

La cartographie thematique et le developpement

Bachir ABLAT, Mohamed ROUCHDI, Anas EMRAN, Mohammed HMAM, Assou MOHAMMI and Zakariae EL YACOUBI, Morocco

Key words: thematic mapping, GIS, sustainable development, environment, resolution process.

SUMMARY

Water and soil resources and ground patrimony are subject to excessively enormous pressures. Also, human activities generate a large and a variety of changeable data in time and space. Thus, this leads to problems in control of management and monitoring.

The irrigation system in the perimeter of Tadla, Morocco was selected for two main reasons. In fact, irrigation generates highly economic dynamics and its continuous process seriously affects the balance of the biotope. Therefore, the sustainable development in an area depends, mainly, Moreover, on this environmental stability.

Indeed, all intervening actors are fully aware of this problem, and they struggle for a rational exploitation and management of natural resources. Nevertheless, traditional methods, even though partially computerized, are very limited in terms of the problem scale encountered.

The present paper focuses on thematic mapping based on spatial analysis within a GIS framework. The methodology used relies mainly on a systemic approach that combines intellectual efforts of different actors and hence contributes to decision making by sharing both information and tools.

The results show that thematic mapping within a GIS framework is a real vector for using, rationally, natural resources and may contribute to efficient decision making by integrating spatial analysis and modelling, supporting communications between actors at the sector scale and preparing favourable landscape for technical debates and multilateral negotiations.

La cartographie thématique et le développement

Bachir ABLAT, Mohamed ROUCHDI, Anas EMRAN, Mohammed HMAM, Assou MOHAMMI et Zakariae EL YACOUBI, Maroc

1. INTRODUCTION

Les ressources en eau et en sol ainsi que le patrimoine foncier sont soumis à des pressions énormes. Ainsi l'activité humaine génère un nombre démesuré de variables évolutives et changeantes dans le temps et dans l'espace qui sont difficiles, voire même impossibles à contrôler.

La plupart des décideurs sur le territoire, au niveau sectoriel ou territorial, disposent d'un nombre important d'informations géographiques. Dans le but de mieux comprendre la dynamique spatiale des phénomènes et de mieux cibler les décisions, plusieurs tentatives de mise en place de bases de données géographiques ont vu le jour dans les différents services de l'Etat concernés par la gestion du territoire.

Cette nouvelle tendance à modifier la pratique de la décision sur le territoire découle du fait que les méthodes ordinaires de travail ne parviennent pas à satisfaire pleinement le besoin informationnel du décideur. Cette situation prescrit l'exploration des techniques de l'analyse spatiale pour assister le processus décisionnel d'une manière systémique et systématique.

Dans le présent article, nous attirons l'attention sur la distance qui existe entre les potentialités de la carte et son apport effectif d'une part, et entre le concepteur et l'utilisateur d'autre part. C'est pourquoi nous appelons par là à une démarche participative pour l'élaboration des modèles cartographiques. Des idées simulatrices de réflexion et de débat concernant la modélisation cartographique des phénomènes environnementaux liés à la gestion des périmètres irrigués seront également présentées.

Sachant que le développement durable dépend de la pertinence des décisions, la présente étude débouchera sur la proposition d'une démarche systémique renforcée par l'analyse spatiale de l'information sur l'environnement et par la visualisation des résultats sur des cartes d'aide à la décision. Le but de cet article est donc d'animer un débat constructif au sujet de la mise en œuvre d'une approche à la fois intégrée, cartographique, informatisée et participative, pour préparer au mieux la prise de décision. Dans ce cadre, nous allons discuter les points suivants:

- Espace irrigué et problèmes environnementaux;
- Approche spatiale d'aide à la prise de décision;
- Proposition d'une démarche systémique de gestion de l'espace irrigué;
- Conclusion et perspectives.

2. ESPACE IRRIGUE ET PROBLEMES ENVIRONNEMENTAUX

L'irrigation est l'un des choix stratégiques essentiels au développement économique et à la stabilité sociale du monde rural. Cependant, la fragilisation de l'espace irrigué due à l'activité humaine intensive n'est pas à démontrer. Toutes les études réalisées sur le suivi de la qualité des ressources en eau et en sol dans les périmètres irrigués montrent que la durabilité de l'irrigation se heurte à de nombreux problèmes liés essentiellement à la pression, mal contrôlée, exercée sur le milieu naturel. La figure 1, inspirée d'une étude réalisée par la Direction du Développement et de la Gestion de l'Irrigation (DDGI 1999) résume les problèmes environnementaux rencontrés dans le périmètre du Tadla (au Centre du Maroc) et montre la nature de la pression sur les ressources naturelles.

