



HAL
open science

Modélisation d'un déplacement sur une double échelle

Fabrice Decoupigny

► **To cite this version:**

Fabrice Decoupigny. Modélisation d'un déplacement sur une double échelle. hermes. Graphes et réseaux, Lavoisier, pp.77-91, 2003, Information Géographique et Aménagement du Territoire. hal-00445427

HAL Id: hal-00445427

<https://hal.science/hal-00445427>

Submitted on 8 Jan 2010

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Chapitre 2 (pp 77-91)

Modélisation d'un déplacement sur une double échelle

De plus en plus de citoyens se déplacent sur les milieux naturels pour passer quelques heures de détente. Nous avons pu observer ces dernières années une croissance des activités de loisirs et de détente aux périphéries des villes [Dew1990 Dew 1992, Dew 1993]. Ces phénomènes de déplacements vers les espaces naturels sont peu connus, en ce sens que nous avons certaines difficultés à déterminer les conditions de déplacements des visiteurs sur les espaces naturels [Secr 1998]. En effet, si certains sites sont plus fréquentés que d'autres, c'est que nécessairement, ils attirent plus et qu'ils sont capables de capter plus de visiteurs que le site voisin. Ce phénomène interroge aussi le chercheur sur les fondements de l'attractivité d'un site. Cette interrogation est centrale dans le travail que nous menons, faut-il l'attribuer à son offre en activités, à sa position plus ou moins éloignée sur un territoire, à son milieu naturel ou à sa notoriété ?

S'il y a déplacement, il y a un objectif. Cet objectif est de se promener dans la "nature", de passer du temps libre à se détendre. Nous entendons par déplacement récréatif sur un milieu naturel, un processus composé de deux déplacements distincts, le déplacement d'accès au site et le déplacement de diffusion pédestre sur les milieux naturels dont l'objectif est le caractère récréatif des activités que le visiteur est venu chercher sur le site : l'agrément. Dès lors se pose la question centrale de la prise en compte de l'espace et des choix de visites des individus sur le réseau, c'est-à-dire que le réseau de sites qui structure l'espace est susceptible de déterminer des formes induites de répartition et de diffusion sur les espaces naturels ouverts à la fréquentation du public.

2 Graphes et réseaux : modélisation multiniveau

2.1. Visiteurs et espaces naturels : un déplacement multi échelles

2.1.1. Loisirs et consommation des espaces naturels

Pour beaucoup de sites touristiques, une grande part des quantités de visites est le fruit d'une consommation récréative de proximité [Cuv 1998, IFEN 2000]. Les équipements dits touristiques sont de plus en plus utilisés par des populations locales et en particulier par les urbains [Viard 1998]. L'étude des fréquentations menée sur les Hautes Vosges [Decou 1997] a montré une très forte fréquentation de visiteurs locaux ou régionaux¹, les taux pouvant atteindre certains dimanches plus de 75 %. En résumé, nous avons constaté que la fréquentation double le dimanche sur l'ensemble du massif² et qu'elle correspond à des phénomènes d'heures de pointe dans la journée, le pic de fréquentation se situant entre 16 et 17 heures. C'est pour cela que nous préférons, tout au long de notre propos, le terme de visiteur à ceux de touriste³ ou d'excursionniste. Notion plus neutre, elle nous permet dans un premier temps de ne pas présupposer une segmentation de la population des visiteurs qui pourrait introduire un biais dans l'analyse en considérant qu'un touriste possède, *a priori* un comportement différent sur l'espace qu'un excursionniste. Nous supposons donc qu'il existe une population de visiteurs non pas homogène dans ses pratiques sociales (choix du types d'espace naturels – mer, montagne, campagne – et des activités de loisirs), mais dans ses comportements de découverte d'un espace naturel (type de déplacement et de diffusion sur les espaces), se déplaçant d'un lieu de résidence vers un ou plusieurs sites ouvrant sur des espaces naturels.

Avant de poursuivre, il est nécessaire d'identifier les deux étapes constitutives d'un déplacement : le choix et la visite. La première d'entre elles relève de conditions socioculturelles, pourquoi choisit-on la montagne à la mer, telle activité plutôt qu'une autre, pourquoi part-on entre une et quatre semaines, un week-end ou seulement un dimanche [Caz 1992]. Les pratiques liées aux loisirs relèvent d'une décision prise individuellement. S'il n'est pas dans notre propos d'analyser les pratiques sociales, nous pensons qu'il est important d'en déterminer les comportements observables (manière dont se diffusent les populations de visiteurs). Et ce premier comportement observable se manifeste par l'utilisation de la voiture comme vecteur de déplacement entre le lieu de résidence et les espaces naturels [Chard 1999].

¹ Départements et/ou régions limitrophes

² Ces observations se vérifient aussi sur d'autres espaces (Ecrins, Pyrénées, Pont du Gard, PNR Brotonne..)

³ Pour l'OMT, le touriste est une personne qui voyage pour son agrément et qui passe au moins une nuit sur place.

2.1.2. Un double déplacement sur deux échelles distincts

Les comportements peuvent alors apparaître variés dans le choix des sites naturels à visiter mais se font toujours selon trois principales caractéristiques du milieu naturel : une nature protégée qui offre un dépaysement, une nature aménagée et sécurisée, et une accessibilité pedestre des curiosités naturelles à partir des lieux de stationnement [Min 1992]. La principale difficulté de l'évaluation des déplacements de visiteurs consiste à intégrer une double échelle des déplacements en fonction des comportements liés aux trois facteurs de la fréquentation d'un site (sécurité, accessibilité, protection). Cette double échelle est dépendante de deux processus de déplacements : un ou plusieurs déplacements voiture sur un réseau puis un ou plusieurs déplacements pedestres sur des sites naturels.

2.1.3. Un déplacement voiture

La première échelle de déplacement correspond à un premier processus – le déplacement voiture - qui s'opère sur l'espace et qui fait appel à la morphologie des réseaux et à l'accessibilité des sites aux points d'entrée que nous appellerons "villes portes"⁴.

