une petite ville relais et de contrôle de la route de Fez à Marrakech, sa population a été multipliée par 36 de 1920 à 2004 passant de 4 500 à 163 283 habitants. Cette croissance a été particulièrement rapide durant les quatre dernières décennies, de 1964 à 2006 en liaison avec un fort exode rural depuis l'Atlas.

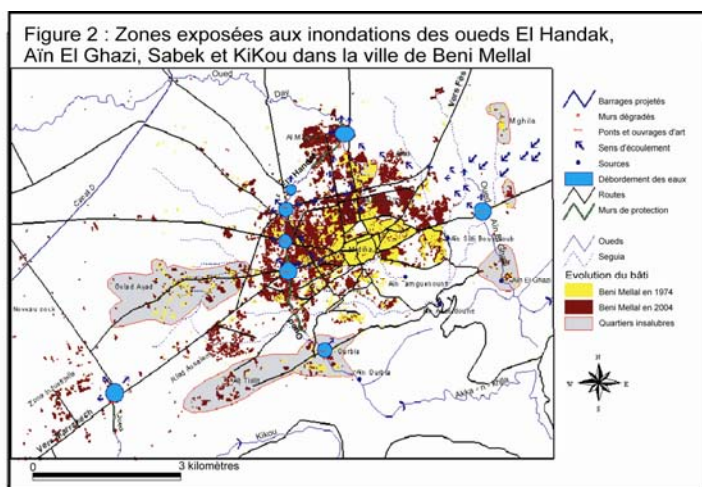
Les aménagements hydro-agricoles de la plaine de Tadla à partir des années 30 (périmètre irrigué de Beni Amir, Barrage de Kasbat Zidania sur l'Oum Er Rbia) puis des années 50 (barrage de Bin El Ouidane sur l'oued El Abid et périmètre de Beni Moussa) ont été les premiers éléments moteur qui ont amorcé l'attractivité de la ville de Beni Mellal. Cet exode rural a été accentué par les sécheresses subies par le Maroc durant les années 80 et 90, ainsi que par les difficultés à maintenir l'agriculture et l'élevage dans les zones montagneuses et périphériques du périmètre irrigué du Tadla. En 1994, 30,5 % de la population de la ville de Beni-Mellal était ainsi issue de l'immigration (SDAU, 1994). L'espace bâti a connu un essor concomitant passant de 35 ha en 1920 à 1 100 ha en 1998 (fig 1) au détriment des terres agricoles en périphérie de la ville.

Aujourd'hui, 13,65 ha de terres agricoles (surtout oliviers) sont consommées en moyenne chaque année par l'urbanisation, le long de fronts urbains se développant vers le nord, l'ouest et le sud-ouest. Ce sont plus de 30 quartiers spontanés qui ont ainsi vu le jour à Beni Mellal dans la deuxième moitié du XXe siècle. Ces quartiers se sont développés plus particulièrement au nord à Boulgroun et Bouchrit, quartiers spontanés, et Qsar Aghzafat et douar Lalla Aïcha, quartiers précaires (fig 1). L'habitat spontané ou informel, non réglementé ou illégal, est construit en dur, ce qui le distingue de l'habitat précaire, même s'il y a dans les deux cas une absence de procédure légale dans l'acte de construire et souvent, en plus, dans celui d'occuper le terrain et de le subdiviser (Chaline, 1996). L'habitat précaire prend en plus une dimension plus socio-économique. Il est fréquent que ces quartiers spontanés passent au statut de type économique après leur réhabilitation et leur équipement suite à leur légalisation *a posteriori* par l'Etat. Le phénomène est actuellement particulièrement

¹ PIR = canal du proche infra rouge, R = rouge, a = valeur de la pente de la droite des sols et b = valeur de l'interception de la droite des sols.

marqué dans les quartiers périphériques d'Ourbia, de Oulad Ayad et de Mghila (fig 1) et dominé essentiellement par de l'habitat spontané.