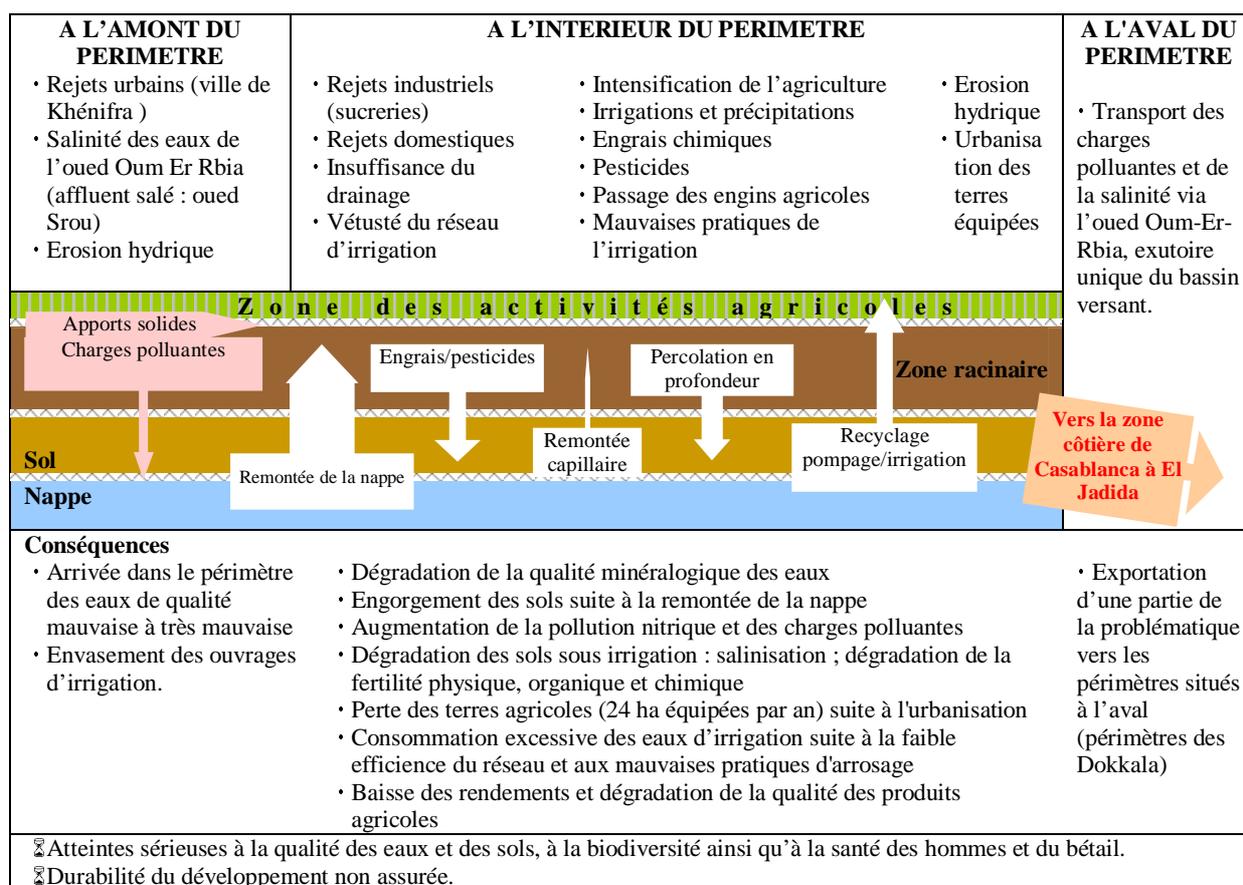


Figure 1 : Schéma synthétique des problèmes environnementaux rencontrés dans le périmètre du Tadla

2.1 Observation de l'espace irrigué

La note sur l'observatoire type de suivi de l'évolution de la qualité des eaux et des sols dans les périmètres irrigués (MOHAMMI 2002), constitue un document fondamental de suivi de l'environnement dans les périmètres irrigués au Maroc.

Cette note précise que chaque Office Régional de Mise en Valeur Agricole (ORMVA) *"doit se doter d'un Observatoire de suivi de l'évolution de la qualité des eaux et des sols"*. Elle arrête *"la consistance, les moyens et le programme de suivi de l'observatoire type de sorte à en asseoir les bases et conditions minimales requises pour qu'il soit opérationnel"*. Elle donne un recueil des paramètres à observer, leur mode et fréquence d'observation ainsi que les normes et directives d'interprétation des résultats.

L'émission de ce type de note sous-entend la volonté du pouvoir public à améliorer l'efficacité de la gestion des espaces irrigués moyennant une démarche systémique. Cette démarche essayera de cerner les dynamiques du système environnemental à partir de l'analyse intégrée des paramètres observés – à un pas convenable de temps – pour faire face aux problèmes environnementaux identifiés sur les différents périmètres irrigués. (DDGI 1999).

Outre les paramètres liés aux ressources en eau et en sol, les paramètres climatiques et agronomiques sont également observés dans le but de contrôler la demande en eau et d'assurer une croissance normale des cultures. Ce contrôle englobe les paramètres du système d'irrigation ainsi que les pratiques des usagers.

Cette situation génère un patrimoine informationnel caractérisé par son évolution spatiotemporelle continue et par l'interaction et l'interdépendance des paramètres. Un tel environnement nécessite une équipe multidisciplinaire pour assurer la continuité, l'intégralité la synopsis et la cohérence des observations.

2.2 Système de décision sur l'espace irrigué

S'agissant d'un système complexe et évolutif combinant sols, eaux, plantes, atmosphère, intrants, homme, pratiques, contraintes, enjeux, etc., le système décisionnel sur l'espace irrigué vise le contrôle simultané de l'ensemble de ces facteurs. Toute omission de contrôle se traduit par une rupture d'information qui peut être préjudiciable à la qualité des ressources naturelles accompagnée, dans la majorité des cas, d'une perte immédiate en terme de rentabilité des spéculations et en terme de durabilité de l'action à longue échéance.

