

# LA MÉTRIQUE DU PAYSAGE : DEUX INDICATEURS SPÉCIFIQUES DU RELIEF POUR L'AMÉNAGEMENT DE L'ESPACE

**Kamal SERRHINI**

Laboratoire du CESA

Université de Tours

## **Résumé**

*Le paysage intéresse des acteurs de plus en plus nombreux travaillant dans des domaines multiples. En aménagement et urbanisme, la mise en place de nouveaux projets conduit souvent à leur simulation afin d'appréhender la question de l'intégration et de l'impact sur l'espace.*

*L'objet de mon travail de recherche est de développer une méthode pour quantifier les variations d'un paysage. Ces dernières peuvent être dues à des facteurs « naturels » ou anthropiques. Dans le cadre des « Troisièmes rencontres de Théo Quant », nous nous sommes intéressés aux questions de modélisation et d'étude des variations spatiales du relief. Ainsi, nous avons mis au point un modèle permettant, d'une part, de représenter de différentes façons un espace quelconque en trois dimensions et, d'autre part, de simuler la diffusion de personnes par percolation selon certains critères (altitude, chemin le plus court...), l'objectif étant de mettre à disposition des acteurs de l'aménagement un outil d'aide à la décision en matière d'approche du paysage.*

## **Mots Clés :**

*Aménagement - Diffusion - Impact - Mesure - Modélisation - Paysage - Prospection - Simulation*

## **1. L'aménagement face au paysage**

L'étude du paysage dans ses aspects polysémiques attire l'attention de spécialistes de différentes disciplines. Désormais, le paysage qui était traditionnellement « l'objet » des géographes, se trouve au centre des préoccupations de nombreuses professions (architecte, paysagiste, urbaniste, aménageur, etc.). On comprend l'importance qu'attachent les différents acteurs au paysage pour l'agrément des citadins (cadre de vie), pour attirer les entreprises dans l'espoir de relancer le développement local, pour mieux adapter une ville aux besoins de la vie quotidienne de ses habitants, pour éviter les erreurs du passé en matière d'aménagement de l'espace.

D'une manière générale, notre recherche a pour finalité de mesurer les variations d'un paysage. Ces variations peuvent être dues soit à des facteurs « naturels » (altitude, saisons...), soit à des facteurs anthropiques (impacts d'aménagements, rotations des cultures...). Nous nous attacherons à mesurer les variations visuelles des composantes bâties et naturelles du paysage. Nous en effectuerons une analyse fine et complète au niveau des formes et des couleurs, des éléments permanents et éphémères. Nous essaierons de mesurer la variation dans le temps et dans l'espace de ces composantes paysagères : l'évolution spatio-temporelle.

L'utilisation de l'imagerie numérique et de l'informatique (algorithme, modélisation...) dans la métrique du paysage, représente un choix déterminant quant à la finalité d'une recherche qui se veut orientée vers l'élaboration d'un outil d'aide à la décision pour les collectivités territoriales dans le domaine de l'aménagement du paysage.

De façon plus précise, notre outil d'aide à la décision tentera de répondre à deux grandes catégories de questions :

- en aval d'un projet d'aménagement, quels sont les impacts de ce projet sur le paysage ? peut-on les évaluer ?

– en amont d'un projet d'aménagement, peut-on fournir des éléments de réponse, des directives, des conseils... quant à sa mise en place selon différents critères dont l'accessibilité, la disponibilité politico-juridique de l'espace, les aspects paysagers ?

Pour apporter des éléments de réponse aux questions précédentes, deux indicateurs, spécifiques aux variations « naturelles » d'un paysage, ont été modélisés : l'indicateur de la topologie et celui de la diffusion<sup>1</sup>. L'intérêt de ce dernier est de pouvoir proposer aux communes, aux collectivités territoriales et aux aménageurs un moyen de simulation de chemins, de parcours, de routes... de diffusions par percolation<sup>2</sup> de personnes, de produits, de marchandises... en respectant le principe des chemins minimaux avec une faible pénibilité en altitude et une praticabilité acceptable. Ainsi, par exemple, les aménageurs pourraient consulter les résultats de cet outil avant de se pencher sur les aménagements annexes d'un espace pour la création de nouveaux parkings, la mise en place de nouvelles liaisons intra-urbaines etc. Par conséquent il deviendrait plus facile d'orienter et de contrôler la diffusion, de limiter les risques que peuvent occasionner les touristes ou les nouveaux aménagements sur l'environnement etc.

Après un travail de collecte de données à partir de la carte du relief de l'espace étudié, celles-ci ont été mémorisées sous forme de fichiers. Ces derniers ont été ensuite traités afin d'obtenir des images numériques. Ces images ont permis de mesurer quelques composantes du paysage (altitude, praticabilité...) puis, grâce à la simulation, d'appréhender et d'évaluer précisément l'évolution « naturelle » de ce paysage c'est-à-dire de prévoir, par exemple, l'impact visuel d'un nouvel aménagement sur le paysage ainsi que son degré d'intégration.

