

## ANALYSE INTERACTIVE DE DYNAMIQUES SPATIALES

Cornelius Mende \*

**RÉSUMÉ.** L'analyse de dynamiques spatiales complexes nécessite des outils adaptés. Des logiciels capables d'assister interactivement l'analyse et de représenter des données spatio-temporelles font encore défaut. Une telle application, construite autour d'un SIG, est présentée ici. Il s'agit d'analyser des stratégies d'exploitation et de mise en valeur du système consommateur-producteur d'un alpage.

• AFFICHAGE DYNAMIQUE • ANALYSE EXPLORATOIRE • INTERACTIVITÉ • PÂTURAGE • SIG

**ABSTRACT.** The analysis of complex spatial dynamics needs appropriate tools. At present, there is no software able to interactively assist spatio-temporal analysis and to represent these data. An application developed around a GIS is presented here. It concerns the analysis of strategies optimizing the exploitation and the enhancement of the consumption and production system of an alpine area by means of pasture land.

• DYNAMIC REPRESENTATION • EXPLORATORY ANALYSIS • INTERACTIVITY • PASTURE LAND • GIS

**RESUMEN.** El análisis de dinámicas espaciales complejas exige el empleo de instrumentos adaptados. Ahora bien, logicales capaces de asistir interactivamente el análisis y de representar datos a la vez espaciales y temporales aún hacen falta. Aquí se presenta una aplicación construida alrededor de un SIG. El proyecto de estudio consiste en el análisis de las estrategias de explotación y de valorización de la relación consumidor y productor a través del pasto en la montaña.

• VISUALIZACIÓN DINÁMICA • ANÁLISIS EXPLORATORIO • INTERACTIVIDAD • PASTOREO • SIG

### Présentation

Les méthodes et outils logiciels permettant d'analyser et de représenter de façon dynamique des données spatiales traduisant des changements suscitent un intérêt croissant. Les outils logiciels permettant de traiter de manière interactive et exploratoire ces données font défaut. Nous présentons une application d'analyse exploratoire de dynamiques spatiales qui permet de gérer interactivement et graphiquement, en 2D et en 3D, un certain nombre de couches d'informations spatiales représentant une suite chronologique. Elle s'articule avec un système d'information géographique (SIG) existant.

Les difficultés spécifiques à la conception d'une base de données dynamique ont été développées par ailleurs; des travaux récents ont été menés à ce sujet (Libourel, 1996; Dell'Erba, 1996). L'outil d'analyse exploratoire conçu permet d'étudier graphiquement et interactivement les inter-

actions entre l'espace, ici un alpage, et le processus de son utilisation, traduisant une stratégie d'exploitation et de mise en valeur pastorale. L'application répond à un besoin croissant des collectivités locales gestionnaires de ces espaces en matière de rationalisation du système producteur-consommateur (prairies-moutons), visant le maintien de ces espaces en état renouvelable. Il est donc utile de comprendre la stratégie de conduite de troupeau adoptée par un berger reconnu comme expert, afin d'en dégager des règles de conduite transposables à d'autres alpages. Les aspects thématiques ont déjà donné lieu à diverses publications (Savini *et al.*, 1993; Cheylan *et al.*, 1990; Cheylan, Lardon, 1993).

Le relevé de l'information a été directement réalisé par le berger, qui a dessiné durant une saison pastorale (juillet-septembre 1991) une carte par demi-journée traduisant la chronologie de l'occupation de l'espace. Les activités du troupeau y sont décrites : 183 couvertures correspondent à l'ensemble des demi-journées de la saison. Chaque espace