Les principales décisions sont organisées actuellement dans le cadre d'une planification ou décisions provisoires, suivie d'une programmation ou décisions définitives. Elles sont réparties en deux groupes essentiels:

- Les décisions opérationnelles, à court terme, qui s'intéressent directement à l'exploitation et à la valorisation des ressources disponibles;
- Les décisions stratégiques, à long terme et/ou de grande envergure, qui procèdent à des analyses beaucoup plus profondes des données sur l'ensemble du périmètre, voire même au niveau national. Le but principal est de dégager les relations de cause à effet entre les différents paramètres, facteurs et composantes pour pouvoir évaluer les tendances et prendre les mesures préventives nécessaires. Ce type de décisions s'intéresse généralement à l'amélioration de l'efficacité de la gestion du périmètre et à la durabilité du développement agricole.

Néanmoins, toutes les décisions qu'elles soient du premier ou du second groupe, sont fondées sur la réalité du terrain telle qu'elle est perturbée par la pression des pratiques de l'irrigation sur les ressources en eau et en sol et des interactions qui en découlent, et telle qu'elle est menacée par des phénomènes exogènes.

Trois types de données contribuent à la prise de décision : i) les données prélevées en temps réel ; ii) les données prévisionnelles ; et iii) les séries temporelles d'informations. Ces données doivent d'abord s'inscrire dans un système d'information capable de gérer l'ensemble des connaissances, de façon informatisée ou non, avant de chercher l'outil adéquat de gestion.

La complexité du système réel et son évolution perpétuelle justifient le recours aux démarches systémiques "*qui s'appliquent à des systèmes complexes en interaction*" et qui tiennent compte de toutes les données disponibles, par opposition d'une part à la démarche scientifique qui exige la totalité des données entrant en jeu, et d'autre part aux démarches sectorielles qui "*abordent les problèmes secteur par secteur.*" (BRODHAG 2000).

La spécificité de l'information spatiale générée par ce complexe exige des méthodes d'analyse spécifiquement spatiales sur des supports cartographiques concrets, par opposition aux méthodes d'analyse statistiques sur des représentations abstraites.

Le décideur aurait préféré travailler sur une description subjective du monde réel dans laquelle les données brutes ou objectives se sont transformées, suivant ses propres directives, pour mieux appréhender le phénomène étudié.

En résumé, la rationalisation de la gestion des espaces irrigués exige un *travail d'équipe*, intégré dans une *démarche systémique* et renforcé par des méthodes *d'analyses spatiales*.

2.3 Modélisation de l'espace irrigué

La gestion de l'irrigation procède essentiellement à la prévention des risques et aux contrôles des aspects suivants dans l'espace à gérer:

- Le tarissement des *horizons du sol* occupés par les racines des cultures mises en place. Ce problème exige la connaissance et le suivi des changements qui se produisent dans le consortium *sol – plante – atmosphère* durant la campagne d'irrigation;
- Le contrôle de la *dynamique* et de la *qualité des eaux souterraines*. Ce contrôle informe sur les activités agricoles, domestiques et industrielles pratiquées dans cet espace et dans sa région amont ainsi que le contrôle de la *qualité des sols*;
- La *pratique de l'irrigation* et le service de l'eau aux usagers.

La planification des campagnes d'irrigation, fondée essentiellement sur des données prévisibles, doit cumuler les observations, constater leurs fluctuations et analyser leurs tendances. Tandis que la programmation des irrigations, fondée sur les données observées, doit suivre minutieusement ces variables, évaluer leurs effets et prendre les mesures qui s'imposent en temps réel.

La description subjective, moyennant des bases de données géographiques de la zone racinaire, de la nappe phréatique et de la conduite de l'irrigation, constitue une véritable modélisation numérique de l'espace irrigué. La réalisation de ces modèles, leur mise à jour périodique par une équipe multidisciplinaire et leur partage avec l'ensemble des acteurs devraient constituer un choix stratégique.

3. APPROCHE SPATIALE D'AIDE A LA PRISE DE DECISION

Nous allons poursuivre cette discussion d'abord par le rappel des principales étapes des processus décisionnel et cartographique. Ensuite nous allons essayer de mettre en évidence la similitude des deux processus quant à la manière de progression de la transformation des données. Et enfin, nous allons procéder à la connexion des deux processus pour décrire l'approche spatiale d'aide à la prise de décision et pour installer la cartographie d'aide à la décision à l'intérieur de la démarche systémique proposée.

3.1 Hypothèses

De ce qui précède, et en considérant la complexité de la problématique, nous pouvons restituer un univers de travail ayant la forme suivante:

- Les observatoires du terrain sont représentatifs de leurs zones d'action et ils produisent des données cohérentes;
- A un instant donné, on considère uniquement la distribution spatiale des paramètres; par contre, la série d'observations relatives à un élément de l'espace exprime l'évolution temporelle des paramètres observés;
- Un aspect non décrit par les données est considéré négligé par le gestionnaire;
- Les données sont partagées par l'ensemble des intervenants dans l'espace irrigué;
- Les intervenants manœuvrent les données et les transforment d'un état à un autre suivant leurs perceptions propres. L'ensemble de ces transformations constitue une série de décisions partielles qui forment le processus décisionnel.