## 2. Méthode de réalisation

Ce travail se situe à la rencontre de l'aménagement de l'espace et de l'informatique graphique.

Pour approcher notre objectif, on utilisera les principes de l'image de synthèse (l'utilisation dans un premier temps de données vectorielles auxquelles s'ajouteront par la suite des données raster notamment pour l'habillage d'un paysage...) pour reproduire aussi fidèlement que possible les variations d'un paysage en utilisant l'imagerie numérique comme outil de traitement, de représentation et de visualisation de ces variations.

Techniquement, l'outil informatique, en cours de réalisation, est structuré de la façon suivante :

- un module de traitement et de calcul mis au point sous deux logiciels de programmation : 3D-IMA ;
- une base de données (sous forme de fichiers numériques dont le modèle numérique de terrain, de photo-aériennes, d'images satellites...);
- un logiciel de visualisation des résultats obtenus par le principe de l'échange dynamique de données (AutoCAD).

Le choix de cette méthode dont le principe est similaire à celui d'un système d'information géographique, repose sur la nécessité de tenir compte de l'existant en matière de logiciels de modélisation vectorielle (conception assistée par ordinateur/dessin assisté par ordinateur). Ceci nous permet d'éviter de reprogrammer des fonctions qui ont déjà été mises au point, telles que le choix des points de vue, le calcul des faces cachées, le lissage, le rendu..., d'où un gain de temps considérable.

## 3. Mesure de quelques variations « naturelles » d'un paysage

### 3.1. Indicateur de topologie

L'espace étudié correspond à une partie des dunes des Combots d'Ansoine, au lieu dit « les Carrières », entre Saint-Palais et La Palmyre, en Charente-Maritime. Cet espace dunaire se prête tout particulièrement à ce type d'analyse paysagère en raison de sa dynamique propre et de l'importante pression humaine à laquelle il est soumis.

La base de ce travail de recherche est constituée par l'ensemble des courbes de niveaux de cet espace. Une des fonctions mise au point correspond à la création d'un modèle numérique de terrain régulier en trois dimensions, après numérisation des lignes de niveau (fig. 1). C'est un indicateur de topologie : « Le modèle topologique... repose sur l'établissement d'une relation entre les nœuds, les arêtes et les surfaces. On doit pouvoir reconnaître

un polygone en « cliquant » sur n'importe quel point de sa surface » [2]. Si le modèle numérique de terrain est irrégulier, le modèle informatique permet de créer un modèle numérique de surface (MNS) par le principe de la triangulation de Delaunay (fig. 2).

Figure 1 : Altitudes de l'espace dunaire, par maille (64x64 sommets après lissage)

