

## Analyse des paysages dans un contexte d'aménagement. L'intérêt des outils géomatiques

**Thierry Joliveau.**

CRENAM-CNRS UMR 5600/ Université Jean Monnet de Saint-Etienne

**Résumé :** Les capacités analytiques des SIG peuvent être exploitées efficacement dans le domaine de la gestion paysagère. Une revue des types d'analyse directement utilisables avec les logiciels du commerce et des applications gratuites et une présentation de leur contexte d'application permet aux aménagistes de mieux penser l'intégration des outils SIG dans leur panoplie méthodologique.

**Mots-clés :** PAYSAGE-SIG-GEOMATIQUE-ANALYSE SPATIALE-VISUALISATION

*NB : Le nombre d'images étant limité j'ai préféré ne joindre aucune illustration à ce texte, plutôt que de procéder à un choix arbitraire.*

### **La dimension paysagère de l'aménagement**

Le paysage est devenu un thème important de la gestion et de l'aménagement du territoire. Cela se marque à la fois par sa traduction juridique déjà ancienne (Loi Paysage), sa prise en compte dans les procédures (permis de construire, PLU, ...) et la multiplication récente des diagnostics, chartes et autres atlas paysagers en tous genres.

La finalité, l'échelle, la méthode d'une approche paysagère peut être très variable. Au risque de simplifier abusivement une question complexe, on peut distinguer quatre grands contextes de démarche paysagère : le projet paysager, le paysage de projet, le paysage d'aménagement et le paysage de territoire. Le projet paysager a pour objectif la création directe de formes nouvelles ; nous sommes dans le "dessin" (design) d'objets paysagers, démarche parente de celle de l'architecture pour les bâtiments. On peut parler de paysage de projet quand il est question d'évaluer l'impact visuel d'un équipement : autoroute, éolienne, bâtiment, etc.. Le paysage d'aménagement répond à un objectif d'action paysagère par le truchement d'une procédure d'aménagement : la dimension paysagère dans les PLU, les ZPPAUP, les chartes paysagères. Le paysage est alors la finalité, tandis que le moyen est la procédure d'aménagement. On préférera parler de paysage de territoire, quand le paysage n'est plus une fin de l'action mais un moyen d'analyse : l'objectif est de réfléchir et d'agir sur un territoire à partir d'une entrée paysagère. Les atlas paysagers départementaux peuvent être rangés dans cette démarche, ainsi que les travaux que nous avons menés sur le paysage dans les projets de territoire ruraux (Michelin *et al.* 2002). On perçoit nettement le changement progressif de niveau de perception entre le projet paysager, souvent local, et le paysage de territoire plus global. Il existe une continuité entre les différentes approches et les paysagistes professionnels travaillent souvent sur les différents types de projet. Le propos qui suit ne s'applique pas au projet paysager, démarche de conception qui met en œuvre des outils spécifiques. Elle concerne en revanche les trois autres approches, qui partagent peu ou prou les mêmes types de besoins en analyse.

Malgré leurs différences, toutes ces approches sont paysagères. C'est-à-dire qu'elles prennent en compte la dimension sensible, essentiellement visuelle d'ailleurs, que les acteurs, habitants

ou usagers, entretiennent avec les objets situés dans l'espace. Ces objets peuvent être très divers selon les situations et les échelles d'analyse, mais l'important est qu'ils n'existent pas seulement par eux-mêmes, mais en tant qu'objets perçus par des observateurs. Les techniques d'analyse paysagère classiques tiennent compte de cette dimension de perception. Elles sont fondées essentiellement sur l'analyse visuelle, faite in situ ou sur documents, l'élaboration de typologies d'agencement d'objets, de vues, d'ambiances paysagères, etc.. Les moyens de rendu classiques sont la carte, le croquis et le bloc diagramme.