La réserve foncière publique étant très réduite à Beni Mellal, et face à la demande croissante de logements, la part de l'habitat spontané et précaire y représentait près de 20% du parc de logement en 1994 (SDAU 1996). Ce processus d'urbanisation anarchique se traduit par une destructuration du tissu urbain et la défiguration des paysages urbains et agricoles. L'agglomération éclatée s'étend démesurément, rendant très rapidement obsolètes les SDAU (1978, 1994) et plan urbain (1974, 2004), parfois avant même leur mise en œuvre. Ces nouveaux quartiers, et certains relativement anciens, légaux ou non, se sont implantés notamment dans les zones inondables des oueds atlasiques ou dans des sites insalubres comme en aval de la décharge publique (fig 2).



Un accroissement du risque inondation

Le piémont nord du Moyen Atlas a toujours été soumis aux inondations brutales, du fait des nombreux oueds à bassin versants atlasiques qui y débouchent. La ville de Beni Mellal et sa périphérie traversées par les oueds Sabek, Aïn El Ghazi, El Handak et Kikou ont ainsi toujours été soumises à leurs crues éclair (flash-floods) caractérisées par une montée et une décrue rapides. Mais ces risques hydrologiques ont été démultipliés avec le développement de nouveaux quartiers au débouché de ces oueds et l'aménagement de leur lit majeur dans la ville et ses extensions récentes, accroissant la vulnérabilité. S'ils touchent principalement les quartiers spontanés et précaires illégaux du nord de la ville (Qsar Aghzafat, Boulgroun, Douar Lalla Aïcha et Bouchrit), ils concernent également les quartiers d'habitat économique d'El Massira par exemple ou les quartiers de villas d'Adarissa à l'ouest (fig 2). Il est vrai que les quartiers d'habitat économique correspondent parfois à d'anciens quartiers précaires qui ont été réhabilités.

Les quartiers Atlas, Lalla Aïcha et Mghila, implantés dans la zone inondable de l'oued Aïn El Ghazi se localisent également en aval de la décharge publique à ciel ouvert de Beni Mellal générant des risques sanitaires au moment des crues de l'oued.

La ville connaît aujourd'hui des crues quasiment tous les ans, en général en décembre (1990, 1993, 1996, 1997, 2000, 2003) ou novembre (2002), provoquant des inondations en 1996, 2002 et 2003.

L'examen de deux crues de l'oued El Handak, le plus important, associées à des inondations à Beni Mellal (25 novembre 2002 et 10 décembre 2003) ont permis de mettre en évidence leurs conditions de genèse, en amont et en aval. Ces deux épisodes sont en effet parfaitement illustratifs de l'étroite imbrication des facteurs physiques et humains. Cette analyse reste incomplète en raison de l'absence de station hydrométrique sur les oueds concernés et de données sur les intensités des précipitations à pas de temps suffisamment fin.

L'énergie du relief, avec des dénivelés dépassant les 1 500 m en amont de Beni Mellal, des pentes fortes entre 40 et 80 %, la présence de marnes sur une partie des bassins versants assez étendus des oueds Sabek (26 km²), Aïn El Ghazi (14 km²), El Handak (31,1 km²) et Kikou (63,7 km²), ainsi que le climat de type méditerranéen à tendance aride continentale, constituent des facteurs favorables à la