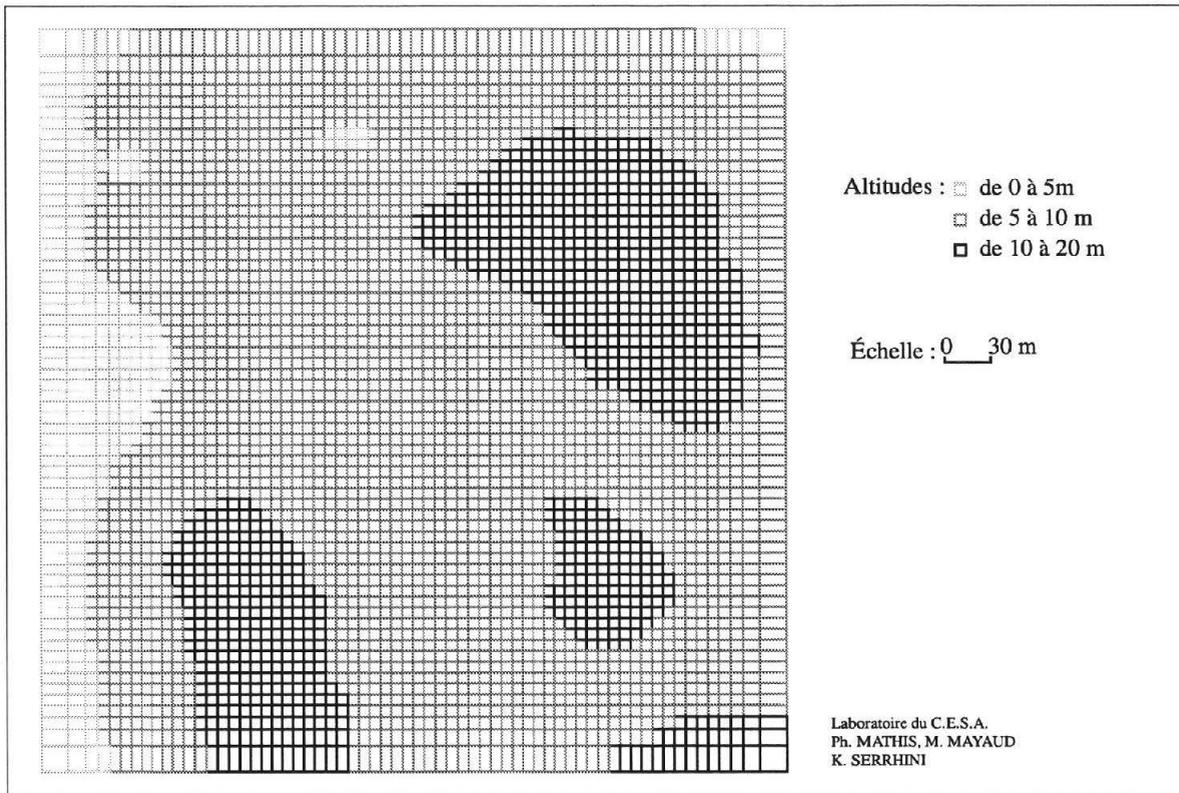
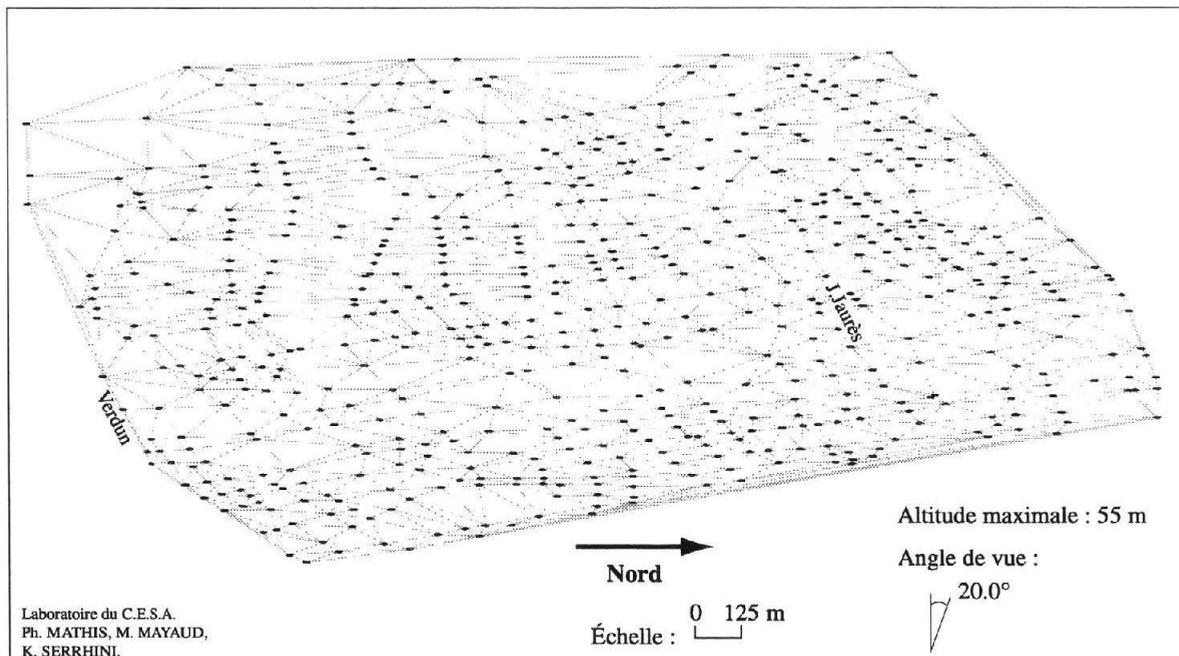