Les espaces récréatifs naturels sont formés avant tout par des sites naturels qui n'ont pas tous la même valeur aux yeux des visiteurs. Susceptibles d'en visiter plusieurs lors d'un déplacement, les visiteurs vont procéder à des choix de visites de sites parce que ces derniers sont plus ou moins équipés, beaux, accessibles d'un parking, ou proches du lieu de résidence, etc. Il est alors possible de modéliser cet espace par un réseau de sites (un réseau d'accueil) caractérisé par une structure hiérarchisée autour d'un ou plusieurs sites principaux qui va condenser des flux et les redistribuer dans un second temps sur des sites secondaires lors d'un second déplacement. Une des particularités récurrentes sur ces réseaux est l'existence de sites plus importants qui vont agir sur les espaces voisins comme des "attracteurs". Le visiteur qui se déplace en voiture va être en partie attiré par un ou plusieurs sites qu'il désire découvrir. La visite faite, il se peut alors qu'il décide de voir un autre site dans le voisinage, effectuant ainsi un circuit touristique. La structure même du réseau, plus ou moins hiérarchisée, induit des formes de consommation récréative des espaces naturels. Il est important de savoir si la structure même d'un réseau d'accueil ou plus précisément sa morphologie et sa hiérarchisation, constitué par différents sites reliés entre eux par un réseau routier, est susceptible d'orienter ou de transformer certains types de déplacements.

⁴ Termes généralement employés dans les parcs naturels régionaux pour les principales villes aux abords des parcs et que nous reprendrons pour définir les villes émettrices des principaux flux entrants de visiteurs.

4 Graphes et réseaux : modélisation multiniveau

2.1.4. Un déplacement pédestre

La seconde échelle de déplacement est liée à la façon dont les individus consomment l'espace lorsqu'ils quittent leur voiture – le déplacement pédestre –, c'est-à-dire la manière dont des visiteurs se diffusent sur l'espace. L'étude de fréquentation faite sur les Hautes Vosges⁵ a mis en évidence une diffusion *radioconcentrique* des flux pédestres⁶ autour des points d'accessibilité que sont les parkings. Que l'on soit un touriste allemand, parisien ou résident local, d'une catégorie socioprofessionnelle supérieure ou non, tous ces individus se livrent à un déplacement pédestre autour du lieu de stationnement, soit un circuit en boucle soit un aller et retour. Nous avons pu déterminer trois types de visiteurs en fonction des aires de diffusion pédestre que les visiteurs étaient susceptibles de fréquenter : les contemplatifs, les promeneurs et les randonneurs. S'appuyant sur les concepts de capacité de charge démographique et écologique⁷ d'un espace naturel, cette classification permet de quantifier les pressions anthropiques et obtenir des informations indispensables en aménagement sur les potentiels des sites à accueillir des visiteurs.

Type de visiteurs	Aire de diffusion	Longueur du déplacement
Contemplatifs	R < 500 mètres	< 1 km en aller et retour
Promeneurs - contemplatifs	R < 500 mètres	2 à 4 km en boucle
Promeneurs - contemplatifs	R < 1000 mètres	2 à 4 km en aller et retour
Promeneurs	R < 1000 mètres	6 et 8 km en boucle
Promeneurs	R < 3000 mètres	6 à 8 km en aller et retour
Randonneurs	R < 3000 mètres	10 à 20 km en boucle
Randonneurs	R > 3000 mètres	20 km et plus

Tableau 2.1. *Typologie des visiteurs et aires radioconcentriques de diffusion pédestre*

La classification des populations de visiteur en fonction des types de diffusions spatiales sur les espaces naturels nous a permis d'obtenir des groupes d'individus segmentés en fonction de comportements qui apparaissent communs à tous types de

⁵ Observations qui ont été vérifiées sur plusieurs études : le Pont du Gard en 1997 par la CCI de Nîmes, les parcs nationaux des Pyrénées [Documents scientifiques du Parc National des Pyrénées, 1994] et des Ecrins [Documents scientifiques du Parc National des Pyrénées, 1992].

⁶ Lors de l'étude fréquentation des Hautes Vosges, il a été fort intéressant de constater que des sentiers ne servaient qu'à la descente ou qu'à la montée.

⁷ La capacité de charge démographique est la quantité maximale de visiteurs qu'un site peut accueillir, la capacité de charge écologique est la quantité maximale de visiteurs qu'un milieu naturel peut accueillir sans qu'il y ait prédation.

visiteurs : le déplacement pédestre. Cette typologie nous permettra, lors de la formalisation de nos hypothèses, de considérer les groupes de visiteurs comme étant des agents spatiaux de consommation d'espaces naturels récréatifs.

Les interactions entre la morphologie du réseau et les comportements de cheminement se manifestent par des variations qui portent sur les temps de visites et le nombre de sites fréquentés dans une journée. Ces variations induisent une fluctuation de la répartition des visiteurs sur les espaces naturels en induisant une fréquentation plus ou moins grande des sites fréquentés, en temps et en quantité. De faibles temps de déplacements entre sites peuvent multiplier le nombre de sites visités et diminuer les temps de présence sur chaque site concentrant les visiteurs et les impacts sur l'aire des 500 mètres alors qu'un réseau de sites peu dense minimise le nombre de sites visités mais augmente les temps de visite, ce qui implique des fréquentations et des impacts plus diffus mais plus profonds dans les milieux naturels.

2.2. Le modèle FRED

2.2.1. Problématique

A partir des principales observations faites sur l'importance de l'armature touristique d'un espace et des types de consommation récréative des sites naturels, l'objectif de la construction du modèle FRED [Decou 2000], a été la résolution d'un problème d'échelle afin d'intégrer les deux formes de déplacement. Rappelons que l'une des principales difficultés sera de définir des variables et de déterminer des paramètres afin de modéliser un processus multi-échelles : échelle kilométrique pour le déplacement voiture et une échelle hectométrique pour le déplacement pédestre.

