

# **L'intérêt des maquettes virtuelles dans la compréhension des enjeux spatiaux**

## **Introduction**

En 1995, Joël de Rosnay a écrit un ouvrage [DE ROSNEY 1995] dans lequel il développe la théorie de la macro vie. Il s'agit d'une vie hybride, située à la fois dans le champ biologique, mécanique et électronique. Dans ce contexte l'homme est une cellule de cette macro vie en interaction avec les autres composantes précitées. Le monde d'aujourd'hui semble, 15 ans après cet ouvrage, tendre effectivement vers cette symbiose dont l'Internet (réseaux sociaux) et les technologies modernes de communication (Smartphone, ordinateurs ultra portables et technologie wifi) sont les supports numériques d'interactions permanentes entre le réel et le virtuel.

La réalité augmentée, qui permet de superposer des informations virtuelles sur une scène filmée en direct est un exemple particulièrement spectaculaire de cette interaction entre univers virtuel et univers réel.

Nous allons nous concentrer sur l'étude d'un autre avatar techno-spatial de cette interaction entre l'Homme et la technologie: les maquettes virtuelles de territoire et plus particulièrement de l'intérêt de l'emploi de ces maquettes dans la compréhension des enjeux spatiaux.

Notre thèse est la suivante : les maquettes virtuelles de territoire sont des outils d'aide à la décision d'un genre nouveau. Employés de façon interactive, ils permettent de rendre opérationnels les processus de concertation dans le champ spatial en facilitant l'échange d'informations entre acteurs du territoire. Cette approche est à notre connaissance, radicalement nouvelle car le résultat des décisions entre acteurs n'est pas le fruit d'un processus entièrement modélisable mais celui d'un va et vient entre la maquette (univers virtuel) et le réel (les acteurs qui interagissent avec elle). Cet outil facilite l'émergence d'un consensus dans le champ de l'aménagement.

Les possibilités extraordinaires de cette approche se heurtent toutefois au problème du jeu d'acteur et de la répartition du pouvoir au sein de la chaîne de décision comme l'on montré des expériences de mise en œuvre menées sur des projets d'aménagement lourd dans les Pyrénées atlantique [LOUBIER 2004 et 2006].

## **Mécanique des maquettes virtuelles :**

L'apparition du vecteur 3D au sein des systèmes de production cartographique est l'élément essentiel qui a permis l'apparition de la démarche de concertation par maquettes virtuelles. Il n'est cependant pas suffisant. En effet, le passage à la 3<sup>ème</sup> dimension améliore l'aspect heuristique (au sens de la perception mentale hiérarchique) dans la compréhension des enjeux spatiaux mais il ne modifie pas la façon dont une décision se construit dans un projet de territoire quelconque [Roy 1985, Laaribi 2000]. Les processus sont toujours séquentiels et reposent sur la production et l'analyse de cartes « jetables » qui alimentent la réflexion. Pour que la maquette virtuelle (figure 1) s'inscrive dans un cadre d'aide à la concertation, il lui faut posséder d'autres propriétés informatiques. Ces dernières visent à réduire la distance cognitive entre la perception de l'acteur sur son territoire et la maquette sensée rendre compte de ce territoire d'un point de vue virtuel. Pour parvenir à ce résultat, nous avons identifié quatre propriétés nécessaires à la maquette :

- Un environnement volumique
- Un déplacement en temps réel

- Une restitution des ambiances
- Une capacité à agir sur la scène (création ; destruction, modification et interrogation) en temps réel



Figure1 : Exemple de maquette virtuelle de territoire.(OIN plaine du Var)

Avec ces quatre propriétés liées à la maquette virtuelle, l'interaction entre les acteurs du territoire et l'environnement informatique devient possible. Sur le plan technique, le lecteur intéressé pourra se référer à [Loubier 2006] qui décrit l'architecture globale d'un système générateur de maquettes virtuelles en vue d'aider à la concertation.