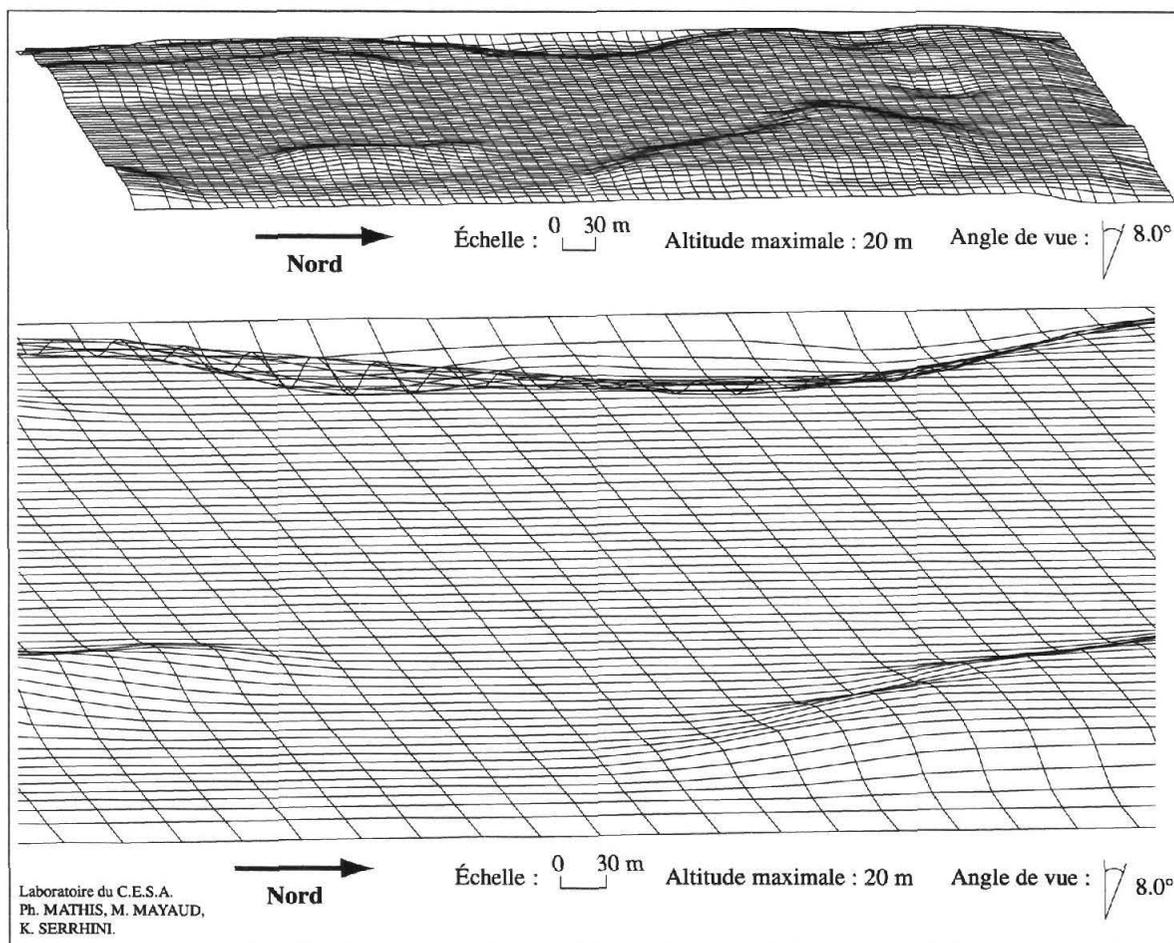
Figure 2 : Graphe planaire saturé du centre de Tours (610 nœuds, 1199 facettes)



Pour fournir des éléments de réponse à la première question énoncée dans la problématique (situation en aval d'un projet d'aménagement), nous avons réalisé, à partir du modèle numérique de terrain, une série de graphes. La figure 3 correspond à la représentation, sous forme d'un maillage, de l'espace dunaire en trois dimensions. Ensuite, nous avons « zoomé » sur ce graphe (fig. 4) afin de simuler un observateur se promenant à l'intérieur du paysage pour appréhender d'une part, l'intégration d'un aménagement dans ce paysage et d'autre part, la visualisation de son impact sur l'environnement, sur les utilisateurs... Ce résultat devrait être complété par l'habillage du relief avec des photographies aériennes (orthophotos) et/ou des images satellites dans le but d'obtenir des images réalistes du paysage.

Figure 3 : Graphe de l'espace dunaire (33x33 sommets)