Les théoriciens du paysage ont longtemps été méfiants envers les traitements informatiques et quantitatifs pour l'analyse paysagère et nombreux sont les praticiens paysagistes qui le demeurent. Les outils informatiques sont souvent accusés de laisser échapper la part la plus importante du paysage, sa dimension qualitative, esthétique, sensible et même sensuelle, l'expression nuancée d'un rapport culturel liant les gens et les choses. Sans nier le caractère systématique et sans âme des traitements informatiques dans le domaine paysager, il nous semble qu'ils peuvent être complémentaires d'approches paysagistes plus qualitatives, qu'ils permettent d'objectiver, d'accélérer et de systématiser. Les réticences sont souvent l'expression d'une méconnaissance des outils informatiques actuels, et trahissent parfois plus une méfiance d'ordre culturel vis-à-vis de l'informatique en général qu'une critique argumentée fondée de leur mise en pratique, qui reste d'ailleurs assez rare.

Le développement des Systèmes d'Information Géographique, envisagés dans leur dimension bases de données et dans leur dimension outils de traitement de ces données, change la donne de l'analyse paysagère informatique. En effet, s'ils participent des méthodes formalisées d'analyse, ils ne peuvent être réduits à des outils de traitement quantitatif de l'information. Ils peuvent être utiles dans de nombreux contextes de gestion paysagère de projet, d'aménagement ou de territoire.

Notre objectif est de passer ici en revue les fonctions d'analyse utiles pour le paysage que l'on trouve dans les outils logiciels les plus courants, qu'ils soient commerciaux ou disponibles gratuitement<sup>1</sup>. Il ne s'agit donc pas d'un état de l'art de la science, mais plutôt d'une revue des outils et techniques les plus facilement mobilisables, dont l'utilité a été prouvée par de nombreux travaux scientifiques depuis une dizaine d'années, et qui peuvent être utiles à un gestionnaire territorial voulant intégrer une approche paysagère.

### **Les besoins en information**

Si les données de base sont souvent disponibles sur la majeure partie du territoire, il reste des difficultés importantes dans l'obtention des données nécessaires à une gestion élaborée du paysage tant pour ce qui concerne les objets paysagers (typologie de bâti, équipements, cartes de la végétation) que pour les facteurs d'évolution des paysages (agronomie, pédologie, par exemple). L'apport des SIG dans ce domaine ne mérite pas de discussion : ils permettent une gestion continue et intégrée de l'information là où régnaient l'hétérogénéité des supports et le hiatus entre les traitements (analyse visuelle, dénombrement, calculs statistiques, ...). Le rapport entre le budget habituel d'une étude paysagère et le coût des outils et des données nécessaires à une approche numérique est le principal facteur dirimant. Il n'y a guère que dans les études paysagères de projets très coûteux que des études paysagères mettant en œuvre des SIG soient couramment pratiquées.

---

<sup>1</sup> On trouvera en fin de bibliographie certaines références Web utiles et en particulier celles des outils non commerciaux : Clapas, EPI, Fragstat.

Pourtant de nombreuses analyses de données paysagères sont possibles. Nous les illustrerons dans le cas d'un paysage rural du Massif central

### **L'analyse des structures spatiales**

Les variables permettant de décrire la structure spatiale du paysage sont bien connues. Il s'agit essentiellement :

- des formes du relief
- des textures de la végétation
- des structures d'organisation (voirie, limites parcellaire, cours d'eau, ...)
- des objets caractéristiques spécifiques d'un paysage (arbres isolés, murets de terrasse, clôtures, édifices, ...)