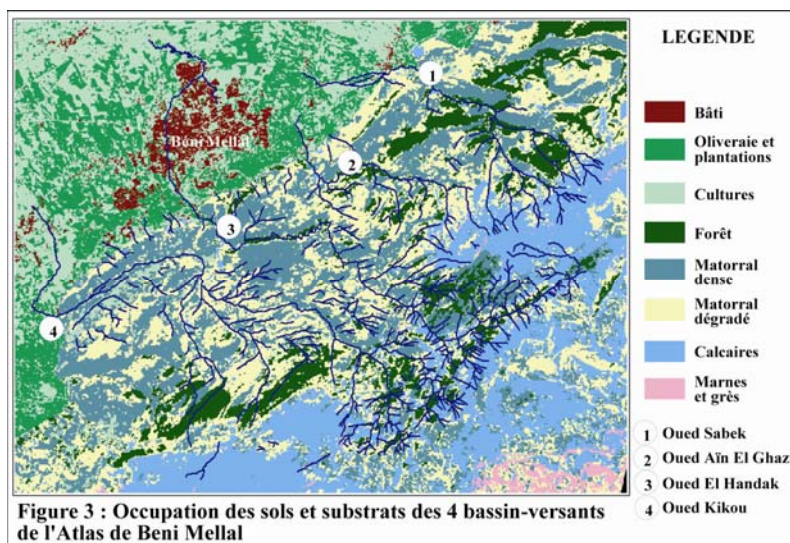
genèse de ces crues violentes. L'Atlas de Beni Mellal relativement bien arrosé (750 mm à El Ksiba à 1050 m d'altitude et 436 mm à Beni Mellal à 537 m d'altitude) appartient en majorité aux étages bioclimatiques subhumides (montagne) et semi-arides (dir) avec de fortes irrégularités interannuelles. Les deux épisodes de crue de novembre 2002 et décembre 2003 ont été préparés par des précipitations abondantes les mois et jours précédents (En 2003, 110 mm à Beni Mellal en novembre et 35 mm le 9 décembre. En 2002, 34,6 mm le 24 novembre à Beni Mellal et 51,5mm à Taghzirt (566 m d'altitude) après de fortes pluies du 14 au 20 octobre, notamment 91,5 mm à Beni Mellal le 14 novembre). Ces précipitations ont généré des crues violentes, avec 33 m³/s par exemple dans l'oued Handak le 10 décembre 2003 en aval du premier point de débordement dans la ville de Beni Mellal (estimation par la méthode du flotteur), et des dégâts importants (arbres arrachés, pont détruit dans le quartier d'Ourbia, inondation de plusieurs caves, etc.).

Si ces épisodes pluvieux sont importants, ils restent somme toute assez modestes lorsqu'on les compare à ceux de la période 1975-2003 en termes de volume pluviométrique. Ainsi, le mois de novembre 2002 ne se place à Beni Mellal qu'au deuxième rang sur cette période avec 192 mm de pluie contre 210,4 mm en mars 1991 par exemple (aucune inondation, ni crue). Ce même mois de novembre, les 96.8 mm à El Ksiba en amont de Beni Mellal dans l'Atlas, apparaissent bien faibles comparés aux 447.6 mm mesurés en janvier 1996 par exemple. En décembre 2003, ce volume pluviométrique était encore plus faible avec 107.1 mm à Beni Mellal. Même les précipitations journalières apparaissent en définitives faibles pour ces épisodes, avec 34.6 mm le 24 novembre 2002 et 28.8 mm et 11.1 mm les 9 et 10 décembre 2003, alors qu'elles ont dépassé à quatorze reprise les 40 mm durant la période 1990 à 2003.

Mais c'est également l'aléa crue qui a augmenté avec la dégradation du couvert végétal des quatre bassins versants. En effet, bien qu'il existe encore par endroit des futaies bien conservées de chênes verts (*Quercus rotundifolia*) (El Khalki et Hafid, 2002), on observe en règle générale plutôt un matorral dégradé de chênes verts (fig 3) mêlés de lentisques (*Pistacia lentiscus*), de palmiers nains (*Chamaerops humulis*) et d'oléastres (*Olea europea*).

Le suivi diachronique des indices de végétation montre que cette dégradation touche particulièrement les bassins versants des oueds Sabek, Aïn El Ghazi, El Handak et Kikou.

La gestion agro-pastorale du milieu (élevage extensif ovin-caprin dominant avec une charge pastorale très forte en été en montagne), associée au déficit des précipitations au cours des dernières décennies, le piétinement des sols par les troupeaux, ainsi que l'extension des zones de culture en montagne, ont favorisé cette dégradation du couvert végétal. Cette évolution se traduit par des réponses hydrologiques plus brutales, notamment en automne, saison qui connaît les précipitations les plus intenses, mais aussi par une forte érosion des sols, conséquence du développement du ruissellement superficiel sur les versants.



Le facteur humain prend donc une part importante en amont dans les conditions offertes aux processus hydrologiques. Le risque d'inondation qui se manifeste à Beni Mellal est encore démultiplié par d'autres facteurs anthropiques en aval, dans la ville même. C'est donc non seulement la construction en zone inondable qui est en cause, mais également les aménagements réalisés sur le lit des oueds même, comme les ponts (fig 2), pour la plupart d'une hauteur sous dimensionnée (le plus haut fait 4 m et la moyenne se place autour de 1,34 m), et qui freinent les écoulements et favorisent la sédimentation. S'y ajoute l'utilisation du lit des oueds comme dépotoir réduisant la section d'écoulement et facilitant l'obturation des ponts au moment des crues. Enfin, le lit des oueds est en général peu profond dans les sections urbaines, réduit parfois à 50 cm.