Figure 4 : Zoom de 400 % sur le graphe de l'espace dunaire

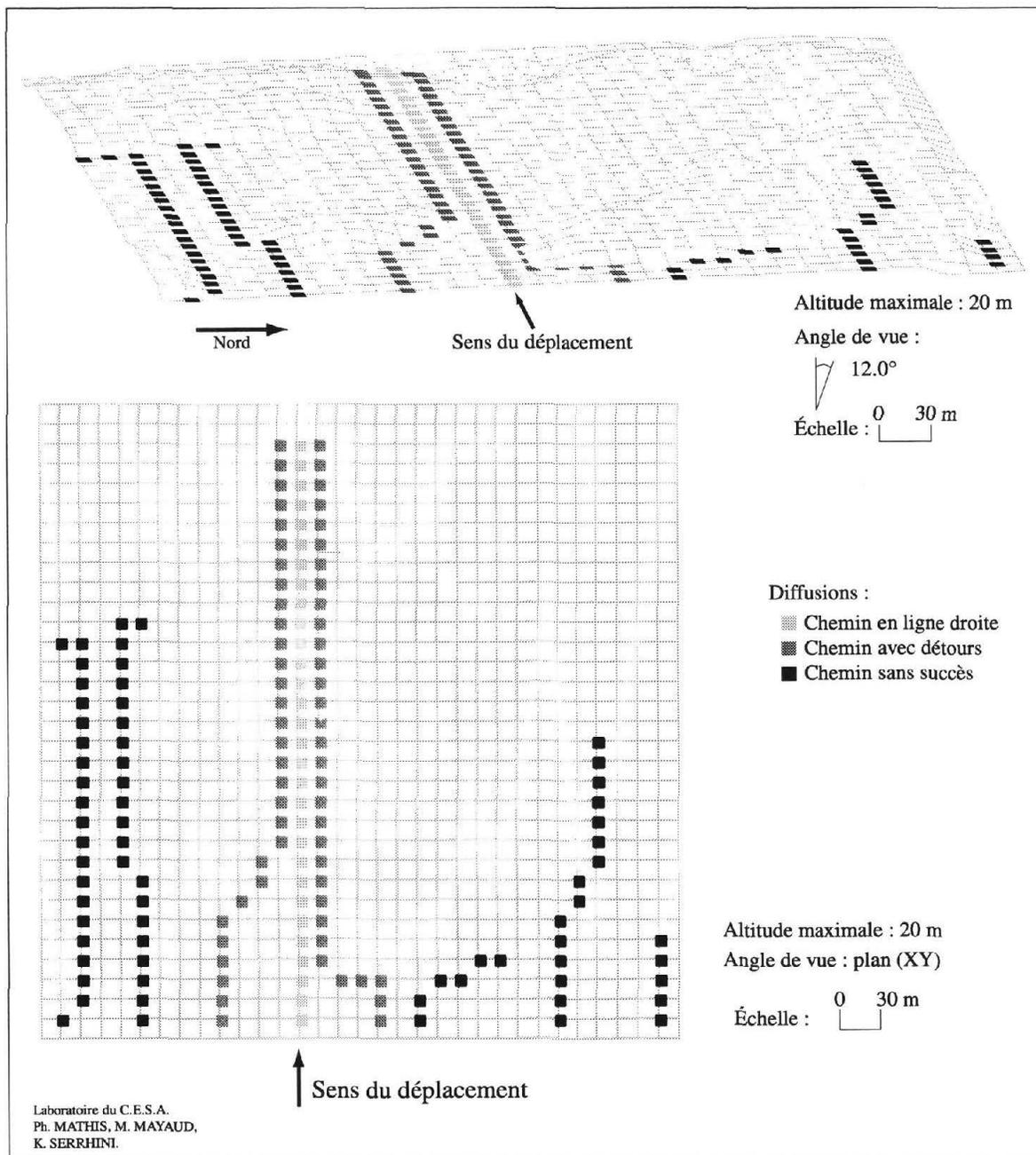


Cet indicateur nous permet donc d'appréhender visuellement le relief de l'espace considéré. Dans le cas où ce relief est très faible, son exagération par un coefficient multiplicateur raisonnable peut faciliter cette reconnaissance.

### 3.2. Indicateur de diffusion

Le développement et le maintien d'une politique touristique, dans une commune donnée, nécessite la mise en place d'un certain nombre d'infrastructures indispensables pour accueillir dans de meilleures conditions un nombre croissant des visiteurs d'une part, et pour mieux gérer et protéger le paysage sans le figer d'autre part. Le développement de telles politiques permet à terme de participer au développement socio-économique et d'ouvrir aux communes, aux collectivités, aux régions, de nouveaux horizons par l'attraction et l'installation de nouvelles entreprises par exemple.

Figures 5 et 6 : Simulations de diffusions par percolation sur le modèle numérique de l'espace dunaire, pour une pente de pénibilité nulle. En haut : graphe sous un angle de vue de 12 % ; en bas : plan



Ainsi, dans le cadre de la deuxième question de la problématique (situation en amont d'un projet d'aménagement), nous avons réalisé un modèle de simulation de diffusions par percolation (fig. 5-6, 7-8 et 9-10) sur le modèle numérique de terrain. Ce dernier respecte quatre contraintes :

- le tracé du chemin de diffusion se fait par *percolation* c'est-à-dire que la diffusion s'effectue point par point : ce modèle de diffusion est octo-connexe [4], un nœud étant relié par un arc à chacun des huit sommets adjacents ;
- la seconde contrainte correspond à la *pente de pénibilité* : tant que l'altitude du point suivant (notée  $Z_{suiv}$ ) plus une certaine constante (la pente de pénibilité) est inférieure ou égale à celle du point précédent (notée  $Z_{prec}$ ), alors le modèle « avance » en traçant un petit carré (cette seconde contrainte est choisie, de manière interactive, par l'utilisateur) :