Le relief est classiquement décrit dans les SIG au moyen d'un Modèle Numérique de Terrain (MNT). La production d'un MNT peut se faire selon différentes méthodes d'interpolation, en fonction des sources des données. Les outils raster sont les plus simples à utiliser dans ce domaine. Les méthodes classiques donnent, dans la plupart des cas, des résultats satisfaisants. Sont aussi classiques les fonctions de calcul des pentes à partir du MNT, qui constituent à la fois une composante importante de la réalité paysagère et un facteur contraignant d'aménagement. Trop souvent cependant les calculs de pente du logiciel sont acceptés sans vérification. Or, il existe plusieurs algorithmes de calcul des pentes (Chrisman 1997; Burrough et Rachael 1998), qui donnent des résultats différents et plus ou moins valides selon le contexte. Les logiciels offrent souvent des fonctions de calcul topographique, permettant de distinguer différentes formes topographiques (crêtes, talweg, pentes convexes et concaves,...) et donc de caractériser le relief. La production d'une information signifiante en ce domaine nécessite toutefois de disposer des compétences d'un(e) géomorphologue et d'effectuer de nombreuses vérifications sur le terrain. Par ailleurs, il est souvent nécessaire de s'extraire du cadre de la cellule de la grille raster, et d'envisager son voisinage, plus ou moins proche, pour obtenir des résultats satisfaisants. C'est d'ailleurs le cas pour tout ce qui concerne le champ de l'écologie du paysage, dont l'objet est la description de l'agencement des objets dans l'espace. A cet effet, les outils d'analyse contextuelle comme Clapas (Robbez-Masson *et al.* 1999) sont particulièrement utiles. Des outils moins intuitifs et plus complexes à maîtriser existent pour la production d'indices synthétiques en écologie du paysage (logiciel Fragstat).

La végétation et l'occupation du sol ne posent pas de problèmes spécifiques. Ils sont intégrés sous forme de polygones. On peut là aussi utiliser des outils raster d'analyse contextuelle pour décrire une texture, motif d'agencement spatial plus riche qu'un type d'occupation du sol pur.

Les structures d'organisation peuvent être décrites sous forme linéaire : haies, cours d'eau. Les calculs de distance permettent de rendre compte d'un effet de proximité à une structure. Pour les routes, les calculs de distance dans un réseau (mode vecteur) ou selon une distance coût (mode raster) permettent de rendre compte de l'accessibilité au paysage. Pour les cours d'eau, les logiciels SIG proposent souvent des fonctions hydrologiques simples de calcul des écoulements et d'extraction des limites des bassins versants, à partir du MNT. Ces fonctions sont très utiles dans les cas, comme en moyenne montagne, où ces dernières correspondent aux grandes unités d'intervisibilité. Les structures de type parcellaire, décrites aréalement, peuvent être mises en évidence par un reclassement par classes de taille.

Enfin les données ponctuelles (édifices, arbres isolés ou autres) peuvent faire l'objet de calculs de densité dans un voisinage défini.

### **L'analyse du paysage visible**

Elle est accessible au moyen des calculs d'intervisibilité des logiciels raster. Ceux-ci peuvent s'appliquer à l'ensemble des cellules de la grille ou à une sélection de celles-ci. Dans le premier cas, très coûteux en temps de calcul, c'est la structure globale de visibilité que l'on produit. Dans le second cas, on peut caractériser les zones vues depuis des endroits spécifiques : points de vue, routes, chemins, bourgs. On calcule pour chaque cellule de manière absolue si elle est vue (ou si elle voit car le regard est commutatif, sauf cas exceptionnel comme une cellule de sous-bois) par une cellule sélectionnée ou bien sous forme de fréquences, qui permettent de compter les cellules pour lesquelles elle est visible. Il est possible de calculer des modèles numériques de surfaces, soit par photogrammétrie, soit par ajout de hauteur moyennes en fonction de l'occupation du sol et donc d'intégrer des effets d'écran ou de simuler l'impact sur la visibilité d'une évolution de l'occupation du sol. Enfin, une fois la zone de visibilité déterminée, on peut la caractériser au moyen d'indices divers (type d'occupation du sol, ou de motifs, présence de points caractéristiques, etc.).