Il convient de souligner que les ressources informatiques actuelles permettent de mettre en place facilement de tels systèmes. Il est même possible d'adapter des environnements informatiques du marché avec l'objectif de mener des concertations par construction interactive de maquettes de territoire. Les quatre propriétés précitées sont souvent représentées dans les suites 3D de certains logiciels du marché. Toutefois, ces outils sont limités en termes de vitesse d'exécution du calcul de la scène quand celle-ci est modifiée et une limite peut apparaître au niveau de l'interactivité. Celle-ci ne peut s'exprimer que si le résultat de l'action (création, destruction, modification) d'un ou plusieurs acteurs sur la scène apparaît dans un temps acceptable. Dans ce domaine, il convient donc de bien identifier le problème du point de vue de la complexité informatique. En effet, le temps de calcul pour obtenir une scène augmente avec le nombre d'objets qui la compose. Ces objets renforcent les interrelations entre acteurs et la scène ce qui génère de nouveaux objets qui complexifient à leur tour la géométrie de la scène. Ce problème doit impérativement être traité en temps polynomial sous peine d'empêcher la convergence vers un paysage de concertation à cause de l'augmentation du temps d'attente du calcul de la scène. Les solutions dans ce domaine peuvent être algorithmique mais aussi dans les règles du jeu de la concertation. Par exemple, pour éviter la complexité calculatoire, on peut instaurer une règle d'action sur la scène de type séquentielle (un acteur agit sur la scène, on calcule le nouveau paysage puis un autre acteur réagit sur cette nouvelle scène calculée et ainsi de suite). C'est la solution qui a été choisie dans le cadre du projet SIMUL-IMAGE [Loubier 2004 et 2006]. Quand ces questions sont résolues, le mécanisme de concertation par le biais de l'interaction acteurs/maquette peut fonctionner. La suite de cet article décrit les concepts sous-jacents au processus de concertation. Il décrit également assez finement la dualité perception action de la donnée par rapport aux acteurs dans un tel système. Enfin, la dernière partie aborde une critique du

système à la suite d'observations faites lors de sessions de concertations autour de projets d'aménagements.

### **Le paysage de concertation : un résultat permis par la confiance dans les données**

Nous avons dit que le processus de concertation s'organise autour de l'interaction entre les acteurs du projet et une maquette virtuelle modifiable en temps réel. La maquette donne à voir du territoire aux acteurs de façon immédiate.[Chardonnel et al 2003] Quand les acteurs interagissent avec elle pendant suffisamment longtemps, on observe une réduction de l'activité des acteurs sur la scène. Quand ce processus s'arrête, les acteurs ont convergé vers un paysage de concertation. Il s'agit de la scène qui est acceptée par tous les acteurs. C'est un paysage qui minimise la distance entre les différents points de vue. Ceux-ci peuvent être antagonistes ou non. Les avantages pratiques de cette approche sont multiples. Dans un premier lieu, ce résultat est obtenu par une négociation entre les acteurs via la confrontation immédiate avec la scène. Les acteurs sont les maîtres de la situation. Il n'y a pas d'intermédiaire entre leur projet et l'univers perçu même si celui-ci est virtuel. Dans un second lieu, le paysage est un résultat concret, tangible sur le territoire en projet. Il peut donc servir de patron pour le passage à la réalité. Bien entendu, pour que le paysage de concertation soit fiable, il doit reposer sur des garanties scientifiques réelles. Cette condition est indispensable et doit être explicitée aux acteurs avant même que le processus s'engage. Nous avons observé que la question de la pertinence scientifique était abordée dans les premiers instants des séances. Cela nous a permis d'identifier une relation entre le statut de la donnée sur le territoire, son genre et son emploi dans la scène. (Figure 2)

Genre	Donnée continue dans l'espace	Donnée discrète dans l'espace
Rôle sur la scène	Stratégique	Tactique
Problèmes liés	Problème de la qualité scientifique	Problème de la variation des perceptions des acteurs

Figure 2 : classification de la donnée et statut dans un système d'aide à la concertation

### **Garantir la confiance des acteurs : une obligation**

Le niveau de garantie scientifique affecté à la donnée est directement lié à son statut dans la scène. Il existe deux statuts de la donnée dans un environnement interactif d'aide à la concertation : le statut stratégique et le statut discret.

