

Modélisation multicritère pour la valorisation de la réserve foncière

S. M. EL AMRAOUI¹, M. ROUCHDI¹, M. BOUZIANI¹, A. EL IDRISSE²

(Reçu le 08/01/2016; Accepté le 20/02/2016)

Résumé

La réserve foncière du pays n'est pas illimitée et son utilisation est généralement définitive et pérenne dans le temps. La valorisation de cette ressource constitue actuellement une question stratégique de gouvernance locale et nationale, de même, elle demeure une priorité qui permet de répondre aux enjeux économiques et sociaux et aux défis environnementaux. La modélisation décisionnelle proposée s'inscrit dans une démarche de réflexion qui vise à améliorer la compréhension du mécanisme d'utilisation du patrimoine foncier. Elle a pour objectif la présentation d'un processus, basé sur une utilisation combinée des systèmes d'information géographiques (SIG) et de l'analyse hiérarchique multicritères (AMC) qui a démontré sa pertinence pour appréhender les problèmes spatiaux complexes. L'approche proposée constitue une référence d'informations à la construction multicritère des cartes décisionnelles. Elle exploite les SIG comme outil de veille stratégique pour la gestion territoriale permettant la production des données, la gestion et le croisement des données foncières avec une base d'indicateurs spatialisables prédéfinis. Aussi, elle met en œuvre la méthode AHP aux critères choisis (géoréférencés, quantitatifs et qualitatifs) pour modéliser de façon participative le phénomène, déterminer les poids d'importance relatifs aux critères d'appréciation et agréger les différents indices d'évaluation.

Mots-clés: Modélisation, cartographie, foncier, décision, multicritère, AHP, SIG.

Abstract

The country land reserve is not unlimited, its use is generally permanent and long-lasting. The valuation of the resource currently is a strategic issue of local and national governance, as it remains a priority that meets the economic and social issues and environmental challenges. The proposed decision mapping is part of a reflection process which aims to improve the land use understanding mechanism. Its aim is the presentation of a process, based on a combined use of geographic information systems (GIS) and the hierarchical multi-criteria analysis (AHP) which has demonstrated its relevance to understand complex spatial problems. The new approach is an information reference to the construction of multi-criteria decision maps. It operates as a territorial GIS business intelligence tool for data production, management and the crossing of land data with a base of predefined indicators. Also, it implements the AHP method to selected criteria (georeferenced, quantitative and qualitative) to model the phenomenon in a participatory manner, determine the weight of importance relating to the evaluation criteria and aggregate different evaluation indexes.

Keywords: modeling, mapping, land assets, decision, multi-criteria, AHP, GIS.

INTRODUCTION

Le foncier constitue un élément clé dans la chaîne de valeur pour la production et la valorisation des richesses du pays. Il est au cœur des choix des modèles économiques innovants, des politiques sociales sollicitées et des règles environnementales exigées. Les stratégies sectorielles choisies en matière de management du foncier ont une influence déterminante sur l'aménagement du territoire et le développement durable.

Le processus d'aide à la décision, basé sur la recherche opérationnelle simple est habituellement conçu, afin de mettre en évidence une solution optimale au sein d'un ensemble de solutions possibles préalablement défini, tout en tenant en compte d'un critère bien déterminé

auparavant. Cette démarche s'avère mal adaptée, en particulier lorsque la décision concerne un système ouvert, qui interagi en permanence avec son environnement et qui intègre des dimensions de natures différentes telles que naturelle, économique, sociale, réglementaire et environnementale.

Ce constat est dû au fait qu'une décision implique, d'une part l'existence de plusieurs critères et, d'autre part, une hétérogénéité entre ces critères. Également, les différents critères participant dans une décision ne sont évidemment pas appréciés de la même manière si le décideur change ou si le lieu ou le moment de la décision est différent. Cette sensibilité de la décision à des facteurs extérieurs explique sa composante subjective.

¹ Département de Photogrammétrie, Cartographie et Télédétection, IAV Hassan II, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, 6202 Rabat, Maroc, smed.elamraoui@gmail.com, m.rouchdi@iav.ac.ma, m.bouziani@iav.ac.ma

² INAU, Institut National d'Aménagement de Territoire, 6215 Rabat, Maroc, a.recherche@gmail.com

Certes, le développement du territoire est confronté à une augmentation considérable de la complexité de la gestion du sol. L'aménagement du territoire est aujourd'hui amené à concilier un nombre croissant d'objectifs, souvent divergents, défendus par des acteurs motivés utilisant toutes les voies administratives et juridiques pour parvenir à leur fin (Joerin, 1997).

La mise en place d'un modèle de décision sur les stratégies de la gestion du patrimoine foncier exploitant les fonctionnalités des systèmes d'information géographique et les outils de l'analyse multicritère (AMC) en particulier l'approche d'analyse hiérarchique (AHP) va permettre d'appréhender l'état des changements dans différentes entités territoriales. Les données ainsi traitées et les résultats obtenus vont constituer les éléments principaux de décision pour une meilleure gestion des programmes et des politiques de développement afin d'assurer un développement équilibré et durable des territoires.