### **L'étude des changements**

Les outils SIG, s'ils ne prennent pas bien encore en charge la dimension temporelle offrent des moyens simples pour repérer des évolutions. Les différences de cartes ou les combinaisons croisées sont susceptibles d'aider à comprendre où se localisent les changements et à quantifier ceux-ci. On peut les mettre ensuite en rapport avec certains facteurs susceptibles de les expliquer. Ces facteurs sont multiples et dépendent du type de paysage que l'on veut analyser. Dans une zone rurale, les facteurs de pente, de sol, de taille et de temps d'accès aux parcelles agricoles ou forestières, les règlements de boisement, le statut foncier ou les droits à produire sont des facteurs de changement d'usage agricole. Certaines sont intégrables telles quelles, à partir de données sur les exploitations agricoles. D'autres ont déjà été calculées pour décrire les objets paysagers (pente). Certaines peuvent être approchées en utilisant d'autres fonctions courantes des SIG. L'ensoleillement demanderait des calculs complexes si on voulait disposer de données quantitatives réalistes, nécessaires à une approche agronomique. Mais les fonctions de calcul d'ombrage à partir d'un MNT et d'une position du soleil, peuvent donner une valeur relative distinguant les zones plus ou moins éclairées. On peut aussi, dans un autre ordre d'idée, calculer par exemple un indice d'enclavement d'une parcelle, en mesurant la part de son périmètre qui est voisin d'une zone de forêt.

La mise en évidence de relations entre les changements constatés et les facteurs susceptibles d'en être la cause nécessitent des outils statistiques plus sophistiqués (comme les régressions multiples par exemple), plus complexes à maîtriser et dont les résultats demandent beaucoup de prudence dans l'interprétation.

### **L'évaluation des paysages**

L'évaluation est une démarche différente de l'analyse. Elle vise non à distinguer des formes, des types, des relations ou des causalités entre les phénomènes qu'à classer les lieux sur une échelle d'adéquation à un objectif, de potentialité ou de risque. On se trouve là dans le domaine très vaste de l'analyse multicritères. Les logiciels SIG offrent, pour certains depuis longtemps (Idrisi), des fonctions élaborées de combinaison de critères. On peut jouer de manière plus ou moins élaborée sur les poids de ceux-ci, sur le risque que l'on peut accepter ou non dans l'évaluation. Ces fonctions peuvent trouver une utilité dans l'évaluation des paysages. Un outil a d'ailleurs été développé qui facilite l'évaluation paysagère, le logiciel EPI (Falque 1994). Notons que les logiciels américains proposent essentiellement ce que les spécialistes de l'analyse multicritères appellent des méthodes d'agrégation complète (ou

méthodes américaines) dont les hypothèses théoriques sur la décision sont critiquables. Le couplage des SIG avec les méthodes d'agrégation partielle (méthodes dites européennes) devrait enrichir ce type d'application (Molines 1997).

### **L'analyse visuelle**

Les théoriciens ont l'habitude de classer les fonctions des SIG en grands ensembles : acquisition, structuration, gestion et interrogation, analyse, communication. Dans la plupart de ces typologies, l'analyse est distincte de l'interrogation et de la présentation. Même les 5 A moins analytiques de (Denègre et Salgé 1996) : Acquérir, Archiver, Analyser, Afficher, Abstraire, distinguent la visualisation de l'analyse. On a même théorisé (Crain et Mc Donald 1984) repris par (Maguire *et al.* 1991) et j'ai partagé cette idée (Joliveau 1996) que les SIG suivaient tous une séquence type partant de l'inventaire et la collecte des données, (répondre à la question où ?), pour s'élever ensuite à l'analyse et la combinaison spatiale complexe mobilisant des outils statistiques avant d'aboutir à la phase ultime de mise en œuvre de méthodes sophistiquées d'aide à la décision. Or, on oublie que l'œil et le cerveau humain sont de très puissants processeurs d'information géographique (Longley *et al.* 2001). On peut faire des analyses spatiales intéressantes en combinant requêtes et visualisation. Dans le domaine du paysage où le visible est important, il ne faut donc pas délaissier les outils d'exploration en 3D, et ceci d'autant plus que les techniques sont en pleine évolution.