Le statut stratégique correspond à la donnée qui, lorsqu'elle s'exprime sur la scène, exerce un impact total sur l'ensemble. Elle se comporte comme un facteur limitant et influence les actions des acteurs. C'est par exemple, le cas des données de type climatique ou une cartographie globale spécifiant un droit opposable pour l'aménagement

Ici, le niveau de garantie scientifique sera très élevé et les acteurs seront particulièrement sensibles à la qualité des théories scientifiques sur lesquelles s'appuie ce type de données mais aussi la qualité intrinsèque de la donnée et particulièrement dans son géoréférencement. D'un point de vue pratique, il est impératif que les acteurs accordent un degré de confiance élevé à cette famille d'informations. Dans le cas contraire, il est impossible d'engager la moindre action de concertation, les acteurs refusant d'adhérer au principe même de la scène comme outil d'aide.

Le statut tactique correspond à la donnée qui est directement manipulée par les acteurs et sur laquelle s'exerce la négociation entre des points de vue qui peuvent être contradictoires. Pour ce type de donnée, la question de la qualité scientifique est plus faible car, de par sa nature discrète dans l'espace, elle n'est pas ambiguë ou complexe. Il est rare que les acteurs appelé à manipuler ces données en aient des représentations très éloignées même s'ils ne s'accordent pas tous sur leur effet. Dans les cas délicats, il est possible d'utiliser l'échelle de pondération continue (figure 3) dans le cadre du procédé de hiérarchisation analytique proposé par Saaty [Saaty 1977]

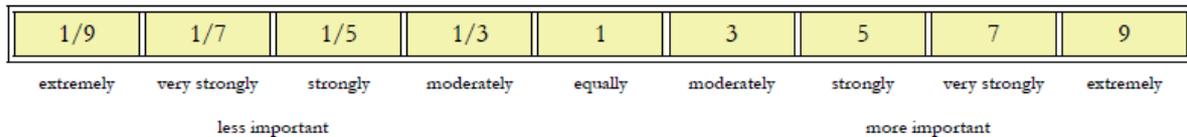


Figure 3 : Echelle de pondération continue d'après Eastman [EASTMAN 2001]

Elle permet aux acteurs de quantifier le rôle de ce type d'informations sur la scène et de mesurer le consensus ou le non consensus entre les acteurs. Le problème principal de cette catégorie de données est en revanche lié à la sélection des informations adéquates susceptibles d'aider la concertation. Nous avons observé que la donnée de type de stratégique fait toujours l'objet d'un consensus sur sa présence dans la scène. Il n'en va pas de même pour la donnée de type tactique.

### Choix des données où le sens donné au projet de territoire

Pour voir apparaître un paysage de concertation, nous devons postuler que le monde physique sur lequel il se déploie est appréhendable. On peut alors le décrire par l'observation et l'analyse. Ce faisant, l'observateur suivant la démarche scientifique expérimentale, lui donne du sens en établissant une relation biunivoque entre la permanence des choses qui composent le monde et la représentation symbolique qu'il s'en fait à l'aide de la maquette virtuelle de territoire par exemple. Si l'on suit ce raisonnement, l'acteur se révèle doté d'une capacité de connaissance a priori qui l'autorise à penser le monde réel au travers de cette maquette.

L'acteur prend conscience des choses et cette conscience pose la question du sens donné à ces choses. Nous considérons que la conscience de quelque chose est produite par « ce qui donne le plus à penser » [Heidegger 1986] et ce qui donne le plus à penser est ce qui aura le plus de sens pour celui qui pense. C'est le substrat théorique qui est exploitée pour construire le modèle de données perçues dans l'environnement informatique d'aide à la concertation..

Comme ce qui donne le plus à penser est également ce qui prend le plus de sens, il suffit d'identifier ce qui fait le plus penser sur un territoire donné en fonction d'un projet et d'en extraire les constructions spatiales primitives pour reconnaître les « bonnes » données. C'est-à-dire celles qui doivent apparaître obligatoirement.