CONTEXTE, PROBLÉMATIQUE ET CONTRIBUTION

La propriété foncière au Maroc est soumise à deux régimes juridiques différents. Cette dualité de droits est due à la coexistence d'un droit traditionnel découlant du droit musulman et d'un droit d'immatriculation foncière moderne. De ce fait, la propriété privée est soit non immatriculée appelée aussi propriété Melk, et soumise au régime traditionnel régi par le Droit Musulman et le Dahir des obligations et des contrats, soit immatriculée et titrée suite à une procédure d'immatriculation foncière bien précise instaurée par le Dahir du 12 août 1913 sur l'immatriculation des immeubles tel qu'il a été complété et modifié.

Le régime foncier Melk couvre la majorité des propriétés foncières, soit plus de 70% du sol national. Alors que l'immatriculation n'a pu couvrir que 30 % du territoire (Cohen, 2013). Cependant, malgré tous les efforts déployés les dernières années, peu de propriétés sont immatriculées, les chiffres annoncés par l'ANCFCC^a en 2013 révèlent que 95% des terrains en milieu urbain étaient immatriculés contre 10% en milieu rural. Soit en gros, 70% du territoire reste à immatriculer.

La carte foncière du pays est caractérisée par une multitude de statuts fonciers régis par plusieurs textes et administrés par différents organismes:

- Les terres privées largement prédominantes, définies comme étant des terres appartenant en pleine propriété à des personnes physiques ou morales, à titre individuel ou dans l'indivision. Les propriétés privées sont soit non immatriculées (propriété Melk), et soumises au régime traditionnel régi par le Droit Musulman et le Dahir des obligations et des contrats, soit immatriculées.
- Les terres collectives appartenant en pleine propriété et dans l'indivision à l'ensemble de la collectivité ethnique. Elles sont soit immatriculées soit délimitées conformément au Dahir du 18 février 1924, portant règlement spécial

pour la délimitation des terres collectives. Le Ministère de l'Intérieur exerce une tutelle sur les collectivités ethniques, pour chaque opération de gestion de ces terrains.

- Les terres Habous qui sont des biens immobilisés par le fondateur musulman et la jouissance profitent aux catégories de bénéficiaires qu'il désigne, elles se caractérisent par plusieurs types publics, de famille, et Zaouia. Le Ministère des Habous et des Affaires Islamiques est chargé de gérer les biens Habous.
- Les immeubles domaniaux possédés par l'État, personne morale de droit public, classés en trois catégories: Le domaine privé de l'État provenant des acquisitions à l'amiable, expropriation, confiscation, etc. Les propriétés domaniales sont gérées par le Ministère de l'Économie et des Finances. Le domaine forestier constitué des forêts et des nappes alfatières. Il est administré par le Haut-Commissariat aux Eaux et Forêts. Le domaine public est protégé par une série de dispositions qui visent à assurer son utilisation par le public ou un service d'intérêt général. Le domaine public est inaliénable et imprescriptible et insaisissable et il regroupe le domaine public maritime, routier, ferroviaire, hydraulique, communal et autres domaines.

Aussi, la stratégie nationale en matière d'urbanisme opérationnel offre un mécanisme efficace de détermination et de transformation des modes d'utilisation des sols afin d'améliorer le paysage urbain du pays. Cette planification urbaine constitue un moyen incontournable pour évaluer les terrains et concevoir les formes susceptibles de répondre aux objectifs tracés notamment en matière d'habitat, d'équipement et d'infrastructure. Dans cette optique, plusieurs textes juridiques ont été adoptés et une panoplie de documents a été mis en œuvre afin de concrétiser la dite politique urbaine:

Le Schéma Directeur d'Aménagement Urbain (SDAU) dresse dans une perspective de 25 ans les grandes lignes du développement intégré des agglomérations urbaines et leurs zones d'influence directe. Il fixe l'organisation générale planifiée du développement spatial du territoire considéré et coordonne les actions des personnes morales de droit public et des organismes semi-publics.

Le Plan de Zonage (PZ) est destiné à préserver les orientations du schéma directeur d'aménagement urbain et mesure conservatoire nécessaire à la préparation du plan d'aménagement.

Le Plan d'Aménagement (PA) définit le droit d'utilisation du sol par des règles précises immédiatement applicables. Il réalise une mise en œuvre sur une durée de 10 ans des orientations du SDAU concerné et est établi sur la base du plan de zonage, le cas échéant.

Le Plan de Développement (PD) constitue un outil de planification des agglomérations rurales pendant une durée de 10 ans prorogable pour une période d'égale durée.

En outre, la rareté du foncier consacré à la planification urbaine, l'utilisation immodérée des réserves foncières disponibles et la modification d'affectation des terrains suburbains et ruraux à proximité des villes aux dépens des

^a Agence Nationale de la Conservation Foncière du Cadastre et de la Cartographie

terrains agricoles s'est nettement accentuée et renforcée durant les dernières années.

Certes, les problèmes territoriaux sont à caractère spatial de nature multidimensionnelle, interdisciplinaire et mal définis nécessitant la définition de plusieurs critères conflictuels dont l'importance n'est pas la même, et manipulant une quantité considérable de données quantitatives et/ou qualitatives (Hamdadoud et Bouamrane, 2007). L'étude bibliographique approfondie dans le domaine du foncier révèle que peu d'approches se basant sur des procédés d'analyse des modes d'utilisation du sol en relation avec le régime de protection de la propriété, le statut foncier, ainsi que les caractéristiques physiques du bien immobilier et utilisant la méthode AHP^b pour structurer les composantes et évaluer tous les critères du problème en fonction de leurs poids. C'est ce constat qui nous a amené à envisager d'examiner l'apport de la modélisation multicritère dans la gestion des ressources foncières, en prospectant les démarches envisageables pour répondre aux problématiques et enjeux spécifiques de la planification du territoire et de la gestion urbaine.