3.2 Processus décisionnel

Indépendamment des outils utilisés, la forme du modèle d'aide à la décision change avec la nature de la problématique à traiter et les objectifs à atteindre par les décisions. La littérature dans ce sujet mentionne différentes catégories de processus décisionnels que nous allons résumer dans les étapes suivantes (tableau 1):

- Description aussi exhaustive que possible de la problématique par récolte de données nécessaires;
- Analyses partielles et transformations subjectives des données liées à chaque aspect suivant la perception de chaque acteur;
- Et enfin, la décision s'inspire des résultats d'une analyse comparative pour le choix d'une variante, ou d'une analyse associative pour simuler les phénomènes complexes.

- Pour les systèmes évolutifs il convient de concevoir un modèle décisionnel qui prévoit des retours d'informations pour une éventuelle réutilisation. Ce modèle peut être perçu généralement de la manière suivante:
- *Récolte* : rassembler toutes les données nécessaires;
- *Synthèse et interprétation* : analyse thématique partielle, formulation mathématique appropriée et traitement des thèmes par les différents acteurs d'une manière individuelle;
- *Analyse intégrée* : agrégation partielle ou totale des thèmes, réalisée moyennant la formulation des relations existant entre les différents paramètres en vue de proposer les "décisions mathématiques" relatives au problème à résoudre;
- *Décision* : la décision finale est formée conformément aux préférences et à l'expérience du décideur en s'inspirant ou en adaptant les décisions mathématiques;
- *Observation des changements* suite à la mise en œuvre des décisions : l'observation des changements rejoint la récolte pour en tenir compte lors des décisions ultérieures.

En guise d'exemple on peut tester ce système décisionnel sur deux opérations : la conduite de l'irrigation et la surveillance de l'environnement en adoptant les moyens ordinaires.

Dans le premier cas, l'objectif est de prévenir le tarissement de la zone racinaire des cultures mises en place moyennant le suivi de la fluctuation du bilan hydrique. Dans le second cas, le but consiste en l'identification des zones où la dégradation du milieu naturel risque d'atteindre un seuil critique.

Tableau 1: Processus décisionnel

PHASE DU PROCESSUS	DE LA DONNEE A LA DECISION	
Récolte	Données sur les aménagements et sur l'occupation des sols ; données sur la qualité des eaux et des sols ; données climatiques, agronomiques, pédologiques et autres.	
Synthèse et Interprétation	Opérations étudiées	
	Pilotage de l'irrigation	Contrôle de l'environnement
	<ul style="list-style-type: none"> - Evapotranspiration; - Coefficient cultural; - Profondeur racinaire; - Réserve en eau du sol facilement utilisable par les cultures; - Niveau de tarissement admissible. 	<ul style="list-style-type: none"> - Classification des eaux et des sols selon les critères de qualité; - Niveau d'adaptation des cultures aux conditions du milieu; - Identification de zones homogène.
Analyse intégrée	Déficit hydrique.	Nature des restrictions vis-à-vis de l'usage agricole par zone identifiée.
Décision	Programmation, dates et doses d'arrosage.	Mesures d'adaptation et de redressement, planification des assolements.
Observation des changements	Satisfaction du besoin en eau des cultures / évolution de l'humidité des sols.	Suivi de l'état des ressources.

A chaque révolution ce processus ne récolte pas la même combinaison des données relatives à un lieu géométrique donné. Il se produit un cumul de séries de situations. Les solutions successives ne sont pas mathématiquement comparables, mais elles expriment des

dynamiques très compliquées dans l'espace et dans le temps qu'il convient de structurer, d'analyser et de formuler.

On remarque nettement que l'aspect spatial n'est pas rigoureusement traité dans ce processus décisionnel. Cette absence presque totale de la dimension spatiale s'attribue essentiellement à deux prétextes interdépendants:

- Les décisions reposent sur une démarche combinant les modèles partiels à savoir: l'évapotranspiration, le coefficient cultural, l'occupation des sols, la carte des sols, etc.
- Les données utilisées ne sont pas localisées : données climatiques prélevées dans une seule station agroclimatique, données agronomiques définies dans des conditions standards et généralisées sur l'ensemble du périmètre, etc.

En effet, chacun de ces éléments est soumis à une distribution spatiale et une évolution temporelle particulière suivant les conditions non standard du milieu (FAO 1998). Tandis que les modèles appliqués manquent de concordance dans le temps et dans l'espace et leur combinaison spatiotemporelle perd le degré de représentativité espéré pour les modèles partiels pris séparément.

Du fait de la discordance spatiale des facteurs ainsi modélisés, cette démarche ne peut en aucun cas introduire leurs interactions mutuelles dans la solution mathématique. Le recours à l'outil spatial est alors obligatoire.