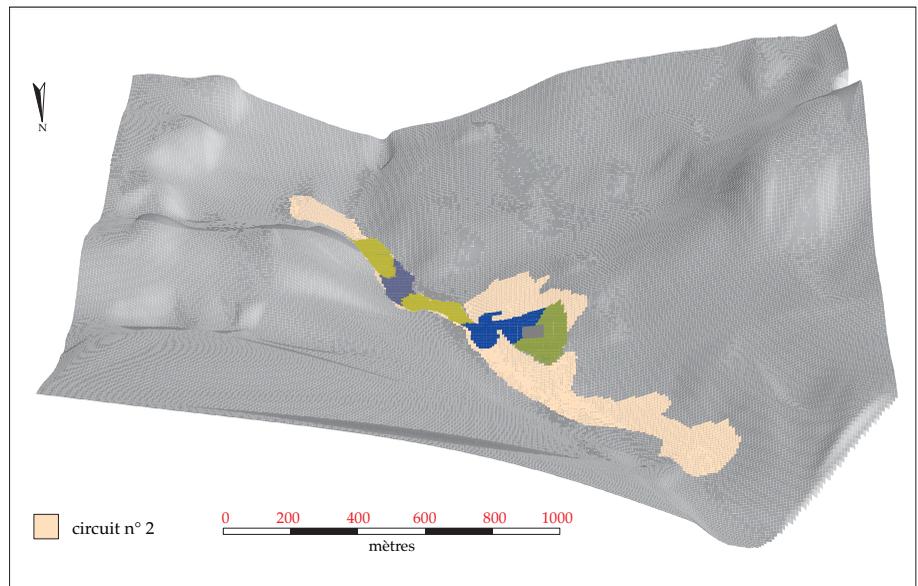
\* GDR MIS-Cassini, Maison de la géographie, 17 rue de l'Abbé de l'Épée, 34090 Montpellier, tél. : 04 67 14 58 40

élémentaire représente une aire d'activité homogène du troupeau dans l'espace et le temps (par exemple déplacement, pâturage, couche, etc.). Chaque demi-journée est constituée d'une suite d'épisodes (techniquement, ce sont en réalité des ensembles de polygones élémentaires résultant de l'intersection des épisodes lorsqu'ils se superposent au cours de la même demi-journée). Chacun de ces *épisodes* est renseigné par l'activité du troupeau qu'il héberge et un certain nombre d'informations supplémentaires (heures de début et de fin de l'épisode, % d'ingestion d'herbe, etc.). Une couverture est donc constituée d'un ensemble de polygones couvrant l'espace parcouru dans une demi-journée, structurée par la suite chronologique des épisodes d'activités.

On dispose en outre d'un certain nombre de couvertures rendant compte de la richesse et de la qualité d'herbe des diverses zones de l'alpage. Un modèle numérique de terrain (MNT) traduit en relief la topographie de l'alpage. Il peut également rendre compte des pentes ou de l'ensoleillement. L'application est installée sous le logiciel Arc/Info®; elle fait fortement appel au langage de programmation Arc-Macro-Language® (AML) et peut être employée par plusieurs utilisateurs simultanément.