Ce type de problématique fait coopérer divers acteurs aux intérêts conflictuels. En effet, la même étendue spatiale est perçue, différemment par un aménagiste, un urbaniste, un économiste, etc. Chacun de ces intervenants détient une perception différente de l'espace selon ses objectifs et ses préoccupations, cela implique que le processus de décision est distribué entre les différentes entités impliquées et impactées par cette décision de groupe. La résolution de ce problème consiste alors à trouver une décision commune à tous les décideurs.

Ces perspectives, nous ont incité à proposer une modélisation multicritère réunissant les fonctionnalités offertes par les SIG et la méthode d'analyse hiérarchique pour appréhender le mécanisme de valorisation des ressources foncières pour une exploitation mesurée et rationnelle de cette matière première indispensable à la mise en œuvre des politiques publiques d'aménagement du territoire et de développement durable.

Les objectifs escomptés de ce travail est d'explorer les outils susceptibles d'apporter une aide pertinente pour la prise de décision et assister le gestionnaire dans la planification de la réserve foncière par l'établissement d'un ordre de priorité d'aménagement urbain parmi les différentes zones de la province.

ÉTAT DE L'ART

La problématique de modélisation de l'information spatiale liée à la gestion du foncier est complexe et de nature multicritère. Le traitement de cette problématique nécessite une multitude de données géoréférencées comme entrée, une panoplie de critères d'évaluation et un grand ensemble d'alternatives (réalisables, contradictoires,...) évaluées par un certain nombre de personnes (décideurs, gestionnaires, intervenants,...) selon les préférences à l'égard de l'importance relative des critères.

Les deux disciplines de recherche SIG et AMC peuvent bénéficier l'un de l'autre (Laaribi *et al.*, 1996; Malczewski 1999; Thill, 1999; Martel, 2003 et Chakhar, 2006) pour la modélisation spatiale et l'aide à la prise de décision.

D'une part, le SIG, par sa capacité dans l'archivage, la gestion, l'analyse, la modélisation et la présentation de données à référence spatiale, se présente comme l'outil le plus approprié pour appréhender ces problèmes. Bien que, la technologie SIG actuelle souffre encore de plusieurs insuffisances concernant particulièrement l'absence des aptitudes analytiques capables d'intégrer l'aspect multicritère des problèmes spatiaux. D'autre part, l'analyse multicritère offre plusieurs avantages au niveau de la prise de décision lorsqu'il doit être tenu compte d'intérêts conflictuels. Elle peut donc apporter le support nécessaire pour combler ces insuffisances comme l'illustre les différents travaux publiés au cours des 15 dernières années.

Il nous semble donc judicieux de parvenir à la nécessité de conjuguer les potentialités de ces deux outils en vue d'une aide à la décision spatiale plus efficace.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Site d'étude

La zone de travail choisie pour mettre en œuvre notre programme de recherche est celle de la province de Khémisset. Elle fait partie de la région de Rabat-Salé-Kénitra, située au centre d'une riche région agricole, elle s'affirme comme un centre stratégique de cette région proche de Rabat, capitale administrative (80 Km), Casablanca, capitale économique (180 Km) et Fès, capitale culturelle (120 Km). Elle s'étend sur une superficie de 7783,50 km². Elle est limitée au Nord par la province de Kénitra, au Sud par les provinces de Khouribga et Khénifra, à l'Est par la Wilaya de Meknès et à l'ouest par la Wilaya de Rabat-Salé.

Matériel utilisé

Les logiciels utilisés permettent de quantifier le territoire et sa configuration spatiale au sein de son environnement. Nous avons utilisé le logiciel gratuit Google Earth, propriété de la société Google, permettant une visualisation de la terre avec un assemblage de photographies aériennes ou satellitaires. Et le logiciel de système d'information géographique libre QGIS publié sous licence GPL (General Public License) développé par la fondation OSGeo (Fondation Open Source Geospatial), adapté pour traiter les données géoréférencées, classifier les couches d'information en combinant les attributs spatiaux et l'information attributaire et calculer les indices pour guider les experts dans les différentes démarches. La plateforme composée d'une unité de traitement et des logiciels cités auparavant permettra de manipuler les données collectées en vue de construire une base de données de la zone d'étude au formats vecteur et raster.

^b Analytic Hierarchy Process

Méthodes

La méthodologie adoptée combine les fonctionnalités proposées par les SIG pour la structuration des données, le croisement des couches d'information et l'analyse spatiale des différentes thématiques à l'approche d'analyse hiérarchique multicritère AHP qui permet d'assembler une multitude de critères de décision dans un seul modèle, de faire l'évaluation comparée de chaque paire de critères et de calculer leurs poids pour l'appréciation comparée de chaque paire d'options en regard de chaque sous-critère. Sa mise en œuvre s'est faite selon les étapes suivantes:

- Formulations hiérarchique multicritère;
- Représentation et modélisation des données à référence spatiale;
- Calcul des poids d'importance et agrégation des critères;
- Analyse spatiale des différentes couches et cartographie décisionnelle.