### Structure des données : le principe des récifs de consensus et de non-consensus

Les « bonnes » données perçues ne peuvent l'être qu'en fonction d'un objectif précis, sur un terrain donné. Elles sont, de surcroît, inséparables de l'acteur qui leur donne du sens. Quand leur signification résiste au temps et à la multiplicité des individus, elles forment des récifs dans le champ mouvant de la perception. Cependant, l'emboîtement d'échelles requis pour

une mise en œuvre d'aide à la concertation, implique une évaluation de leur degré d'acceptation par les autres acteurs du territoire. Deux cas de figures extrêmes sont possibles :

- Tous les acteurs s'accordent sur la signification de l'objet spatial. Il couvre donc l'ensemble des dimensions signifiantes (N acteurs). C'est le cas par exemple du Modèle Numérique de Terrain. Ce sera un récif de consensus
- Un seul acteur considère un objet comme ayant une valeur d'explication forte alors que tous les autres lui accordent une valeur faible. Cet objet ne couvre qu'une seule dimension signifiante du champ (1/N acteurs). Ce sera un récif de non-consensus. Ce type d'objet possède un contour signifiant différent selon le type d'acteur. Entre ces deux cas extrêmes, toutes les situations de perception des objets du plan sont possibles. Nous pouvons modéliser ces relations qui sont par essence qualitatives et leur affecter un poids. Bien entendu, cette dimension quantitative ne vaut que dans l'intervalle spatial et temporel du problème que nous voudrions traiter. La figure 4 décrit cette relation et met en évidence les récifs de consensus et de non-consensus.

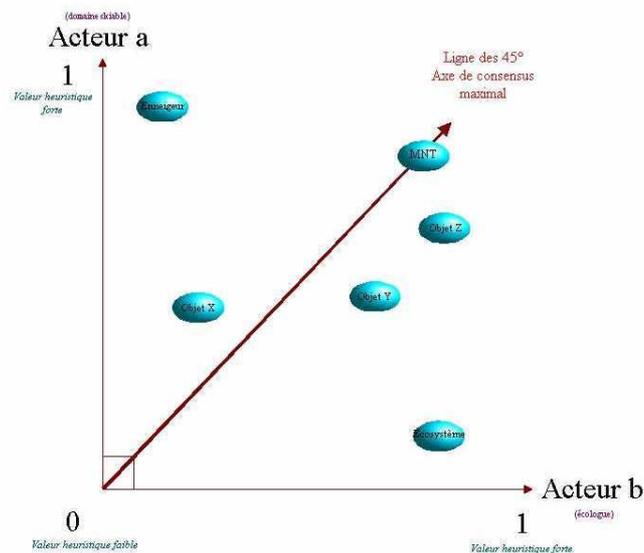


Figure 4 : exemple de plan de consensus pour deux acteurs d'après [LOUBIER 2004]

Si tous les objets spatiaux primitifs sont perçus de façon égale par tous les acteurs, ils seront positionnés le long de l'axe des 45° car cette droite est de la forme  $Y=X$ . Le caractère orthonormé exprime l'indépendance de perception de chacun des acteurs sur le territoire concerné. Les variations des situations sont traduites par la valeur affectée aux objets dans un intervalle compris entre 0 et 1. On peut éventuellement discrétiser cet intervalle de façon à réduire les possibilités de positionnement des objets. En répétant l'opération, on parvient à construire un indicateur du poids du consensus possible assigné à chaque objet spatial primitif quand il est considéré simultanément par tous les acteurs du territoire. L'exemple ci-dessus ne prend en compte que deux dimensions. L'échelle de Saaty présentée plus haut permet de développer cette idée dans un espace multidimensionnel en autorisant la construction d'une matrice de comparaison par paire (les données sont comparées deux à deux) sur laquelle nous pouvons procéder à une analyse factorielle multidimensionnelle. Les valeurs propres issues de cette analyse peuvent être alors considérées comme les points d'influence affectés par l'ensemble des acteurs sur les différents types de données utilisés pour construire la maquette virtuelle de territoire.