Selon l'hypothèse que l'espace prédétermine ou oriente un certain nombre de comportements de consommation spatiale, on suppose qu'il existe un espace possédant des flux de visiteurs homogènes, non pas dans leurs comportements mais dans le type d'activités qu'ils viennent consommer (en effet, il paraît évident que l'on ne vient pas dans les Ecrins pour pratiquer des loisirs nautiques !). Nous avons donc supposé qu'il existe des espaces qui offrent un ensemble de sites homogènes quant au panel d'activités proposées ("offre spatiale"). Cela rend ces espaces plus structurés et attractifs en formant des entités géographiques de découverte des espaces naturels.

L'objectif de la formalisation est de donner une valeur relative de l'espace en fonction d'un type de consommation récréative que traduit un comportement de

6 Graphes et réseaux : modélisation multiniveau

répartition. Nous allons donc considérer que la valeur de l'espace naturel diffère en fonction de l'activité que consomment les visiteurs. Que l'on soit contemplatif, promeneur ou randonneur, l'attractivité du site est déterminée par les types d'activités récréatives spatiales des visiteurs, une "valeur d'usage", du site. C'est dire que l'attractivité d'un lieu va dépendre non seulement de la structure de l'espace mais aussi du type de comportement récréatif du visiteur - à un type de visiteur, une attractivité relative. Toutes les hypothèses exposées ci-dessous et l'originalité du modèle reposent sur le fait qu'il n'existe pas de valeur absolue de l'espace. L'espace est soumis à des filtres qui seront différents en fonction des types de pratiques de consommation récréative d'espace. On ne voit pas l'espace de la même façon que l'on soit tour à tour contemplatif, promeneur ou randonneur.

2.2.2. Structure du modèle FRED

Nous exploitons pour cela deux modules de calculs. Le modèle FRED est décomposé en deux parties et répond à des objectifs précis qui correspondent à des méthodes spécifiques de modélisation.

2.2.2.1. Le module de calcul d'accès des visiteurs aux sites

Le premier modélise des processus d'interactions spatiales liées à nos trois contraintes spatiales définies précédemment : l'offre spatiale, les attractions absolues et l'accessibilité des sites. Il va modéliser la répartition des visiteurs sur les sites suite au déplacement voiture qui s'opère du domicile (ou villes portes) au parking donnant accès à des sites naturels. Le modèle de simulation s'appuie sur l'architecture d'un modèle gravitaire [Huff 1962], qui va définir, pour chacun des types de visiteur, les attractions des différents parkings ouvrant sur des sites naturels. Ces attractions sont calculées en fonction de trois contraintes spatiales.

A partir des différents éléments observés, nous avons construit un modèle de simulation qui consiste à calculer la probabilité qu'un parking possède de fixer des flux de déplacements touristiques à partir de certains points d'entrée déterminés en tenant compte de :

- L'accessibilité des sites touristiques : "distance temps" entre les portes d'entrée et les différents parkings de l'espace touristique ;
- Des attractions absolues de chaque site dans le réseau en fonction d'une pratique récréative de consommation spatiale des touristes (aire de diffusion) ;
- L'offre spatiale existante autour d'un parking (niveau d'aménagement et accessibilité des curiosités naturelles : sommet, points panoramiques, lacs).

Le modèle FRED calcule alors, à partir des accessibilités à un point de départ du déplacement (une "ville porte"), la probabilité que possède un parking de fixer les

quantités différenciées de visiteurs (contemplatifs, promeneurs et randonneurs). A partir de l'utilisation de la théorie des graphes et des travaux antérieurs du laboratoire du CESA sur l'utilisation de cette théorie concernant les transports [Auray 1994, L'Hostis 1997], nous avons modélisé un réseau d'accueil touristique en un graphe défini par des arcs qui symbolisent les liaisons routières d'un espace régional et par des nœuds qui, mis en interrelation par les arcs, représentent les parkings ouvrant sur des espaces naturels. Le principe de la modélisation consiste à calculer pour chacun des types de visiteurs, contemplatifs, promeneurs et randonneurs leurs probabilités de répartition sur le graphe.

2.2.2.2. *Module de calcul de diffusion*

Le second module modélise les cheminements des visiteurs sur les milieux naturels. Il s'agit dans ce cas, à partir d'une programmation d'un automate cellulaire, de calculer les déplacements pédestres des individus lors de leur promenade sur les sites naturels. L'objectif de cette programmation est de nous doter d'un outil qui nous permette d'évaluer les pressions potentielles des déplacements des visiteurs en simulant les cheminements sur les milieux naturels.

A partir d'un temps de déplacement maximum qui correspond aux distances des aires de diffusion de 500, 1000 et 3000 mètres, on va calculer le nombre de fois qu'un arc du graphe sentier est utilisé lors d'un déplacement qui a pour origine un parking (ou point d'entrée) et pour destination un point "d'arrêt" (ou curiosité naturelle, ou un site naturel). Le déplacement est pris en compte si et seulement si le site peut être atteint dans le temps imparti. On reprend ici l'hypothèse qu'un déplacement dans une aire de diffusion implique obligatoirement un temps de présence minimum sur le site naturel.

2.3. **Rôle joué par la structure du réseau routier**

Nos travaux antérieurs [Decou 2000] ont bien mis en évidence que les trois contraintes spatiales – l'accessibilité, le voisinage et l'offre spatiale du site – déterminaient les répartitions des visiteurs sur les parkings ouvrant sur des espaces naturels. Nous avons ainsi pu identifier plusieurs type de déplacements soumis à des phénomènes de seuils.

Un premier déplacement d'accessibilité oscillant entre trois quart et une heure puis un second déplacement (de 10 à 15 minutes) de redistribution sur le réseau d'accueil (ou de circulation entre les sites). Les résultats sont intéressants puisqu'ils ont permis de déterminer des indicateurs spatiaux de déplacements qui montraient des pratiques récréatives très sélectives sur les espaces naturels.

8 Graphes et réseaux : modélisation multiniveau

Ces résultats nous donnent une information implicite du temps de présence des visiteurs sur les sites. En effet, si les visiteurs se déplacent sur un réseau avec des parkings peu accessibles, les individus visitent alors peu de sites, voir qu'un seul. On peut alors supposer que le temps de promenade ne sera dépensé que sur un seul site. Dans ce cas, les diffusions pédestres sont susceptibles d'être plus pénétrantes dans le milieu naturel, c'est-à-dire que les déplacements ont plus tendance à se localiser dans les aires de diffusions des 1000 et 3000 mètres autour des parkings. Dans le cas contraire, un réseau qui permet l'arrêt sur plusieurs site dans une journée implique que le temps de promenade sera divisé sur plusieurs sites. Les diffusions pédestres auront alors tendance à ne se localiser que dans la zone des 500 mètres du parking et entraîner une concentration d'impacts autour des parkings.