Formulation hiérarchique multicritère

Toute analyse multicritère implique tout d'abord la spécification des critères qui influencent la prise de décision finale. Cette étape est la partie la plus délicate de la formulation multicritère d'un problème de décision (Vincke, 1992). Le déroulement proposé pour parvenir à construire un ensemble d'attributs en une famille de critères est l'approche du «haut vers le bas» qui consiste à construire une structure hiérarchique ayant à son premier niveau l'objectif global qui est éclaté en sous-objectifs qui sont à leur tour éclatés en sous-sous-objectifs jusqu'à ce que l'on atteigne un niveau mesurable que l'on qualifie d'attributs (Keeney et Raiffa, 1976).

Le choix des critères découle d'un travail réalisé au sein de trois comités d'experts dans chacun des domaines (foncier, aménagement du territoire, socio-économie).

Le résultat obtenu est une classification de l'ensemble des attributs ou critères sélectionnés suivant une structure hiérarchique (tableau 1), qui permet par la suite d'appliquer la méthode AHP.

Tableau 1: hiérarchie des critères de décision pour l'analyse multicritère.

Critères	Sous-critères
Foncier	Statut
	Régime
	Superficie
	Prix
Topographie	Pente
	Exposition
	Hydrographie
Occupation du sol	Aménagement urbain
	SAU
	Aire d'habitat rural
Socio-économique	Ménages
	Infrastructure routière
	Population

Représentation et modélisation des données à référence spatiale

La démarche appliquée dans cette recherche nécessite l'utilisation des données relatives à plusieurs thèmes en relation avec la thématique étudiée tels que le foncier, la topographie, l'urbanisme, l'infrastructure et la démographie. La première étape consiste à collecter, préparer, analyser et intégrer les données nécessaires pour caractériser les critères de décision. Les couches d'information obtenues sont structurées dans une base de données à référence spatiale pour faciliter leurs explorations. Les principales couvertures spatiales établies sont définies ci-dessous:

La couche foncière regroupe les données relatives au statut foncier, régime de protection des terrains, superficie des parcelles et valeur vénale des zones. Cette information est primordiale pour évaluer le processus de mobilisation des terrains.

Le relief constitue la deuxième couche spatiale nécessaire pour comprendre l'événement de l'utilisation du sol. Alors, les cartes de pentes et d'exposition ont été générées à partir d'un Modèle Numérique de Terrain (MNT) acquis à partir de données ASTER DEM ayant une résolution de 30 m.

L'information hydrographique de base est extraite par traitement du MNT et par classification des attributs représentatifs du réseau hydrographique. Le calcul de la distance par rapport au réseau permet d'individualiser les terrains suivant leurs proximités aux principales rivières à fin de générer la carte des zones hydrographiques.

Aménagement et urbanisme : La carte de l'occupation du sol est susceptible d'éclairer toute prise de décision d'aménagement et de dresser les grandes orientations en matière de développement régional. Les différentes couches de l'occupation du sol ont été élaborées en numérisant les différents documents d'aménagement urbain (plan d'aménagement, plan de développement, périmètre urbain,...), les plans de villes, les cartes topographiques, les images de Google Earth et en intégrant des données provenant des bases de données déjà existantes du Ministère de l'agriculture et du haut-commissariat au plan.

Population: La carte de distribution spatiale de la densité de population a été élaborée, en prenant en compte la superficie et la population des différentes communes à partir des données démographiques publiées par le haut-commissariat au plan.

Calcul des poids d'importance et agrégation des critères

L'analyse multicritère suivant la méthode AHP est un outil performant, qui permet de prendre une décision sur la base de la mise en relation de plusieurs critères. De façon générale, une décision est le fait d'un acteur (ou d'un ensemble d'acteurs) qui effectue un choix entre plusieurs solutions ou scénarios, susceptibles de résoudre le problème ou la situation à laquelle il est confronté (Roy et Bouyssou, 1993; Lehoux et Vallée 2004). La dite méthode a été créée dans les années 1970 par Thomas Saaty pour optimiser

l'allocation des ressources lorsque il y a plusieurs critères à considérer. Elle repose sur un découpage du processus de décision en une structure hiérarchique et la comparaison binaire de l'importance relative de critères en référence à l'aptitude pour un objectif global.

La démarche de calcul des poids d'importance relatifs à chaque critère comprend les étapes suivantes:

• Normalisation des données et détermination des rangs des critères de décision

La désagrégation de l'objectif fondamental en un ensemble de critères et sous-critère a pour but de construire une vue synthétique du contexte des décisions et permettre une évaluation pertinente des différentes options de conception. Certes, la détermination du rang est le reflet exhaustif et précis des besoins des experts en termes de valeurs.

D'une manière générale, chaque sous-critère est échelonné sur un intervalle de valeur entre 1 et 10. Lorsque l'intervalle des valeurs possibles du critère n'est pas compris entre 1 et 10, une transformation de ces valeurs doit avoir lieu pour les convertir dans une échelle comprise entre 1 et 10. En effet, tous les critères doivent avoir des valeurs selon la même échelle, pour être comparables et pouvoir être intégrés dans le calcul de l'indice de synthèse. La valeur 10 doit alors correspondre au niveau maximal, impliquant l'ordre maximum de priorité d'aménagement urbain, alors que la valeur 1 doit correspondre au niveau de priorisation le plus bas pour l'urbanisation.