Jusqu'à présent, dans le domaine de la gestion des espaces irrigués, cette catégorie de cartes (occupation des sols, types de sol, qualité des eaux souterraines, qualité des sols, etc.) souffre, en plus des problèmes de représentation, de la lenteur de production. Alors que ces cartes sont produites à une fréquence beaucoup plus basse que la demande de l'utilisateur, celui-ci prolonge, pour très longtemps, l'exploitation des documents disponibles par faute de possibilité de mise à jour régulière. Quant aux cartes émanant des analyses spatiales multicouches et aux modèles cartographiques des problématiques ils sont toujours insuffisamment explorés.

3.3 Processus cartographique

Il s'agit ici de considérer la logique de l'établissement des cartes thématiques comme une référence authentique et une source d'inspiration pour la réalisation de la carte d'aide à la prise de décision.

La technologie SIG offre une perfection considérable des capacités de représentations graphiques, une souplesse de réflexion qui permet "*d'apprendre à réfléchir à propos de l'espace et des processus qui agissent dans celui-ci*" et une "*extension de nos capacités d'analyse*" (IDRISI).

3.3.1 L'enjeu de la cartographie thématique

Dans le présent article nous nous sommes intéressés particulièrement à la méthode de discrétisation spatiale du territoire selon le thème à représenter (formation de zones homogènes).

Cette phase fondamentale de l'élaboration des cartes thématiques est le résultat d'une analyse statistique des données. Elle se fait en deux étapes essentielles à savoir : i) Choix du nombre de classes ; ii) Définition des limites de classes.

Le choix du mode de discrétisation fige définitivement l'appartenance d'une valeur à une classe. Cette "généralisation" constitue la clé de l'interprétation de la carte car elle synthétise et transforme les données brutes suivant une méthode qui ne convient pas forcément à toutes les disciplines. Une telle transformation peut se traduire par une "grave" perte d'informations et peut se répercuter négativement sur la lecture de la carte et sur son interprétation conséquente.

"Il convient que lecteurs comme auteurs de cartes en soient conscients et que la méthode de transformation soit mentionnée sur chaque carte afin d'en faciliter la lecture" (THOMAS 2000). Il convient également de respecter les règles de sémiologie graphique des phénomènes spatiaux. Les symboles devront être homogènes et proportionnels à la valeur représentée dans un même document, mais aussi et surtout standard pour l'ensemble d'une cartographie.

La mauvaise interprétation des cartes thématiques découle en général de la non correspondance de l'image produite, de son niveau d'instruction et de sa méthode de lissage des données avec le besoin informationnel à satisfaire au travers de cette représentation.

Le public ciblé par la carte thématique est d'un intérêt fondamental. Toute difficulté d'interprétation et toute mauvaise lecture de la carte touche directement sa crédibilité et se traduit, de la part du lecteur, par sa remise en cause. La reproduction synthétique de la dynamique spatiale du phénomène observé doit satisfaire en premier lieu les attentes des utilisateurs potentiels.

De ce fait les tolérances en terme de perte d'information ne relèvent pas directement de la compétence des cartographes. Elles sont définies par l'utilisateur lui même. La participation du décideur (l'utilisateur) dans la discrétisation des données est, à notre sens, le seul moyen de faire de la carte thématique une image intelligente et intelligible assurant une harmonie entre la conception de l'auteur et la perception de l'utilisateur.

3.3.2 La carte d'aide à la décision

Dans un domaine particulier tel que celui de la gestion des espaces irrigués, l'appréciation de l'intensité des phénomènes, de leur distribution spatiale, de leur dynamique temporelle repose sur des critères et des seuils d'équilibre et se réfère à une panoplie de connaissances qui ont permis de ficeler les phénomènes, de décrire leurs régimes et de définir leurs relations de causes à effets.

Dans de pareils domaines, l'analyse statistique descriptive des données n'est plus suffisante pour appuyer les méthodes de représentation cartographique. Le rôle de la carte, dans ce cas, ne se limite plus à une simple lecture enrichissante. *Son message passe à travers une intégration systématique dans un processus complexe d'analyses spatiales et dans une démarche globale d'aide à la décision.* On se trouve donc contraint d'envisager la conception ad hoc d'une carte adhérente fermement au processus décisionnel et d'une cartographie d'aide à la décision qui doit contribuer à la décision finale par le lissage des données et par l'analyse spatiale le long du processus décisionnel.

La carte thématique connaît un public très large de lecteurs et un rythme très lent d'apparition tandis que la cartographie dite d'aide à la décision augmente la fréquence de production et réduit le nombre de lecteurs. Son usage est souvent très limité dans le temps du fait de la nature des décisions sur l'espace irrigué décrite plus haut. Ces dernières cartes sont en général des graphiques établis dans le but d'illustrer, d'exprimer ou d'argumenter une solution avant de passer à la décision finale. Le mode informel de représentation de ces graphiques, ne permet ni la transmission du message ni le support du processus décisionnel.

Cette pseudo cartographie émergente, mise à la portée des détenteurs d'équipements informatiques appropriés, n'est pas encore définie. Elle souffre de la méconnaissance aussi bien des règles de la cartographie que de la logique des logiciels de gestion des bases de données géographiques utilisés.

Or, le caractère déterminant de ses cartes d'aide à la décision, le message qu'elles se doivent de transmettre et leur usage direct, confrontent l'image produite à la réalité évolutive du terrain, chose qui exige la pertinence de leur conception, une stricte application des règles de l'art et surtout une grande rigueur du modèle de transformation des données. Il en découle qu'il y'a autant de routines de différentes fréquences à construire que de cas à traiter, et ce pour chaque modèle décisionnel.