2.3.1. Effet du réseau sur les accès aux sites

Comme nous le mentionnions en début de propos, en matière de gestion territoriale, il est intéressant de connaître les facteurs de répartition des flux de visiteurs sur un réseau de site. Nous supposons que la structure d'un réseau possède une influence sur les formes de répartition. Si l'accessibilité des sites aux "villes portes" paraît être un facteur de la répartition des visiteurs, la densité et la connexité des relations entre parkings ouvrant sur des sites naturels semblent déterminantes dans la redistribution des visiteurs sur les sites voisins.

La couverture du réseau routier, la répartition des sites sur le massif et les caractéristiques spatiales associées au graphe (distances d'accessibilité des sites aux villes portes et distances d'interactions des sites entre eux), révèlent une tendance à homogénéiser les répartitions sur le territoire en attribuant des probabilités de fréquentation sur l'ensemble des sites. Mais la distribution spatiale hétérogène de l'offre spatiale naturelle des sites (prise en compte d'une hiérarchisation des sites), va alors polariser les fréquentations sur des espaces bien déterminés. Les différents sites de ces secteurs vont avoir un effet d'attracteur en concentrant les flux sur leur espace, comme des sites touristiques de premiers ordres qui redistribuent des flux sur des sites environnant. Ce phénomène est d'autant plus amplifié par la morphologie du réseau routier. L'effet de voisinage va ainsi faire apparaître des agrégats géographiques de sites très attractifs (figure 2.1). En effet, ces sites pourront alors s'échanger mutuellement les visiteurs, augmentant ainsi leur attractivité par rapport à des sites plus ou moins isolés sur le réseau. Il est alors intéressant d'évaluer l'influence de la structure du réseau (localisation des parkings et morphologie du graphe routier) dans les formes de répartition des visiteurs sur l'espace d'accueil.

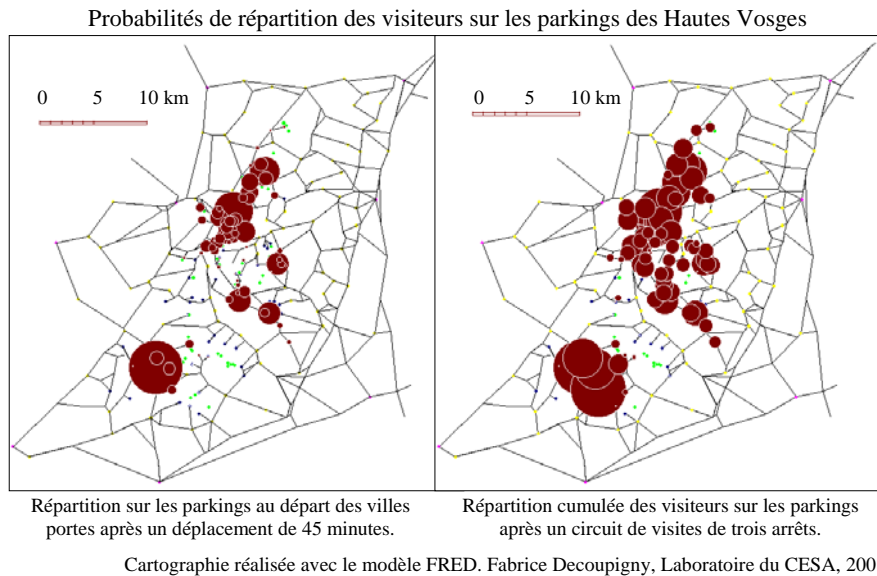


Figure 2.1: Répartition des flux de visiteurs sur le massif des Hautes Vosges

23.3.2. Effets du réseau sur la diffusion pédestre

2.3.3. Détermination du graphe potentiel de cheminement : un modèle d'automates cellulaires

Dans un premier temps, on calcule l'espace praticable. C'est-à-dire l'espace sur lequel il est possible pour un individu de se déplacer normalement. Cet espace praticable est calculé par l'introduction de la contrainte d'une pente limite. Tout arc qui possède une pente supérieure à 50 % ne peut servir d'arc de cheminement, donc être emprunté par un individu. Le programme détermine de la sorte, un espace potentiel de diffusion praticable. Cette opération consiste, sur le graphe du modèle numérique de terrain (MNT), à tracer de tout point remarquable à tout autre, tous les cheminements aller et retour qui peuvent exister entre les nœuds spécifiques de l'espace naturel (parkings et curiosités naturelles). Le processus de cheminement se fait de nœud en nœud selon une diffusion connexe-8. Une fois la diffusion terminée, on crée un fichier nœuds et arcs du graphe des cheminements potentiels obtenus afin que dans la seconde phase de la simulation, on puisse simuler les cheminements et les impacts en fonction d'un calcul d'optimisation des chemins minimaux.

L'objectif de la diffusion est de simuler un déplacement du point départ à un point d'arrivée qui passe par divers nœuds du MNT, en supposant que les individus n'ont aucune connaissance du milieu mais voient le nœud à atteindre. L'hypothèse est très différente de celle de l'optimisation d'un chemin minimal. Dans un premier temps l'automate va définir tous les cheminements potentiels sur un espace et ce n'est qu'après qu'il y aura optimisation du parcours sur les sentiers. De plus cette hypothèse fait aussi appel à un autre élément qui entre en jeu dans les choix des cheminements : la visibilité. L'automate cellulaire représentant le promeneur décrit des cheminements sans anticipation sur la pénibilité totale du trajet, la seule information qu'il connaît est la localisation du point d'arrivée. Il n'optimise le déplacement que sur les tronçons aux nœuds connexes. De cette façon, on peut tenir compte d'un type de fréquentation très commun chez les promeneurs: le déplacement à vue. En effet, l'hypothèse telle qu'elle est définie suppose que l'emplacement du point d'arrivée est connu ou aperçu, on suppose donc que le visiteur connaît la direction générale du nœud à atteindre.