Exemple: Pour le critère proximité à l'infrastructure routière, plus la distance au réseau routier est élevée, plus la demande à l'urbanisation est faible et coûteuse. Si la distance couvre des valeurs brutes allant de 0 à 15 km, la valeur brute 0 devient la valeur corrigée 10 (urbanisation favorable) et pour la valeur brute 15 km la valeur corrigée devient 1 (urbanisation défavorable).

• Pondération des critères d'appréciation et vérification de cohérence

Cette mesure permet de rapprocher les différents éléments d'un niveau hiérarchique de façon à déterminer l'importance de sa contribution à la compréhension du phénomène. L'évaluation de la pertinence de la hiérarchisation est obtenue par l'intégration de l'avis des experts en s'appuyant sur la base de connaissances disponible dans le domaine. La pondération des critères est déterminée aussi par analyse des informations stockées dans la base de données (classification des données alphanumérique et géographiques relatives à chaque entité et croisement des couches spatiales).

L'attribution des poids s'opère par le biais d'une série de comparaisons binaires (paire à paire) entre les critères et sous critères, tous en leur assignant un coefficient de pondération pour constituer une matrice de comparaison (voir tableau 2). Il est donc plus facile pour un décideur d'effectuer des comparaisons binaires que prendre en compte l'ensemble des paramètres du problème. La méthode AHP constitue un outil puissant et flexible de prise de décision pour des problèmes multicritères complexes dans lesquels des aspects quantitatifs et qualitatifs doivent être incorporés (Harker, 1989).

Par la suite, la matrice de comparaison obtenue est normalisée par rapport au degré d'importance affecté à chaque critère retenu afin que la somme des poids de tous les critères considérés dans une même analyse soit égale à 1. Le degré d'importance accordé à chaque critère retenu dans la prise de décision finale et la pondération calculée sont explicités dans le tableau 2.

La notion de cohérence dans la comparaison par paires de Saaty (1980) est basée sur le respect de la transitivité de notre jugement. Ainsi l'indice de cohérence mesure la fiabilité de la comparaison exprimée à des jugements

Tableau 2: Matrice de comparaison et les poids d'importance relatifs aux critères d'évaluation

Critère	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Poids
1	1	2,0	3,0	2,0	3,0	7,0	3,0	2,0	3,0	4,0	5,0	3,0	5,0	18,2
2	0,5	1	3,0	2,0	2,0	5,0	2,0	2,0	2,0	3,0	2,0	2,0	3,0	12,7
3	0,3	0,3	1	2,0	3,0	3,0	2,0	0,3	2,0	3,0	2,0	0,5	3,0	8,5
4	0,5	0,5	0,5	1	2,0	5,0	2,0	0,3	2,0	2,0	3,0	2,0	2,0	8,7
5	0,3	0,5	0,3	0,5	1	3,0	0,5	0,5	2,0	2,0	2,0	0,5	3,0	5,9
6	0,1	0,2	9,3	0,2	0,3	1	0,3	0,2	0,5	0,3	0,3	0,2	0,3	1,9
7	0,3	0,5	0,5	0,5	2,0	3,0	1	0,5	3,0	2,0	2,0	0,5	2,0	6,7
8	0,5	0,5	3,0	3,0	2,0	5,0	2,0	1	3,0	3,0	3,0	2,0	3,0	12,5
9	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	2,0	0,3	0,3	1	0,5	2,0	0,3	2,0	4,2
10	0,2	0,3	0,3	0,5	0,5	3,0	0,5	0,3	2,0	1	2,0	0,5	2,0	4,7
11	0,2	0,5	0,5	0,3	0,5	3,0	0,5	0,3	0,5	0,5	1	0,5	2,0	3,8
12	0,3	0,5	2,0	0,5	2,0	5,0	2,0	0,5	3,0	2,0	2,0	1	5,0	9,2
13	0,2	0,3	0,3	0,5	0,3	3,0	0,5	0,3	0,5	0,5	0,5	0,2	1	3,0

(1) Régime foncier, (2) Statut foncier, (3) Superficie propriété, (4) Prix zone, (5) Pente, (6) Exposition, (7) Hydrographie, (8) Aménagement urbain, (9) SAU, (10) Aire habitat rural, (11) Ménages, (12) Proximité du réseau routier, (13) Population.

cohérents. Plus l'indice de cohérence devient grand et plus les jugements qui ont été exprimés dans la matrice de comparaison seraient incohérents et vice versa.

L'indice de cohérence (IC) s'exprime par la formule (1):

$$IC = (\lambda_{\max} - N) / (N - 1) \quad (1)$$

Où N : est le nombre des éléments comparés et λ_{\max} , une valeur calculée sur la base de la moyenne des valeurs de matrice de Saaty des vecteurs propres.

$$N = 13 \text{ et } \lambda_{\max} = 13,882$$

L'expérimentation établie par Saaty (1990) a permis de définir le ratio de cohérence comme étant le rapport de l'indice de cohérence calculé sur la matrice correspondant aux jugements des acteurs et de l'indice aléatoire (IA) d'une matrice de même dimension. Le ratio de cohérence peut donc être interprété comme la probabilité que la matrice soit complétée aléatoirement. Il est donné par la formule (2):

$$RC = IC / IA \quad (2)$$

Où IA: est l'indice aléatoire fixé en fonction du nombre de critères (Tableau 3).