Effondrements karstiques, pollution et risques sanitaires

Les caractéristiques du fonctionnement hydrologique sont à l'origine d'un autre risque à Beni Mellal; les effondrements karstiques. En effet, la médina de Beni Mellal (cité Day), où se concentre l'habitat traditionnel avec le quartier de Somaâ au sud-est de la ville, est construite sur des formations travertineuses du Quaternaire. Ces travertins, vu leur ancienneté, sont le siège de processus complexes de karstification (dissolution et érosion) qui résultent de la circulation des eaux de la nappe liasique de l'Atlas. Comme tous ceux qui jalonnent le dir, ils jouent le rôle de relais hydrogéologique entre la nappe karstique du Lias de l'Atlas et la nappe phréatique mio-plio-quaternaire de Tadla. Cette karstification, aggravée par la surdensification de la médina et l'imperméabilisation des sols, pose actuellement des problèmes de compaction des sols, de soutirage et de suffosion et, enfin, d'effondrements brutaux des toits des cavités souterraines. En effet, la médina de Beni Mellal qui couvre une superficie de 35 ha, compte une population de l'ordre de 8900 habitants, soit une densité de 255 hab/ha (Agence Urbaine BM, 2001). Par ailleurs, selon nos enquêtes de terrain (2006) et celles de l'IRUAT de Beni Mellal (2001), 45 à 50 % des habitations de la médina ne sont pas branchées au réseau d'assainissement. Les eaux usées déversées directement dans le réseau karstique, activent le processus de karstification. On trouve également de véritables décharges dans les cavités anciennement utilisées par les Mellalis, aujourd'hui à l'abandon. Le sous-sol de la médina de Beni Mellal présente donc un danger réel, puisqu'aujourd'hui, 18 % des maisons de la médina sont situées dans des zones à haut risque, et 82 % dans des zones à risque moyen (IRUAT, 2001).

A ces risques d'effondrement s'ajoutent des risques sanitaires liés à la contamination potentielle de la nappe mio-plio-quaternaire de la plaine du Tadla alimentée par le système des travertins, pollué par les rejets directs des eaux usées. Cette pollution vient s'ajouter à celle issue des rejets directs des eaux usées de la ville de Beni Mellal dans l'oued Day, devenu un collecteur à ciel ouvert. Des analyses réalisées à Gharm Laalam, village situé sur le dir à l'est de Beni Mellal, donne des indications sur l'état de ces nappes phréatiques en lien avec les rejets directs d'eaux usées et de déchets solides dans l'environnement en l'absence de réseau d'assainissement (Tricoire, 2006). On y a ainsi observé au printemps 2006 sur certaines sources alimentant ces nappes, des valeurs élevées de flore mésophile anaérobie totale (30 bactéries /100 ml), de coliformes totaux (1100 unités/100 ml), de coliformes fécaux (460 unités/100 ml), et surtout de streptocoques fécaux (1100 unités/100 ml) révélant la présence de germes pathogènes et rendant en principe ces eaux impropres à la consommation selon les normes internationales. Ce village a d'ailleurs été le lieu d'une épidémie de typhoïde en 2005.

Conclusion

La combinaison de la croissance démographique et du développement urbain, étroitement liés à l'exode rural mais dans un contexte de pression anthropique encore forte en montagne, génère des conditions de fonctionnement hydrologiques favorables au développement des risques d'inondation et d'effondrement karstique à Beni Mellal. Face à cet accroissement des risques hydrologiques, diverses solutions techniques, mais aussi une nécessaire refonte de la gestion et de la prise en compte de ces risques par la municipalité, peuvent être proposées à différentes échelles spatiales, du quartier au bassin versant. La lutte contre les inondations à Beni Mellal passe par la prise en compte de toutes les composantes, naturelles et anthropiques, du géosystème karstique de l'Atlas de Beni Mellal. Diverses solutions techniques peuvent être envisagées pour réduire la violence des écoulements, avec le reboisement de certains versants en pente forte et de manière plus globale la protection des

bassins versants contre les eaux de pluie et de ruissellement, l'édification de terrasses avec murs en pierres sèches dans les secteurs cultivés ou la mise en place de gabions ou de barrages en pierres sèches dans les talwegs. Les berges des oueds pourraient être localement protégées par des enrochements. Enfin, les canyons à l'aval des bassins-versants des quatre oueds se prêteraient à la construction de barrages écrêteurs de crue.