2.3.4. Deux contraintes de la diffusion

Les impacts observés sur les milieux naturels ne permettent pas, a priori, d'évaluer les formes de déplacements car la multiplicité des types d'impacts (coupures de lacets, cheminements spontanés, élargissement des sentiers) sur les milieux naturels ne nous autorisent pas à trancher sur le type de déplacements qui a engendré les impacts. Nous désirons tester deux types de déplacements sur les milieux. La question que l'on se pose est de savoir si les visiteurs se déplacent sur les milieux naturels en utilisant le chemin le plus court en distance (appelé "*Plus Court*"), ou le chemin qui nécessite le moins d'effort (appelé "*Plus Facile*").

Dans le premier cas, l'hypothèse du modèle concernant les choix de cheminements reprend l'hypothèse générale de "la loi du moindre effort". Elle consiste à formuler que les individus tentent d'atteindre un point en un minimum d'effort. L'individu choisira le nœud connexe en fonction de la variation des altitudes, ce qui permet d'associer au chemin le plus facile la pénibilité minimale. Dans le second cas, le choix du nœud connexe se fait en minimisant la distance euclidienne sans faire intervenir les pénibilités. Mais le programme garde en mémoire les pénibilités des arcs parcourus. Car, si le visiteur choisit le chemin le plus court, il reste soumis aux contraintes engendrées par les pentes et ne mettra pas un temps plus court pour faire le chemin, il se peut même que ce type de chemin soit plus long en temps.

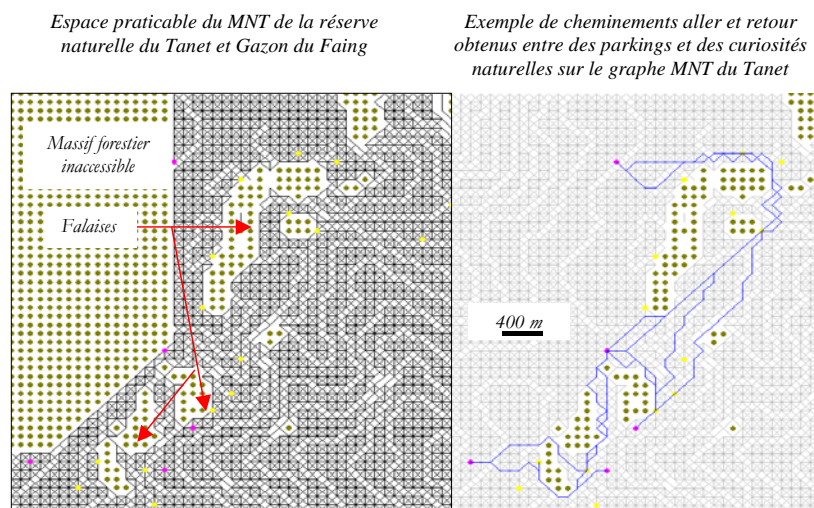


Figure 2.1. Construction du graphe des cheminements à partir d'un MNT

De cette manière, il nous est possible de différencier des cheminements aller et retour. En effet diverses observations nous ont montré que les parcours entre deux points pouvaient être différents en fonction du sens de la marche. Le cheminement aller et retour ne sont pas symétriques.

Au regard des résultats obtenus par l'automate cellulaire, nous avons un espace potentiel de cheminement où il n'apparaît pas de cheminements préférentiels. Il est donc nécessaire de retraiter les informations obtenues et d'évaluer parmi ces cheminements ou portion de cheminements, ceux qui sont susceptibles d'être plus empruntés que d'autres. En effet, on peut admettre que les individus possèdent une certaine connaissance des lieux soit parce qu'ils sont déjà venus, soit qu'ils utilisent des cartes, ou suivent tout simplement un sentier puis reviennent sur leurs pas. L'objectif du modèle est, à partir d'une simulation de la genèse d'un réseau de sentiers, de trouver les facteurs qui gèrent les déplacements sur un espace naturel et les impacts induits. Donc, contrairement à l'hypothèse soutenue précédemment concernant les formes de déplacement, nous supposons que les individus se déplacent d'un point à un autre en optimisant le cheminement sur un réseau potentiel ("*Plus facile*" ou "*Plus Court*"). De cette façon, nous introduisons l'hypothèse d'un choix préférentiel d'un chemin qui se fait en fonction d'une optimisation d'un chemin minimal sous contrainte d'un type de déplacement. Cette hypothèse d'optimisation des chemins minimaux est recevable dans la mesure où l'on peut supposer que lorsque le visiteur quitte son véhicule, il désire se rendre et atteindre le site naturel le

12 Graphes et réseaux : modélisation multiniveau

plus rapidement possible. Le graphe sentier va servir de base pour calculer les impacts des déplacements des différents types de visiteurs sur les sites naturels. Nous allons, pour les deux graphes sentiers ("*Plus Court*" et "*Plus Facile*") appliquer l'algorithme "Floyd" de recherche des chemins minimaux. Le fait d'avoir différencié les déplacements aller et retour et la pénibilité des arcs permet d'avoir un cheminement retour dissymétrique par rapport à l'aller. L'objectif du calcul des chemins optimaux sur les graphes sentiers consiste à calculer les déplacements origine-destination entre les différents points remarquables (parkings, sites naturels) et de distinguer les arcs susceptibles d'être les plus utilisés pour se rendre d'un nœud à un autre sous contrainte de minimisation de la distance parcourue en fonction des deux types de comportements de déplacements sur l'espace naturel, un trajet soit au "*Plus Court*" soit au "*Plus Facile*".