Tableau 3: Les indices aléatoires de Saaty (1980) en fonction du nombre de critères

N	10	11	12	13	14	15
IA	1,49	1,51	1,54	1,56	1,58	1,59

D'après Saaty, si RC est supérieur à 0.1, il y a une incohérence dans les comparaisons par paires et alors, la matrice issue des comparaisons devra être réévaluée.

La comparaison par paires des critères appliqués pour

notre cas d'étude, ainsi que les calculs relatifs aux différents paramètres ont donné les résultats suivants:

$$\lambda_{\max} = 13,882, IA = 1,56,$$

$$IC = 0,0735, RC = 0,04 < 0.1$$

Le ratio de cohérence est inférieur à 0.1 ce qui nous permet d'affirmer que les jugements d'appréciation des critères ont été cohérents.

Agrégation des critères et détermination des indices de synthèse

L'agrégation ou l'évaluation multicritères est l'opération qui consiste à combiner les critères et sous-critères d'appréciation en fonction de leurs poids pour arriver ainsi à une décision composite.

La technique d'agrégation la plus courante est la moyenne pondérée, qui intègre totalement tous les critères considérés en un seul. Elle consiste à multiplier chaque couche-facteur par son coefficient de pondération respectif et ensuite d'additionner ces résultats pour produire un indice de synthèse situé sur une échelle de 0 à 10, la formulation mathématique de la méthode est décrite par l'équation (3) (Yoon et Hwang, 1995).

$$V_i = \sum_{j=1}^3 a_j * w_j \quad \text{pour } i=1, 2, \dots, 13 \quad (3)$$

Où : $a_{ij} = a_i / a_j$

Avec: a_i et a_j sont les coefficients de pondération évaluant l'importance relative des critères;

w_j : le poids de chaque critère;

V_i : indice de synthèse.

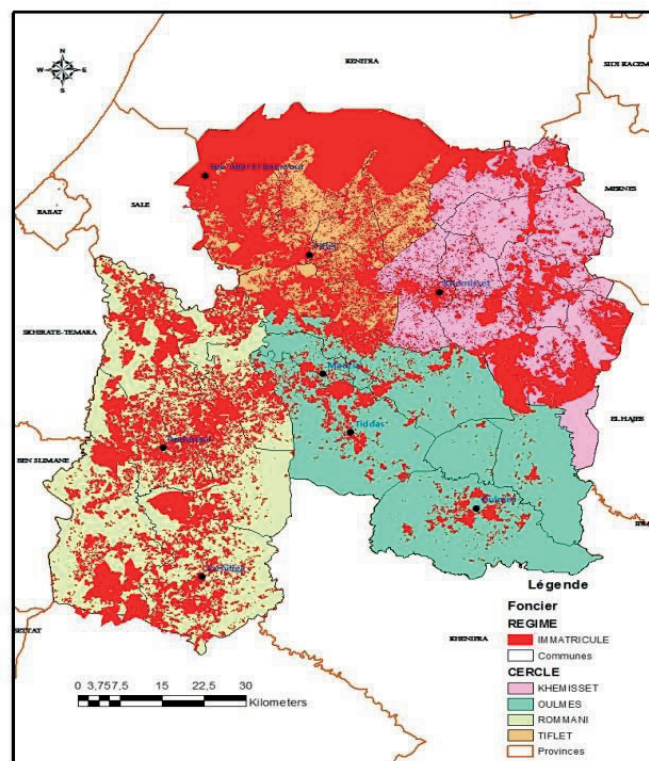


Figure 1: Carte du foncier régée par le régime de l'immatriculation foncière

Cette démarche a été utilisée individuellement pour les treize facteurs de décision, afin de produire un indice de synthèse. Une fois que les treize facteurs de décision sont évalués, une combinaison linéaire pondérée a été effectuée après avoir assigné à chaque facteur de décision un coefficient de pondération.

Analyse spatiale des différentes couches et cartographie décisionnelle

L'utilisation des capacités analytiques des SIG et notamment les techniques d'overlay permettent de générer les cartes par indicateur dans le logiciel QGIS. La couche de synthèse ayant été déterminée pour chaque critère et sous-critère, l'étape finale consiste à grouper et à ranger les pixels selon leur note de synthèse et à sélectionner les meilleurs rangs.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

La modélisation multicritère à référence spatiale a permis de mettre en évidence les entités territoriales sur lesquelles devront porter en priorité les efforts pour une valorisation et utilisation rationnelle des ressources foncières.

Les résultats de l'analyse de priorisation montrent que la dualité du régime juridique est simple à distinguer au niveau de la province de Khémisset. En effet, le régime de l'immatriculation foncière dans la province était actif depuis la mise en place du régime d'immatriculation en 1913. Certes son taux varie selon les communes et en fonction de la superficie de la propriété que du propriétaire lui-même. Le taux d'immatriculation foncière au niveau de la province reste variable d'un cercle à un autre, soit un taux assez élevé au niveau du cercle de Tiflet 82 % et de Rommani 65 %, ce taux est inférieur à la moyenne vers l'ouest au niveau du cercle de Khémisset 50 % et du cercle d'Oulmès 25 %.