## **Les processus en action**

L'interactivité avec la maquette virtuelle permet l'accession à la connaissance par la mise en commun du savoir (les croyances) des acteurs qui partagent nécessairement la portion de territoire sur lequel se pose le problème envisagé (le projet de territoire) mais pas obligatoirement la même perception/connaissance du problème et du territoire (les points de vue des acteurs). Le processus de mise en commun via la maquette rapproche les différents points de vue jusqu'à atteindre le moment où la solution (le paysage de concertation) se déploie. D'une façon pratique, il s'agit d'un processus de révisions des croyances individuelles par la confrontation avec celles des autres acteurs.

La scène interactive exerce un rôle du "postier" au niveau individuel (celui des acteurs) vers le champ global (le projet de territoire).

L'environnement affiché représente la situation la plus plausible compte tenu de toutes les croyances connues par tous les acteurs au moment T0. L'introduction d'un message venu d'un acteur, par exemple créer un bâti quelconque dans une zone donnée, implique donc de la part des autres acteurs un processus de confrontation entre leur croyance à propos d'une situation qui n'est pas supposée différente et l'information nouvelle. Dans le cadre où nous nous plaçons, (nos acteurs sont rationnels, c'est-à-dire qu'ils raisonnent selon un schéma logique), si cette information est en contradiction avec la croyance initiale d'un acteur, ce dernier va devoir restaurer la cohérence de sa croyance.. L'objectif de l'acteur sera alors de préserver ses croyances les plus enracinées [QUINE 1951]. C'est à dire que la restauration de ses croyances face au message contradictoire sera l'abandon de ses croyances qui lui paraissent les moins importantes ce qui correspond bien à un processus de négociation et permet de modifier la maquette de T0 à T1

Dans notre environnement de maquettes virtuelles interactives, le mécanisme de rectification des croyances peut s'activer à deux moments.

Le premier moment correspond à la situation suivante. L'acteur se trouve confronté à un message porté par la maquette qui remet en question son édifice théorique de référence (celui qui lui sert pour donner du sens au territoire sur lequel il agit). Par exemple, la découverte pour un acteur écologiste après la mise en commun des connaissances spatiales de tous les acteurs intéressés à l'étude du problème concerné, que le projet sera bénéfique pour la biodiversité pour le territoire étudié. Ce message lui fera rectifier ses croyances théoriques sur le projet de territoire dans son volet général pour ce territoire mais pas sur les écosystèmes.

Le second moment correspond à la rectification de l'opinion que les acteurs se font de la validité des théories des autres acteurs au sein de la maquette virtuelle de territoire. Le fait que la carte interactive donne "à voir du territoire" [Chardonnel et Al 2003] qui transcende les points de vues individuels permet à chaque acteur de cheminer vers les théories des autres plus facilement à l'aide des mêmes mécanismes que ceux que nous venons de décrire. Dans un contexte d'aide à la concertation [Loubier 2004] via les maquettes virtuelles de territoire, ces deux moments formalisent le processus de convergence vers la concertation particulièrement quand cette dernière doit se construire avec des acteurs présentant des points de vue contradictoires sur un territoire commun.

## **Les répartitions du pouvoir : un outil au service du plus « faible »**

Au cours de l'année 2002, nous avons mené une opération de simulation en grandeur réelle pour le compte du conseil général des Pyrénées Atlantique. Le résultat de la séance a été très intéressant car deux tendances se sont nettement dégagées en fonction de la position