### Fonctionnalités

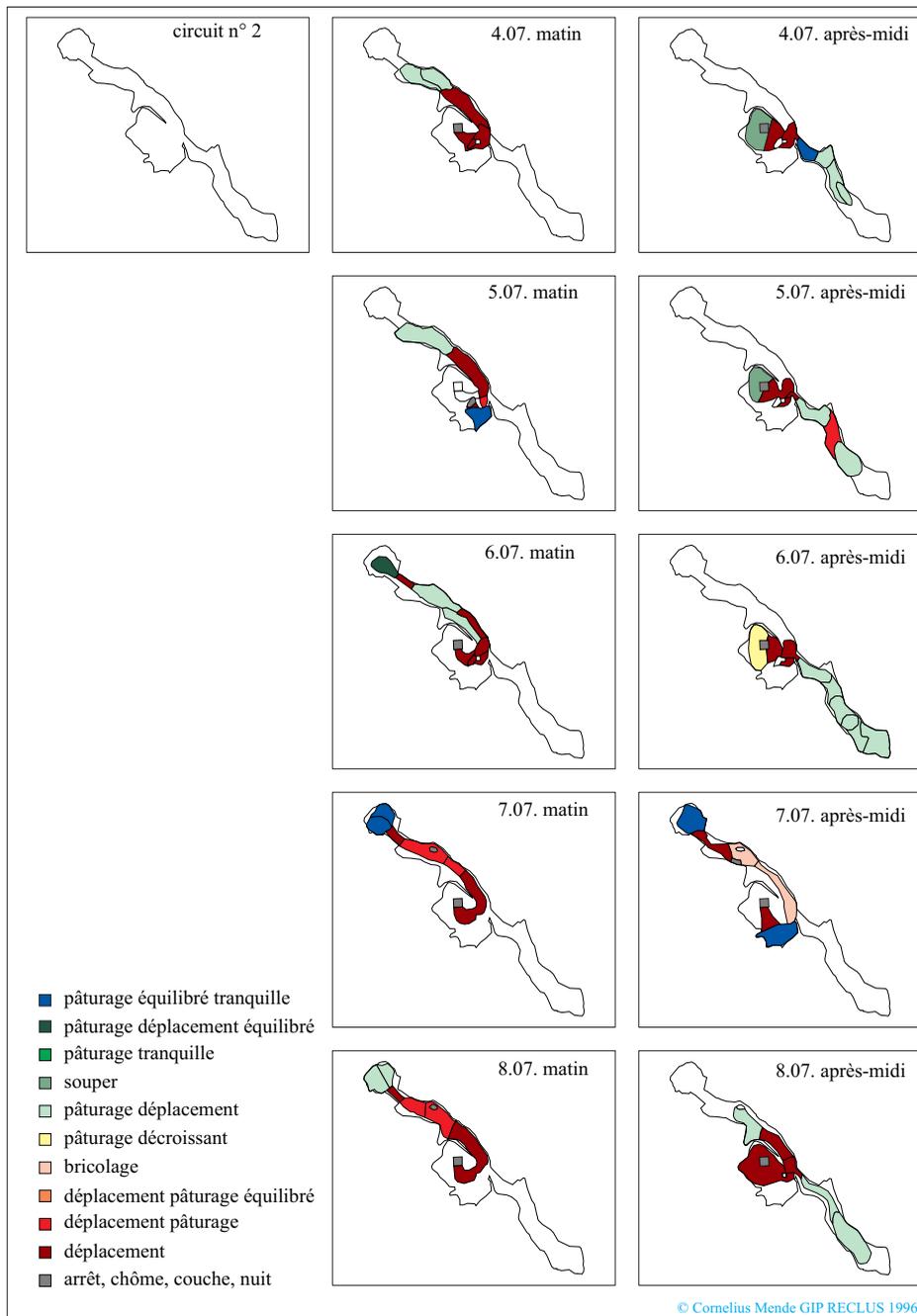
La représentation des dynamiques par animation, d'une part, l'analyse de bilans temporels, d'autre part, forment les deux fonctionnalités centrales. Il est possible d'afficher séquentiellement dans une fenêtre graphique les couvertures une par une ou en les superposant, afin de rendre compte de l'évolution spatiale du troupeau. La superposition peut également se réaliser sur tout autre fond ayant un rôle interprétatif, ici le MNT et la couverture d'herbe. Il est possible de composer des jeux de fonds personnalisés en croisant plusieurs couches thématiques, sur lesquelles on aimerait faire défiler les entités représentant les dynamiques spatiales. Chaque fond ou jeux de fonds choisis est affiché jusqu'à sa



1. Modèle numérique du terrain : relief du Saut du Laire, avec circuit de l'après-midi du 5 juillet

désactivation par l'utilisateur. Lorsque le MNT (fig. 1) est affiché en 3D, toute couverture 2D peut être drapée sur celui-ci. L'utilisateur peut lui-même composer, sauvegarder et rappeler ses vues personnelles en 2D ou 3D sur la base du MNT courant. Une vue par défaut lui est proposée.