Cependant, le régime non immatriculé est assez fréquent au niveau de la zone Sud Est vu la présence d'un tissu forestier non immatriculé et au niveau de la zone Nord étant donné le caractère émietter de la parcelle foncière ce qu'induit un taux d'immatriculation assez faible (figure 1).

Alors que l'analyse cartographique des statuts fonciers dans la province montre que le statut prédominant est le statut privé (Melk). Le domaine forestier, le domaine privé de l'état et le statut collectif sont aussi des statuts ayant une présence importante au niveau de la province, avec moins d'importance pour le statut communal et le domaine public de l'état. Le statut Habous reste rare.

Aussid'après l'étude de la cartographie de l'immatriculation foncière, on constate que la plupart des parcelles ont une superficie inférieure à 10 hectares à cause du morcellement excessif des terrains, du fait du partage lors des héritages.

Or, l'analyse cartographique des prix des zones avance que le prix du foncier dans le milieu urbain varie selon l'affectation urbanistique indiquée dans les documents d'urbanisme à savoir le Schéma Directeur d'Aménagement Urbain, le Plan d'Aménagement, et le Plan de Développement des Agglomérations Rurales et la proximité à des centres d'activités économiques.

Alors que le prix des terrains dans le milieu rural varie selon l'accessibilité de la propriété par des routes, les équipements existant au niveau de la propriété, l'accessibilité à des ressources en eau et du sol.

La pondération finale relative aux facteurs déterminant l'aptitude urbaine d'un espace (tableau) indique l'impact primordial du régime foncier (18,2%), du statut foncier (12,7%), et la vocation des terrains selon les documents d'urbanisme (12,5%). L'exposition du terrain (1,9%), la densité de la population par commune (3%), le nombre de ménages (3,8%) et la superficie agricole utile (4,2%) perdent relativement de leur importance compte tenu de leur caractère local. Deux autres facteurs influant se trouvent être la proximité au réseau routier (9,2%) et le prix des terrains pratiqué dans la zone (8,7%). La topographie du terrain possède un poids relativement faible (5,9%) compte tenu des possibilités offertes pour surmonter cette contrainte. Il en est de même pour la dispersion de l'habitat rural (4,7%) vu l'existence d'un réseau routier reliant la majorité des douars. Les deux facteurs superficie de la propriété (8,5%) et caractéristiques hydrologiques de la zone (6,7%) ont une importance considérable aussi sur le choix des zones.

Tableau 3: Classification des critères selon leur poids

Critère	Poids
Régime foncier	18,2
Statut foncier	12,7
Aménagement urbain	12,5
Proximité du réseau routier	9,2
Prix zone	8,7
Superficie propriété	8,5
Hydrologie	6,7
Pente	5,9
Aire habitat rural	4,7
SAU	4,2
Ménage	3,8
Population	3,0
Exposition	1,9

Le processus mis en place a permis de produire des cartes thématiques par critère, ainsi qu'une carte de synthèse finale conjuguant les treize critères en fonction de leurs poids correspondants (figure 2). La carte de synthèse obtenue montre, au travers de sa légende, les valeurs de l'agrégation des différents paramètres, organisées en quatre classes allant du premier rang propice à l'urbanisation au quatrième rang à réserver à l'agriculture ou à protéger. La dite classification est accomplie selon l'avis des experts après similitude avec les données de base

collectées auparavant, rapprochement avec la réalité terrain et juxtaposition avec les images Google Earth et Bing Maps:

- Les cellules ayant une note supérieure à 6 ont été assignées au premier rang;
- Les cellules ayant une note égale 5 ont été assignées au deuxième rang;
- Les cellules ayant une note égale 4 ont été assignées au troisième rang;
- Le quatrième rang rassemble les cellules possédant une note inférieure à 3.

L'apport de l'étude nous a permis d'analyser la combinaison de tous les indicateurs de la base de données pour faciliter la tâche des décideurs à la compréhension de l'utilisation du sol, et de présenter l'essentiel de l'information sous forme de cartes thématiques afin d'assister les gestionnaires.

CONCLUSION

Dans cette étude, nous avons présenté une approche originale basée sur l'analyse multicritère à référence spatiale pour comprendre l'utilisation de la réserve foncière afin d'apporter une aide efficace aux décideurs. Cette

démarche offre une procédure de modélisation intégrant les avantages que présente la méthode AHP très adaptée pour modéliser, assembler et évaluer une multitude de critères quantitatifs et qualitatifs relatifs à des entités complexes. En outre, l'approche explore les fonctionnalités du SIG reconnus par leur capacité de structurer, de croiser, d'analyser, et d'établir des cartes de synthèse pour orienter les professionnels sur les zones potentielles à ouvrir pour l'urbanisation, à réserver à l'agriculture ou à protéger. La démarche proposée permet aussi de montrer l'intérêt que représentent l'intégration des SIG et l'analyse multicritère dans un référentiel d'aménagement du territoire.