Il conviendrait donc de définir une cartographie spécifique et conviviale pour assurer amplement les tâches suivantes : i) Représentation des données brutes ; ii) Génération des couches paramétriques ; iii) Construction du modèle numérique du territoire assurant une description exhaustive de la problématique étudiée ; iv) Génération des cartes d'aide à la décision par formulation de requêtes spatiales sur les cartes paramétriques ; v) Mise à jour à un rythme convenable.

Dans ce sens, la carte d'aide à la décision jouera, en plus de son rôle de communication et d'instruction, un rôle d'argumentaire graphique et d'animateur des débats techniques. Cet outil informatisé offre une grande facilité dans la simulation de certains scénarios en vue d'ajuster les points de vue. Les intervenants peuvent visualiser et analyser les différentes variantes, vérifier certaines préférences et avoir ainsi un terrain d'entente facilitant la convergence des idées et le règlement des aspects conflictuels.

3.3.3 Proposition d'un processus cartographique sur SIG

A la lumière de la discussion précédente une forme qui pourrait être adéquate du processus cartographique est résumée comme suit:

Acquisition des données : ces données peuvent être de différentes sources et de différents formats;

Structuration des données : cette phase englobe les tâches suivantes : i) l'organisation des données en tables suivant leur nature et leur localisation ; ii) les corrections et les traitements nécessaires des données images ; iii) l'unicité du référentiel spatiotemporel;

Spatialisation des données : dans cette phase, toutes les opérations d'interpolation, de classification et de préparation des couches paramétriques seront réalisées séparément pour chaque paramètre et pour chaque acteur intéressé;

Analyses spatiales : à ce niveau on procédera à l'agrégation des paramètres sur la base des formulations nécessaires moyennant les opérateurs de l'analyse spatiale;

Mise à jour : A chaque révolution, la mise à jour doit re-décrire la problématique sur la base des changements qui devraient se produire d'une manière naturelle ou artificiellement suite à la mise en œuvre de nouvelles actions sur le territoire étudié.

3.4 Comparaison des deux processus

Le tableau 2 donne un aperçu comparatif entre les processus décisionnel et cartographique.

Tableau 2 : Comparaison entre les processus décisionnel et cartographique

PROCESSUS CARTOGRAPHIQUE SUR SIG	PASSAGE DE LA DONNEE A LA DECISION	PROCESSUS DECISIONNEL
Acquisition des données	DONNEES OBJECTIVES	Récolte
Structuration des données	DONNEES SUBJECTIVES	Synthèse et interprétation
Spatialisation des données	SYSTEME D'INFORMATION (MODELES)	Analyse intégrée
Analyses spatiales	EXPLOITATION DU MODELE	Décision
Mise à jour	MISE EN ŒUVRE – CONTROLE	Observation des changements

On remarque nettement le degré de similitude entre les deux processus. Le premier s'achève par la représentation des résultats des analyses spatiales et le second se termine par la décision qui constitue, en quelque sorte, le résultat de l'analyse intégrée des données.

Cependant, il est très difficile de lister et de démarquer les profits réciproques de l'un par rapport à l'autre de ces deux processus vue la possibilité d'interaction à différents stades. La fusion des deux processus devrait se traduire par une démarche systémique basée sur l'analyse spatiale.

4. ROPOSITION D'UNE DEMARCHE SYSTEMIQUE DE GESTION DE L'ESPACE IRRIGUE

La démarche systémique proposée ici explore la technologie SIG pour inventorier les données, puis décrire la problématique avec une base de données géographiques, avant de construire le modèle numérique du territoire et procéder aux analyses spatiales.

L'analyse thématique et le traitement multidisciplinaire des données permettent non seulement une description exhaustive des aspects étudiés, mais aussi une concertation mutuelle entre les acteurs de différentes disciplines (aménagistes, hydrauliciens, agronomes, pédologues, sociologues, environnementalistes, informaticiens, cartographes, géomaticiens et autres). La possibilité d'analyse spatiale permet l'agrégation de plusieurs couches thématiques suivant une formulation qui permet de mettre en exergue les aspects particuliers de la problématique intégrant plusieurs paramètres. La figure 2 et son commentaire résument cette proposition.