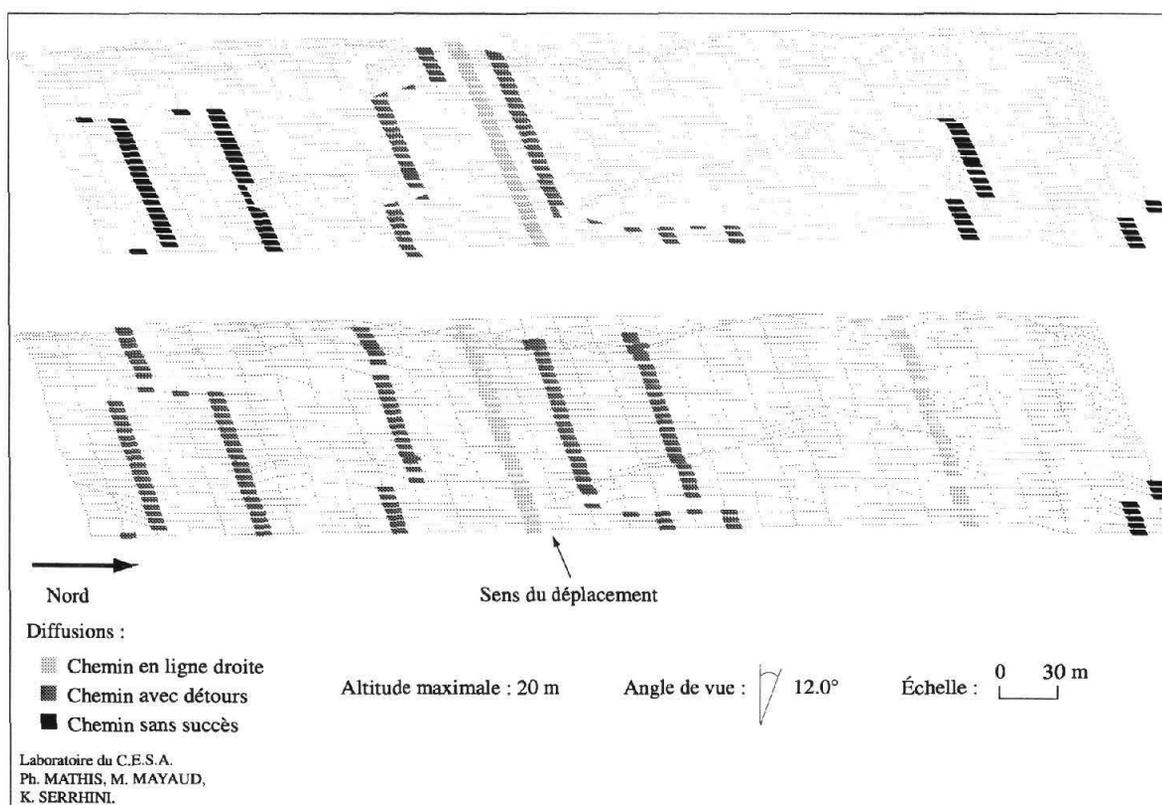
$$Z_{suiv} = Z_{prec} + Cste$$

- la troisième contrainte est le *chemin minimal* calculé point par point : tant que le point situé juste en face du point précédent satisfait aux autres contraintes, alors le modèle « avance » en traçant un petit carré ;
- enfin, la dernière contrainte correspond à la *praticabilité* de différentes zones du site. Ainsi, selon la nature du terrain, la densité et la nature du couvert végétal, trois coefficients de praticabilité ont été retenus :
  - une *praticabilité nulle* relative aux zones inaccessibles (cas d'une zone clôturée par des barbelés) ;
  - une *praticabilité moyenne* relative à des sous-bois assez denses et/ou épineux ;
  - une *forte praticabilité* correspondant aux chemins existants [7].

Lorsqu'on tient compte uniquement des trois premières contraintes, avec une pente de pénibilité nulle ou très faible, [simulation du cas d'une personne âgée par exemple, (fig. 5, 6 et 7) ], un certain nombre de simulations partant de la droite (du côté de la route départementale 25) vers la gauche (vers la plage), n'atteignent pas cette dernière à cause, d'une part, de cette faible valeur de la pente de pénibilité et, d'autre part, de la non anticipation du modèle (puisque le calcul du chemin de diffusion se fait point par point).

Plus la pente de pénibilité est grande (respectivement 14 % et 28 % sur les figures 7 et 8), plus les simulations de diffusions qui aboutissent sont élevées (atteignant la plage).