RÉFÉRENCES

- Belton, V. (1986). A comparison of the Analytic Hierarchy Process and a simple multiattribute value function, *European Journal Operational Research*, 26:228-230.
- Chakhar, S. (2006). Cartographie décisionnelle multicritère: formalisation et implémentation informatique, PhD thèses, Université Paris Dauphine, France.
- Cohen, S.K. (2013). Un nouveau cadastre pour le Maroc de demain. Intélec Géomatique. Le GéoCongrès International, Québec – Canada
- Delville, P. L. Lasserre, A. (2008). Gouvernance foncière et sécurisation des droits dans les pays du Sud, 7 p.

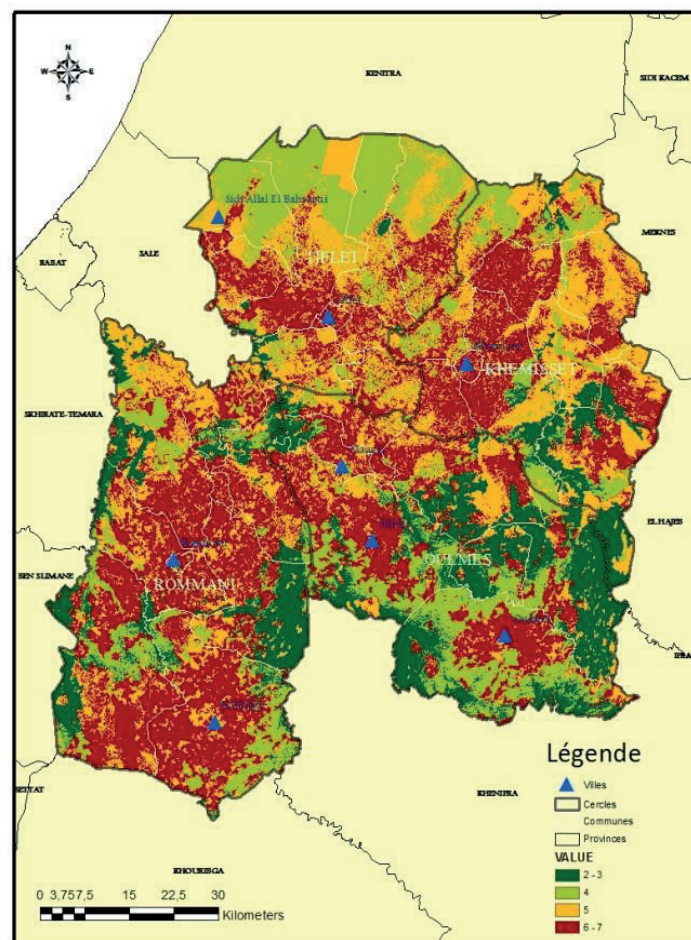


Figure 2: Carte de synthèse globale

- Joerin, F. (1997). Décider sur le territoire. Proposition d'une approche par utilisation de SIG et de méthodes d'analyse multicritère. Thèse de Doctorat ès sciences techniques, École polytechnique fédérale de Lausanne, département de génie rural, 269 p.
- Hamdadoud, D. and Bouamrane, K (2007). Multicriterion SDSS for the space Control: Towards a Hybrid Approach, MICAI: Advances in Artificial Intelligence, LNCS, Springer ISSB 0302-9743.
- Harker, P. T. (1989). The art and science of decision making: The analytic hierarchy process, Golder, B. L., Wasil, E. A., Harker, P. T., (Eds.), The Analytic Hierarchy Process Applications and Studies, Berlin: Springer, pp 3-36.
- Laaribi, A (1994). Systèmes d'information géographique et analyse multicritère: Intégration pour l'aide à la décision à référence spatiale. PhD thèses, Université Laval, Québec.
- Lehoux, N. et Vallée, P. (2004). Analyse multicritère. École Polytechnique de Montréal.
- Keeney, R.L. et Raiffa, H. (1976). Decisions with multiple objectives: preferences and value trade-offs, Wiley and Sons, New York.
- Ministère délégué chargé de l'habitat et de l'urbanisme (2006). Codedel'urbanisme, document de concertation.
- Malczewski, J. (1999). A GIS-based approach to multiple criteria group decision making. *International Journal of Geographical Information Systems*, 10:955–971.
- Martel, M. (2003). Enhancing geographical information systems capabilities with multi-criteria evaluation functions. *Journal of Geographic Information and Decision Analysis* 7: 47–71.
- Roy, B. (1992). Cahiers du Lamsade n°97, University. Paris-Dauphine.
- Roy, B. et Bouyssou, D. (1993). Aide Multicritère à la Décision: Méthode et Cas. *Economica*, Collection Gestion; Série: Production et Techniques Quantitatives appliquées à la gestion, p 693.
- Saaty, T.L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures, *Journal of Mathematical Psychology*, 15: 234-281.
- Saaty, T.L. (1980). The Analytic Hierarchy Process. McGraw-Hill, New York, USA.
- Saaty, T.L. (1990). How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research* 48: 9–26.
- Thill. (1999). Multicriteria decision making and analysis: A geographic information science approaches. Ashgate, New York.
- Vincke, Ph. (1992). Exploitation of a crisp relation in a ranking problem. *Theory and Decision*, 32:221–249.
- Yoon, K. et Hwang, C. (1995). Multiple Attribute Decision Making: An Introduction, in Lewis-Beck, M. (Ed.), Quantitative Applications in the Social Sciences, Series/Number 07-104, Sage Publications, Thousand Oaks.