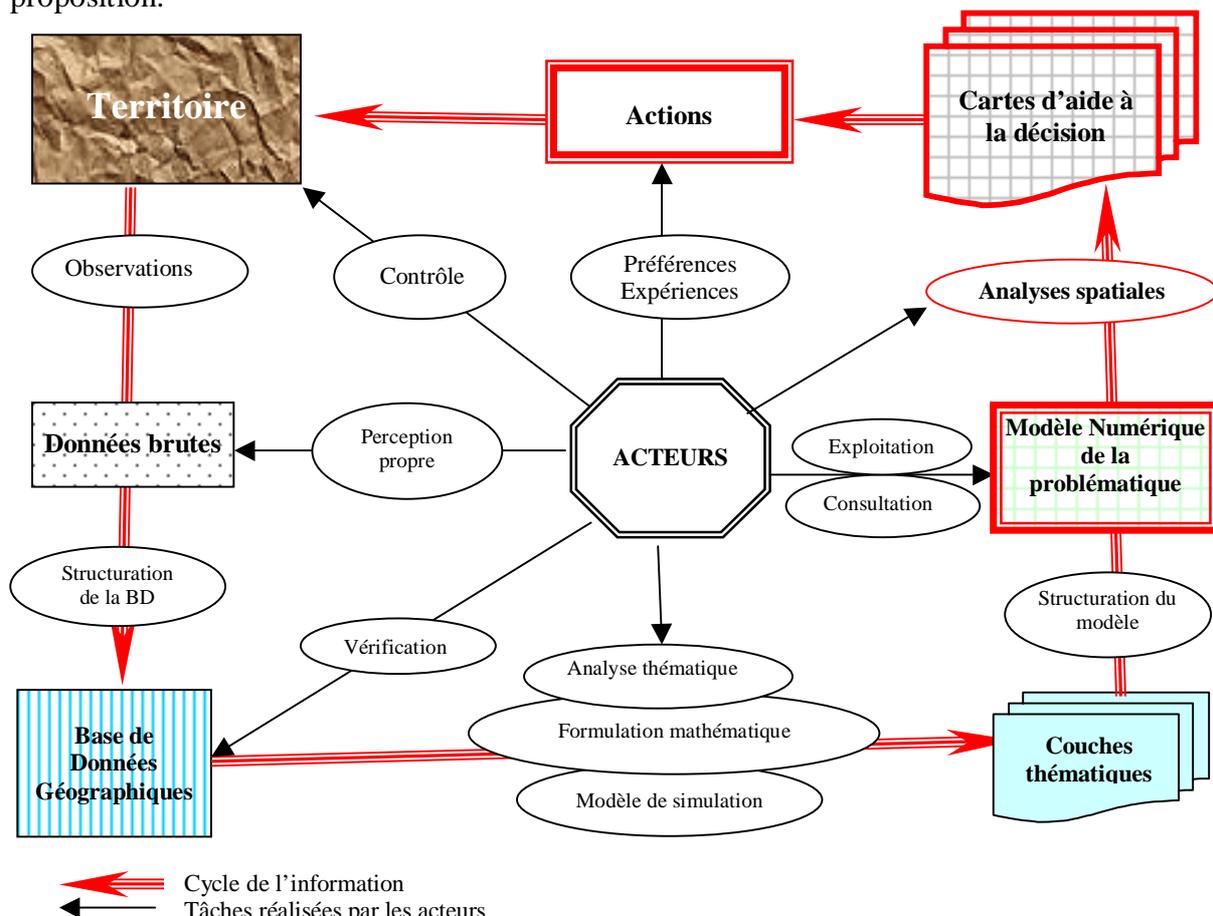


Figure 2 : Démarche systémique d'aide à la décision

Les avantages de cette démarche systémique consistent en d'abord la concertation mutuelle et permanente des acteurs qui offre la possibilité de partager les données et les outils afin de développer une vision commune du fonctionnement de l'univers de travail. Le contrôle progressif des étapes par l'ensemble des acteurs permet de s'assurer que la subjectivité est bien exprimée.

Ensuite, la distinction entre la structuration de la base de données, l'analyse thématique et l'analyse spatiale permet d'avancer au niveau des réalisations tout en sauvegardant les résultats intermédiaires dans le but d'une réutilisation ultérieure éventuelle.

Enfin, la décision finale découle d'un travail d'équipe qui bénéficie de l'apport combiné de tous les intervenants.

Il convient de noter que le haut niveau d'informatisation de ce modèle est un avantage supplémentaire. La mise en œuvre d'un tel modèle va connaître une multitude d'ajustements de forme par l'élaboration d'algorithmes et de routines qui réduisent le travail manuel. Elle connaîtra aussi des réformes de fond par l'instauration de contraintes d'intégrité qui assurent un contrôle automatique des données et du fonctionnement du modèle et par l'instauration également des métas données qui permettent de s'assurer de la pertinence de l'information utilisée.

Dans le présent projet de modèle, les tâches réalisées par les acteurs aboutissent à une transformation de l'état de l'information. Ainsi, elle passe de la donnée brute à la proposition des actions suivant le processus ci-après :

- *Données brutes* : ces données sont *observées* sur le terrain suivant un protocole et un rythme convenables et sont *contrôlées* par les différents acteurs;
- *Base de données géographique* : elle consiste en une *structuration* de données reportées sur un référentiel spatiotemporel commun suivant la nature de l'élément géométrique concerné et selon les lieux géométriques des observations et la campagne des mesures;
- *Couches thématiques d'information* : les acteurs procèdent à l'exploitation de cette base de données par *analyses thématiques* qui s'achèvent par la représentation de la distribution spatiale des variables pour former une image pertinente de la dynamique spatiale et une signification subjective des observations pour chaque discipline concernée;
- *Modèle numérique du territoire* : les descriptions paramétriques des aspects traités sont ensuite *inventoriées* pour décrire globalement la problématique dans sa dimension spatiale;
- *Carte d'aide à la décision* : les acteurs font appel aux concepts scientifiques pour *exploiter* le modèle numérique du territoire et pour réaliser des *analyses spatiales* multicouches afin de procéder à l'identification des zones homogènes et à la proposition de solutions mathématiques;
- *Action ou décision* : Sur la base des solutions mathématiques proposées, les acteurs peuvent identifier des actions concernant des aspects particuliers de la problématique. Le décideur disposera alors d'arguments solides pour approuver ou modifier les solutions proposées suivant *ses préférences* et sa stratégie.