Trois types d'itinéraire sont pris en compte : les déplacements d'accessibilité des parkings aux sites naturels (ou déplacements aller) ; les déplacements de promenade (ou de circulation) entre les sites naturels, les déplacements retour des sites naturels aux parkings. Les deux hypothèses de déplacements (au "*Plus Facile*" et au "*Plus Court*") associés aux seuils de déplacements dans les aires de diffusion nous permettront d'émettre des hypothèses sur les formes de circulation des visiteurs sur les milieux naturels. De ce fait nous pourrions voir si les impacts engendrés par les déplacements correspondent à des promenades en aller et retour ou en boucle. Les conditions initiales des simulations respectent les temps de déplacements correspondant aux aires de diffusion des différents types de visiteurs.

Tableau 2.2 : *Typologie des comportements spatiaux de déplacements*

Pour une vitesse de marche de 3 km/h			
Types de visiteurs	Contemplatifs	Contemplatifs et promeneurs	Promeneurs et randonneurs
Temps de marche inférieur à	10 minutes	20 minutes	60 minutes
Distance maximum parcourue	500 m	1000 m	3000 m

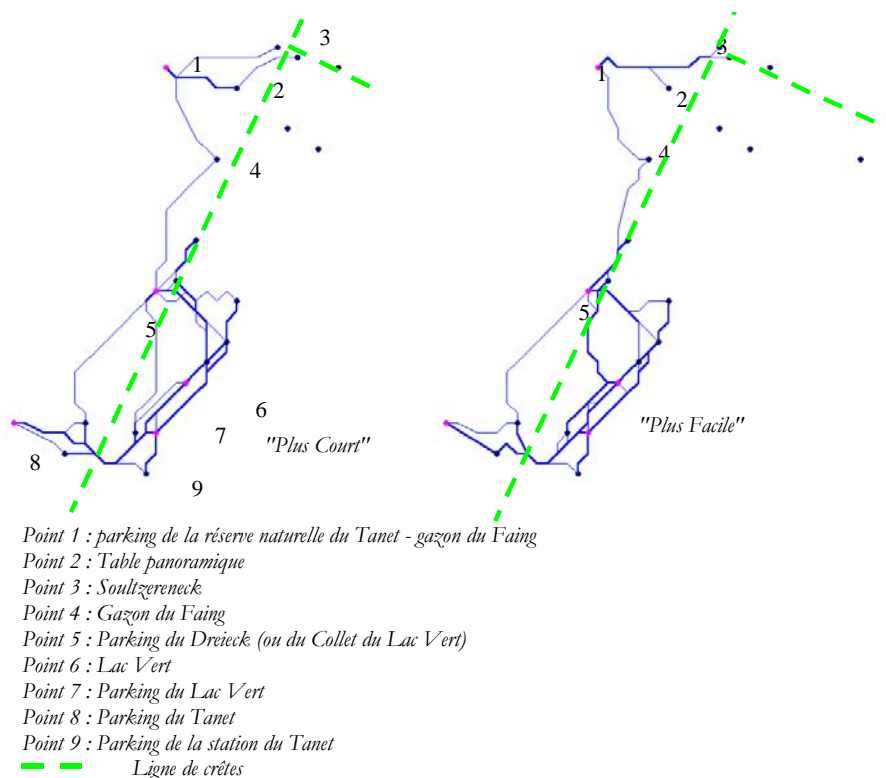


Figure 2.2. Comparaison d'une simulation de cheminements pour un déplacement de 20 minutes dans une aire de diffusion de 1000 mètres (Réserve naturelle du Tanet et Gazon du Faing – Massif des Hautes Vosges)

Les impacts des cheminements sont donnés par les fréquences d'utilisation des arcs sur le graphe chaque fois qu'il y a déplacement d'un point à un autre. Si les probabilités de fixation sur les parkings sont intégrées sous la forme d'un poids de flux pédestres entrants par un parking, nous ne procédons pas à des calculs de probabilités de fréquentations des sentiers. Les résultats ne donnent que des impacts potentiels sur l'espace indifféremment des choix de direction qui peuvent s'opérer sur le milieu naturel. C'est-à-dire qu'au départ d'un parking, nous calculons seulement le nombre de fois qu'un arc est utilisé après que tous les itinéraires aient été calculés.

2.3.5. Vérification du modèle sur un espace théorique

Nous avons simulé les déplacements sur un espace théorique dans les mêmes conditions que celles des Vosges. L'objectif de cette comparaison est de vérifier si les résultats obtenus sur l'espace du Tanet relèvent de caractéristiques spécifiques dues à des conditions locales (géomorphologie, localisation des parkings...) ou bien à des conditions d'ordre plus général. Pour cela nous avons créé un espace théorique vallonné qui modélise un relief de moyenne montagne dont les altitudes oscillent entre 600 et 1400 mètres puis nous en avons déduit sur deux graphes sentier : "*Plus Court*" et "*Plus Facile*" (Figure 3.4). La répartition des parkings et des curiosités naturelles est homogène sur l'espace mais un peu différente de celle des Vosges. Nous n'avons pas placé de parkings au sommet, le long de la ligne de crêtes.

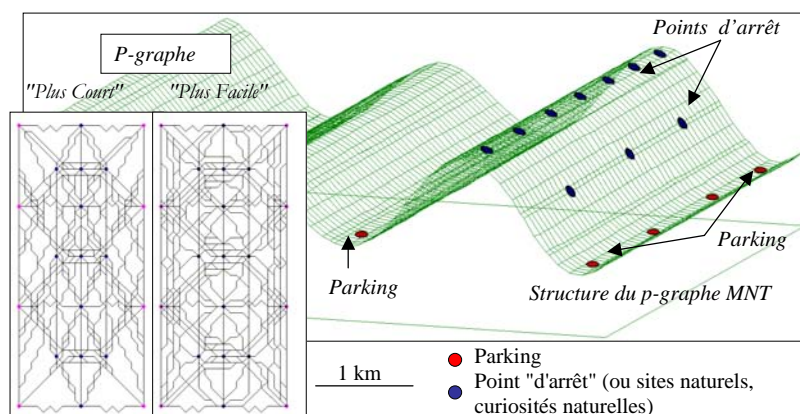


Figure 2.3. Géomorphologie du graphe MNT théorique

Nous pouvons constater que les simulations des déplacements donnent des résultats différents de ceux obtenus sur les Vosges (Figure 3.5). Les résultats sont moins marqués sur l'espace théorique. En fonction du type de contrainte des déplacements ("*Plus Facile*" et "*Plus Court*"), les impacts ne seront pas de même nature, soit une pression le long d'un linéaire soit une multiplication des sentiers (cheminements engendrant des impacts de type coupure de lacets, dédoublement de sentiers, etc.). La principale différence provient des simulations de l'hypothèse de déplacement répondant à la contrainte au "*Plus Facile*". Sur les Vosges, nous avons des déplacements qui se concentrent sur des cheminements le long de sentiers, alors que sur l'espace théorique, nous sommes en présence de déplacements de type extensif qui multiplient les sentiers (cf. Simulation pour un déplacement de 60 minutes, Figure 3.5). Les différences entre les deux hypothèses de déplacements sont bien plus marquées sur l'espace théorique. Contrairement aux Vosges, les