L'utilisateur dispose du choix des divers symboles d'affichage proposés par Arc/Info. Le type, l'épaisseur et la couleur des lignes, des aires et du texte peuvent être associés aux divers attributs spatiaux et thématiques (informations attachées aux épisodes). Un seul attribut thématique peut être représenté à la fois afin d'éviter la surcharge graphique. Un polygone peut être symbolisé par les lignes de son contour ou le remplissage de son aire : le pourcentage d'ingestion d'une suite d'épisodes pourra par exemple être représenté par l'épaisseur proportionnelle des contours ou bien par un dégradé des couleurs des aires. Les valeurs attributaires peuvent être affichées textuellement sur les entités spatiales (exemple : taux d'ingestion). Mais ce type de représentation textuelle est sémiotiquement pauvre et peu commode pour la lecture synoptique d'un espace. Il permet par contre de pallier momentanément une surcharge en renseignant individuellement (et non par classes) les entités spatiales de manière textuelle. La cohérence des choix de symbolisation statique est confiée à l'utilisateur. Celui-ci peut afficher ou non une légende traduisant les valeurs attributaires en fonction des symboles choisis. À tout moment, l'utilisateur peut afficher dans une fenêtre-



## 2. Circuit n° 2, du 4 au 8 juillet

texte les tables contenant les valeurs attributaires de son choix. Par défaut, celles qui sont attachées à la couverture courante sont proposées. Enfin, tout affichage graphique peut être imprimé.

L'introduction de la dimension temporelle (ordre, séquence) produit fréquemment des conflits sémiotiques qu'il

faut résoudre cas par cas. Les chevauchements d'aires successives entraînent la perte d'informations surfaciques ou thématiques; les dégradés de couleurs associés aux couleurs thématiques les rendent souvent illisibles; la symbolisation des linéaires destinée à faire percevoir une chronologie (par exemple épaisseur ordonnée des traits) est généralement peu lisible du fait de la complexité des croisements. Pour ces raisons, il paraît utile de se servir du *temps machine* cadencé par l'horloge interne, comme métaphore du temps observé (thématique) en restituant le défilement des entités spatiales successives à l'écran.

L'utilisateur peut regrouper des couvertures successives dans des ensembles correspondant à des séquences-types (ici des séries de demi-journées et journées représentant des parcours successifs et ressemblants qui définissent des unités d'organisation stratégique de la pâture). Ces circuits peuvent être affichés dynamiquement par défilement automatique des polygones concernés avec ou sans affichage d'un fond (2D ou 3D). L'utilisateur peut paramétrer la vitesse de défilement, la taille des intervalles

temporels (exemple : quatre demi-journées à la suite, effaçant au fur et à mesure la précédente ou bien afficher séquentiellement tous les épisodes de l'intervalle choisi en superposition) et leur pas de défilement (ici en unités de demi-journée). Il peut ensuite intervenir en temps réel dans le défilement pour effacer individuellement les dernières couvertures affichées, qu'il s'agisse d'assurer la lisibilité

locale des informations, ou de progresser à rebours dans la chronologie (fig. 2).

L'autre domaine d'analyse exploratoire temporelle concerne les historiques et les bilans partiels. Un fichier d'historique pour l'intervalle choisi rend compte des successions de valeurs prises par un attribut, la série des activités réalisées par le troupeau est ainsi analysable, en vue d'y déceler des régularités temporelles (motifs). L'historique d'un comportement, la « mémoire » d'un processus, est ainsi accessible.

L'application permet également de pointer à tout moment – notamment pendant le défilement des séquences – sur n'importe quel endroit de l'alpage afin de créer un fichier, rendant compte de l'historique (exemple : succession datée des activités s'il y en avait) de ce lieu. C'est alors la « mémoire » du lieu qui est interrogée (fig. 3).