Dans ce domaine différentes techniques, plus ou moins sophistiquées existent qui toutes présentent un intérêt. Les outils de visualisation 3D disponibles dans les outils SIG sont souvent schématiques, mais ont l'avantage d'être (plus ou moins) facilement associés à des fonctions d'interrogation. Le couplage requête-visualisation 3D est particulièrement utile pour l'analyse paysagère visuelle. D'autres outils proposent des rendus plus réalistes et nuancés, mais les temps de calcul des vues les réservent à des objectifs de rendus finaux ou à des analyses non exploratoires.

### **Les approches intégrées**

Les outils informatiques peuvent soutenir utilement les approches de gestion paysagère analytiques, compréhensives et qualitatives du type de celle réalisée par (Fischesser 1991), à la Chaise-Dieu, qui combine lecture du paysage, analyse de relations visuelles, typologies de clairières ... L'approche plus quantitative et « informationnelle » de l'« Ecole de Besançon », construite antérieurement sur des méthodes différentes des SIG telles que l'analyse factorielle (Brossard et Joly 1988), a montré tout l'intérêt de ceux-ci pour la production de typologies par classement de cellules élémentaires de l'espace, à partir de combinaisons plus ou moins automatiques de facteurs jugés pertinents, et combinant des critères stationnels et visuels (Brossard *et al.* 1994). Les SIG peuvent aussi appuyer les tentatives classiques de régionalisation par segmentation du territoire en ensembles paysagers cohérents, décrits ensuite un à un et qui font l'objet de recommandations spécifiques (Joliveau et Michelin 1998). Le découpage s'appuie sur de multiples facteurs : géologiques, morphologiques, utilisation du sol ..., mais aussi solidarités visuelles et logiques socio-économiques. Il s'effectue par lecture de cartes et longues observations de terrain. Le caractère très peu formalisé des critères et des méthodes de combinaison, souvent assez subjectifs, et surtout très liés au savoir-faire et à l'expérience des paysagistes, fait qu'il est difficile de délimiter automatiquement ces unités. Les outils SIG fournissent dans ce cas une aide à cette démarche d'expert en structurant les données, standardisant les cartes papier, calculant des données dérivées (pentes, orientations, bassins versants...), ou même en proposant des segmentations automatiques exploratoires, à analyser et préciser sur le terrain.

## Conclusion

Quelle peut être l'utilisation des SIG dans les grands types d'action paysagère que nous envisageons au début de ce texte ? Les démarches de projets paysagers utilisent d'autres outils de conception, mais en revanche peuvent partager les outils de visualisation 3D que les SIG mettent en oeuvre. Pour le paysage de projet, ce sont bien entendu les fonctions d'analyse de visibilité et d'analyse visuelle qui priment. Pour le paysage d'aménagement et le paysage de territoire, toutes les fonctions doivent être utilisées. C'est plus le degré d'approfondissement, en particulier dans la recherche des facteurs qui diffère. Le paysage de territoire mobilise tous ces outils, parmi d'autres exigés par la dimension participative et prospective de ces projets.

Les SIG sont des outils d'analyse trop peu utilisés dans la gestion paysagère alors qu'ils peuvent compléter de manière intéressante des démarches plus qualitatives. Il existe peut-être un risque pour reprendre les propos du paysagiste Pascal Cribier (Le Monde du 12/02/2003) que les techniques du virtuel, donnent « une image idéale, mais fautive du paysage ». Dire que « nos sens sont plus puissants que le plus puissant des ordinateurs » et qu'il faut défendre l'approche physique et sensorielle de l'environnement contre la tyrannie de l'image n'est certes pas faux. Mais au moment où le paysage n'est plus une œuvre d'art ou une démarche esthétique, mais un critère important des choix d'aménagement, et surtout un enjeu de réflexion collective sur le devenir du territoire, pourquoi refuser d'enrichir la palette d'outils dont nous disposons, avec des outils de traitement qui peuvent associer analyse quantitative et visualisation interactive ?