impacts induits sont inversés, pour des déplacements au "Plus Facile" (respectivement au "Plus Court"), nous avons des types d'impacts qui tendraient à la multiplication spontanée de sentiers (respectivement à l'élargissement de sentier).

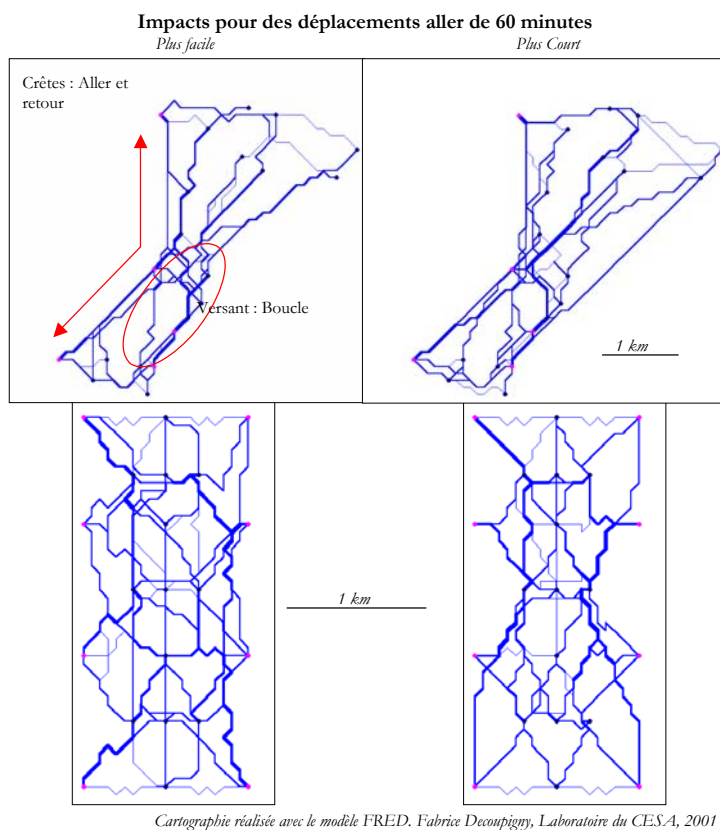


Figure 2.4. Simulations des déplacements sur le Tanet et l'espace théorique

Que signifient alors ces deux résultats contraires ? Nous pouvons penser dans un premier temps que la géomorphologie des lieux implique des déplacements différents. Pourtant, les simulations sur l'espace théorique auraient dû donner des résultats similaires aux Vosges puisque nous avons pris le soin de le créer avec les mêmes caractéristiques physiques. Il faut donc aller chercher la réponse ailleurs. Si ce n'est pas uniquement le relief qui induit des types d'impacts, nous pouvons considérer que la structure d'accueil peut jouer un rôle dans les formes de diffusion sur les espaces naturels.

Afin de vérifier cette hypothèse, nous allons, sur l'espace théorique, reprendre les spécificités de l'espace du Tanet (Figure 3.6). Pour cela nous n'avons gardé que trois parkings à mi-pente et deux en bas de versant pour obtenir un espace structuré de façon analogue à celui de la réserve naturelle du Tanet (même nombre de sites naturel et de parkings).

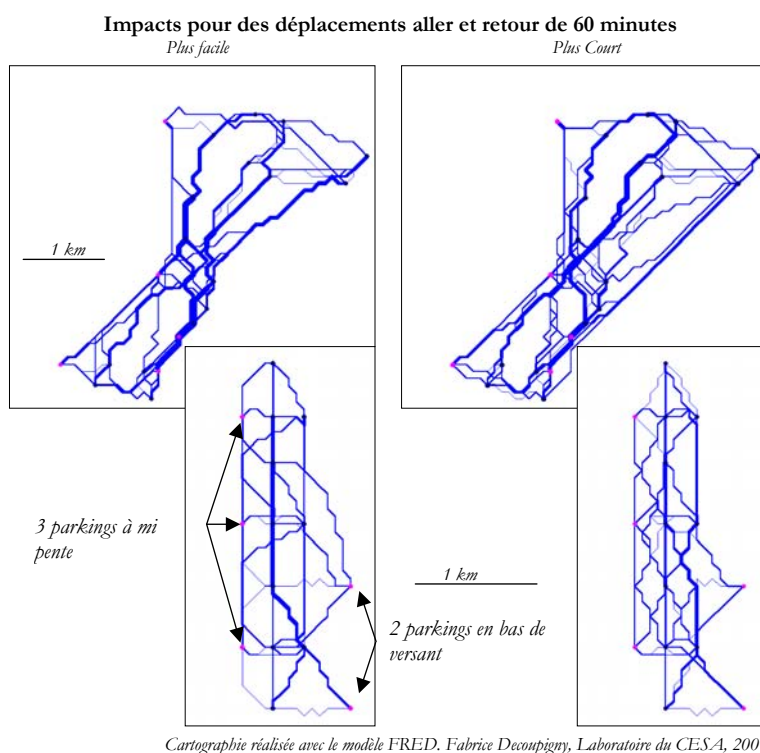


Figure 2.5. *Impacts des déplacements sur un graphe théorique reprenant les spécificités de l'espace Tanet*

Nous obtenons alors des résultats totalement différents des premières simulations (Figure 3.6) et qui correspondent à ceux que nous avons obtenus sur les Vosges. Sur ces derniers, on constate que le nombre de cheminements est d'autant plus dense qu'il existe un certain nombre de sites naturels et de points d'entrée sur le réseau.