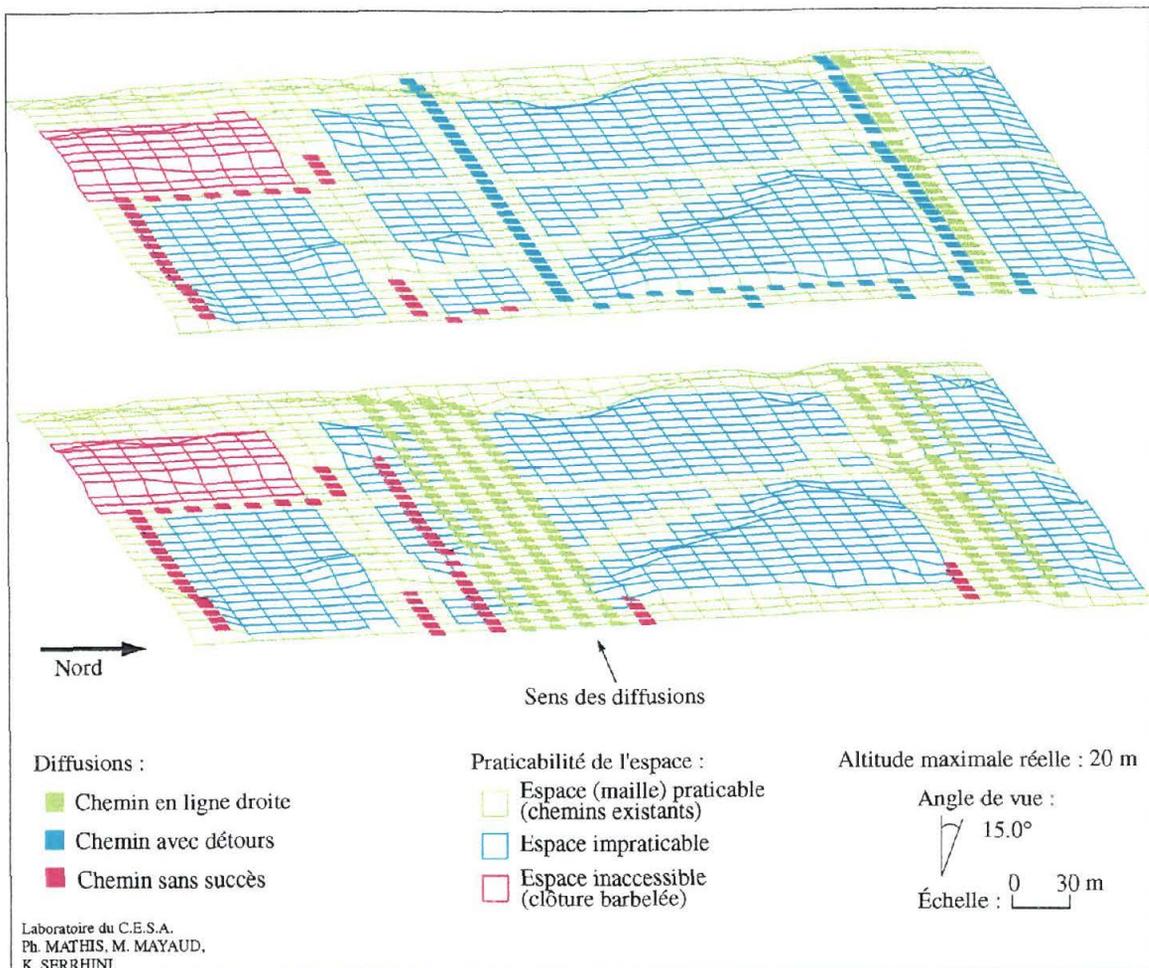
Figures 7 et 8 : Simulations de diffusions par percolation sur le modèle numérique de l'espace dunaire. En haut, pour une pente de pénibilité de 14 % ; en bas, pour une pente de pénibilité de 28 %



Les simulations de diffusions par percolation des figures 9 et 10, tiennent compte, en plus des trois premières contraintes, de la praticabilité du terrain. Pour la figure 9, on suppose que les seules zones praticables sont les chemins existants. Ainsi, quelle que soit la valeur de la pente de pénibilité choisie (20 % par exemple), aucune simulation ne traverse les parcelles impraticables ou inaccessibles. Les zones non praticables sont contournées ; les chemins existants sont utilisés (simulations de touristes respectant la nature). Les simulations dans lesquelles la plage n'est pas atteinte correspondent uniquement à la contrainte du relief (augmentation de la valeur de la pente de pénibilité).

La figure 10 présente des simulations de diffusions où les espaces praticables sont nombreux. La seule zone contournée par les simulations de diffusions correspond à une parcelle clôturée. Toutes les simulations utilisent non seulement les chemins existants mais aussi les espaces qui bordent ces chemins : simulation de touristes élargissant les chemins existants par piétinement de leurs lisières, arrondissement par coupure au plus direct (conséquence de la contrainte du chemin le plus rapide calculée point par point)... Ce type de comportement favorise des impacts non négligeables sur les dunes qui peuvent se traduire par exemple par la disparition de petits îlots de végétation, la modification de la couverture végétale par élimination des moins résistants au piétinement... Cette situation semble concorder avec les observations et les analyses d'un travail d'enquête réalisé sur cette zone [7].