## Références

- Brossard, T. et D. Joly (1988). "Contribution à l'étude du paysage visible. Gestion informatique et traitement des données." Cahiers de géographie de Besançon. Séminaires et notes de recherche n°29: 179-191.
- Brossard, T., D. Joly, D. Laffly, *et al.* (1994). "Pratique des systèmes d'information géographique et analyse des paysages." Revue internationale de géomatique 4(n°3-4/1994): pp. 243-256.
- Burrough, P. A. et M. Rachael (1998). Principles of Geographical Information Systems. Oxford, Oxford University Press. 333 p.
- Chrisman, N. (1997). Exploring geographic information systems. New-York, John Wiley & Sons. 298 p.
- Crain, I. K. et C. Mc Donald (1984). "From land inventory to land management,." Cartographica (21): 40-46.
- Denègre, J. et F. Salgé (1996). Les systèmes d'information géographique. Paris, P.U.F. 126 p.
- Falque, M.-C. (1994). Evaluation des paysages. Une approche méthodologique, une typologie, un outil SIG adapté. Mastère spécialisé en Systèmes d'Informations Localisées pour l'Aménagement du Territoire. Montpellier, ENGREF-ENSAM-INA PG: 60 p.
- Fischesser, B. (1991). Déprise agricole et paysage sur le canton de la Chaise Dieu. Approche cartographique pour servir à la réflexion dans le cadre d'un projet "Article 19". Grenoble, CEMAGREF.
- Joliveau, T. (1996). "Gérer l'environnement avec des S.I.G. Mais qu'est-ce qu'un S.I.G.?" Revue de Géographie de Lyon 71(2/96): 101-110.
- Joliveau, T. et Y. Michelin (1998). Approche méthodologique de la gestion paysagère concertée d'un espace avec un système d'information géographique : l'exemple de la commune de Viscomtat (63). in Actes du Colloque : Gestion des territoires ruraux :

- connaissances et méthodes pour la gestion publique, 27 & 28 avril 1998, Clermont-Ferrand. Cachan, Cemagref. 1: 85-102.
- Longley, P., M. F. Goodchild, D. Maguire, *et al.*, éd. (2001). Geographic Information Systems and Sciences. Chichester, John Wiley & Sons. 454 p.
- Maguire, D. J., M. F. Goodchild et D. Rhind, éd. (1991). Geographical Information Systems : Principles and Applications. Harlow, Longman Scientific and Technical
- Michelin, Y., T. Joliveau, J. Breuil, *et al.* (2002). Le paysage dans un projet de territoire, démarche et méthode expérimentées en Limousin, Chambre d'agriculture de Haute-Vienne-ENITA-CRENAM. 66 p.
- Molines, N. (1997). Association des SIG et des Analyses Multicritères : quelles perspectives pour les études d'impact environnementales des infrastructures linéaires? Section de Géographie. Saint-Etienne, Université Jean Monnet: 60 p.
- Robbez-Masson, J.-M., J.-C. Foltête, L. Cabello, *et al.* (1999). "Prise en compte du contexte spatial dans l'instrumentation de la notion de paysage." Revue internationale de géomatique 9(n°2): 173-195.

**Sites web des outils cités:**

EPI : <http://sol.ensam.inra.fr/Produits/Epi/PresGen.asp>

Clapas : <http://sol.ensam.inra.fr/Produits/Clapas/default.asp>

Fragstat : <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>

**Sites Web utiles (en français):**

<http://www.espaces-naturels.fr/paysages/>

<http://www.univ-st-etienne.fr/crenam/donnee/paysage/accueil.htm>

<http://www.univ-st-etienne.fr/crenam/vielabo/chercheur/belveze/pernette.html>