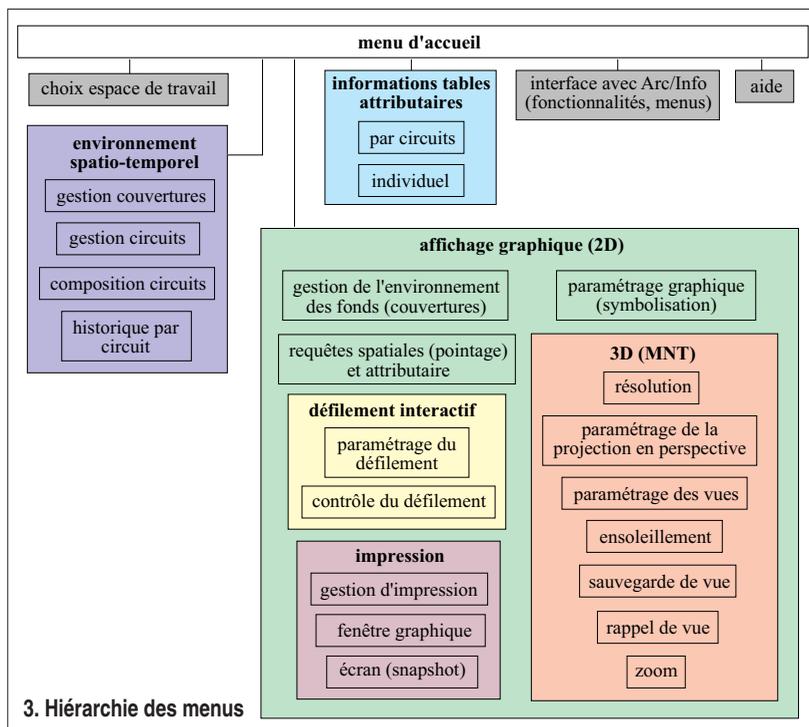
Ces deux derniers mécanismes permettent en particulier de mettre en évidence certains aspects de la stratégie de conduite du troupeau. Dans le premier cas, on s'intéresse aux enchaînements typiques d'activités du troupeau, dans le second on tente de faire émerger les « bonnes » séquences d'exploitation d'un lieu. Il est possible de parcourir cette arborescence de haut en bas et de bas en haut tout en préservant les variables localement paramétrées.

## Conclusion

L'application a été conçue pour un projet de gestion de pâturages alpins. Au-delà de ce cas concret, elle a permis d'établir une méthodologie d'analyse exploratoire de dynamiques spatiales qui semble probante.

Les fonctionnalités d'affichage interactif et dynamique d'unités spatiales en évolution sont tout à fait généralisables et adaptables à d'autres problématiques de dynamiques spatiales, telles que l'urbanisation, les études de dynamique de l'environnement, ou encore l'analyse de flux.

Le fait de pouvoir parcourir l'espace ou de le voir évoluer à l'écran, tout en filtrant à l'aide des fonctions d'un SIG les



3. Hiérarchie des menus

diverses couches d'informations attributaires le caractérisant, apporte une approche originale du terrain. Celle-ci, bien qu'elle ne prétend nullement de se substituer au « terrain » lui-même, crée un pont métaphorique et intuitif entre l'environnement de recherche et la réalité en évolution. C'est ici que le questionnement méthodologique sur l'adéquation entre la modélisation de l'espace dynamique et sa réalité continuellement en action peut s'expérimenter, et que l'on peut approuver, infirmer ou ajuster les moyens et hypothèses mis en œuvre.

## Références bibliographiques

- CHEYLAN J.-P., LARDON S., 1993, *Spatio-temporal processes : toward a conceptual data model and analysis using GIS; the example of the research for optimizing grazing strategies*. COSIT93, European Conference on Spatial Information Theory, september.
- CHEYLAN J.-P., DEFFONTAINES J.-P., LARDON S., SAVINI I., 1990, « Les pratiques pastorales d'un berger sur l'alpage de la Vieille Selle : un modèle reproductible ? », *Mappemonde* 4, p. 24-27.
- DELL'ERBA E., 1996, *Gestion de l'évolution d'entités géographiques*, Montpellier II, DEA Informatique.
- LIBOUREL Th., « How databases perform change ? », *ESF Specialist Meeting on Spatio-temporal change*, Nafplion, mai 1996, Berlin : Springer-Verlag.
- SAVINI I., LANDAIS E., THINON P., DEFFONTAINES J.-P., 1993, *L'Organisation de l'espace pastoral. Études et recherches sur les systèmes agraires et le développement*, INRA, p. 137-160.