Il conviendrait également d'améliorer les conditions d'écoulement des oueds au niveau de Beni Mellal, en reconfigurant les ponts et les endiguements. Mais c'est peut être avant tout la maîtrise rapide et urgente de la croissance urbaine et du développement anarchique des lotissements qui est nécessaire pour réduire la vulnérabilité et pour protéger l'espace agricole de Beni Mellal. Les conséquences aux implications essentiellement économiques jusqu'à présent, pourraient prendre un tour plus grave si les zones industrielles au sud-ouest et au sud-est de Beni Mellal venaient également à être touchées.

Remerciements

Cette étude a été financée par le Comité Mixte Inter-universitaire Franco-Marocain dans le cadre d'un Programme d'Action Intégrée Volubilis « Atlas de la Région Tadla-Azilal ». Les images Spot de 1993 et 2004 ont été acquises grâce au programme ISIS du Cnes.

Bibliographie

- ABOUHANI A., 2002. Conflits entre agriculture et urbanisation dans le périmètre du Tadla. *Revue Options méditerranéenne, série A*, 44 : 161-170.
- Agence Urbaine de Beni Mellal, 2001. La médina de Beni Mellal : réalités et perspectives, conditions d'habitat : rapport préliminaire. 45p.
- BARET F., GUYOT G., MAJOR D., 1989. TSAVI: A Vegetation Index Which Minimizes Soil Brightness Effects on LAI and APAR Estimation, *12th Canadian Symposium on Remote Sensing and IGARSS'90*, Vancouver, Canada, 4.
- BOUCHAOU L., 1995. Fonctionnement des aquifères atlasiques et leur relation avec les aquifères de la plaine : cas de l'Atlas de Beni Mellal et de la plaine du Tadla. Thèse d'Etat, Univ. Cadi AYYAD, Marrakech, 154p.
- CHALINE C., 1996. Les villes du monde arabe, Armand Colin, Paris, 181 p..
- EL KHALKI Y., HAFID A., 2002. Turbidité, indicateur du fonctionnement perturbé du géosystème karstique de l'Atlas de Beni Mellal (Moyen Atlas méridional, Maroc). *Karstologia*, 40, 2 : 39-44.
- EL KHALKI Y., 2002. Les hydrosystèmes karstiques des causses du sw du Moyen Atlas : étude hydrologique et hydrochimique, Ain Leuh, El Hammam, Ajdir et sources de l'Oum Er Rbia. Thèse d'état, Univ. Cadi Ayyad.
- EL KHALKI Y., BENYOUCEF A., 2005. Crues et inondations de l'oued El Handak : genèse, impact et propositions d'aménagement, *Etudes de géographie physique*, XXXII : 47-61.
- PARIS P., 2005. La croissance urbaine de la ville de Beni Mellal et ses conséquences sur les oliveraies (Maroc) par télédétection satellitaire. Mémoire maîtrise, Univ. Angers, 118p.
- SALAMI M., 1997. Les conditions de production des lotissements: cas de la ville de Beni Mellal. DES aménagement urbain, INAU, Rabat.
- TRICOIRE B., 2006. Bio indicateurs de pollutions des eaux dans la plaine de Tadla-Azilal (Maroc), Mémoire stage Master 1, Univ. Angers, 58 p.
- ZMOU A., 2006. Extension urbaine et grignotage de l'espace agricole dans le Tadla (Beni Mellal, Fkih Ben Salah et Souk Sebt). Thèse d'Etat, Univ Cadi Ayyad, Beni Mellal, 306p.
- Plan d'aménagement, 2004, Etude du schéma directeur d'assainissement liquide de la ville de Beni Mellal, Beni Mellal.
- Inspection Régionale de l'Urbanisme et de l'Aménagement de Territoire (IRUAT), 2001 : Plan Local d'Habitat et de Développement Urbain (PLH DU) de Beni Mellal, 90p.
- SDAU de Beni Mellal : documents de synthèse, 1978, 1996 et 2003.