Bien que l'espace théorique soit plus dense en sites naturels, nous observons les mêmes types de cheminements que sur les Vosges avec une concentration linéaire

des cheminements sur le graphe sentier "*Plus Facile*", et une multiplication des cheminements accompagnée d'un axe de circulation pédestre nord - sud sur les versants du graphe sentier "*Plus Court*". Cet axe apparaît aussi sur les Vosges. Ces simulations montrent que l'espace se différencie non pas uniquement en fonction des types de consommation de l'espace et du relief mais aussi en fonction de la structure d'accueil et de l'accessibilité au massif. Ces résultats sont fondamentaux. Nous rappelons qu'une des observations faites lors de l'étude de fréquentations sur les Hautes Vosges [Decou, 1997] tendait à dire que la fréquentation sur le massif dépendait du nombre de parkings et non pas du nombre de places. C'est-à-dire que la pression de la diffusion des visiteurs sur les espaces naturels dépendait du nombre de points d'accessibilité plus que de la capacité de charges des parkings.

Le modèle montre que les impacts dépendent pour une large part de la structure de l'accueil sur les espaces naturels. Le nombre de parkings et leur localisation peuvent jouer un rôle déterminant dans les formes d'impacts de la pression anthropique. En fonction de la structure du réseau, du type de déplacement, et de la géomorphologie des lieux, les pressions anthropiques peuvent prendre des formes différentes. Non seulement la structure du réseau joue un rôle prépondérant sur les déplacements voiture et le choix du site à visiter, mais il semble également que cela soit le cas pour les déplacements pédestres sur les milieux naturels. En matière d'aménagement du territoire et de protection des milieux naturels, la gestion du réseau peut être différente d'un espace à l'autre si l'on désire concentrer ou diffuser les visites sur certains sites touristiques. Pour cela la fréquentation touristique doit s'évaluer en tenant compte de trois éléments en interaction : le lieu, le réseau et le visiteur. Ce qui veut dire que la gestion des flux de visiteurs et de leurs impacts sur les milieux naturels s'appréhendent simultanément sur deux échelles distinctes, un déplacement voiture associé à un type de déplacement pédestre.

Bibliographie

[Auray, 1994] Auray Jean-Paul, Mathis Philippe, « Analyse spatiale et théorie des graphes », in *Encyclopédie d'économie spatiale : concepts, comportements, organisations*, sous la direction Auray J.P., Bailly A., Derycke P.H., Huriot J.M., Economica, Paris, 1994, pp 81–88.

[Caz, 1992] Cazes (G.), 1992. - Fondements pour une géographie du tourisme et des loisirs. - Rosny : Bréal. - 189 p. - (Amphi géographie.)

[Chard, 1999] Chardonnel (S.), 1999. - Emplois du temps et de l'espace. Pratiques des populations d'une station touristique de montagne. – 201 p. dactyl. – Thèse de Géographie : Université Joseph Fourier, Grenoble.

[Cuv, 1998] Cuvelier (P.), 1998. - Anciennes et nouvelles formes de tourisme : Une approche socio-économique. - Paris : L'harmattan. - 238 p. - (Tourisme et sociétés.)

[Decou, 2000] Decoupigny F., Accès et diffusion des visiteurs sur les espaces naturels. Modélisation et simulations prospectives, thèse de doctorat, Université de Tours, 2000, 401p.

18 Graphes et réseaux : modélisation multiniveau

[Decou, 1997] Decoupigny F., *Etude fréquentation Hautes Vosges*, Tours : Laboratoire du C.E.S.A., Parc Naturel Régional des Ballons des Vosges, 1997, 70 p.

[Dew, 1990] Dewailly (J.-M.), 1990. - *Tourisme et aménagement en Europe du Nord*. - Paris : Masson. - 247 p. - (Collection Géographie.).

[Dew, 1992] Dewailly (J.M.), "*Les citadins et les loisirs de nature*", in Tourisme et environnement, Ministère de l'Environnement, Ministère du Tourisme, La Documentation Française, Paris, 1992. p.30-32.

[Dew, 1993] Dewailly (J.-M.), Flament (E.), 1993. - *Géographie du tourisme et des loisirs*. - Paris : SEDES. - 287 p.

[Documents scientifiques du Parc National des Pyrénées, 1994] Documents scientifiques du Parc National des Pyrénées, « La fréquentation touristique », n°28, mai 1994.

[Documents scientifiques du Parc National des Pyrénées, 1992] Documents scientifiques du Parc National des Ecrins, « La fréquentation touristique », n°4, 1992.

[Fer, 1995] Ferber J., 1995. - *Les systèmes multi-agents, vers une intelligence collective*. - Paris : InterEdition, Latoria, Université Pierre et Marie Curie. – 522 p.

[Huff 1962] Huff D.L., Determination of intra-urban retail trade areas, University of California, RealEstate Research program, Los Angeles, 1962.

[L'Hostis, 1997] L'Hostis A., Image de synthèse pour l'aménagement du territoire : la déformation de l'espace par les réseaux de transport rapide, thèse de Doctorat, Université de Tours, 1997, 306 p.

[Min, 1992] Ministère de l'Environnement, Ministère du Tourisme, 1992. - *Tourisme et environnement*. - Paris : La Documentation Française. - 270 p.

[Secr, 1998] Secrétariat d'état au tourisme observatoire national du tourisme, 1998. – "L'évaluation par les flux : outil d'analyse touristique territoriale". – Paris : Observatoire national du tourisme. – 128 p. – (Analyse et perspectives du tourisme.)

[Viard, 1998] Premier Ministre, Commissariat Général au Plan, Secrétariat au Tourisme, Direction du Tourisme "Réinventer les vacances. La nouvelle galaxie du tourisme", Rapport du groupe d'experts "Prospective de la demande touristique à l'horizon 2010", présidé par J Viard, La Documentation Française, Paris, 1998.