professionnelle des acteurs du projet. Les élus, décideurs institutionnels faiblement techniques, ont très fortement adhéré au système, lui trouvant des vertus de pédagogie qui leur permettaient de s'affranchir d'un certain apprentissage technique. Ils ont également insisté sur le gain de temps réalisé, dans le choix des différentes solutions qui leur étaient proposées. En revanche, le personnel technique (ingénieurs subdivisionnaires) présent lors de cette séance s'est violemment élevé contre l'environnement informatique et contre les maquettes qui étaient générées, tant que des élus restaient présents dans la salle. Cet instrument ne leur semblait pas correspondre à la réalité du terrain. Il était entaché d'erreurs sur la donnée (précision) et enfin, beaucoup lui trouvaient un caractère de gadget inutile. Cette entreprise de discrédit a cessé immédiatement après que les élus présents, qui devaient honorer d'autres rendez-vous, eurent quitté la salle. Dès cet instant, les ingénieurs techniques ont totalement changé de discours. Ils nous ont demandé de mener des simulations en fonction de leurs points de vue à partir des scénarii de base. Ils ont utilisé l'outil pour ajuster leur perception en nous demandant de leur apporter certaines informations comme des profils en long et des visualisations de projets sous différents angles de vue.

L'outil, à ce moment là, ne leur semblait plus du tout sujet à caution. Nous avons donc demandé les raisons d'un tel changement d'attitude. L'ingénieur en chef, coordinateur technique du projet, nous a expliqué que «... nous allons mettre les ingénieurs au chômage avec un outil pareil... ». Nous avons donc tenté de leur montrer que cet instrument était inopérant sans un travail préalable d'intégration du volet technique dans la base de données, ce qui correspond à leur mission de base. Mais leur position n'évoluait pas. Finalement, l'ingénieur en chef coordinateur du projet nous a expliqué que l'intérêt de sa position ne résidait pas dans le volet technique mais dans le fait que le décideur politique est soumis à la façon dont les techniciens présentent les projets. Clairement, il s'agissait une question de pouvoir implicite dans la chaîne de décision. Il nous a même expliqué que cet outil pouvait être très précieux à condition qu'il soit utilisé par les techniciens mais pas par les décideurs politiques. («... qu'il ne sorte pas du bureau d'étude... ») Il est évident que le cœur du problème ne résidait pas dans une quelconque angoisse d'appropriation de la technique par des élus, mais plutôt, dans un sentiment de perte de pouvoir d'influence sur les décisions prises par les élus. Ce pouvoir réside, justement dans la capacité d'explication du personnel technique vers les décideurs. La démarche de concertation par maquettes virtuelles de territoire amoindrit cette influence et cantonne le technicien dans son rôle stricto sensu. Il est donc normal que cet outil soit combattu par le milieu des utilisateurs techniques.

Cela a engagé chez nous, un certain nombre de réflexions autour des effets que l'usage de cette approche engendre dans les processus d'aménagement.

Actuellement, l'approche habituelle pour l'aménagement d'un territoire est de type « Top down ». Il ne peut pas en être autrement pour la simple raison que la capacité de décider repose sur la connaissance. Le pouvoir de décider est lié au savoir, par exemple celui de l'expert qui vient alimenter la réflexion du décideur politique. Ce pouvoir à un coût pour celui qui veut l'exercer. Par exemple, le pouvoir technique est acquis après de longues études. Le pouvoir politique est acquis après un fort investissement dans la construction de réseaux. Ces deux types de pouvoir sont d'autant plus importants qu'ils réclament du temps pour être acquis. Il apparaît donc justifié que ceux qui ont fait l'effort d'en faire l'acquisition veuillent l'exercer.

L'approche de concertation modifie le processus de décision en gommant la différence entre « ceux qui savent » et les autres (les acteurs de base du territoire). Cette mise sur un pied d'égalité de tous les acteurs transforme les relations dans les processus d'aménagement et

dépossède les tenants du pouvoir habituel de leur avantage. Bien que cela n'ait pas encore été mené, nous pensons que les décideurs politiques seraient, leur tour contre cette approche, si elle était menée dans le cadre d'une opération où ils sont habitués à diriger le débat, une réunion publique sur un projet d'aménagement par exemple.