Figure 9 : Simulations de diffusions par percolation sur le modèle numérique de terrain de l'espace dunaire, pour une pente de pénibilité de 20 % et en haut, praticabilité exclusive aux chemins existants ; en bas : praticabilité maximale des zones accessibles



La caractéristique principale de ce modèle de diffusion par percolation réside dans le fait qu'il respecte des contraintes dont la plupart sont interactives. Les contraintes qui ont déjà été mises en œuvre sont spécifiques à la question posée :

- création de nouveaux chemins ;
- reproduction, au moins de manière partielle, du comportement des personnes afin de pouvoir agir en conséquence : gérer au mieux le paysage en préservant le plus possible, et la liberté des touristes, et le milieu naturel dont la qualité justifie leur présence.

Ainsi, lors d'une phase antérieure à l'implantation d'un nouvel aménagement, on pourrait proposer, grâce à ce modèle de diffusion adapté, les emplacements optimaux possibles en fonction de contraintes précises (altitude, disponibilité politico-juridique de l'espace, type de matériaux du sol, chemin minimal, distance euclidienne à respecter dans le cas de pylônes...).

L'utilisation de l'imagerie numérique et de l'algorithmique dans la métrique du paysage, présente un intérêt déterminant dans l'élaboration d'un outil d'aide à la décision en aménagement par exemple.

Après un important travail de collecte de données à partir d'enquêtes de terrain, d'un travail sur photographies aériennes et images satellites, ces données devraient permettre de mesurer les différentes composantes du paysage puis, grâce à la simulation, d'en évaluer l'évolution.

Base de travail et outil potentiel de prospective pour les collectivités territoriales, ce type d'instrument peut servir à l'étude des priorités actuelles de la politique d'aménagement du territoire (loi paysage de 1993). Prévoir l'intégration paysagère d'un ouvrage, en rendre les impacts « acceptables » vont désormais relever d'une démarche systématique. Notre travail s'inscrit dans cette logique.

## Bibliographie

- [1] *Encyclopédie d'économie spatiale : concepts - comportements - organisations*, 1994 : AURAY J.P., BAILLY A., DERYCKE P.H., HURIOT J.M. dir., Paris, Economica, 427 pages
- [2] *Encyclopédie de géographie*, 1992 : BAILLY A., FERRAS R., PUMAIN D. dir., Paris, Economica, 1132 pages
- [3] « Loi n° 93-24 du 8 janvier 1993 sur la protection et la mise en valeur des paysages et modifiant certaines dispositions législatives en matière d'enquêtes publiques », Journal Officiel, France, 9 janvier 1993
- [4] CHASSERY J.M., MONTANVERT A., 1991 : *Géométrie discrète en analyse d'images*, Paris, Hermès, 358 pages
- [5] DOYEN-VIGUIER C., GAUDRY M., LAURENT G., 1996 : *La simulation numérique pour une meilleure intégration des lignes aériennes dans l'environnement*, CIGREEDF, 7 pages
- [6] DUFOUR M., ABGRALL F., 1983 : « Eléments remarquables du relief : définitions numériques utilisables », *La documentation cartographique en France*, fasc. n° 95, Paris, Comité Français de Cartographie, mars 1983, pp. 57-86
- [7] LEROI B., MATHIS P., LIARD V., 1993 : *Diffusion des touristes dans un espace dunaire sensible : essai de modélisation*, 29e Colloque de l'Association de Science Régionale de Langue Française (ASRDLF), Tours, 17 pages
- [8] PERIGORD M., 1996 : *Le paysage en France*, Paris, PUF, Coll. Que sais-je ?, 126 pages
- [9] PERRIN L., 1996 : *Simulation des grands paysages et images de synthèse*, Actes du Colloque de « La cartographie urbaine aujourd'hui », Cahiers du Centre de Recherches et d'Études sur Paris et l'Île-de-France (CREPIF), n° 54, pp. 133-146.
- [10] TODESCO M., 1996 : « Méthode d'application des techniques informatiques », in *Paysage Actualité* n° 191, septembre 1996, pp. 81-83

## Notes

<sup>1</sup> - « Etymologiquement, la diffusion correspond à tous les déplacements qui, quelle qu'en soit la force motrice, cherchent à se répandre de manière homogène dans un système, et tendent à faire passer celui-ci d'un état d'équilibre à un autre état d'équilibre », Encyclopédie de Géographie, pp. 577

<sup>2</sup> - « Il s'agit de la traversée d'un milieu hétérogène par quelque chose, comme l'eau traversant une épaisseur de café dans le percolateur bien connu, le feu se propageant dans la forêt ou les broussailles, ou des touristes traversant un cordon dunaire », LEROI, MATHIS, LIARD op. cit.