Ce cycle de l'information sous-entend un cumul de situations temporelles qui nécessitent un système pertinent d'archivage et d'analyse de séries temporelles des informations. Il conviendrait donc à ce sujet de concevoir une modélisation scientifique qui va accompagner la présente modélisation décisionnelle. L'information disponible sera alors sujette à une nouvelle série de transformations et de traitements pour décrire les régimes, les tendances et les périodes des phénomènes évolutifs étudiés. D'autres catégories d'analyse entreront en jeu pour décrire la dimension temporelle de la problématique.

5. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Trois aspects ont été abordés dans cet article : i) le processus décisionnel concernant les environnements complexes ; ii) le processus cartographique sur SIG ; et iii) l'approche systémique d'aide à la décision résultant de la fusion des deux processus susvisés.

Dans cette conception, les méthodes ordinaires de la gestion du territoire sont renforcées par le partage des informations et la concertation mutuelle entre les acteurs de différentes disciplines d'une part, et la gestion des bases de données géographiques d'autre part. Le point fort de cette approche est son pouvoir d'affiner le diagnostic localisé du milieu naturel en vue d'identifier les interventions convenables.

Dans cette démarche, l'analyse spatiale complète à la méthode ordinaire d'analyse des données et ne la remplace. De ce fait l'application de cette démarche n'exige en aucun cas la renonciation aux méthodes habituelles. Seulement, chaque acteur doit définir minutieusement son sous-système et les liaisons qui le rattachent au groupe et à la problématique globale. Les apports intellectuels de l'ensemble des acteurs seront, dès lors, intégrés dans la prise de décision finale.

La représentation cartographique constitue la clé de cette démarche dans la mesure où elle appuie fermement le processus décisionnel et où la communication entre les différents partenaires passe obligatoirement par le support cartographique. Une telle cartographie exige une actualisation de la vision du cartographe et une ouverture sur les préoccupations de l'utilisateur en vue de définir un produit cartographique en parfaite harmonie avec les attentes et les préférences de celui-ci.

Etant donné que la cartographie abrège de manière considérable le chemin de compréhension des phénomènes spatiaux, sa contribution à la décision sur le territoire, en général, et sur l'espace irrigué, en particulier, en fait un véritable vecteur de développement durable.

REFERENCES

- Brodhag, C, 2001, Glossaire de développement durable, Agora21, version du 20 p12/62, www.agora21.org.
- DDGI, 1999, Plan d'action de suivi de l'environnement dans le domaine hydro-agricole 1999-2002, Rabat, Direction du Développement et de la Gestion de l'Irrigation.

FAO, 1998, irrigation and drainage paper n° 56, Guidelines for computing crop water requirements, Rome, <http://www.fao.org/docrep/X0490E/x0490e00.htm#Contents> .

Idrisi, Introduction aux SIG.

Mohammi, A, 2002, note sur l'observatoire type de suivi de l'évolution de la qualité des eaux et des sols dans les périmètres irrigués, Rabat, DDGI.

Thomas, I, 2000, Today's and tomorrow's mapping: recalls and prospects, <http://193.55107.3/cartograf/thomas/thomasrtf.pdf>.

BIOGRAPHICAL NOTES

Bachir Ablat: Ingénieur Principal en Topographie à la Direction du Développement et de la Gestion de l'Irrigation, Rabat, préparation d'un Master en SIG et Télédétection au CRASTE-LF de Rabat

Mohamed Rouchdi: Doctorat Es Sciences Agronomique, Professeur de l'enseignement supérieur à l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, Membre de plusieurs associations, expert en matière de SIG et de Télédétection dans plusieurs projets.

Anas Emran: Doctorat d'Etat Es Science de la terre et Télédétection, Professeur de l'enseignement supérieur, Chef du département de la télédétection à l'Institut Scientifique de Rabat.

Mohammed Hmam: Master of Science in Géodésie, Ingénieur en Chef, chef de Division de la cartographie, Agence Nationale de la Conservation Foncière du cadastre et de la Cartographie, Rabat, Membre, Représentant et Fondateurs de plusieurs Associations.

Assou Mohamm: Ingénieur en Chef, Sciences du Sol, Eau et Environnement, Direction des Aménagements Fonciers, Rabat, Membre du Réseau Nord Africain des Zones Humides.

Zakariae El Yacoubi: Ingénieur Principal du Génie Rural à la Direction du Développement et de la Gestion de l'Irrigation, Rabat.

CONTACTS

Bachir Ablat

Direction de Développement et de la Gestion de l'Irrigation

Avenue Hassan II (Ex station Dbagh) – BP 1069

Rabat

MAROC

Tel. + 212 37 69 41 33 / 69 00 60, GSM 063 68 11 85

Fax + 212 37 69 84 40

Email : bacab2002@yahoo.com