Cette approche engage une nouvelle façon de décider qui oblige tous les interlocuteurs à négocier pour parvenir à un consensus. Il s'agit donc d'un processus « Bottom up ». Le décideur politique dans ce contexte, ne décide plus rien mais ne fait qu'entériner les décisions des acteurs sur le territoire. Le décideur technique ne fait que garantir la pertinence scientifique de l'outil mais rien de plus. Ces deux acteurs, majeurs dans le système actuel, sont équivalents aux autres acteurs du territoire quand le processus de concertation s'exprime via la construction interactive de la maquette virtuelle du territoire. Dans un pays à la culture d'opposition comme la France, cela paraît difficile car nous touchons là à une caractéristique sociétale.

## **Conclusion**

La démarche de concertation à l'aide des maquettes virtuelles de territoire n'est pas un outil théorique. Elle possède une dimension opérationnelle originale par rapport aux méthodes traditionnelles et peuvent être employées avec succès dans des situations de conflits. Ces outils d'un genre nouveau déplacent la gouvernance dans le champ spatial. Cette approche qui favorise l'interaction entre les acteurs permet d'aborder la complexité d'un point de vue systémique. La grande force de cette approche est sa capacité à faire émerger un paysage de concertation par mise en commun des points de vue de tous les acteurs intéressés au projet de territoire.

Cependant, l'usage de cette méthode redessine les relations de pouvoir entre les acteurs qui en limite l'extension. Il s'agit en effet d'une forme de démocratie complète pendant tout le temps que dure la concertation. Les acteurs initialement importants dans un processus classique perdent leur avantage car l'environnement permet à tous de percevoir intuitivement la complexité et les enjeux du projet, un savoir auparavant accessible aux seuls experts. Des expériences montrent parfaitement cette situation.

Toutefois, l'évolution des modes de gestion des territoires depuis la conférence de Rio en 1992 ne peut que favoriser ce type d'outils à terme. Des relations nouvelles entre les laboratoires de recherche (projet Métamorphose à Lausanne, OIN plaine du Var à Nice) et les décideurs politiques en charge de projets conséquents et durables montrent que le domaine politique commence à s'intéresser à ces approches. Nous pouvons donc envisager que ces outils seront de plus en plus présents à mesure que les processus de concertation entreront dans les opérations d'aménagement de territoire

## Bibliographie

DE ROSNAY J., 1995. *L'homme symbiotique*. Paris, Seuil, coll. Point, Nouvelle édition 2000 468 p.

CHARDONNEL S ; FEYT G et LOUBIER J-C.,2003: Maquette Virtuelle et projet de territoire : vers une vision commune. In : *Les figures du projet territorial*. SYLVIE LARDON et BERNARD DEBARBIEUX (ed). Edition de l'Aube, pp 157-170

EASTMAN J.R., 2001. *IDRISI, Guide to GIS and Image Processing*, Volume 2, 2001, Clark Labs, Clark University, Release 2, 144 p

HEIDEGGER, M., 1986. *Etre et temps*. Paris, Gallimard, nrf Bibliothèque de philosophie, série M. Heidegger 600 p.

LAARBI A.,2000. *SIG et analyse multicritère*: Paris, Hermès; 190 p

LOUBIER J-C., 2004: *Perception et simulation des effets du changement climatique sur l'économie du ski et la biodiversité (Savoie et Haute-Savoie)*. Thèse de Géographie ; Université Joseph Fourier-Grenoble I ; 6 mai 2004 disponible en ligne à l'URL : [http://tel.ccsd.cnrs.fr/documents/archives0/00/00/69/90/index\\_fr.html](http://tel.ccsd.cnrs.fr/documents/archives0/00/00/69/90/index_fr.html)

LOUBIER J-C.,2006. Construction interactive de maquettes numériques du territoire: In *Revue internationale de Géomatique* Numéro spécial 3D, pp 93-113

QUINE,W. 1951. Two Dogmas of Empiricism. In *The Philosophical Review*, 60 : pp20–43. réimprimé in *From a Logical Point of View*, 1953, H.U.P., trad.fr. Vrin 2003.

ROY B:, 1985. *Méthodologie multicritère d'aide à la décision*. Paris, Economica; Nouvelle édition 2000, 423 p

SAATY, T.L.,1977. A scaling method for priorities in hierarchial structures, In *Journal of Mathematical Psychology*, 15,pp 234-281.